

KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM AIR DI LEMBANGAN SUNGAI BERNAM

NUR AZIEMAH BINTI ZAINAL

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2024



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM AIR DI LEMBANGAN SUNGAI BERNAM

NUR AZIEMAH BINTI ZAINAL



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

DISERTASI DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SASTERA (GEOGRAFI)
(MOD PENYELIDIKAN DAN KERJA KURSUS)

FAKULTI SAINS DAN KEMANUSIAAN
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2024



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



Sila tanda (✓)

Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus

Doktor Falsafah

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH**PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN**

Perakuan ini telah dibuat pada 10.....(hari bulan).....9..... (bulan) 20.24....

i. Perakuan pelajar :

Saya, NUR AZIEMAH BINTI ZAINAL, M20201000287 FAKULTI SAINS KEMANUSIAAN(SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM AIR DI LEMBANGAN SUNGAI BERNAM

adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan sejasanya dan secukupnya



Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, DR. SUMAYYAH AIMI BINTI MOHD NAJIB (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM AIR DI LEMBANGAN SUNGAI BERNAM

(TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh Ijazah SARJANA SASTERA (GEOGRAFI) (SLA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

29/10/24

Tarikh



Tandatangan Penyelia

DR. SUMAYYAH AIMI MOHD NAJIB
Pensyarah Kanan,
Jabatan Geografi & Alam Sekitar,
Fakulti Sains Kemanusiaan,
Universiti Pendidikan Sultan Idris,
35900 Tanjung Malim, Perak





**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

**BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM AIR DI LEMBANGAN
SUNGAI BERNAM

No. Matrik / Matric's No.: M20201000287

Saya / I: NUR AZIEMAH BINTI ZAINAL

(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)* ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.
4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐ **SULIT/CONFIDENTIAL**

Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / Contains confidential information under the Official Secret Act 1972

☐ **TERHAD/RESTRICTED**

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan ini dijalankan. / Contains restricted information as specified by the organization where research was done.

☒ **TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS**


(Tandatangan Pelajar/ Signature)

Tarikh: 29/10/24


(Tandatangan Penyelia / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)

DR. SUMAYYAH AIMI MOHD NAJIB

Pensyarah Kanan,
Jabatan Geografi & Alam Sekitar,
Fakulti Sains Kemajuan,
Universiti Pendidikan Sultan Idris,
35900 Tanjung Malim, Perak

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini **SULIT @ TERHAD**, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai **SULIT** dan **TERHAD**.

Notes: If the thesis is **CONFIDENTIAL** or **RESTRICTED**, please attach with the letter from the organization with period and reasons for confidentiality or restriction.



PENGHARGAAN

Bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izin-Nya dapat saya menyempurnakan laporan penyelidikan bagi memenuhi syarat Sarjana Sastera Geografi. Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih diucapkan kepada Dr. Sumayyah Aimi binti Mohd Najib selaku penyelia yang banyak memberi tunjuk ajar, sokongan moral dan nasihat sepanjang menulis laporan ini tanpa rasa jemu. Tidak dilupakan juga pembantu makmal fizikal geografi iaitu Encik Sh. Faismuin bin Sh. Yusof dan pembantu makmal fakulti sains dan matematik iaitu Encik Hairulnizam bin Salleh yang membantu menyediakan alatan dan tunjuk ajar penggunaan peralatan makmal. Jutaan terima kasih kepada Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Kemanusiaan dan Institut Pengajian Siswazah yang turut banyak membantu dari segi pengurusan pengajian saya di sini. Kajian ini juga dibiayai oleh Geran Kementerian Tinggi FRGS (FRGS/1/2020/SS0/UPSI/02/11) dan Kurita Water and Environment Foundation (2022-0116-106-11). Seterusnya, laporan penyelidikan ini dihadiahkan kepada insan yang teristimewa iaitu ayah tersayang Zainal bin Mohamad dan ibu tercinta Juariah binti ahmad, suami saya Muhammad Aarif bin Nor Azmi serta seluruh ahli keluarga lain yang tidak henti-henti memberikan bimbingan, dorongan dan doa sepanjang pengajian saya di sini. Terima kasih juga diucapkan kepada rakan seperjuangan yang banyak membantu sepanjang tempoh pengajian di Universiti Pendidikan Sultan Idris. Sesungguhnya hanya Allah s.w.t sahaja yang dapat membalas segala pengorbanan kalian kerana dengan adanya kalian, kajian ini dipermudahkan seperti yang diharapkan. Sekian, terima kasih.





ABSTRAK

Kajian ini dijalankan bagi membuat penilaian terhadap kandungan logam berat di lembangan Sungai Bernam. Sebanyak sebelas stesen pensampelan telah ditetapkan di sepanjang lembangan Sungai Bernam. Sampel yang diambil dianalisis secara deskriptif, melalui Indeks Logam (MI) dan analisis kluster (CA). Sepanjang tempoh pensampelan iaitu dari Disember 2021 hingga Jun 2022 terhadap enam parameter logam berat iaitu Al, Zn, Mn, Cr, Cu dan Ni menunjukkan susunan kepekatan menurun iaitu $Zn > Al > Mn > Cu > Ni > Cr$. MI menunjukkan hasil yang berbeza untuk setiap peringkat hulu, tengah dan hilir sungai. Di peringkat hulu sungai, MI menunjukkan Sungai Bernam hanya sedikit tercemar manakala di peringkat tengah sungai air mulai menunjukkan keadaan sederhana tercemar kecuali di Sungai Bil dan Sungai Slim (sedikit tercemar). Di hilir Sungai Bernam, MI menunjukkan air sangat tercemar di Stesen Kg Kuala Slim dan semakin merosot kualiti di stesen Changkat Menteri (tercemar dengan serius). MI memaparkan keadaan sungai Bernam yang semakin merosot apabila semakin menghampiri hilir sungai. CA pula membentuk dua kluster untuk beberapa parameter logam berat. Pengklusteran ini boleh dipengaruhi oleh faktor cuaca memandangkan data yang diambil merangkumi keadaan sewaktu musim basah dan musim kering iaitu ketika adanya pengaruh Monsun Timur Laut (November hingga Mac) dan Monsun Barat Daya (Mei hingga September) serta peralihan monsun. Kesimpulannya, logam berat di Sungai Bernam menunjukkan kepekatan yang lebih tinggi di bahagian hilir berbanding di hulu sungai. Kajian ini dapat memberikan sumbangan kepada agensi-agensi yang bertanggungjawab seperti Jabatan Alam Sekitar (JAS), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) dan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dalam menguruskan sumber air domestik dan kualiti air sungai khususnya di lembangan Sungai Bernam.





HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN SURFACE WATER OF BERNAM RIVER BASIN

ABSTRACT

This study is conducted to monitor the content of heavy metals in the Bernam River basin. A total of eleven sampling stations were set along the Bernam River basin. The samples were descriptively analyzed through metal index (MI) and cluster analysis (CA). Throughout the sampling period, which is from December 2021 to June 2022, the six heavy metal parameters, namely Al, Zn, Mn, Cr, Cu, and Ni, show a decreasing order of concentration that is $Zn > Al > Mn > Cu > Ni > Cr$. MI shows different results for each stage upstream, middle, and downstream of the river. At the upstream level, MI shows that Sungai Bernam is only slightly affected. In contrast, at the middle level of the river, the water begins to show moderately affected conditions, except for Sungai Bil and Sungai Slim (slightly affected). Sungai Bernam severely affects the water quality at Kg Kuala Slim Station, while Changkat Menteri Station is experiencing a decline in quality. MI demonstrates the deteriorating condition of the Bernam River as it approaches the downstream region. On the other hand, CA exhibits two distinct clusters for certain heavy metal indicators. Weather factors can influence this clustering since the data taken includes conditions during the wet and dry season, when there is the influence of the Northeast Monsoon (November to March) and the Southwest Monsoon (May to September), as well as the monsoon transition. In conclusion, the concentration of heavy metals in Sungai Bernam is higher in the downstream part of the river than the upstream part. This study can help responsible agencies such as the Department of Environment (DOE), the Department of Irrigation and Drainage (JPS), and local authorities (PBT) manage domestic water resources and river water quality, particularly in the Bernam River basin.





KANDUNGAN

Muka Surat

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN	ii
BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN DISERTASI	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	3
1.3 Pernyataan Masalah	8
1.4 Matlamat dan Objektif Kajian	11
1.5 Persoalan Kajian	11
1.6 Kerangka Konseptual Kajian	12
1.7 Kepentingan Kajian	14





1.8	Skop dan Batasan Kajian	17
1.9	Definisi Operasi	19
1.9.1	Logam Berat	19
1.9.2	Indeks Logam (MI)	20
1.9.3	Indeks Kualiti Air	21
1.10	Organisasi Penulisan	22
1.11	Kesimpulan	23
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	24
2.1	Pengenalan	24
2.2	Pencemaran Logam Berat	25
2.3	Faktor Fizikal yang Mempengaruhi Kualiti Air Sungai	30
2.3.1	Litupan Tumbuhan dan Hakisan Tanah	31
2.3.2	Aliran Permukaan	35
2.3.3	Perubahan Iklim dan Kapisiti Hujan	38
2.4	Pengkelasan Logam Berat Mengikut Standard Kualiti Air Kebangsaan Malaysia (NWQS)	40
2.5	Unsur-unsur Logam Berat yang Diuji Kepekatan di Sungai Bernam	43
2.5.1	Aluminum (Al)	43
2.5.2	Kromium (Cr)	44
2.5.3	Kuprum (Cu)	45
2.5.4	Mangan (Mn)	46



2.5.5	Zink (Zn)	47
2.5.6	Nikel (Ni)	48
2.6	Pencegahan Pencemaran Air Dari Logam Berat	49
2.7	Kesimpulan	51
BAB 3	METOD KAJIAN	52
3.1	Pengenalan	52
3.2	Reka Bentuk Kajian	53
3.3	Lokasi Kajian	54
3.3.1	Sungai Bernam	54
3.3.2	Lokasi Stesen Pensampelan	55
3.4	Pensampelan Kajian	57
3.4.1	Teknik Pensampelan	58
3.5	Instrumen Kajian	59
3.5.1	Botol Reagen	60
3.5.2	DR900	60
3.6	Kaedah Pengumpulan Maklumat dan Data	61
3.6.1	Sumber Data Primer	62
3.6.2	Sumber Data Sekunder	64
3.7	Proses Pengumpulan Data	64
3.8	Kaedah Analisis Data	66
3.8.1	Analisis Deskriptif	66
3.8.2	Indeks Logam (MI)	67

3.8.3	Analisis Kluster (CA)	69
3.9	Kesimpulan	70
BAB 4	DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN	71
4.1	Pengenalan	71
4.2	Kepekatan Logam Berat di Sungai Bernam	72
4.3	Purata Kepekatan Logam Berat di Sungai Bernam	79
4.4	Pengkelasan Logam Berat Mengikut Indeks Logam (MI)	82
4.5	Pengklusteran Logam Berat di Sungai Bernam	88
4.6	Perbincangan	90
4.7	Kesimpulan	94
BAB 5	RUMUSAN KAJIAN DAN PENUTUP	95
5.1	Pengenalan	95
5.2	Rumusan Kajian	96
5.3	Implikasi dan Sumbangan Kajian	98
5.4	Cadangan Lanjutan Kajian	103
5.5	Kesimpulan	104
	Rujukan	105



SENARAI JADUAL

No Jadual		Muka surat
2.1	Pengkelasan Logam Mengikut NQWS	41
2.2	Pengkelasan Tahap Air dan Kegunaannya	42
3.1	Koordinat Lokasi Stesen Pensampelan	57
3.2	Kepekatan Maksimum yang Dibenarkan (MAC) Bagi Setiap Parameter Logam Berat yang Ditetapkan Oleh KKM	68
3.3	Kepekatan Maksimum yang Dibenarkan (MAC) Bagi Setiap Parameter Logam Berat yang Ditetapkan Oleh WHO	68
3.4	Klasifikasi Indeks Logam (MI)	69
4.1	Purata Kepekatan Logam Berat di Sungai Bernam	81
4.2	Purata Indeks Logam (MI) Bagi Setiap Stesen di Sungai Bernam	82
4.3	Keseluruhan Guna Tanah di Kawasan Stesen Pensampelan	88





SENARAI RAJAH

No Rajah		Muka surat
1.1	Masalah Semasa, Jurang Penyelidikan, Situasi Ideal dan Penyelesaian	10
1.2	Kerangka Konseptual	13
3.1	Sungai Bernam	55
3.2	Stesen Pensampelan	56
3.3	Botol Sampel	60
3.4	DR900 Colorimeter	61
3.5	<i>YSI Profesional Plus Multiparameter Water Quality Meter</i>	63
4.1	Kepekatan Logam Al (mg/L)	73
4.2	Kepekatan Logam Ni (mg/L)	74
4.3	Kepekatan Logam Mn (mg/L)	75
4.4	Kepekatan Logam Cu (mg/L)	76
4.5	Kepekatan Logam Zn (mg/L)	77
4.6	Kepekatan Logam Cr (mg/L)	78
4.7	ST1 Pertanian Berdekatan Sungai	84
4.8	ST3 Petempatan dan Premis Perniagaan	84





4.9	ST5 Petempatan	85
4.10	ST8 Tanaman Kelapa Sawit	85
4.11	Perbezaan Warna Air dan Keadaan Sungai di Hulu Sungai (ST11)	86
4.12	Perbezaan Warna Air dan Keadaan Sungai di Hilir Sungai (ST1)	86
4.13	Kluster Logam Mengikut Bulan (Disember hingga Jun)	89



