

PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI DAN CORAK SEBARAN PM₁₀ DI BANDAR IPOH, PERAK

MOHD HASHIQ BIN HASHIM

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2023



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP
KONSENTRASI DAN CORAK SEBARAN PM₁₀
DI BANDAR IPOH, PERAK

MOHD HASHIQ BIN HASHIM



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

LAPORAN TESIS DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SASTERA
(MOD PENYELIDIKAN)

FAKULTI SAINS KEMANUSIAAN
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2023



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 **25** (hari bulan) **Disember** (bulan) **2022**

i. Perakuan pelajar :

Saya, **MOHD HASHIQ BIN HASHIM (M20191000975)** Fakulti Sains Kemanusiaan (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk **PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI DAN CORAK SEBARAN PM₁₀ DI BANDAR IPOH, PERAK** 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 se jelasnya dan secukupnya.

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, **PROF. MADYA DR. MOHD HAIRY IBRAHIM** (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk **PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI DAN CORAK SEBARAN PM₁₀ DI BANDAR IPOH, PERAK** (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).

26/12/2022

Tarikh

Tandatangan Penyelia

PROF. MADYA DR. MOHD HAIRY IBRAHIM
Pensyarah
Jabatan Geografi & Alam Sekitar
Fakulti Sains Kemanusiaan
Universiti Pendidikan Sultan Idris

**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES****BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI
DAN CORAK SEBARAN PM₁₀ DI BANDAR IPOH, PERAK

No. Matrik / Matric's No.: M20191000975

Saya / I: MOHD HASHIQ BIN HASHIM

(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)

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

Tarikh: 17/4/2023

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

Alhamudlillah, dengan nama Tuhan yang Maha Pemurah, saya dapat menyiapkan tesis sarjana ini dengan jayanya. Kajian ini merupakan sebahagian daripada syarat untuk bergraduasi dalam Sarjana Sastera bidang Geografi.

Sekalung penghargaan dan ribuan terima kasih ingin saya ucapkan kepada Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) dan Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) melalui Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS) KOD: FRGS/1/2019/SS07/UPSI/02/2 yang membiayai kajian peringkat sarjana ini sehingga berjaya serta pensyarah penyelia saya iaitu Profesor Madya Dr. Mohd Hairy Ibrahim yang banyak membimbing dan memberikan tunjuk ajar kepada saya sepanjang penulisan ilmiah ini dilakukan. Tidak lupa juga kepada Dekan Fakulti Sains Kemanusiaan iaitu Profesor Madya Ts. Dr. Nor Kalsum Mohd Isa serta pembantu makmal En. Faiz Muin yang telah membantu dan memberi panduan sepanjang penulisan tesis ini.

Serta, dengan ingatan yang tulus, sekalung penghargaan diberikan kepada ahli keluarga tercinta terutamanya ayahanda dan bonda iaitu Hashim Ahmad serta Junaidah Biauwangi yang telah memberikan dorongan serta semangat sepenuh masa untuk melaksanakan penulisan tesis ini. Tidak lupa kepada rakan-rakan seperjuangan terutamanya yang telah memberikan bantuan dan pendapat.

Saya juga ingin berterima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung yang telah memberikan panduan, tunjuk ajar, dorongan, nasihat serta semangat sepanjang tempoh kajian ini dilaksanakan.

Sekian, terima kasih.



ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengukur tahap konsentration partikel terampai (PM_{10}) dan menganalisis hubungan PM_{10} terhadap parameter meteorologi yang terdiri daripada suhu, kelembapan bandingan, dan halaju angin serta corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh, Perak. Teori The Air Pollution Model (TAPM) digunakan sebagai kerangka untuk mengkaji fenomena pencemaran udara yang dipengaruhi oleh parameter meteorologi. Kajian kuantitatif ini menggunakan reka bentuk kajian tinjauan dan korelasi secara longitudinal. Sebanyak 10 stesen persampelan yang dipilih berdasarkan guna tanah di sekitar bandar Ipoh untuk merekodkan tahap konsentration PM_{10} dan parameter meteorologi. Pencerapan data dilakukan selama satu minggu semasa Monsun Barat Daya (MBD), Monsun Timur Laut (MTL), dan peralihan monsun. Data dianalisis secara deskriptif dan inferensi; bagi menunjukkan tahap konsentration PM_{10} serta hubungannya dengan tiga parameter meteorologi. Teknik Inverse Distance Weighted (IDW) digunakan untuk membentuk corak sebaran PM_{10} . Berdasarkan hasil dapatan deskriptif, S6 (Tasek) merekodkan konsentration PM_{10} tertinggi semasa MBD ($273.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), MTL ($109.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan peralihan monsun ($174.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Manakala, analisis korelasi Spearman menunjukkan bahawa parameter meteorologi mempunyai hubungan signifikan terhadap konsentration PM_{10} semasa peralihan monsun; suhu ($\rho = .254$), kelembapan bandingan ($\rho = -.262$), halaju angin ($\rho = -.448$). Hasil corak sebaran yang dibentuk PM_{10} pula menunjukkan pelbagai variasi terhadap tahap konsentration PM_{10} di setiap stesen mengikut musim. Implikasi daripada kajian adalah dalam bentuk sumbangan kepada literatur berkenaan PM_{10} serta membekalkan maklumat-maklumat penting khususnya kepada Jabatan Alam Sekitar Malaysia, yang mana kajian ini menunjukkan bahawa tahap konsentration PM_{10} bersifat dinamik serta dipengaruhi oleh keadaan ciri cuaca dan iklim di sesebuah kawasan. Implikasi daripada kajian ini turut mengharapkan Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia dapat diteliti semula bagi mewujudkan kualiti udara yang seimbang pada masa akan datang.



