

**PENURUNAN KUALITI AIR SUNGAI AKIBAT
CUACA DAN KEGIATAN MANUSIA : KAJIAN
KES DI SUNGAI SG. PETANI, KEDAH**

MOHD. NAZRI NAZAR @ AZIZAN BIN HAMID

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2017

**PENURUNAN KUALITI AIR SUNGAI AKIBAT
CUACA DAN KEGIATAN MANUSIA : KAJIAN
KES DI SUNGAI SG. PETANI, KEDAH**

oleh

MOHD. NAZRI NAZAR @ AZIZAN BIN HAMID

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sastera (Geografi)**

Julai 2017

PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Bersyukur saya kepada Allah kerana dengan keizinan-Nya saya telah dapat menyempurnakan tesis ini bagi memenuhi syarat penganugerahan Sarjana Sastera (Geografi), Pusat Pengajian Pendidikan Jarak Jauh, Universiti Sains Malaysia. Sesungguhnya tanpa petunjuk dan restu daripada-Nya, saya tidak mungkin mempunyai iltizam yang kuat untuk menyempurnakan tesis ini.

Saya merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada Profesor Madya Dr. Main bin Rindam selaku penyelia saya di atas segala bimbingan dan tunjukajar bagi menyediakan tesis ini sehingga siap. Saya juga mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih dan penghargaan kepada pensyarah-pensyarah Geografi yang lain, sahabat seperjuangan saya Encik Roselan bin Abdul Rahman, pegawai-pegawai kerajaan khususnya pegawai-pegawai Jabatan Pengairan dan Saliran Negeri Kedah, Jabatan Alam Sekitar Negeri Kedah, Jabatan Meteorologi Malaysia, Majlis Perbandaran Sungai Petani dan para responden yang turut sama membantu melicinkan kerja menyiapkan tesis ini. Ucapan ribuan terima kasih teristimewa kepada ibu dan bapa, isteri tersayang Izzurina binti Ishak dan kedua-dua anak tersayang Nur Afiqah dan Muhammad Amzar yang sentiasa mendoakan kejayaan dan sentiasa membantu saya dengan kesabaran bagi memastikan tesis ini siap dengan sempurna. Terima kasih atas sokongan, dorongan dan semangat yang diberikan, di mana ia menjadi sumber motivasi utama kepada saya.

ISI KANDUNGAN

Penghargaan.....	ii
Isi Kandungan.....	iii
Senarai Jadual.....	vi
Senarai Rajah.....	vii
Senarai Akronim.....	xi
Abstrak.....	xii
Abstract.....	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan.....	1
1.2 Pemasalahan Kajian.....	2
1.3 Skop dan definisi kajian.....	4
1.4 Persoalan Kajian.....	8
1.5 Objektif Kajian.....	8
1.6 Kepentingan Kajian.....	9
1.7 Kekangan Kajian.....	9
1.8 Susunan Tesis.....	9
1.9 Rumusan.....	10

BAB 2 SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan.....	11
2.2 Tahap Pencemaran dan Penurunan Kualiti Air Sungai di Kawasan Bandar di Dunia.....	12
2.2.1 Pencemaran Sumber Diketahui (Point Source).....	13
2.2.2 Pencemaran Sumber Tidak Diketahui (Nonpoint Source).....	18
2.3 Tahap Pencemaran dan Penurunan Kualiti Air Sungai di Kawasan Bandar di Malaysia.....	20
2.3.1 Pencemaran Sumber “Point Source” (PS).....	20
2.3.2 Pencemaran Sumber “Nonpoint Source” (NPS).....	25
2.4 Model Kualiti Air.....	34
2.5 Morfometri dan Cuaca.....	36
2.6 Hujan.....	37
2.7 Sungai dan Guna Tanah.....	41
2.8 Masa Depan Sungai.....	47
2.9 Rumusan.....	51

BAB 3 METODOLOGI KAJIAN

3.1 Pengenalan.....	53
3.1.1 Latar Belakang Kawasan Kajian.....	53
3.1.1(a) Topografi.....	54
3.1.1(b) Demografi.....	55
3.1.1(c) Kemudahan Infrastruktur.....	56
3.1.1(d) Cuaca.....	59
3.2 Rangka Kajian.....	59
3.3 Pengambilan Data Sekunder.....	62

3.4 Pengambilan Data Primer.....	62
3.5 Tinjauan Kawasan Kajian.....	62
3.6 Keadah Kajian di Lapangan.....	63
3.6.1 Persampelan.....	63
3.6.2 Pengukuran Peratusan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	69
3.6.3 Pensampelan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	70
3.6.4 Persampel <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	72
3.6.5 Meter pH dan Suhu.....	74
3.6.6 Kekeruhan.....	76
3.6.7 <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL).....	78
3.6.8 <i>Nitrate</i> (NO ₃).....	80
3.6.9 <i>Phosphate</i> (PO ₄).....	81
3.7 Halaju air Q=VA.....	83
3.8 Kajian Guna Tanah.....	88
3.9 Pengaruh Hujan Terhadap Kualiti Air.....	90
3.10 Imbangan Air.....	90
3.11 Analisis Data.....	90
3.12 Rumusan.....	91