SENARAI SINGKATAN

Al	Aluminum
BOD	Keperluan Oksigen Biokimia
CA	Analisis Kluster
Cd	Kadmium
Cr	Kromium
Cu	Kuprum
Dis	Disember
DO	Oksigen Terlarut
Fe	Ferum
Feb	Februari
Hg	Merkuri
IKA	Indeks Kualiti Air
Jan	Januari
JAS	Jabatan Alam Sekitar
KKM	Kementerian Kesihatan Malaysia
MI	Indeks Logam



Mn	Mangan
NH ₃ -N	Ammonia Nitrogen
Ni	Nikel
NWQS	Standard Kualiti Air Kebangsaan
PLI	Indeks Beban Pencemaran
Pb	Plumbum
Sg	Sungai
SS	Pepejal Terampai
ST	Stesen
WHO	World Health Organization
Zn	Zink





BAB 1

PENDAHULUAN



1.1 Pengenalan

Air sungai merupakan salah satu komponen hidrosfera yang membentuk sebahagian besar sistem fizikal bumi. Sungai pula merupakan salah satu sumber air yang penting untuk manusia dan ia dijadikan sebagai sumber bekalan air domestik, pengairan, perindustrian dan penjanaan kuasa hidroelektrik (Sojka et al., 2018). Sungai sebagai satu badan air mudah untuk dipengaruhi oleh persekitarannya dan boleh berubah-ubah keadaan airnya bergantung kepada situasi sama ada sekiranya ada bahan pencemar yang larut di dalamnya dan menjadi punca perubahan keadaan air sungai tersebut sama ada dari segi warna, bau dan sebagainya. Air sungai akan menunjukkan warna tertentu dan mengandungi bahan terlarut dan terampai seperti zarah kotoran kelodak, pasir, tanah liat dan lain-lain endapan terampai (Gardner et al., 2020). Sebagai salah satu sumber alam semula jadi yang tidak





ternilai, sungai merupakan satu khazanah alam yang perlu dipelihara kebersihan dan kualitinya untuk kegunaan sejagat. Kehadiran logam berat di dalam air sungai boleh menjejaskan kualiti air memandangkan logam merupakan bahan yang bertoksik jika dimakan dan secara tidak langsung menjejaskan kesihatan manusia serta ekosistem akuatik (Al Obaidy et al., 2014; Singh et al., 2011; Yunus et al., 2020).

Di lembangan saliran atau sungai, proses fizikal air sungai yang melibatkan pergerakan, pengumpulan dan penyingkiran bahan pencemar adalah lebih cepat berbanding air di takungan empangan yang mengambil masa proses pengumpulan yang lebih lama (Senze et al., 2021). Perbezaan ini menyebabkan air dari kawasan pergunungan lebih bersih berbanding di kawasan tanah pamah kerana airnya mengalir laju dan menggerakkan bahan pencemar ke kawasan yang lebih rendah dan cetek. Apabila ada kehadiran pencemar yang tinggi di dalam sungai ia menunjukkan kawasan sekitarnya mempunyai hidupan dan diguna pakai untuk tujuan tertentu seperti perindustrian dan lain-lain (Camara et al., 2019). Aktiviti manusia telah mengganggu kestabilan logam berat yang melekat pada permukaan sedimen lalu mengakibatkan logam berat yang berada di dasar sungai dan lumpur bergerak ke permukaan air (Zhao et al., 2021). Dengan ini, sedimen sungai yang melepaskan logam berat ke permukaan air akan mengancam rantai makanan di situ. Tambahan pula, logam berat ini tidak dihapuskan dari air sungai sebaliknya ia terkumpul di sedimen semula apabila mendap dan ini boleh menjejaskan sistem ekologi dan kesihatan manusia (Al Obaidy et al., 2014; Sarhat & Al-Obaidi, 2023).





Secara keseluruhannya, pencemaran air sungai yang berpunca dari logam berat ini telah berlaku secara meluas di seluruh dunia. Pencemaran akan terus merebak dan bertambah serius jika tidak dibendung dari peringkat awal. Perubahan terhadap peraturan-peraturan berkaitan kawalan kualiti air sungai amat penting bagi mengurangkan pencemaran di samping meningkatkan kelestarian air memandangkan pencemaran logam berat di sungai adalah bertoksik dan boleh menjejaskan kesihatan manusia terutamanya kepada penduduk yang miskin (Bashar & Fung, 2020). Pengawalan pencemaran air di negara yang maju dan membangun perlu lebih efisien memandangkan sumber air yang ada perlu menampung penduduk yang berjumlah besar untuk jangka masa yang panjang. Bab ini akan menjelaskan tentang kajian yang dijalankan untuk meneliti kandungan logam berat di lembangan sungai Bernam.



1.2 Latar Belakang Kajian

Proses pembangunan bergerak seiring dengan pertambahan penduduk bagi memenuhi keperluan masyarakat sejagat. Penggunaan tanah bagi tujuan pembangunan dilihat sebagai satu keperluan utama dalam pasca era modenisasi kini. Walau bagaimanapun, proses pembangunan yang meningkat secara mendadak ini telah memberi kesan negatif kepada perubahan kualiti air sungai hasil daripada perubahan guna tanah bagi tujuan perindustrian, petempatan dan juga pertanian (Camara et al., 2019). Peningkatan bahan buangan sisa domestik, sisa kimia, sisa pepejal serta penggunaan baja dan racun perosak kimia berlaku seiring dengan peningkatan guna tanah pembangunan. Masalah ini terutamanya di kawasan



perumahan dan kawasan industri berlaku disebabkan oleh ketidakcekan sistem pemungutan sampah dan pelupusan sampah serta ketidakmampuan dalam memastikan pematuan peraturan buangan sisa industri khususnya oleh pihak kilang sehingga dapat membahayakan manusia dan persekitaran (Mohamad Suhaily Yusri & Mohmadisa, 2010). Kegagalan pihak pemaju dan pihak berkuasa tempatan dalam mengawal, memantau dan merancang pembangunan yang menjaga alam sekitar khususnya bagi kawasan perindustrian, petempatan dan pertanian yang berhampiran dengan aliran sungai menjadi punca kualiti air sungai yang terlibat ini terjejas.