THE EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE CONCENTRATION AND DISTRIBUTION PATTERN OF PM₁₀ IN IPOH, PERAK

ABSTRACT

This study aims to measure the concentration level of suspended particulate matter (PM₁₀) and analyze the relationship of PM₁₀ between meteorological parameters consisting of temperature, relative humidity, and wind speed as well as the distribution pattern of PM₁₀ in Ipoh, Perak. The theory of The Air Pollution Model (TAPM) is used as a framework to study air pollution phenomena that are influenced by meteorological parameters. This quantitative study uses a longitudinal survey and correlation study design. A total of 10 sampling stations were selected based on land use around the city of Ipoh to record PM₁₀ concentration levels and meteorological parameters. Data collection was done for one week during Southwest Monsoon (SWM), Northeast Monsoon (NEM), and inter-monsoon season. Data were analyzed descriptively and inferentially; to show the concentration level of PM₁₀ and its relationship with three meteorological parameters. The Inverse Distance Weighted (IDW) technique was chosen to form the PM₁₀ distribution pattern. Based on descriptive findings, S6 (Tasek) recorded the highest PM₁₀ concentration during SWM (273.60 µg/m³), NEM (109.30 µg/m³), and inter-monsoon season (174.80 µg/m³). Meanwhile, Spearman's correlation analysis shows that meteorological parameters have a significant relationship with PM₁₀ concentration during the inter-monsoon; temperature ($\rho = .254$), relative humidity ($\rho = -.262$), wind velocity ($\rho = -.448$). The results of the distribution pattern formed by PM₁₀ show various variations in the concentration level of PM₁₀ at each station according to the season. The implications of the study are in the form of a contribution to the literature on PM₁₀ and provide important information, especially to the Malaysian Department of Environment, which this study shows that the level of PM₁₀ concentration is dynamic and influenced by the weather and climate factors in an area. Implications from this study also expect that the Malaysia's Ambient Air Quality Standard can be re-examined to create a balanced air quality in the future.

**SENARAI KANDUNGAN****Muka Surat**

PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xv
SENARAI SINGKATAN	xx
SENARAI LAMPIRAN	xxiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	2
1.3 Permasalahan Kajian	4
1.4 Persoalan Kajian	8
1.5 Objektif Kajian	9
1.6 Hipotesis Kajian	9
1.7 Kepentingan Kajian	12
1.8 Batasan Kajian	13
1.9 Organisasi Kajian	14
1.10 Definisi Operasi	15
1.11.1 Partikel Terampai (PM ₁₀)	15



1.11.2	Parameter Meteorologi	16
1.11.3	Interpolasi Ruangan	17
1.11	Kesimpulan	18

BAB 2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Pendahuluan	19
2.2	Definisi dan Konsep	20
2.2.1	Atmosfera Bumi	20
2.2.2	Parameter Meteorologi	21
2.2.3	Pencemaran Udara	23
2.2.4	Bahan Pencemar Udara	24
2.2.5	Partikel Terampai	28
2.2.6	Klasifikasi Partikel Terampai	28
2.2.7	Komposisi Partikel Terampai	29
2.2.8	Sistem Monsun	32
2.2.9	Sistem Maklumat Geografi (GIS)	29
2.2.10	Interpolasi Ruangan	30
2.3	Mekanisme Partikel Terampai	33
2.4	Sumber Peningkatan PM ₁₀	35
2.5	Kesan PM ₁₀ Terhadap Alam Sekitar Fizikal	38
2.6	Pengaruh Tiupan Angin Monsun di Malaysia	40
2.7	Penggunaan Aplikasi GIS dalam Analisis Reruang	41
2.8	Interpolasi Ruangan dalam Pencemaran Udara	43
2.9	Faktor Mempengaruhi Corak Sebaran dan Konsentrasi PM ₁₀	45

2.10	Kajian Lepas Pencemaran PM ₁₀	47
2.11	Kerangka Konseptual	61
2.12	Kesimpulan	63

BAB 3 KAWASAN DAN METODOLOGI KAJIAN

3.1	Pendahuluan	64
3.2	Kawasan Kajian	65
3.2.1	Bentuk Muka Bumi	69
3.2.2	Cuaca dan Iklim	70
3.2.3	Sistem Saliran	71
3.2.4	Guna Tanah	72
3.2.5	Sistem Pengangkutan	74
3.2.6	Demografi Penduduk	74
3.3	Reka Bentuk Kajian	75
3.4	Pengumpulan Data	78
3.4.1	Data Primer	78
3.4.2	Data Sekunder	79
3.5	Peralatan	79
3.5.1	Peralatan Lapangan	80
3.6	Kaedah Persampelan	82
3.7	Analisis Data	83
3.7.1	Penggantian Data (<i>Data Imputation</i>)	83
3.7.2	Tahap Konsentrasi PM ₁₀	84
3.7.3	Analisis Deskriptif	85
3.7.4	Analisis Inferensi	86

3.7.5	Analisis Ruangan	88
3.8	Kesimpulan	89
BAB 4 ANALISIS DAN DAPATAN KAJIAN		
4.1	Pendahuluan	90
4.2	Hasil Kajian	91
4.2.1	Penggantian Data	91
4.2.2	Konsentrasi PM ₁₀	94
4.2.3	Parameter Meteorologi	110
4.2.4	Perbandingan Konsentrasi PM ₁₀ dan Parameter Meteorologi	149
4.2.5	Hubungan Konsentrasi PM ₁₀ terhadap Parameter Meteorologi	162
4.2.6	Pengaruh Parameter Meteorologi terhadap Konsentrasi PM ₁₀	169
4.2.7	Corak Sebaran PM ₁₀	179
4.3	Ringkasan Keputusan Ujian Hipotesis	200
4.4	Kesimpulan	202
BAB 5 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN KAJIAN		
5.1	Pendahuluan	203
5.2	Ringkasan Perbincangan	204
5.3	Perbincangan Dapatan Kajian	206
5.3.1	Konsentrasi PM ₁₀	207
5.3.2	Parameter Meteorologi	210
5.3.3	Perbandingan Konsentrasi PM ₁₀ dan Parameter Meteorologi	212
5.3.4	Hubungan Konsentrasi PM ₁₀ terhadap	215

Parameter Meteorologi

5.3.5	Pengaruh Parameter Meteorologi terhadap Konsentrasi PM ₁₀	217
5.3.6	Corak Sebaran PM ₁₀	220
5.4	Kesimpulan Kajian	225
5.5	Implikasi Kajian	226
5.5.1	Implikasi Teoritik	220
5.5.2	Implikasi Praktikal	229
5.6	Sumbangan Kajian	231
5.7	Cadangan Kajian Lanjutan	232
5.8	Penutup	234