BAB 4 DAPATAN DAN PERBINCANGAN

4.1 Pengenalan.....	92
4.2 Pola Perubahan Cuaca dan Iklim di Sungai Petani Tahun 2001 Hingga 2010.....	92
4.2.1 Suhu.....	93
4.2.2 Hujan.....	95
4.3 Pola Pencemaran Air Pada Tahun 2001 Hingga 2010.....	98
4.3.1 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	100
4.3.2 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	102
4.3.3 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	104
4.3.4 pH.....	106
4.3.5 <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL).....	108
4.3.6 Suhu Air.....	110
4.3.7 Kekeruhan (<i>Turbidity</i>).....	112
4.3.8 <i>Nitrate</i> (NO ₃).....	114
4.3.9 <i>Phosphate</i> (PO ₄).....	116
4.4 Tahap Penurunan Kualiti Air Sungai Sg. Petani.....	118
4.4.1 Data Suhu dan Hujan Tahun 2011.....	118
4.4.2 Imbangan Air Sungai Sg. Petani.....	122
4.4.3 Data Kualiti Air Sungai Sg. Petani Tahun 2011.....	123
4.4.3(a) <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	126
4.4.3(b) <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	128
4.4.3(c) <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	130
4.4.3(d) pH.....	132
4.4.3(e) <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL).....	134
4.4.3(f) Suhu Air.....	136
4.4.3(g) Kekeruhan (<i>Turbidity</i>).....	138
4.4.3(h) <i>Nitrate</i> (NO ₃).....	140
4.4.3(i) <i>Phosphate</i> (PO ₄).....	142
4.4.4 Kadar Luahan Sungai Sg. Petani.....	144

4.5 Pencemaran Sungai Sg. Petani.....	146
4.5.1 Impak Hilangnya Lestari Sungai Sg. Petani Akibat Pencemaran.....	148
4.5.2 Impak Kawasan Pertanian Padi Terbiar Akibat Pencemaran Kimia.....	151
4.5.3 Impak Wujud Kelompok Sosial Membuang Sampah di Kawasan Saliran.....	152
4.6 Rumusan.....	153

BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Pengenalan.....	156
5.2 Kualiti Air Sungai Sg. Petani.....	156
5.3 Hubungan Suhu dan Hujan kepada Kualiti Air Sungai Sg. Petani.....	158
5.4 Pengaruh Aktiviti Manusia Terhadap Kualiti Air Sungai Sg. Petani....	158
5.5 Cadangan Pengurusan Sungai.....	160
5.5.1 Pembangunan dan Pengurusan Sungai Sebagai Sumber Ekonomi.....	161
5.5.2 Cadangan Dasar dan Perundangan Alam Sekitar.....	162
5.5.3 Cadangan Instrumen Ekonomi Alam Sekitar.....	163
5.5.4 Cadangan Instrumen Meminimumkan Sisa Buangan.....	165
5.5.5 Cadangan Penempatan Semula Industri Haram / Tidak Tersusun.	166
5.5.6 Cadangan Kawalan Guna Tanah dan Pengurusan Pencemaran...	167
5.5.7 Cadangan Sungai Sebagai Sumber Ekonomi.....	167
5.5.8 Cadangan Topik Kajian Akan Datang.....	169
5.6 Rumusan.....	169

BIBLIOGRAFI	171
--------------------	-----

LAMPIRAN	184
-----------------	-----

SENARAI JADUAL

		Muka surat
Jadual 1.1	Kelas Indeks Kualiti Air dan Status Pencemaran	6
Jadual 3.1	Statistik Populasi Jumlah Penduduk Dalam Kawasan Perbandaran Sungai Petani	55
Jadual 3.2	Kawasan persampelan mengikut stesen	65
Jadual 3.3	Kelebaran permukaan air	86
Jadual 3.4	Kedalaman air sungai	87
Jadual 3.5	Jumlah keluasan	87
Jadual 3.6	Pengiraan halaju air dalam jarak 10 meter	87
Jadual 4.1	Rekod Suhu Maksimum Tahun 2001 Hingga 2010(°C)	94
Jadual 4.2	Rekod Suhu Minimum Tahun 2001 Hingga 2010 (°C)	94
Jadual 4.3	Rekod Jumlah Hujan Bulanan Tahun 2001 Hingga 2010 (mm)	96
Jadual 4.4	Rekod Purata Bilangan Hari Hujan Tahun 2001 Hingga 2010	97
Jadual 4.5	Status Kualiti Air Sungai Sg. Petani Antara Tahun 2001 hingga 2010	99
Jadual 4.6	Rekod Suhu Maksimum dan Minimum Tahun 2011(°C)	199
Jadual 4.7	Rekod Jumlah Hujan Bulanan Tahun 2011	120
Jadual 4.8	Rekod Purata Bilangan Hari Hujan Tahun 2011	120
Jadual 4.9	Imbangan Air Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani	122
Jadual 4.10	Data Kualiti Air Mengikut Persempelan Pada Tahun 2011	124
Jadual 4.11	Kolerasi Hubungan Hujan dengan Parameter Persampelan, Kajian Air Sungai Sg. Petani Tahun 2011	147
Jadual 4.12	Data kutipan sampah dari GPT dan Log-Boom di sepanjang Sungai Sg. Petani Tahun 2010	153
Jadual 5.1	Perundangan Berkaitan Pencemaran Air Di Malaysia	161

SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 2.1	Punca Pencemaran Sungai	12
Rajah 2.2	Punca Pencemaran Air di Malaysia Tahun 2007	21
Rajah 2.3	Kelas Kualiti Air “Alur Ilmu” di Kampus Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi Tahun 2005	24
Rajah 2.4	Rekod Jumlah Hujan Bulanan Tahun 2010	41
Rajah 2.5	Lembangan Sungai Sankey, St. Helen, United Kingdom	44
Rajah 2.6	Sungai Melaka	48
Rajah 3.1	Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani	57
Rajah 3.2	Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani di dalam Lembangan Sungai Merbok	58
Rajah 3.3	Kerangka Kajian	60
Rajah 3.4	Rajah aliran data persampelan diperolehi	64
Rajah 3.5	Lokasi Stesen Persampelan	66
Rajah 3.6	Stesen 1 di Taman Sutera Idaman.	67
Rajah 3.7	Setesen 2 di Jalan Kuda Kepang	67
Rajah 3.8	Stesen 3 di Kampung Raja	68
Rajah 3.9	Stesen 4 di Jambatan Bandar Sungai Petani	68
Rajah 3.10	HANNA DO meter	69
Rajah 3.11	Nutrien untuk pengukuran BOD dari Hach Company	71
Rajah 3.12	Kebuk suhu yang digunakan untuk mengekalkan suhu pada 20 °C	71
Rajah 3.13	Reagen dari Hanna Instrument dikhaskan untuk persampelan COD sekali dengan tabung uji dan picagari	73
Rajah 3.14	Reaktor Instrument HANNA, digunakan untuk memanaskan dan menyejukan sampel	73

Rajah 3.15	Instrumen Hanna HI83099 untuk bacaan COD yang digunakan	74
Rajah 3.16	Hanna HI8424 Meter pH dan Suhu	75
Rajah 3.17	Rajah pH	76
Rajah 3.18	Alat Menguji Air (Water Monitoring Kit)	77
Rajah 3.19	Reagen Ammonia untuk pengukuran Ammonia	79
Rajah 3.20	Meter Hanna Ammonia Model HI93715	79
Rajah 3.21	Reagen Nitrat satu paket untuk setiap 10 ml sampel	80
Rajah 3.22	Meter Nitrate Hanna Model HI96728	81
Rajah 3.23	Reagen Fosfat Hanna setiap paket untuk 10 ml sampel	82
Rajah 3.24	Meter Hanna Phosphate Model HI 96713(LR) Low Range	82
Rajah 3.25	Lokasi Data Ketinggian Dari Aras Laut	84
Rajah 3.26	Keratan Rentas Sungai	85
Rajah 3.27	Pengukuran Halaju Aliran Sungai dan Kadar Luahan Air Sungai	86
Rajah 3.28	Struktur Guna Tanah Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani	89
Rajah 4.1	Purata Suhu Maksimun dan Minimum Tahun 2001 Hingga 2010	95
Rajah 4.2	Rekod Jumlah Hujan Bulanan Tahun 2001 Hingga 2010	97
Rajah 4.3	Rekod Bilangan Hari Hujan Tahun 2001 Hingga 2010	98
Rajah 4.4	Hujan dan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) Sungai Sg. Petani	101
Rajah 4.5	Hujan dan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) Sungai Sg. Petani	103
Rajah 4.6	Hujan dan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Sungai Sg. Petani	105
Rajah 4.7	Hujan dan pH Sungai Sg. Petani	107

Rajah 4.8	Hujan dan <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL) Sungai Sg. Petani	109
Rajah 4.9	Hujan dan Suhu Air Sungai Sg. Petani	111
Rajah 4.10	Hujan dan Kekeruhan (<i>Turbidity</i>) Sungai Sg. Petani	113
Rajah 4.11	Hujan dan <i>Nitrate</i> (NO ₃) Sungai Sg. Petani	115
Rajah 4.12	Hujan dan <i>Phosphate</i> (PO ₄) Sungai Sg. Petani	117
Rajah 4.13	Rekod Suhu Maksimum dan Minimum Tahun 2011	119
Rajah 4.14	Rekod Jumlah Hujan Bulanan Tahun 2011	120
Rajah 4.15	Rekod Bilangan Hari Hujan Tahun 2011	121
Rajah 4.16	Iklim Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani Tahun 2011	121
Rajah 4.17	Imbangan Air Kawasan Tadahan Sungai Sg. Petani	123
Rajah 4.18	Hujan dan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) Sungai Sg. Petani	127
Rajah 4.19	Pertalian Hujan dengan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) Sungai Sg. Petani	127
Rajah 4.20	Hujan dan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) Sungai Sg. Petani	129
Rajah 4.21	Pertalian Hujan dengan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) Sungai Sg. Petani	129
Rajah 4.22	Hujan dan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Sungai Sg. Petani	131
Rajah 4.23	Pertalian Hujan dengan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Sungai Sg. Petani	131
Rajah 4.24	Hujan dan pH Sungai Sg. Petani	133
Rajah 4.25	Pertalian Hujan dengan pH Sungai Sg. Petani	134
Rajah 4.26	Hujan dan <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL) Sungai Sg. Petani	135
Rajah 4.27	Pertalian Hujan dengan <i>Ammonia</i> (NH ₃ -NL) Sungai Sg. Petani	136
Rajah 4.28	Hujan dan Suhu Air Sungai Sg. Petani	137
Rajah 4.29	Pertalian Hujan dengan Suhu Air Sungai Sg. Petani	138