Perkembangan ekonomi negara dari sektor primer ke sektor sekunder dan sektor tertier akan meningkatkan guna tanah pembangunan bagi meningkatkan taraf hidup penduduk setempat. Sektor primer iaitu pertanian menjadi punca utama pencemaran air di Malaysia khususnya berpunca dari kilang memproses kelapa sawit dan getah (Mohd. Azlan & Sarimah, 2002). Sejak tahun 1990-an, corak pembangunan yang berlaku menunjukkan kecenderungan terhadap proses pembandaran yang bertumpu kepada perkembangan dari segi petempatan bandar, industri dan perdagangan (Mohd. Azlan & Sarimah, 2002). Bagi penduduk negeri Selangor, lembangan Sungai Bernam dengan keluasan 1450 km² menjadi salah satu sungai yang membekalkan bekalan air bersih kepada penduduk di negeri Selangor (Lembaga Urus Air Selangor, 2019). Pembangunan yang pesat dikhuatiri boleh menjejaskan lagi keadaan kualiti air Sungai Bernam dari semasa ke semasa. Kadhum et al. (2016) mendapati bahawa terdapat kehadiran logam berat yang dikesan pada sampel sedimen yang diambil di bahagian hulu, tengah dan hilir sungai serta dapat dilihat peningkatan kepekatan logam berat ini apabila semakin menghampiri hilir sungai. Logam

kadmium (Cd) dan stanum (Sn) dikesan menjadi sumber pencemaran yang tinggi di Sungai Bernam antara lima parameter logam yang diuji. Manakala, Indeks Beban Pencemaran (PLI) dari stesen persampelan pula menunjukkan Sungai Bernam secara umumnya tidak tercemar kecuali di stesen Bagan Tepi Sungai, Sabak Bernam dan Tanjong Malim.

Pembandaran yang menghampiri sungai menyebabkan sungai ini menjadi titik pelepasan effluen industri (Tengku Ibrahim et al., 2020). Kesannya, air sungai cenderung untuk tercemar hasil daripada air sisa yang dihasilkan daripada kegiatan industri, air larian pertanian, kawasan kediaman serta bahan pelupusan sampah. Kehadiran logam berat dalam sungai menjejaskan biota sungai serta mengancam alam sekitar berikutan dari ketoksikan dan sifat biokumulatif ion logam tersebut. Umumnya, kadar logam berat dalam sungai semakin meningkat apabila menuruni cerun sungai namun faktor keadaan persekitaran sungai seperti bahan pencemar dari aktiviti antropogenik serta bahan pencemar semula jadi turut memainkan peranan kepada kepekatan logam berat dalam sungai. Seandainya hulu sungai membangun dengan pesat, tinggi kadar petempatan, perebakan kawasan perindustrian, giat menjalankan aktiviti pertanian serta menghasilkan banyak sisa domestik maka tidak mustahil untuk air sungai di peringkat hulu ini untuk menunjukkan kepekatan logam berat yang tinggi.

Sementara itu, Baharudin et al. (2021) turut melaporkan kawasan sekitar sungai yang dibangunkan untuk tujuan petempatan, perindustrian dan pertanian sebagai punca utama kepada pencemaran air sungai. Aktiviti manusia yang giat dijalankan dapat dikaitkan dengan perubahan logam berat yang terkandung dalam sungai. Pelepasan sisa

pepejal dan kimia ke sungai yang berterusan dalam satu jangka masa yang panjang dikhuatiri akan mempengaruhi kadar pencemaran air sungai. Bagi memastikan ketersediaan dan pengurusan air yang mampan serta berkualiti baik selaras dengan matlamat pembangunan mampan (SDGs) oleh pihak berkuasa serta pembuat dasar menjadi satu cabaran besar terutamanya dalam menghadapi perubahan keadaan iklim, pertambahan penduduk, kemiskinan dan kesan negatif pembangunan manusia (Akter et al., 2016).

Perbezaan keadaan iklim dan aliran air tempatan, serantau dan global adalah ketara lalu menerima kesan yang pelbagai dari aktiviti manusia terhadap kualiti dan kuantiti tanah dan air bergantung kepada lokasi tadahan air, geologi, biologi, ciri fisiografik dan iklim (Mohamad Suhaily Yusri & Zainudin, 2011). Kemerosotan kualiti air sungai di hulu sungai akan memberi kesan terhadap keadaan sungai di bahagian hilir. Badan air khususnya cenderung untuk bercampur dengan bendasing bukan organik, baja, racun serangga, sisa kimia dan sebagainya yang berpotensi menjadi ancaman kepada kualiti air (Singh et al., 2011). Lazimnya, bendasing ini terhasil dari aktiviti manusia. Memandangkan pertumbuhan penduduk tidak dapat dihentikan dan begitu juga dengan arus pembangunan, maka kemerosotan kualiti air sungai tidak dapat dielakkan melainkan dengan penjagaan dan pengurusan yang rapi secara menyeluruh di setiap anak sungai. Pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air sungai mempengaruhi ekosistem akuatik dan daratan hasil dari sifatnya yang bertoksik dan boleh memudaratkan kesihatan manusia dan hidupan lain yang menggunakannya (Al Obaidy et al., 2014; Singh et al., 2011). Logam-logam ini memasuki badan air melalui pelepasan kumbahan, efluen industri, petrol berplumbum, sektor pertanian dan lain-lain lalu berkumpul di sedimen sungai. Walau bagaimanapun,



penyahserapan paras logam berat dalam sungai boleh berlaku, bergantung kepada perubahan keadaan fisiokimia atau hidrologi ekosistem sungai (Singh et al., 2021).

Bukan sahaja dari segi perubahan guna tanah, faktor hujan turut mempengaruhi kepekatan bahan pencemar dalam sungai. Dalam hal ini, peningkatan suhu bumi yang mempengaruhi perubahan iklim dikaitkan dengan perubahan corak penerimaan hujan di sesebuah kawasan. Terdapat faktor fizikal lain seperti perubahan iklim dan corak hujan yang boleh mempengaruhi keadaan sesebuah sungai selain daripada faktor perubahan guna tanah dan perubahan litupan tumbuhan (Mohmadisa et al., 2011). Hal ini kerana perubahan iklim akan mengubah magnitud, masa dan intensiti corak hujan serta mempengaruhi keadaan hidrologi di sesebuah kawasan (Chaitra et al., 2018). Sementara itu, Dlamini et al. (2017) menunjukkan bahawa aliran sungai mengikut keadaan hujan dengan perubahan ketara ketika musim hujan dan musim kering disebabkan oleh peningkatan kepada kadar evapotranspirasi di kawasan tadahan. Maka, variasi musim basah (hujan) berkemungkinan dapat mempengaruhi keadaan kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam di samping adanya pengaruh aktiviti manusia terhadap kehadiran logam berat tersebut. Oleh itu, kajian ini akan meneliti kepekatan logam berat di sungai Bernam.



1.3 Pernyataan Masalah

Isu pencemaran air bukanlah sesuatu yang asing lagi buat penduduk di Malaysia. Berdasarkan Laporan Kualiti Alam Sekeliling pada 2017, sebanyak 219 (46%) sungai daripada 477 sungai yang diawasi menunjukkan indeks kualiti air berstatus bersih, 207 (43%) berstatus sederhana tercemar dan 51 (11%) adalah berstatus tercemar (Jabatan Alam Sekitar, 2017). Laporan ini turut menunjukkan bahawa keperluan oksigen biokimia (BOD), ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan pepejal terampai (SS) masih menjadi punca kepada pencemaran sungai. Nilai BOD yang tinggi sering dikaitkan dengan rawatan sisa kumbahan yang tidak mencukupi atau akibat pelepasan effluen daripada aktiviti perindustrian. Dalam bidang pertanian, pencemaran air biasanya dikaitkan dengan aliran baja, pengumpulan sisa buangan dan pengumpulan racun perosak di air bawah tanah dan badan air permukaan (Ng, 2017). Nilai $\text{NH}_3\text{-N}$ pula boleh dikaitkan dengan aktiviti penternakan dan kumbahan domestik manakala punca utama SS adalah kerja-kerja tanah yang tidak teratur dan aktiviti pembukaan tanah. Hal ini menunjukkan bahawa aktiviti guna tanah pembangunan telah menyumbang kepada perubahan kualiti air sungai.