RUJUKAN

LAMPIRAN

235

253

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka surat
1.1	Kerangka Permasalahan Kajian	8
2.1	Komposisi Gas dalam Udara yang tidak Tercemar	20
2.2	Sumber Pencemaran Udara	23
2.3	Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia	27
2.4	Klasifikasi Partikel Terampai	28
2.5	Perbezaan Komposisi PM ₁₀ dan PM _{2.5}	30
2.6	Komposisi PM ₁₀ berdasarkan kajian lepas di Malaysia	31
3.1	Pembahagian mukim di daerah Kinta	68
3.2	Lokasi Stesen Kajian	71
3.3	Cadangan Zon Guna Tanah di Bandaraya Ipoh 2020	76
3.4	Peralatan Lapangan	80
3.5	Standard Baharu Kualiti Udara Ambien Malaysia	84
3.6	Nilai pekali korelasi Spearman (ρ)	87
4.1	Penggantian nilai PM ₁₀ yang hilang	92
4.2	Penggantian nilai suhu yang hilang	92
4.3	Penggantian nilai kelembapan bandingan yang hilang	93
4.4	Penggantian nilai halaju angin yang hilang	93
4.5	Taburan Konsentrasi PM ₁₀ semasa MBD	94
4.6	Taburan Konsentrasi PM ₁₀ semasa Peralihan Monsun	95
4.7	Taburan Konsentrasi PM ₁₀ semasa MTL	95
4.8	Nilai Maksimum dan Minimum Konsentrasi Harian PM ₁₀ di setiap Stesen semasa MBD	96

4.9	Nilai Maksimum dan Minimum Konsentrasi Harian PM ₁₀ di setiap Stesen semasa Peralihan Monsun	97
4.10	Nilai Maksimum dan Minimum Konsentrasi Harian PM ₁₀ di setiap Stesen Semasa MTL	98
4.11	Taburan Min dan Sisihan Piawai Konsentrasi PM ₁₀ mengikut Musim	99
4.12	Taburan Min dan Sisihan Piawai Konsentrasi PM ₁₀ di setiap Stesen mengikut Musim	100
4.13	Taburan Parameter Meterorologi semasa MBD	111
4.14	Taburan Parameter Meterorologi semasa Peralihan Monsun	112
4.15	Taburan Parameter Meterorologi semasa MTL	112
4.16	Nilai Maksimum dan Minimum Suhu di setiap Stesen semasa MBD	113
4.17	Nilai Maksimum dan Minimum Kelembapan Bandingan di setiap Stesen semasa MBD	114
4.18	Nilai Maksimum dan Minimum Halaju Angin di setiap Stesen semasa MBD	114
4.19	Nilai Maksimum dan Minimum Suhu di setiap Stesen semasa Peralihan Monsun	115
4.20	Nilai Maksimum dan Minimum Kelembapan Bandingan di setiap Stesen semasa Peralihan Monsun	116
4.21	Nilai Maksimum dan Minimum Halaju Angin di setiap Stesen semasa Peralihan Monsun	116
4.22	Nilai Maksimum dan Minimum Suhu di setiap Stesen semasa MTL	117
4.23	Nilai Maksimum dan Minimum Kelembapan Bandingan di setiap Stesen semasa MTL	118
4.24	Nilai Maksimum dan Minimum Halaju Angin di setiap Stesen semasa MTL	118
4.25	Taburan Min dan Sisihan Piawai Suhu di setiap Stesen mengikut Musim	120

4.26	Taburan Min dan Sisihan Piawai Kelembapan Bandingan di setiap Stesen mengikut Musim	121
4.27	Taburan Min dan Sisihan Piawai Halaju Angin di setiap Stesen mengikut Musim	122
4.28	Korelasi antara Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa MBD	163
4.29	Korelasi antara Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa Peralihan Monsun	163
4.30	Korelasi antara Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa MTL	164
4.31	Korelasi antara PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa MBD	165
4.32	Korelasi antara PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa Peralihan Monsun	165
4.33	Korelasi antara PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa MTL	166
4.34	Korelasi antara PM_{10} dan Halaju Angin semasa MBD	167
4.35	Korelasi antara PM_{10} dan Halaju Angin semasa Peralihan Monsun	168
4.36	Korelasi antara PM_{10} dan Halaju Angin semasa MTL	168
4.37	Ringakasan Ujian Normaliti terhadap Nilai Residual	169
4.38	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa MBD	170
4.39	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa Peralihan Monsun	171
4.40	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Suhu semasa MTL	172
4.41	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa MBD	173
4.42	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa Peralihan Monsun	174
4.43	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Kelembapan Bandingan semasa MTL	175



4.44	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Halaju Angin semasa MBD	176
4.45	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Halaju Angin semasa Peralihan Monsun	177
4.46	Rumusan Regresi Linear Konsentrasi PM_{10} dan Halaju Angin semasa MTL	178
4.47	Ringkasan Keputusan Ujian Hipotesis	201
5.1	Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia	206



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka surat
2.1	Penggunaan Aplikasi GIS	42
2.2	Kerangka Konseptual Kajian	62
3.1	Kerangka Reka Bentuk Kajian	67
3.2	Peta Kawasan Kajian	69
3.3	Lokasi Stesen Kajian	70
3.4	Bentuk Muka Bumi Badaraya Ipoh	72
3.5	Guna Tanah Badaraya Ipoh Tahun 2018	75
3.6	<i>Portable Laser Aerosol Spectrometer</i> dan <i>Dust Monitor Model 1.108</i>	81
3.7	<i>WM-350 multi-function Weather Meter</i>	81
3.8	Diod laser <i>Portable Laser Aerosol Spectrometer</i>	85
4.1	Konsentrasi harian PM ₁₀ di setiap stesen semasa MBD	102
4.2	Konsentrasi harian PM ₁₀ di setiap stesen semasa peralihan monsun	103
4.3	Konsentrasi harian PM ₁₀ di setiap stesen semasa MTL	104
4.4	Purata harian konsentrasi PM ₁₀ di stetiap stesen semasa MBD	105
4.5	Purata harian konsentrasi PM ₁₀ di stetiap stesen semasa peralihan monsun	106
4.6	Purata harian konsentrasi PM ₁₀ di stetiap stesen semasa MTL	107
4.7	Purata konsentrasi PM ₁₀ di setiap stesen semasa MBD	108
4.8	Purata konsentrasi PM ₁₀ di setiap stesen semasa peralihan monsun	109
4.9	Purata konsentrasi PM ₁₀ di setiap stesen semasa MTL	110