Rajah 4.30	Hujan dan Kekeruhan (<i>Turbidity</i>) Sungai Sg. Petani	139
Rajah 4.31	Pertalian Hujan dengan Kekeruhan (<i>Turbidity</i>) Sungai Sg. Petani	140
Rajah 4.32	Hujan dan <i>Nitrate</i> (NO ₃) Sungai Sg. Petani	141
Rajah 4.33	Pertalian Hujan dengan <i>Nitrate</i> (NO ₃) Sungai Sg. Petani	142
Rajah 4.34	Hujan dan <i>Phosphate</i> (PO ₄) Sungai Sg. Petani	143
Rajah 4.35	Pertalian Hujan dengan <i>Phosphate</i> (PO ₄) Sungai Sg. Petani	144
Rajah 4.36	Aliran Permukaan Sungai Sg. Petani	145
Rajah 4.37	Hilangnya lestari Sungai Sg. Petani akibat pencemaran	149
Rajah 4.38	Kawasan pertanian padi terbiar akibat pencemaran kimia di kawasan selepas stesen 1 sebelum stesen 2	151
Rajah 4.39	Sampah di kawasan Log-Boom Kampung Raja di stesen 3	152

SENARAI AKRONIM

BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
DAS	Daerah Aliran Sungai (Kawasan Lembangan Sungai)
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>
GIS	Sistem Maklumat Geografi
MITI	Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri
MPSP	Majlis Perbandaran Sungai Petani
NH ₃ -NL	<i>Ammonia</i>
NPS	<i>Nonpoint Sources</i> (punca sumber yang tidak dikenalpasti)
NO ₃	<i>Nitrate</i>
PO ₄	<i>Phosphate</i>
PS	<i>Point Source</i> (punca sumber yang dikenalpasti)
SIRIM	<i>Standards and Industrial Research Institute of Malaysia</i> (Piawaian dan Penyelidikan Perindustrian Malaysia)

**PENURUNAN KUALITI AIR SUNGAI AKIBAT CUACA DAN KEGIATAN
MANUSIA : KAJIAN KES DI SUNGAI SG. PETANI, KEDAH**

ABSTRAK

Perubahan guna tanah menjadi isu besar yang dapat menarik perhatian orang ramai apabila dikaitkan dengan pelbagai isu alam sekitar. Kajian ini melihat penurunan kualiti air di kawasan tadahan bersaiz kecil iaitu yang berada di kawasan bandar Sungai Petani, Kedah. Sehubungan itu satu kajian telah dijalankan di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani, Kedah antara tahun 2011 - 2012. Parameter kualiti air yang digunakan dalam kajian ini ialah *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, *Ammonia* (NH₃-NL), suhu, *turbidity*, *Nitrate* (NO₃), dan *Phosphate* (PO₄). Kajian pada tahun 2011 yang dibuat ke atas 4 stesen telah mendapati kualiti air semakin merosot semasa air mengalir ke arah muara Sungai Sg. Petani. Objektif kajian ialah untuk meneliti tiga perkara iaitu memahami kualiti air Sungai Sg. Petani, menentukan hubungan suhu dan hujan kepada kualiti air Sungai Sg. Petani dan menganalisis pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air Sungai Sg. Petani. Hasil kajian ini mendapati hujan dan suhu serta aktiviti manusia di kawasan tadahan sungai telah menyebabkan kualiti air Sungai Sg. Petani berada pada kelas tercemar tahap III dan IV sementara tahap II diperolehi ketika hari hujan. Hasil analisis korelasi di antara hujan dengan parameter persampelan menunjukkan hubungan signifikan yang kuat $p < 0.05$, seperti DO : $r = 0.70$, $p < 0.000$, BOD : $r = -0.53$, $p < 0.000$, COD : $r = -0.31$, $p < 0.034$, pH : $r = -0.36$, $p < 0.012$, NH₃-NL : $r = -0.42$, $p < 0.003$, suhu : $r = -0.61$, $p < 0.015$, *turbidity* : $r = 0.56$, $p < 0.000$, NO₃ : $r = -0.39$, $p < 0.026$ dan PO₄ : $r = 0.45$, $p < 0.005$.