Berdasarkan statistik, pertambahan penduduk negara dari tahun 2000 hingga 2010 adalah kira-kira 5.4 juta orang dengan pertumbuhan purata tahunan penduduk adalah 2.17 peratus (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2010). Negeri Selangor juga mencatatkan peningkatan jumlah penduduk dari kira-kira 3.9 juta pada tahun 2000 kepada kira-kira 5.4 juta pada tahun 2010 (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2010). Statistik ini menunjukkan berlakunya peningkatan bilangan penduduk yang agak besar dalam tempoh hanya 10

tahun. Tidak terkecuali juga kawasan daerah Muallim yang terdiri dari Hulu Bernam dan Slim River serta daerah Hulu Selangor dan daerah Sabak Bernam (Lembaga Urus Air Selangor, 2022). Penduduk di daerah ini juga bertambah dari tahun ke tahun. Aktiviti pembangunan perlu dijalankan dengan pesat sepanjang masa bagi menampung keperluan dan bilangan penduduk yang semakin bertambah dari tahun ke tahun. Namun, pembangunan yang dijalankan oleh pihak berkuasa dan pemaju seharusnya terkawal dan dipantau pengurusannya dari semasa ke semasa agar pencemaran sungai yang bersumberkan aktiviti manusia dapat dicegah dari awal.

Antara pembandaran yang semakin berkembang di daerah Muallim, Kuala Selangor, Sabak Bernam dan Hulu Selangor melibatkan petempatan, perindustrian, pertanian dan sebagainya (Kadhun et al., 2016, 2017). Apabila adanya aktiviti antropogenik ini maka akan ada juga sisa yang terhasil dan dibuang dari kawasan-kawasan ini. Oleh itu, kawasan-kawasan kilang, pertanian, petempatan dan sebagainya harus mematuhi prosedur pembuangan sisa kilang seperti sisa kimia dan menguruskan sisa domestik dengan kaedah yang betul. Kegiatan pertanian pula perlu dijalankan dengan penggunaan racun serangga dan baja organik. Perkara ini perlu dijalankan dengan teliti kerana ketersediaan air ini berkait rapat dengan isu yang berkaitan penggunaan air yang turut melibatkan aspek kesihatan dan keselamatan makanan hinggalah kepada pembangunan ekonomi, penggunaan tanah dan pemeliharaan ekosistem semula jadi yang bergantung kepada sumber air (Mohamad Suhaily Yusri & Zainudin, 2011). Maka, dapat dilihat bahawa gangguan terhadap kualiti dan kuantiti air ini boleh menghasilkan pelbagai isu berangkai dalam sesebuah negara.

Kajian ini akan menfokuskan kepada beberapa parameter logam berat yang diuji di lembangan sungai Bernam ketika musim basah dan musim kering. Malah, pengaruh aktiviti manusia yang menyumbang kepada perubahan kualiti air sungai Bernam turut akan dijelaskan di kajian literatur. Kajian ini adalah relevan untuk dijalankan sepanjang masa kerana sungai itu bersifat dinamik dan sentiasa berubah-ubah keadaan kualiti airnya dari semasa ke semasa. Dengan merujuk kepada kajian lalu seperti Kadhum et al. (2016 & 2017) yang berfokus kepada penelitian logam berat pada sedimen yang diambil dari lembangan sungai Bernam, jurang kajian yang ingin diteroka adalah berfokus kepada logam berat yang terkandung pada air sungai sahaja di lembangan Sungai Bernam melalui analisis Indeks Logam (MI). Rajah 1.1 menunjukkan masalah semasa, situasi ideal, jurang penyelidikan dan penyelesaian.



Rajah 1.1. Masalah semasa, jurang penyelidikan, situasi ideal dan penyelesaian

1.4 Matlamat dan Objektif Kajian

Matlamat kajian ini dijalankan adalah untuk meneliti kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam. Terdapat beberapa objektif untuk kajian ini iaitu:

- i. mengukur kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam,
- ii. menganalisis kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam,
- iii. mengelaskan indeks logam berat di sungai Bernam.

1.5 Persoalan Kajian

Berdasarkan pernyataan masalah yang diterangkan, terdapat beberapa persoalan kajian yang telah dibentuk bagi meneliti permasalahan tersebut. Kajian ini dijalankan bagi menjawab persoalan-persoalan berikut:

- i. berapakah kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam?
- ii. apakah tahap kepekatan logam berat di lembangan sungai Bernam?
- iii. apakah indeks logam berat di lembangan sungai Bernam?