4.10	Trend suhu di setiap stesen semasa MBD	123
4.11	Trend suhu di setiap stesen semasa peralihan monsun	124
4.12	Trend suhu di setiap stesen semasa MTL	125
4.13	Trend kelembapan bandingan di setiap stesen semasa MBD	126
4.14	Trend kelembapan bandingan di setiap stesen semasa peralihan monsun	127
4.15	Trend kelembapan bandingan di setiap stesen semasa MTL	128
4.16	Trend halaju angin di setiap stesen semasa MBD	129
4.17	Trend halaju angin di setiap stesen semasa peralihan monsun	130
4.18	Trend halaju angin di setiap stesen semasa MTL	131
4.19	Purata suhu harian semasa MBD	132
4.20	Purata suhu harian semasa peralihan monsun	133
4.21	Purata suhu harian semasa MTL	134
4.22	Purata kelembapan bandingan harian semasa MBD	135
4.23	Purata kelembapan bandingan harian semasa peralihan monsun	136
4.24	Purata kelembapan bandingan harian semasa MTL	137
4.25	Purata halaju angin harian semasa MBD	138
4.26	Purata halaju angin harian semasa peralihan monsun	139
4.27	Purata halaju angin harian semasa MTL	140
4.28	Purata suhu di setiap stesen semasa MBD	141
4.29	Purata suhu di setiap stesen semasa peralihan monsun	142
4.30	Purata suhu di setiap stesen semasa MTL	143
4.31	Purata kelembapan bandingan di setiap stesen semasa MBD	144

4.32	Purata kelembapan bandingan di setiap stesen semasa peralihan monsun	145
4.33	Purata kelembapan bandingan di setiap stesen semasa MTL	146
4.34	Purata halaju angin di setiap stesen semasa MBD	147
4.35	Purata halaju angin di setiap stesen semasa peralihan monsun	148
4.36	Purata halaju angin di setiap stesen semasa MTL	149
4.37	Perbandingan konsentration PM_{10} semasa MBD dan peralihan monsun	150
4.38	Perbandingan konsentration PM_{10} semasa MBD dan MTL	151
4.39	Perbandingan konsentration PM_{10} semasa peralihan monsun dan MTL	152
4.40	Perbandingan suhu semasa MBD dan peralihan monsun	153
4.41	Perbandingan suhu semasa MBD dan MTL	154
4.42	Perbandingan suhu semasa peralihan monsun dan MTL	155
4.43	Perbandingan kelembapan bandingan semasa MBD dan peralihan monsun	156
4.44	Perbandingan kelembapan bandingan semasa MBD dan MTL	157
4.45	Perbandingan kelembapan bandingan semasa peralihan monsun dan MTL	158
4.46	Perbandingan halaju angin semasa MBD dan peralihan monsun	159
4.47	Perbandingan halaju angin semasa MBD dan MTL	160
4.48	Perbandingan halaju angin semasa peralihan monsun dan MTL	161
4.49	Regresi linear konsentration PM_{10} dan suhu semasa MBD	170
4.50	Regresi linear konsentration PM_{10} dan suhu semasa peralihan monsun	171

4.51	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan suhu semasa MTL	172
4.52	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan kelembapan bandingan semasa MBD	173
4.53	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan kelembapan bandingan semasa peralihan monsun	174
4.54	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan kelembapan bandingan semasa MTL	175
4.55	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan halaju angin semasa MBD	176
4.56	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan halaju angin semasa peralihan monsun	177
4.57	Regresi linear konsentrasi PM_{10} dan halaju angin semasa MTL	178
4.58	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Isnin	180
4.59	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Selasa	181
4.60	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Rabu	182
4.61	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Khamis	183
4.62	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Jumaat	184
4.63	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Sabtu	185
4.64	Corak sebaran PM_{10} semasa MBD pada hari Ahad	186
4.65	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Isnin	187
4.66	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Selasa	188
4.67	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Rabu	189
4.68	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Khamis	190
4.69	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Jumaat	191



4.70	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Sabtu	192
4.71	Corak sebaran PM_{10} semasa peralihan monsun pada hari Ahad	193
4.72	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Isnin	194
4.73	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Selasa	195
4.74	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Rabu	196
4.75	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Khamis	197
4.76	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Jumaat	198
4.77	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Sabtu	199
4.78	Corak sebaran PM_{10} semasa MTL pada hari Ahad	200



**SENARAI SINGKATAN**

AAS	<i>Atomic absorbtion spectrometry</i>
Al	Aluminium
As	Arsenik
Cd	Kadmium
CO	Karbon Monoksida
Cr	Kromium
GAM	<i>Generalized Additive Model</i>
GIS	Sistem Maklumat Geografi
H ₂ S	Hidrogen Sulfida
IDW	<i>Inverse distance weighting</i>
IPU	Indeks Pencemaran Udara
JAS	Jabatan Alam Sekitar Malaysia
JPBD	Jabatan Perancangan Bandar dan Desa
JPJ	Jabatan Pengangkutan Jalan Malaysia
MAAQS	Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia
MetMalaysia	Jabatan Meteorologi Malaysia
MBD	Monsun Barat Daya
MTL	Monsun Timur Laut
N ₂ O	Nitrous Oksida
NAA	<i>Neutron activation analysis</i>
NH ₃	Ammonia
NO ₂	Nitrogen Oksida





OK	<i>Ordinary Kriging</i>
Pb	Plumbum
PM _{2.5}	Partikel terampai 2.5 mikrometer
PM ₁₀	Partikel terampai 10 mikrometer
RBF	<i>Radial basis function</i>
RMAQG	<i>Recommended Malaysian Air Quality Guidelines</i>
S1	Stesen 1
S2	Stesen 2
S3	Stesen 3
S4	Stesen 4
S5	Stesen 5
S6	Stesen 6
S7	Stesen 7
S8	Stesen 8
S9	Stesen 9
S10	Stesen 10
SDG13	<i>Sustainable Development Goals 13</i>
Se	Selenium
SO ₂	Sulfur Dioksida
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Science</i>
TAPM	<i>The Air Pollution Model</i>
TNB	Tenaga Nasional Berhad
UITM	Universiti Teknologi Mara
UK	<i>Universal Kriging</i>
UN	<i>United Nations</i>



UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UPSI	Universiti Pendidikan Sultan Idris
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>



SENARAI LAMPIRAN

- A Data PM_{10} semasa Monsun Barat Daya (MBD)
- B Data PM_{10} semasa Monsun Timur Laut (MTL)
- C Data PM_{10} semasa peralihan monsun
- D Data suhu semasa MBD
- E Data suhu semasa MTL
- F Data suhu peralihan monsoon
- G Data kelembapan bandingan semasa MBD
- H Data kelembapan bandingan semasa MTL
- I Data kelembapan badingan semasa peralihan monsun
- J Data halaju angin semasa MBD
- K Data halaju angin semasa MTL
- L Data halaju angin semasa peralihan monsun
- M Gambar pencerapan data
- N Gambar kesan pelepasan PM_{10}





BAB 1

PENGENALAN



1.1 Pendahuluan

Pelepasan partikel dan gas pencemar daripada kawasan perindustrian serta pembakaran bahan api fosil daripada kenderaan bertanggungjawab dalam peningkatan bahan pencemar udara yang menyebabkan kemerosotan kualiti udara serta alam sekitar. Partikel terampai (PM_{10}) yang mempunyai diameter aerodinamik 10 mikrometer ($10\mu m$) atau kurang dikelaskan sebagai salah satu bahan pencemar atmosfera (Lewis et al., 2023; Sham Sani, 1979; Siti Nurhayati et al., 2014). Tidak dinafikan bahawa PM_{10} akan membawa kesan-kesan yang negatif kepada kualiti udara di sesebuah kawasan.