**DEGRADATION OF WATER QUALITY AS A RESULT OF WEATHER
AND HUMAN ACTIVITIES : A CASE STUDY IN SG. PETANI RIVER,
KEDAH**

ABSTRACT

Changes in land use has been an issue which would attract the attention of many people when associated with various environmental issues. This study shows the degradation of water quality in the catchment area of the smaller urban areas, which are situated in Sungai Petani, Kedah. Therefore, a study was conducted in the watershed area of Sg. Petani River, Kedah between 2011 – 2012. Water quality parameters used as in this study were Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), pH, Ammonia (NH₃-NL), temperature, turbidity, Nitrate (NO₃) , and Phosphate (PO₄). Studies carried out in 2011 on 4 station resulted deterioration of water quality when the water flows towards the estuary of Sg. Petani River. The objective of the study to examine three areas, to acquaint the water quality of Sg. Petani River, to determine the relationship of temperature and rainfall on the water quality of Sg. Petani River and to analysis the impact of human activities on the water quality of Sg. Petani River. This study found that the relationship of temperature and rainfall with the impact of human activities had caused the quality of water in Sg. Petani River to be contaminated into class III and IV level while the level II result is obtained during rainy. The analysis between rainfall correlations and precipitation parameters sample showed strong significant relationship level $p < 0.05$, such as DO : $r = 0.70$, $p < 0.000$, BOD : $r = -0.53$, $p < 0.000$, COD : $r = -0.31$, $p < 0.034$, pH : $r = -0.36$, $p < 0.012$, NH₃-NL : $r = -0.42$, $p < 0.003$, temperature : $r = -0.61$, $p < 0.015$, turbidity : $r = 0.56$, $p < 0.000$, NO₃ : $r = -0.39$, $p < 0.026$ and PO₄ : $r = 0.45$, $p < 0.005$.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pada awal tahun 1970-an, Sungai Sg. Petani telah menjadi tempat bermandi-manda. Air Sungai Sg. Petani mulai tercemar akibat pembangunan kawasan perindustrian Bakar Arang apabila Sungai Petani mula menjadi “*nucleus growth center*” daerah Kuala Muda (Jabatan pengairan dan Saliran Negeri Kedah, 2010). Salah satu faktor kegiatan manusia yang memberi impak yang kuat adalah proses urbanisasi. Proses urbanisasi dan kepesatan pembangunan kawasan perindustrian Bakar Arang di kawasan tadahan Sungai Gelugor dan kawasan Perindustrian Sungai Petani di kawasan hulu telah menyebabkan penurunan pesat kualiti air Sungai Sg. Petani. Penyebaran sempadan bandar dan peningkatan pembangunan petempatan beberapa kawasan taman perumahan, kedai, pejabat pentadbiran, kawasan perniagaan dan pekhidmatan di bandar Sungai Petani telah menjadi faktor kepada penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani ke tahap paling tercemar iaitu Kelas V pada tahun 2006 (Jabatan Pengairan dan Saliran Negeri Kedah, 2010). Proses urbanisasi telah meningkatkan permukaan tidak telap air di kawasan bandar yang menghalang proses penyusupan dan penelusan air sehingga mengakibatkan perubahan fizikal aliran air khususnya kepada ciri-ciri luahan sungai serta imbalan air lembangan (Noorazuan *et al.*, 2007). Selain kadar luahan sungai, beberapa parameter kualiti air sungai yang terkesan daripada proses urbanisasi antaranya ialah kekeruhan

(*Turbidity*), *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, *Ammonia* (NH₃-NL), *Nitrate* (NO₃) dan *Phosphate* (PO₄). Hakikat ini turut disokong oleh beberapa pengkaji di dunia seperti Henderson *et al.*, (1992), Beamish *et al.*, (1994), Slaney *et al.*, (1996), Ducharme (2011), John *et al.*, (2011), Frank J. *et al.*, (2011) dan Margaret *et al.*, (2011).

Kesan proses urbanisasi kepada kualiti air sungai menjadi semakin serius akibat perubahan cuaca. Cuaca ialah keadaan udara, iaitu keadaan suhu, hujan, angin, tekanan udara dan pancaran matahari di sesuatu tempat pada suatu masa yang singkat. Impak Perubahan cuaca kepada aliran air permukaan dan status kualiti air turut dibuktikan oleh pengkaji seperti Katerina & Stanislava (2008), Margerat *et al.*, (2011), Mohmadisa *et al.*, (2012) dan Siti & Main (2011). Sehubungan dengan itu pengaruh urbanisasi dan perubahan cuaca di bandar Sungai Petani perlu dikaji pengaruhnya ke atas kualiti air Sungai Sg. Petani.

1.2 Permasalahan Kajian

Sungai Sg. Petani telah mengalami penurunan kualiti air yang teruk. Pencemaran air telah menyebabkan sumber air Sungai Sg. Petani bukan sahaja tidak boleh digunakan sebagai sumber air kepada penduduk tempatan tetapi juga ia mengancam kehidupan akuatiknya. Dianggarkan pada bulan Oktober tahun 2010 sahaja, terdapat sejumlah 3,027 tan sampah sarap telah berjaya dikutip di sepanjang Sungai Sg. Petani (Jabatan Pengairan dan Saliran Negeri Kedah, 2010). Penurunan kualiti Sungai Sg. Petani adalah serius, kurang selamat dan kurang wajar untuk persekitaran bandar lestari. Pelbagai kaedah telah dicadangkan untuk mengatasi

masalah ini. Kaedah yang paling mudah ialah membina perangkap sampah, membina kawasan pembuangan sampah yang baru dan pengawalan kawasan urbanisasi. Kesemua cadangan tersebut tidak dapat mengatasi isu penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani dalam jangka panjang. Lebih lagi apabila perubahan cuaca di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani turut diambil kira. Sungai Sg. Petani adalah anak Sungai Merbok yang menjadi salah satu sungai eko-pelancongan penting di Kedah. Usaha perlu dilakukan bukan sahaja di kawasan perbandaran Sungai Petani, tetapi juga di seluruh kawasan tadahan Sungai Sg. Petani bagi memastikan kualiti air Sungai Sg. Petani kembali bersih dan selamat.

Penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani bukan sahaja melibatkan perubahan warna air tetapi juga melibatkan perubahan kualiti dari aspek kimianya seperti *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, *Ammonia* ($\text{NH}_3\text{-NL}$), *Nitrate* (NO_3) dan *Phosphate* (PO_4). Pada 7 Julai 2006 Sungai Sg. Petani berada pada tahap sangat tercemar (Jabatan Alam Sekitar Negeri Kedah, 2011). Ini membuktikan kualiti sungai ini tidak selamat untuk kehidupan akuatik dan juga manusia.

Penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani diburukkan lagi oleh keadaan cuaca yang sering berubah-ubah mengikut musim monsun. Hujan menjadi mekanisma alam sekitar yang sering digunakan sebagai agen pembersih Sungai Sg. Petani. Bagaimanapun hujan yang tidak menentu mengikut musim monsun menyebabkan kaedah alam sekitar ini kurang berkesan dalam mengekalkan kualiti air Sungai Sg. Petani.

Proses urbanisasi mempunyai kaitan dengan perubahan guna tanah di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani. Pada tahun 1989 banyak guna tanah asal telah ditukar syarat kepada guna tanah perindustrian, kawasan perumahan dan juga pembangunan infrastruktur. Perubahan guna tanah mempunyai hubungan langsung dengan penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani. Oleh itu, kajian perlu dilakukan bagi mengenal pasti kedudukan terkini tahap kualiti air Sungai Sg. Petani. Kajian juga perlu mengenal pasti hubungan suhu dan hujan kepada kualiti air Sungai Sg. Petani. Selain itu, pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air juga turut dikaji.

1.3 Skop dan Definisi Kajian

Secara khususnya kajian ini dijalankan di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani. Aliran Sungai Sg. Petani merentangi kawasan bandar Sungai Petani yang panjangnya 12 kilometer dengan luas kawasan tadahan 37.5 kilometer persegi. Terdapat 4 batang sungai mengalir masuk ke dalam Sungai Sg. Petani iaitu Sungai Gelugor, Sungai Bakar Arang, Sungai Air Mendidih dan Sungai Pasir Kecil. Sungai Sg. Petani pula mengalir masuk ke Sungai Merbok. Fokus kajian ini ialah dalam bidang Geografi. Ia melihat perubahan cuaca dan tahap pencemaran sungai sebagai agenda utama. Oleh itu, perbincangan ini tertumpu kepada pengaruh perubahan suhu dan hujan terhadap perubahan kualiti air Sungai Sg. Petani. Kajian ini tertumpu kepada penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani dan kegiatan manusia di Sungai Sg. Petani. Kajian penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani yang dikaji melibatkan kimia dan fizikal. Kajian tentang kimia melibatkan kajian analisis data *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, *Ammonia* (NH₃-NL), *Nitrate* (NO₃) dan *Phosphate* (PO₄), sementara kajian

tentang fizikal pula melibatkan ampaian seperti sampah dan enapan yang diukur melalui tahap kekeruhan (*Turbidity*). Data suhu dan hujan diperolehi melalui Stesen Meteorologi di Hospital Sungai Petani untuk tempoh 11 tahun dari tahun 2001 sehingga 2011.

DO atau keperluan oksigen merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualiti air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk kepekatan ini menunjukkan jumlah oksigen yang terdapat dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, menunjukkan air tersebut mempunyai kualiti yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, maka air tersebut telah tercemar. BOD adalah ukuran kuantiti oksigen terlarut yang digunakan oleh bakteria kerana ia memecahkan air organik. Sungai yang tercemar dan alirannya perlahan menyebabkan banyak oksigen telah dibubarkan akibat diurai oleh bakteria dan organisma akuatik. COD dapat menunjukkan tahap pencemaran akibat aktiviti manusia. Keadaan ini berlaku disebabkan sekiranya bertambah aktiviti manusia, pertambahan pelbagai bahan organik yang dapat dioksidakan hanya secara kimia juga berlaku. Nilai pH adalah pengukuran kualiti air berasaskan tahap kandungan asid dalam air. Skala pH bermula dari nilai 0 (sangat berasid) kepada 14 (alkali), dengan 7 merujuk kepada nilai neutral. Nilai pH air tulen biasanya di antara 6.5 dan 8.2. Kebanyakan hidupan akuatik, organisma disesuaikan dengan tahap pH tertentu dan mati jika pH boleh dipengaruhi oleh sisa industri, air larian pertanian atau saluran daripada operasi perlombongan tidak betul berjalan. $\text{NH}_3\text{-NL}$ digunakan sebagai parameter petunjuk utama pencemaran yang berkaitan dengan pembuangan najis, kilang-kilang getah dan industri yang berasaskan pertanian. NO_3 adalah nutrien yang diperlukan oleh

tumbuhan akuatik dan semua haiwan bagi membina protein. Penguraian tumbuhan dan haiwan mati dan kumuhan hidup NO_3 melepaskan haiwan ke dalam sistem akuatik. Nutrien yang berlebihan seperti nitrat pertumbuhan tumbuhan meningkat dan menggalakkan penguraian bakteria yang mengurangkan jumlah oksigen yang terdapat di dalam air. PO_4 berpunca daripada beberapa sumber termasuk najis manusia dan haiwan, pencemaran industri dan air larian pertanian.