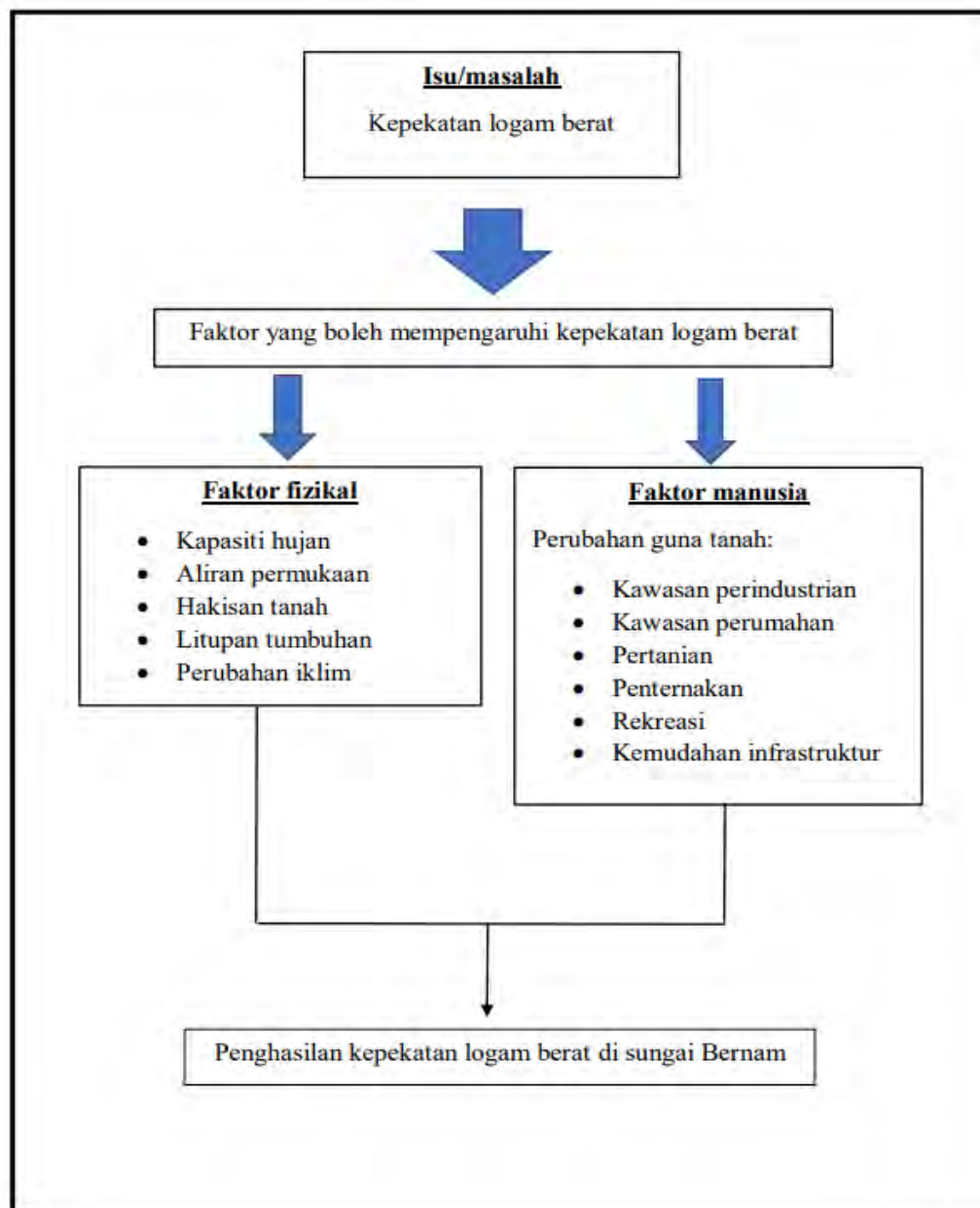
1.6 Kerangka Konseptual Kajian

Kerangka konseptual dirangka berdasarkan isu logam berat di sungai Bernam. Beberapa faktor fizikal dan manusia yang boleh mempengaruhi keadaan kepekatan logam berat dikaitkan berdasarkan pemerhatian yang dilakukan di sekitar lokasi pensampelan. Faktor fizikal melibatkan kapasiti hujan, aliran permukaan, hakisan tanah, litupan tumbuhan dan perubahan iklim. Faktor-faktor ini dilihat dapat mempengaruhi keadaan sungai dari segi kepekatan logam berat semasa musim basah dan musim kering serta pergerakan aliran sungai yang mengangkut bahan logam berat.

Faktor manusia pula terlibat aktiviti antropogenik seperti perindustrian, perumahan, pertanian, penternakan, rekreasi dan pembinaan infrastruktur. Ketersediaan kawasan-kawasan ini untuk kehidupan seharian manusia dari tahun ke tahun telah menyumbang kepada penghasilan bahan pencemar ini. Apabila bangunan atau tapak kawasan untuk aktiviti ini dibina berdekatan sungai khususnya akan menjejaskan keadaan air sungai. Hal ini berlaku sekiranya pihak pengilang, petani atau individu yang menjalankan aktiviti tersebut tidak peka dengan sumber yang boleh menghasilkan logam berat ini dari aktiviti tersebut mungkin secara tidak langsung telah mengalirkan bahan pencemar ini ke sungai terutamanya ketika hujan.

Hujan yang turun boleh mengalirkan sisa pencemar ini dari kawasan pertanian, penternakan dan perindustrian ke badan air yang berdekatan. Kesannya, bahan pencemar ini akan larut di dalam sungai dan termendap di dalam sedimen atau bergerak ke permukaan

sekiranya aliran sungai deras. Intihalnya, faktor-faktor ini akan mempengaruhi kepekatan logam berat di sungai sama secara langsung atau tidak langsung. Rajah 1.2 menunjukkan kerangka konseptual bagi penelitian kepekatan logam berat di sungai Bernam serta faktor-faktor yang boleh mempengaruhinya.



Rajah 1.2. Kerangka konseptual

1.7 Kepentingan Kajian

Kajian ini dilihat dapat menambah pengetahuan semasa tentang keadaan kualiti air sungai Bernam dari segi kehadiran logam berat ketika musim kering dan musim basah. Hal ini amat penting agar hasil kajian dapat dimanfaatkan oleh pelbagai pihak seperti Jabatan Alam Sekitar (JAS), Lembaga Air Perak (LAP), Lembaga Urus Air Selangor (LUAS) dan lain-lain. Dapatan yang diperoleh dapat dijadikan sumber rujukan semasa oleh pihak-pihak berkuasa bagi mengambil tindakan sewajarnya sekiranya terdapat pencemaran yang dikesan pada air sungai Bernam. Dengan ini, pencegahan awal dapat dijalankan oleh pihak berwajib bagi memantau serta merawat air sungai yang tercemar.

Bukan itu sahaja, kajian ini juga dapat menyumbang data dan hasil kajian kepada bidang ilmu hidrologi memandangkan kajian ini meneliti keadaan logam berat ketika musim yang berbeza bagi melihat pengaruh elemen hujan terhadap kepekatan logam. Dengan ini, pemahaman terhadap proses fizikal yang berlaku di dalam sungai sama ada dari segi pengangkutan, hakisan dan pemendapan bahan di dalam sungai akan lebih difahami terutamanya apabila adanya pengaruh luar seperti hujan yang mempengaruhi proses-proses ini. Sebagai tambahan, kajian ini turut mengkaitkan campur tangan aktiviti manusia yang boleh menyumbang kepada perubahan kepekatan logam berat di sungai Bernam. Aktiviti manusia seperti penternakan, pertanian, dan perindustrian sememangnya penting dijalankan seiring dengan permintaan dan keperluan manusia. Hal ini menyebabkan aktiviti manusia sering dikaitkan dengan berlakunya sesuatu pencemaran sama ada pencemaran air, udara, bau dan lain-lain. Dengan adanya kajian ini, pengkaji



bidang hidrologi akan datang dapat menjadikannya sebagai rujukan untuk menambah baik kajian yang seterusnya.

Bukan itu sahaja, masyarakat juga akan sentiasa peka terhadap kualiti sungai di Malaysia ini di samping memupuk sikap sentiasa menghargai alam sekitar melalui amalan penjagaan dan pengurusan guna tanah, pembangunan kawasan petempatan dan perindustrian. Dengan melihat perhubungan logam berat dengan kegiatan manusia di persekitaran sungai, ia dapat memberi kesedaran kepada masyarakat terhadap impak dari tindakan mereka yang berkemungkinan telah menyumbang ke arah kemerosotan kualiti air sungai. Sebagai sumber bekalan air bersih untuk kegunaan harian, penjagaan dan pengurusan yang berterusan dari semasa ke semasa dari pelbagai pihak sama ada pihak kerajaan, pihak berkuasa tempatan, jabatan-jabatan kerajaan, badan bukan kerajaan (NGO) serta masyarakat setempat amat diperlukan. Kerjasama yang erat dari pelbagai pihak dapat menjamin pengekalan kualiti dan kuantiti air yang sentiasa cukup dan selamat untuk digunakan. Kajian yang dilakukan ini diharapkan dapat membantu pihak yang berkepentingan tentang perkembangan terkini status air di Sungai Bernam. Dengan ini, sekiranya terdapat peningkatan kadar logam berat maka pihak-pihak ini boleh mengambil tindakan yang selanjutnya sebagai langkah pencegahan awal.