Pencemaran udara merupakan salah satu masalah yang bukan asing di dunia. Arus pemodenan yang berterusan tanpa mementingkan alam sekitar sememangnya akan mengakibatkan pencemaran udara khususnya dalam pelepasan PM₁₀. Terdapat beberapa siri pencemaran udara di Malaysia yang membimbangkan dan mempunyai potensi menjejaskan kesejahteraan atmosfera serta kesihatan manusia (Haliza, 2016; Mohd Talib et al., 2018). Bukan itu sahaja, dalam konteks antarabangsa turut membahaskan tentang pencemaran udara yang semakin meningkat. Pencemaran udara berlaku apabila udara mengandungi bahan pencemar dalam kuantiti yang banyak dan boleh menjejaskan tahap keselesaan dan kesihatan manusia, haiwan serta tumbuhan. Bahan-bahan ini dinamakan bahan pencemar udara yang terdiri daripada partikel, cecair atau gas (Alias et al., 2007; Sanchis-Marco et al., 2022).



1.2 Latar Belakang Kajian

Ipoh merupakan sebuah bandar yang membangun dan unik daripada aspek bentuk muka bumi. Mohd Hairry et al. (2011) menegaskan bahawa bandar Ipoh dikelilingi bukit batu kapur. Malahan, bandar Ipoh terletak di antara Banjaran Kledang dan Banjaran Titiwangsa yang merupakan tanah tinggi (Mohmadisa et al., 2014). Kawasan tanah tinggi juga mengakibatkan kurangnya tiupan angin yang memberikan impak kepada keterampaian PM₁₀ (Whalley & Zandi, 2016). Situasi sedemikian akan menyebabkan PM₁₀ terperangkap dan terampai akibat kurangnya tiupan angin yang disebabkan oleh faktor tanah tinggi dan secara tidak langsung menyebabkan kemerosotan kualiti udara.



Udara merupakan sumber bekalan oksigen yang penting kepada manusia, namun demikian manusia juga turut menjadi agen dalam mengubah keadaan semula jadi terhadap kualiti udara. Kemerosotan kualiti udara disumbang daripada pembebasan asap kilang dan kenderaan, kegiatan pembakaran terbuka serta pembakaran hutan. Kawasan perindustrian merupakan salah satu penyumbang yang tinggi terhadap pencemaran udara (Al-Hasnawi et al., 2016). Situasi ini selaras dengan kenyataan yang dikeluarkan oleh Mohd Hishamudin et al. (2021) yang menyatakan kawasan perindustrian semakin pesat di bandar Ipoh. Kewujudan bahan pencemar udara khususnya PM_{10} di kawasan bandar yang pesat membangun seperti Ipoh sememangnya akan mengundang kepada kemerosotan kualiti udara. Tidak dinafikan bahawa situasi sedemikian akan mendorong kepada kemerosotan kualiti udara.

Kesan daripada kewujudan kawasan perindustrian serta aktiviti kuari di bandar mahupun di pinggir bandar terutamanya di bandar Ipoh boleh mengakibatkan kemerosotan kualiti udara. Malah, faktor bentuk muka bumi dan ciri cuaca memberikan impak secara tidak langsung kepada tahap konsentrasi dan corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh. Corak sebaran amat penting untuk menunjukkan fenomena yang terjadi di sesebuah kawasan. Pola di sesebuah ruang boleh digambarkan melalui pembentukan corak sebaran yang boleh menjelaskan fenomena yang berlaku di sesebuah kawasan (Rosenberg & Anderson, 2016). Pembentukan corak sebaran PM_{10} amat penting untuk menjelaskan fenomena pelepasan partikel terampai PM_{10} yang berlaku di bandar Ipoh. Oleh hal yang demikian, kajian ini akan berfokus kepada pencemaran partikel terampai serta penghasilan corak sebaran PM_{10} berdasarkan tiupan angin monsun.

1.3 Permasalahan Kajian

Kualiti udara pada masa kini semakin merosot akibat daripada faktor-faktor antropogenik. Menurut laporan yang dikeluarkan oleh *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) dan *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2019, sebanyak 90 peratus penduduk dunia tinggal di kawasan yang mempunyai kualiti udara yang tidak menepati piawaian PM_{10} yang ditetapkan oleh WHO iaitu sebanyak $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 jam) dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (setahun). Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh WHO pada tahun 2022, purata PM_{10} di negara Pakistan, Iran, India merekodkan PM_{10} sehingga melebihi $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pencemaran udara yang disumbangkan daripada pelepasan bahan-bahan pencemar ke lapisan atmosfera seterusnya mengganggu kelestarian alam sekitar serta membahayakan kesihatan manusia. Oleh hal yang demikian, pencemaran udara harus dikurangkan bagi menjamin kesejahteraan atmosfera selaras dengan *Sustainable Development Goals 13* (SDG13) yang digariskan oleh *United Nations* (UN) untuk mengurangkan pelepasan bahan pencemar yang menyebabkan perubahan iklim serta pencemaran udara.

Pembangunan dan perindustrian yang pesat telah membawa kepada masalah pencemaran udara khususnya melalui pelepasan bahan pencemar udara iaitu partikel terampai (Anand et al., 2019). Tidak dinafikan bahawa pencemaran udara semakin membimbangkan dan mempunyai potensi dalam menjejaskan kualiti udara khasnya di Malaysia. Bukan itu sahaja, dalam konteks antarabangsa turut membahaskan tentang pencemaran udara yang semakin meningkat khususnya di kawasan bandar (Norhayati et

al., 2008; Valencia et al., 2019). Pencemaran udara berlaku apabila udara mengandungi bahan pencemar dalam kuantiti yang banyak dan boleh menjejaskan tahap kesejahteraan dan kesihatan manusia, haiwan serta tumbuhan. Malah, pendedahan kepada partikel terampai khususnya PM_{10} akan memberikan kesan kepada tahap kesihatan respiratori dan kardiovaskular serta boleh membawa kepada kematian (Chen et al., 2020; Orellano et al., 2020).