Jadual 1.1 : Kelas Indeks Kualiti Air dan Status Pencemaran

Kelas/parameter	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas V
Nitrogen ammonia (mg/l)	<0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.9	0.9 – 2.7	> 2.7
BOD (mg/l)	< 1	1 – 3	3 - 6	6 - 12	> 12
COD (mg/l)	< 10	10 – 25	25 - 50	50 – 100	> 100
DO (mg/l)	> 7	5 – 7	3 - 5	1 - 3	< 1
pH	> 7	6 -7	5 - 6	< 5	< 5
Indek Kualiti Air (IKA)	> 92.7	76.5 – 92.7	51.9 – 76.5	31.0 – 51.9	< 31.0
Status pencemaran	Tidak tercemar	Sedikit Tercemar	Sederhana tercemar	Tercemar	Sangat tercemar

Sumber : Jabatan Alam Sekitar Negeri Kedah, 2011

Sungai termasuk dalam kitaran hidrologi yang wujud di dunia (Chang, 1995). Semasa hujan turun sebahagian air tersebut menyerap ke dalam tanah, ada yang tersejat semula ke udara dan yang selebihnya mengalir sebagai anak sungai dan cawangan-cawangan sungai mengalir ke laut (Goh, 1974). Secara ringkasnya, air larian yang wujud ketika hujan akan menuju ke arah yang lebih rendah hingga akhirnya sampai ke laut (Arthur, 1984). Ini disebabkan daya tarikan graviti akan menyebabkan berlakunya pergerakan air larian menuruni cerun yang akhirnya akan menyebabkan alur dan seterusnya sungai akan terbentuk. Sungai secara terperinci

dapat dikategori kepada tiga iaitu sungai fana, sungai jeda dan sungai saka (Wan Ruslan, 1994). Sungai fana, sungai atau alur yang mengalir dengan adanya kejadian hujan atau setelah hujan ataupun cairan salji berlaku. Sungai jeda, pengaliran sungai atau alur terhad dalam jeda cuma masa tertentu sahaja samada dua atau tiga bulan setahun mengikut musim hujan sahaja. Sungai saka pula merupakan sungai atau alur yang dapat mengalir sepanjang tahun.

Penurunan kualiti dalam perkataan Latin adalah “*degradatio*” bererti pengurangan tentang proses degradasi atau ciri-ciri sesuatu objek akibat perjalanan masa, penurunan dalam kualiti yang menyebabkan penyusutan atau penurunan beransur-ansur. Degradasi dalam konteks sungai lebih fokus kepada kerosakan sungai itu sendiri dan kehilangan biodiversitinya, penurunan atau pengurangan gred atau status. Degradasi sungai juga membawa maksud ke arah penurunan nilai atau kualiti sama ada secara kimia atau fizikal. Dalam Geografi, degradasi sungai memberi pengertian tindakan atau proses penurunan kualiti atau kuantiti sungai yang telah berlaku ke atas sungai.

Oleh itu, Kajian ini memberi fokus kepada penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani. Kajian aktiviti manusia yang dilakukan merangkumi peranan mereka terhadap perubahan gunatanah di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani yang diakibatkan oleh proses urbanisasi. Kajian penurunan kualiti air dijalankan setahun iaitu pada tahun 2011 dan turut disokong oleh data sekunder yang digunakan bagi memperlihatkan keadaan penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani yang telah terjadi melalui data dari tahun 2001 sehingga 2010 (Jabatan Alam Sekitar Negeri Kedah, 2011).

1.4 Persoalan Kajian

Berdasarkan kepada pernyataan masalah dan objektif kajian, cuaca dan kegiatan manusia merupakan faktor yang mempengaruhi penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani. Oleh yang demikian, persoalan-persoalan kajian yang berikut dibina berdasarkan faktor tersebut.

- (a) Adakah pembangunan di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani menjejaskan kualiti air Sungai Sg. Petani.
- (b) Adakah suhu dan hujan mempengaruhi kualiti air Sungai Sg. Petani.
- (c) Adakah perubahan guna tanah di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani menjadi faktor utama penurunan kualiti Sungai Sg. Petani.

1.5 Objektif Kajian

Bagi mencapai matlamat kajian tentang “Penurunan Kualiti Air Sungai Akibat Cuaca dan Kegiatan Manusia : Kajian Kes Di Sungai Sg. Petani, Kedah” objektif yang telah digariskan adalah untuk :-

- (a) Memahami kualiti air Sungai Sg. Petani.
- (b) Menentukan hubungan suhu dan hujan kepada kualiti air Sungai Sg. Petani.
- (c) Menganalisis pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air Sungai Sg. Petani.

1.6 Kepentingan Kajian

Kepentingan kajian ini dapat memberikan kefahaman tentang tahap kualiti air Sungai Sungai Petani. Ianya juga dapat memperlihatkan sejarah kemerosotan Sungai Sg. Petani akibat daripada kegiatan manusia dan perubahan cuaca di kawasan tadahan Sungai Sg. Petani. Kajian dapat dijadikan bahan rujukan berhubung penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani yang berlaku mempunyai pertalian dengan pola cuaca di kawasan tadahan. Kajian ini penting sebagai bahan untuk menyusun program pemulihan Sungai Sg. Petani.

1.7 Kekangan Kajian

Halangan kajian ini wujud dalam beberapa bentuk. Kesukaran mendapatkan data cuaca, kualiti air Sungai Sg. Petani dan guna tanah kawasan tadahan Sungai Sg. Petani. Selain itu, lokasi persampelan berada di tempat yang sukar untuk dimasuki.