Selain itu, kajian ini juga memainkan peranan untuk mendidik rakyat agar lebih tahu tentang kewujudan logam berat dalam air sungai. Masyarakat seharusnya didedahkan bahawa setiap bahan buangan yang disalurkan ke sungai sama ada dari kawasan perumahan, perindustrian, restoran, kilang-kilang dan sebagainya sebenarnya boleh



menghasilkan logam berat. Kehadiran logam berat seperti Ni, Pb, Zn, Cr, Cd dan sebagainya di dalam sungai amat berbahaya kepada penduduk sekiranya mereka makan ikan atau hidupan akuatik lain dari sungai yang tercemar oleh bahan logam tersebut. Hal ini kerana logam berat ini bertoksik serta dapat mendatangkan kemudaratan kepada kesihatan penggunaanya terutamanya jika ia dimakan secara berterusan. Oleh itu, kajian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan masyarakat berkaitan logam berat yang wujud dalam air sungai.

Dengan adanya kajian ini, diharapkan generasi kini atau akan datang akan lebih berhati-hati dalam setiap tindakan terutamanya yang melibatkan penjagaan sungai. Masyarakat juga akan lebih tahu dan mampu untuk mempengaruhi individu lain agar mengubah sikap yang merosakkan alam sekitar apabila mereka tahu dan faham berkaitan pengaruh aktiviti manusia terhadap kepekatan logam berat di sungai. Dengan ini, masyarakat mahupun pihak kerajaan dapat menggunakan cara yang lebih bermakna dan dapat membuat keputusan yang bertanggungjawab mengenai tindakan yang dapat membendung masalah pencemaran air sungai. Hal ini kerana penguatkuasaan undang-undang dan peraturan sahaja tidak mencukupi untuk mendidik masyarakat maka kerjasama dan kesedaran dari semua pihak amat diperlukan. Misalnya, melalui pelaksanaan kempen sayangi sungai, program-program kemasyarakatan seperti gotong royong membersihkan sungai, aktiviti di peringkat sekolah yang berkaitan penjagaan alam sekitar dan sebagainya. Dengan ini, lebih ramai orang akan membudayakan sikap yang menjaga alam sekitar.

Melalui pengetahuan, manusia dapat mempengaruhi persekitaran. Dengan adanya pengetahuan, manusia akan lebih memelihara alam sekitar dan mempraktikkan langkah-langkah yang boleh mengurangkan pencemaran air sungai. Misalnya, dengan mengawal aktiviti pembandaran dan pencemaran hasil daripada pembandaran tersebut, merancang reka bentuk pembangunan yang mesra alam dengan berkonsepkan pembangunan lestari, pemantauan yang lebih kerap ke kawasan-kawasan perindustrian dan sebagainya. Etika terhadap alam sekitar seharusnya menjadi pegangan bagi memastikan agenda pembangunan berterusan dapat diwujudkan di dalam negara. Dengan ini, setiap kemajuan pembangunan bergerak seiring dengan penjagaan alam sekitar serta mampu mewujudkan mutu pengurusan kualiti air yang mantap di negara ini. Justeru, kajian yang dijalankan ini diharapkan dapat mendidik orang awam agar lebih berpengetahuan, ambil tahu dan mampu menyumbangkan kepada usaha penjagaan alam sekitar dalam mengatasi isu berkaitan pencemaran air sungai.

1.8 Skop dan Batasan Kajian

Skop dan batasan kajian ini adalah tertumpu kepada sungai Bernam sahaja iaitu di sebelas stesen yang telah ditetapkan sebagai lokasi pensampelan. Sungai Bernam dipilih kerana sungai ini merupakan sungai yang strategik lokasinya untuk dikaji memandangkan sungai ini bukan sahaja menjadi sempadan antara negeri Perak dan Selangor malah sungai ini juga antara sungai yang besar dan mengalir melalui tiga buah daerah iaitu daerah Muallim, daerah Sabak Bernam dan daerah Hulu Selangor (Lembaga Urus Air Selangor, 2022).

Lokasinya juga mempunyai darjah ketersampaian dari tapak pensampelan ke makmal untuk analisis kualiti air adalah sesuai.

Sebanyak 11 stesen telah dipilih mengikut aliran sungai Bernam berdasarkan peta topografi dan laluan titik lokasi pensampelan ini mempunyai jambatan untuk mengutip sampel. Stesen satu bermula di Sungai Inki di Kalumpang yang merupakan hulu sungai Bernam dan stesen terakhir yang dipilih adalah di Changkat Menteri (hilir sungai) kerana lokasi sungai Bernam yang selebihnya di bahagian hilir sungai terlampau menghampiri muara sungai maka kelebaran sungai semakin tinggi di samping ketiadaan jambatan.

Kutipan data kajian ini dijalankan dalam tempoh tujuh bulan sahaja bermula Disember 2021 hingga Jun 2022. Data di lapangan diambil sekali sahaja untuk setiap bulan disebabkan oleh keterbatasan masa kerana jarak bagi setiap stesen agak jauh. Sepanjang tempoh tujuh bulan ini, data yang diperoleh sudah memadai untuk melihat perubahan nilai logam berat kerana data ini sudah merangkumi data semasa musim basah dan musim kering. Sebanyak enam parameter logam berat digunakan iaitu mangan (Mn), zink (Zn), kuprum (Cu), nikel (Ni), aluminium (Al) dan kromium (Cr). Enam parameter ini dipilih berdasarkan parameter yang kerap digunakan dalam kajian-kajian lepas seperti kajian yang dijalankan oleh Abid et al., (2019), Kadhum et al., (2016, 2017), Salam et al., (2019) dan Yunus et al., (2020) serta merujuk kepada parameter yang digunakan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) bagi mengukur kualiti air sungai di Malaysia.

1.9 Definisi Operasi

Definisi operasi menerangkan tentang istilah untuk beberapa perkataan penting yang sering digunakan dalam penulisan ini. Perkataan yang akan diterangkan maksudnya adalah logam berat.