Terdapat banyak perbincangan serta kajian lepas yang dijalankan berkaitan pencemaran udara yang dilakukan di Malaysia menumpukan terhadap pelepasan partikel terampai PM_{10} . Pertumbuhan ekonomi yang pesat dan tidak terancang akan mengakibatkan pencemaran udara melalui pelepasan bahan-bahan pencemar udara yang terdiri daripada partikel, cecair dan gas (Li et al., 2019; Masitah et al., 2007; Sham Sani, 1979). Malah, pembukaan kawasan perindustrian bagi menggalakkan ekonomi negara selari dengan peningkatan kenderaan serta kegiatan kuari mengakibatkan kualiti udara semakin berkurangan (Abdul Mujid et al., 2003; Mohd Hairry et al., 2011). Sebahagian kajian menunjukkan bahawa pelepasan PM_{10} disumbangkan oleh faktor-faktor antropogenik yang berasal daripada kawasan perindustrian serta kegiatan penerokaan tanah permukaan (Chang, 2004; Mohd Talib et al., 2006). Menurut laporan yang dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar (2015), konsentration tahunan PM_{10} daripada tahun 2000 hingga 2015 di Malaysia menunjukkan nilai melebihi piawaian yang telah ditetapkan dalam Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia (MAAQS).

Situasi sedemikian menunjukkan bahawa pembukaan kawasan perindustrian yang berkembang pesat sememangnya akan menyumbang kepada pencemaran udara khususnya kepada peningkatan konsentration PM_{10} . Terdapat 20 sumber batu kapur dan tiga kuari yang terdapat di Ipoh yang mencatatkan isipadu sebanyak 726,600 tan metrik (Selamat, 2009). Hal ini menggambarkan bahawa terdapatnya pengeksploitasian sumber batu kapur yang dijalankan di sekitar bandar Ipoh. Berdasarkan kajian Mohd Hairry et al. (2016), industri simen berkembang dengan pesat akibat daripada sumber batu kapur yang kaya di sekitar Ipoh. Kegiatan kuari berskala besar di sesebuah kawasan akan mengakibatkan pelepasan bahan pencemar udara khususnya habuk yang dikelaskan sebagai PM_{10} (Sayara et al., 2016). Kewujudan kawasan-kawasan perindustrian dan kuari yang semakin berkembang akan menyebabkan kemerosotan kualiti udara.

Di samping itu, aktiviti pengkuarian juga merupakan salah satu isu yang kritikal yang berlaku di sekitar bandar Ipoh. Menurut akhbar tempatan Berita Harian, Gunung Lanno yang terletak di Simpang Pulai yang mempunyai ketinggian lebih 370 meter dan mempunyai usia 330 tahun bakal lenyap dari peta negeri Perak akibat daripada aktiviti kuari yang dijalankan (Balqis, 2021). Malahan, pertubuhan berasaskan alam sekitar yang bukan kerajaan seperti Sahabat Alam Malaysia (SAM) dan Pertubuhan Alam Sekitar Sejahtera Malaysia (GRASS Malaysia) melaporkan bahawa Gunung Kanthan yang terletak di Ipoh dan merupakan salah satu tapak warisan geologi semakin dimusnahkan dengan aktiviti kuari yang dijalankan bagi mendapatkan sumber batu kapur (Meor, 2021). Aktiviti pengkuarian sumber batu kapur yang dijalankan secara berterusan akan menyebabkan pelepasan PM_{10} dalam bentuk habuk dan debu (Bouet et al., 2019; Mohd Hairry et al., 2016).



Walaupun terdapat banyak kajian lepas yang membincangkan tentang pencemaran udara, kajian yang dijalankan tidak menekankan kepada pembentukan corak sebaran PM_{10} yang menjadi jurang dalam kajian-kajian pencemaran udara. Justeru kajian ini ingin meneliti corak sebaran hasil daripada konsentration PM_{10} yang disumbangkan daripada faktor-faktor antropogenik. Fenomena pencemaran udara haruslah ditunjukkan melalui pembentukan corak sebaran agar sebaran PM_{10} dapat dilihat secara terperinci yang bertujuan untuk mengurangkan serta memberikan gambaran yang tepat terhadap pelepasan bahan pencemar udara. Oleh hal yang demikian, kajian ini harus dijalankan serta dibincangkan untuk merealisasikan Dasar Alam Sekitar Negara dengan menyediakan kerangka corak sebaran yang dapat menunjukkan gambaran pelepasan bahan pencemar udara dengan lebih jelas. Kajian ini berbeza dengan kajian-kajian lepas yang telah dilakukan kerana skop kajian ini bersifat terperinci iaitu akan menganalisis konsentration serta membentuk corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh yang terhasil daripada kawasan perindustrian, aktiviti kuari serta pengaruh daripada ciri cuaca dan iklim.



Permasalahan Kajian	Jurang Kajian	Situasi Ideal	Impak Kajian
Pembandaran berterusan menggalakkan pembukaan sektor-sektor perindustrian khususnya perindustrian berasaskan batu kapur. Terdapat perindustrian berasaskan batu kapur dan kuari yang bertumpu di sekitar kawasan bandar. Potensi pelepasan PM_{10} yang tinggi daripada kawasan perindustrian berasaskan batu kapur dan kuari.	Kajian pencemaran udara lebih berfokuskan kepada data numerikal dan bersifat deskriptif dan inferensi. Kajian tentang aktiviti pengkuarian berasaskan batu kapur dan pelepasan PM_{10} sudah lama tidak dijalankan. Kajian-kajian lepas tidak menfokuskan kepada analisis reruang (<i>spatial analysis</i>).	Pelepasan bahan pencemar dapat ditunjukkan dan dijelaskan secara terperinci melalui gambaran corak sebaran daripada pusat-pusat pencemaran mengikut musim. Mengenal pasti kawasan tumpuan dan corak sebaran pencemaran udara yang berfokus kepada partikel terampai PM_{10} berdasarkan musim monsun.	Penyediaan kerangka corak sebaran bertujuan untuk mengurangkan serta memberikan gambaran yang tepat terhadap pelepasan bahan pencemar udara mengikut musim monsun. Menyediakan maklumat kepada pihak berkuasa tempatan dalam langkah-langkah pengurangan PM_{10}.