1.9.1 Logam berat

Logam berat merupakan unsur semula jadi yang boleh didapati dari kerak bumi di samping penghasilannya daripada tindak balas aktiviti manusia yang secara drastik mengubah kitaran geokimia dan keseimbangan biokimia logam berat (Singh et al., 2011). Menurut Koller & Saleh (2018), logam berat ialah unsur semula jadi yang dicirikan oleh jisim atomnya yang agak tinggi dan ketumpatannya yang tinggi. Walaupun dalam ketumpatan yang rendah namun logam berat ini boleh ditemui di seluruh lapisan kerak bumi (Koller & Saleh, 2018) dan ia bersifat tidak terbiodegradasi (Gautam et al., 2014). Lazimnya, ketumpatan sekurang-kurangnya 5 g cm^{-3} digunakan untuk mentakrifkan logam berat dan untuk membezakannya daripada logam "ringan" yang lain (Koller & Saleh, 2018). Gautam et al. (2014), pula menjelaskan logam berat sebagai mana-mana logam yang bertoksik atau bertoksik pada kepekatan yang rendah serta mempunyai ketumpatan yang agak tinggi antara 3.5 g cm^3 hingga 7 g cm^3 .

Unsur-unsur ini boleh memasuki badan manusia melalui udara, air dan makanan.

Pengumpulan logam berat di persekitaran semula jadi seperti Al, Cu, Cr, Zn, Ni dan Mn

secara berlebihan boleh mendatangkan kesan yang memudaratkan kesihatan manusia yang menggunakan air, tumbuhan atau bahan-bahan yang terdedah kepada logam berat ini. Dalam konteks kajian ini, kepekatan logam berat yang hadir di dalam sungai adalah dinilai secara berbeza bagi setiap parameter logam yang terlibat. Dengan merujuk kepada Kementerian Kesihatan Malaysia, standard maksimum kepekatan logam berat yang dibenarkan untuk air permukaan selamat dijadikan air minuman adalah 1.0 mg/l (Cu), 0.05 mg/l (Cr), 0.02 mg/l (Ni), 0.1 mg/l (Mn), 3 mg/l (Zn) dan 0.2 mg/l (Al) (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2023). Sekiranya nilai kepekatan melebihi nilai ini maka tahap kepekatan logam berat yang hadir telah berada pada tahap yang tidak sesuai dijadikan sumber bekalan air minuman.

1.9.2 Indeks Logam (MI)

Indeks Logam (MI) ditakrifkan sebagai kepekatan setiap unsur logam dalam larutan kepada nilai kepekatan maksimum yang dibenarkan (MAC) bagi setiap unsur (Anitha et al., 2021). MI berfungsi untuk menggambarkan kesan komposit setiap logam ke atas kualiti air keseluruhannya melalui ciri-ciri yang telah diklasifikasikan berdasarkan nilai MI yang diperoleh (Sarhat & Al-Obaidi, 2023). Semakin tinggi kepekatan sesuatu logam berbanding dengan nilai MAC masing-masing, semakin teruk kualiti air tersebut. Nilai kepekatan maksimum yang dibenarkan ini diperoleh dari portal Kementerian Kesihatan Malaysia yang digunakan bagi mengesan nilai maksimum kepekatan logam berat yang dibenarkan untuk digunakan sebagai air minuman (Kementerian Kesihatan Malaysia,

2023) dan setiap negara mempunyai standard MAC yang berbeza-beza mengikut piawaian yang ditetapkan oleh negara itu sendiri.

1.9.3 Indeks Kualiti Air

Indeks kualiti air (IKA) merupakan nombor tunggal yang boleh dikira dengan mudah dan digunakan untuk penerangan keseluruhan tentang kualiti badan air yang digunakan untuk tujuan yang berbeza (Dede et al., 2013). Ia merupakan satu metodologi yang cepat dan mudah bagi mengenal pasti kualiti air dengan hanya melihat pada satu nilai agregat dan skala yang sepadan. Indeks kualiti air mengumpulkan sejumlah besar parameter kualiti air dan menyatakan kualiti air dengan cara yang boleh difahami seperti "sangat baik", "baik", "buruk" dan sebagainya (Dede et al., 2013). Di Malaysia, Jabatan Alam Sekitar (JAS) mengelaskan status kualiti air sungai berdasarkan indeks kualiti air (IKA) kepada bersih, sederhana tercemar dan tercemar (Jabatan Alam Sekitar, 2018). Indeks Kualiti Air (IKA) dikira dengan mengambil kira nilai parameter Oksigen Terlarut (DO), Keperluan Oksigen Biokimia (BOD), Keperluan Oksigen Kimia (COD), Ammonia Nitrogen, Jumlah Pepejal Terampai (TSS) dan pH.

1.10 Organisasi Penulisan

Kajian ini terdiri daripada lima bab iaitu pendahuluan, kajian literatur, metodologi, dapatan dan perbincangan serta rumusan kajian. Bab 1 iaitu pendahuluan menerangkan tentang pengenalan, latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif kajian, persoalan kajian, kerangka konseptual, kepentingan kajian, skop dan batasan kajian, definisi operasi, organisasi penulisan dan kesimpulan.

Bab 2 pula mengulas tentang kajian-kajian lalu sama ada dari dalam atau luar negara berkaitan tajuk kajian. Selain itu, aspek-aspek lain yang berkaitan dengan topik kajian turut diuraikan dengan lebih lanjut di Bab 2 seperti pencemaran logam berat, faktor fizikal yang mempengaruhi kualiti air, pengelasan logam berat, jenis-jenis logam berat dan pencegahan pencemaran logam berat. Bab 3 pula menerangkan metod yang digunakan dalam kajian ini. Antara perkara yang dijelaskan di Bab 3 adalah seperti pengenalan, reka bentuk kajian, lokasi kajian, pensampelan kajian, instrumen kajian, kaedah pengumpulan data, prosedur pengumpulan data, kaedah dan teknik analisis data dan kesimpulan.

Bab 4 pula merupakan bahagian dapatan dan perbincangan kajian. Data yang diperoleh dari sampel kajian dianalisis dan hasilnya diterangkan dengan jelas di Bab 4 dan disokong dengan rajah dan jadual bagi mempersembahkan data yang diperoleh. Perbincangan kajian turut disertakan di bahagian ini bagi menyokong data yang diperoleh. Bab 5 pula merumuskan keseluruhan hasil kajian. Selain itu, rumusan kajian, implikasi kajian, cadangan kajian lanjutan dan kesimpulan juga turut diterangkan.

1.11 Kesimpulan

Dalam bab ini, perkara-perkara berkaitan kajian ini diterangkan secara umum di bahagian pengenalan. Latar belakang kajian serta pernyataan masalah juga telah dihuraikan di dalam bab ini. Tujuan kajian ini dijalankan dinyatakan dengan jelas di bahagian objektif serta persoalan kajian telah dibentuk. Kerangka konseptual berkaitan keseluruhan kajian dihasilkan bagi menunjukkan hubung kait di dalam kajian ini. Kajian-kajian lepas berkaitan tajuk ini diterangkan dengan lebih lanjut di Bab 2. Analisis terperinci terhadap dapatan yang diperoleh juga diterangkan dengan lebih lanjut di bab yang seterusnya.