Jadual 1.1. Kerangka permasalahan kajian

1.4 Persoalan Kajian

- Adakah bandar Ipoh mempunyai konsentrasi PM_{10} yang tinggi berdasarkan musim monsun?
- Adakah ciri cuaca mempunyai hubungan dan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi PM_{10} di bandar Ipoh berdasarkan musim monsun?
- Bagaimanakah corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh berdasarkan musim monsun?

1.5 Objektif Kajian

Tujuan kajian ini adalah untuk melihat hubungan faktor meteorologi terhadap konsentrasi PM_{10} serta sebarannya di bandar Ipoh. Terdapat tiga objektif kajian yang dicadangkan dalam kajian ini seperti berikut:

- i. Mengukur tahap konsentrasi PM_{10} di bandar Ipoh berdasarkan musim monsun.
- ii. Menganalisis hubungan dan pengaruh ciri cuaca terhadap konsentrasi PM_{10} di bandar Ipoh berdasarkan musim monsun.
- iii. Menggambarkan corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh berdasarkan musim monsun.

1.6 Hipotesis Kajian

Hipotesis kajian merupakan saranan untuk menjelaskan fenomena yang dikaji berdasarkan dua atau lebih pemboleh ubah. Pemboleh ubah bersandar (*dependent variable*) dalam kajian ini ialah PM_{10} manakala pemboleh ubah bebas (*independent variable*) adalah parameter meteorologi iaitu suhu, kelembapan bandingan dan halaju angin. Hipotesis yang dikemukakan harus bersifat khusus dan berkait antara pemboleh ubah. Menurut Farrugia et al. (2010), hipotesis harus dinyatakan pada tahap awal sesebuah kajian sebagai panduan kepada objektif yang perlu dicapai. Terdapat tiga hipotesis umum yang dibentuk dalam kajian ini. Hipotesis yang dicadangkan dalam kajian ini adalah seperti berikut:

H₀₁: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa MBD.

H_{a1}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa MBD.

H₀₂: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa MBD.

H_{a2}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa MBD.

H₀₃: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa MBD.

H_{a3}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa MBD.

H₀₄: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa peralihan monsun.

H_{a4}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa peralihan monsun.

H₀₅: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa peralihan monsun.

H_{a5}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa peralihan monsun.

H_{o6}: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa peralihan monsun.

H_{a6}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa peralihan monsun.

H_{o7}: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa MTL.

H_{a7}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan suhu semasa MTL.

H_{o8}: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa MTL.

H_{a8}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan kelembapan bandingan semasa MTL.

H_{o9}: Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa MTL.

H_{a9}: Terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan halaju angin semasa MTL.

1.7 Kepentingan Kajian

Kajian ini amat penting kerana dapat dijadikan sebagai panduan serta informasi berkaitan pencemaran udara terutamanya kepada Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS) dan Jabatan Meteorologi Malaysia serta pengkaji-pengkaji dalam bidang atmosfera yang berfokuskan pencemaran udara. Selain itu, kajian ini turut dapat mengenal pasti punca masalah dan isu pencemaran udara di sekitar bandar Ipoh. Diharapkan dapatan kajian ini dapat memenuhi keperluan pelbagai pihak pengurusan JAS, Jabatan Meteorologi Malaysia, serta badan-badan pengurusan di bandar Ipoh. Hasil dapatan kajian ini juga turut boleh dijadikan garis panduan untuk mengenal pasti punca-punca dan kesan pencemaran udara yang berlaku di bandar Ipoh.

Kajian ini diharapkan dapat membantu pihak JAS dan Jabatan Meteorologi dalam membekalkan maklumat penting dalam usaha mengurangkan pencemaran udara terutamanya pelepasan PM_{10} di bandar Ipoh. Turut diharapkan dengan hasil penyelidikan ini dapat membantu pihak JAS serta dan Jabatan Meteorologi untuk menyelia dan memantau kualiti udara secara efisien. Penyelidikan ini juga diharapkan agar dapat menjadi asas dan membekalkan maklumat-maklumat penting tentang bahan pencemar udara PM_{10} dan seterusnya membantu pengkaji-pengkaji yang lain untuk meneruskan kajian yang berkaitan dengan bidang atmosfera khususnya dalam pencemaran udara. Diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan kesedaran kepada masyarakat Malaysia bahawa kualiti udara amat penting untuk menjamin bekalan oksigen yang bersih. Kajian ini juga penting dalam menunjukkan kepada masyarakat bahawa terdapat pelbagai kesan negatif akibat daripada pencemaran udara.



1.8 Batasan Kajian

Kajian ini bertempat di sekitar kawasan bandar dan pinggir bandar Ipoh, Perak. Fokus kajian ini hanya parameter PM_{10} tidak termasuk komposisi kimia. Konsentrasi PM_{10} diukur di stesen cerapan terpilih di sekitar bandar Ipoh menggunakan *Portable Laser Aerosol Spectrometer* dan *Dust Monitor Model 1.108*. Limitasi kajian ini turut berdasarkan daripada bentuk muka bumi kawasan kajian yang hanya bertumpu di zon tengah Lembah Kinta iaitu mukim Hulu Kinta dan Sungai Raya. Hal ini demikian kerana kawasan di sekeliling bandar Ipoh merupakan kawasan tanah tinggi dan banjaran yang mempunyai kurang akses untuk menjalankan kutipan data. Ciri cuaca juga menjadi salah satu batasan dalam kajian ini. Hal ini demikian kerana data tidak dapat dicerap semasa hari hujan.

Malahan, kesan daripada pelaksanaan Perintah Kawalan Pergerakan (PKP) semasa penularan jangkitan wabak Covid-19 di Malaysia turut menyukarkan keadaan untuk menjalankan kutipan data di kawasan kajian.





1.9 Organisasi Kajian

Bab satu membincangkan mengenai pengenalan kepada kajian yang memfokuskan kepada pencemaran udara, latar belakang kajian, permasalahan kajian, persoalan kajian, objektif kajian, kerangka konseptual, kepentingan kajian, batasan kajian, organisasi kajian dan juga kesimpulan keseluruhan bab. Bab dua menerangkan mengenai tinjauan literatur mengenai pengaruh PM_{10} dalam pencemaran udara dan kajian-kajian yang berkaitan dalam konteks seluruh dunia, negara Asia termasuk Malaysia. Hasil daripada tinjauan literatur ini akan menjadi garis panduan kepada penghasilan kajian ini.

Bab tiga pula menerangkan mengenai kaedah yang telah dijalankan meliputi kawasan kajian, stesen persampelan, ciri fizikal dan budaya di bandar Ipoh. Kaedah analisis turut dinyatakan dalam bab tiga ini. Bab empat akan menunjukkan mengenai dapatan kajian hasil daripada analisis yang telah dijalankan. Selain itu, bab empat turut membincangkan keputusan yang diperoleh dan dikukuhkan dengan bahan bacaan. Bab lima merupakan penutup serta rumusan yang membincangkan cadangan penambahbaikan yang boleh dilakukan serta kesimpulan daripada keseluruhan kajian.

1.10 Definisi Operasi

Terdapat tiga definisi operasi yang utama dalam kajian ini untuk menjawab persoalan dan objektif kajian. Definisi operasi merujuk kepada penjelasan terperinci mengenai istilah dan ukuran teknikal yang digunakan dalam kajian serta penjelasan terhadap perbincangan dapatan serta rumusan.

1.10.1 Partikel Terampai (PM₁₀)

Formulasi daripada beberapa pendapat, partikel terampai yang mempunyai diameter aerodinamik 10 mikrometer atau kurang merupakan salah satu bahan pencemar udara yang dinamakan sebagai PM₁₀ dan wujud dalam pelbagai sumber (Lewis et al., 2023; Querol et al., 2001; Mohd Hairry et al., 2016; Mohd Talib et al., 2006; Sham Sani, 1979; Siti Nurhayati et al., 2014). Unit pengukuran PM₁₀ yang digunakan dalam kajian ini ialah mikrogram per meter kubik udara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). PM₁₀ boleh diukur melalui teknik gravimetrik dan secara langsung menggunakan *aerosol spectrometer*. Kajian ini mentakrifkan PM₁₀ sebagai salah satu bahan pencemar udara yang berpunca daripada aktiviti perindustrian berasaskan batu kapur dan aktiviti pengkuarian.



1.10.2 Parameter Meteorologi

Terdapat tiga parameter meteorologi yang digunakan dalam kajian ini untuk menentukan hubungan serta pengaruh terhadap tahap konsentrasi PM_{10} menggunakan statistik inferensi. Parameter meteorologi yang digunakan terdiri daripada suhu, kelembapan bandingan dan halaju angin. Definisi operasi bagi parameter meteorologi yang dibentuk adalah berdasarkan penjelasan serta pendapat daripada pengkaji-pengkaji yang lepas seperti Mohd Hairy et al. (2016), Mohd Talib et al. (2016), Mohdmdisa et al. (2012) dan Sham Sani (1979).

1.10.2.1 Suhu



Suhu merupakan salah satu parameter meteorologi yang ditekankan dalam kajian ini untuk menentukan hubungan serta pengaruh terhadap PM_{10} . Unit pengukuran suhu dalam kajian ini ialah darjah celsius ($^{\circ}C$). Kajian ini menggunakan alat *pocket weather meter* yang untuk mengukur suhu.



1.10.2.2 Kelembapan Bandingan

Kelembapan bandingan merupakan salah satu parameter meteorologi yang digunakan dalam kajian ini untuk menentukan hubungan serta pengaruh terhadap PM_{10} . Unit pengukuran kelembapan bandingan akan ditentukan menggunakan peratusan (%). Bacaan diambil menggunakan *whirling hygrometer* dan *pocket weather meter*.

1.10.2.3 Halaju Angin

Halaju angin merupakan salah satu parameter meteorologi yang digunakan dalam kajian ini untuk menentukan hubungan serta pengaruh terhadap PM_{10} . Halaju angin direkodkan berdasarkan angin musim iaitu MBD, MTL dan peralihan monsun. Unit pengukuran halaju angin yang digunakan adalah dalam meter per saat (m/s). Bacaan halaju angin diambil menggunakan *pocket weather meter*.

1.10.3 Interpolasi Ruangan

Berdasarkan pendapat daripada beberapa penyelidik, interpolasi ruangan merupakan salah satu teknik yang menganggarkan dan meramalkan nilai baharu di sekitar titik kawalan (Chrisman, 1999; Huda et al., 2019; Kanakiya et al., 2015; Omusotsi, 2019; Siti Haslina & Mastura, 2015). Terdapat pelbagai jenis interpolasi ruangan yang dibentuk melalui perisian sistem maklumat geografi (GIS) iaitu ArcMap. Kajian ini menggunakan interpolasi ruangan yang berfokus kepada *inverse distance weighed* (IDW).

1.10.4 The Air Pollution Model (TAPM)

Berdasarkan beberapa pengkaji lepas, *The Air Pollution Model* (TAPM) merupakan model pencemaran udara yang digunakan untuk menerangkan sesuatu hubungan yang wujud di dalam persekitaran fizikal atmosfera berfokuskan kepada keadaan meteorologi sesebuah kawasan (Deghan et al., 2014; Hurley, 2005; Matthaios et al., 2018). Model ini juga mampu memberikan gambaran secara prognostik melalui *Graphical User Interface* (GUI). Kajian ini mengadaptasi model ini untuk menunjukkan situasi pencemaran udara serta hubungan dan pengaruh di antara PM_{10} dan parameter meteorologi.

1.11 Kesimpulan

Bab ini telah membincangkan pengenalan berkaitan dengan tajuk kajian ini iaitu corak sebaran PM_{10} di bandar Ipoh. Kajian ini befokuskan kepada bidang geografi fizikal iaitu pencemaran udara. Udara merupakan salah satu sumber yang penting terhadap manusia serta hidupan lain seperti haiwan dan tumbuh-tumbuhan khususnya dalam membekalkan oksigen. Kajian ini menekankan aspek konsentrasasi PM_{10} berdasarkan pengukuran di setiap stesen. Secara keseluruhannya, bab ini mengandungi beberapa aspek kajian yang ingin dikaji iaitu latar belakang kajian, permasalahan kajian, persoalan kajian, objektif kajian, kerangka konseptual, kepentingan kajian, batasan kajian serta organisasi kajian. Bab seterusnya adalah bab dua yang akan membincangkan tentang kajian literatur serta kajian-kajian lepas yang dijadikan sebagai panduan dalam kajian ini.