1.8 Susunan Tesis

Penulisan laporan tesis ini telah dibuat secara tersusun mengikut kronologi dalam Lima Bab keseluruhannya. Penulisan tesis dimulakan dengan bab pengenalan. Seterusnya, diikuti dengan bab kedua yang memberi fokus kepada sorotan literatur. Dalam bab tersebut juga turut diberikan kupasan terhadap tajuk-tajuk serta bidang yang berkaitan Geografi Fizikal khususnya yang melibatkan isu pencemaran air sungai. Bab ketiga pula menghuraikan penggunaan metodologi yang digunakan

sepanjang kajian dijalankan. Bab keempat segala data dianalisis dan dapatan kajian tersebut dihuraikan sementara bab kelima merupakan bab yang membincangkan kesimpulan serta cadangan yang boleh diambil bagi mengatasi masalah pencemaran air dan penurunan kualiti air Sungai Sg. Petani.

1.9 Rumusan

Secara keseluruhannya, terdapat tiga persoalan kajian yang menjadi intipati kepada permasalahan kajian ini. Hasil kajian ini diharap dapat menjelaskan status kualiti air Sungai Sg. Petani. Selain itu, melihat hubung kait di antara suhu dan hujan kepada kualiti air Sungai Sg. Petani. Seterusnya dapat menghuraikan pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air Sungai Sg. Petani. Semua permasalahan kajian ini akan terjawab dalam bab-bab seterusnya.

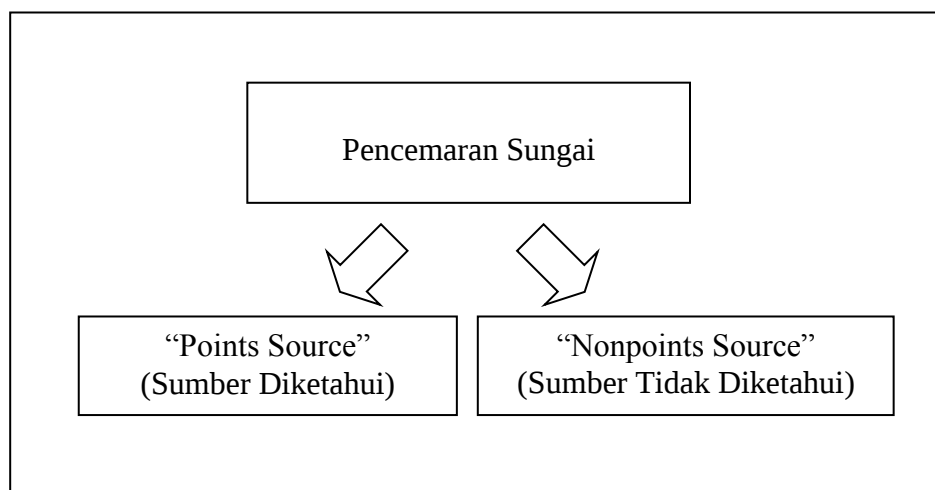
BAB 2 SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Bab ini menghuraikan penulisan berkaitan literatur khususnya yang menceritakan tentang pencemaran dan penurunan kualiti air sungai di luar negara mahupun di Malaysia. Keadaan sungai yang dahulunya merupakan sumber kehidupan tumbuhan dan hidupan akuatik dan bekalan air untuk manusia telah mengalami perubahan akibat pembangunan di kawasan lembangan. Pengaruh manusia dalam mempengaruhi perubahan landskap secara tidak terkawal telah menyebabkan berlakunya pencemaran yang seterusnya berlakunya penurunan kualiti air sungai yang teruk. Kebanyakan sungai di Malaysia telah mengalami pemendapan, pencemaran permukaan tanah, buangan sisa industri dan pencemaran logam berat (Sulong & Moktar 2005). Penekanan tentang hubungan sungai dengan pertumbuhan bandar, ciri sungai di kawasan bandar, sungai dan masyarakat bandar dan seterusnya pembangunan tebingan sungai akan dapat memperlihatkan secara jelas tentang pemasalahan sungai di Malaysia termasuklah Sungai Sg. Petani. Dalam kajian tentang penurunan kualiti air sungai, kajian kimia air dijadikan panduan oleh para sarjana di seluruh dunia untuk mengukur parameter fizik-kimia untuk kualiti air seperti Henderson *et al.*, (1992) , Beamish *et al.*, (1994), Slaney *et al.*, (1996), Ducharme (2011) , John *et al.*, (2011) , Frank J *et al.*, (1996) dan Margaret *et al.*, (2011) . Oleh itu, parameter untuk melihat penurunan kualiti air sungai juga dilihat dari aspek ujikaji kimia secara saintifik untuk menilai tahap kelas sesebuah sungai.

2.2 Tahap Pencemaran dan Penurunan Kualiti Air Sungai di Kawasan Bandar di Dunia

Pencemaran sungai boleh dibahagikan kepada Sumber diketahui (Point Source) dan Sumber tidak diketahui (Nonpoint Source). Sumber diketahui adalah sumber tunggal yang dikenal pasti bahan pencemaran yang dilepaskan. Contohnya, bahan buangan industri melalui paip, longkang yang dilepaskan ke sungai dan laut. Sumber tidak diketahui diistilahkan sebagai pencemaran 'meresap' dan merujuk kepada orang-orang input dan kesan yang berlaku di kawasan yang luas dan tidak mudah dikaitkan dengan satu sumber. Contohnya, pencemaran sungai yang diakibatkan daripada penggunaan tanah bandar, tanah pertanian dan tanah perhutanan (Rajah 2.1). Pencemaran Sungai Sg. Petani terdedah kepada Sumber diketahui Kawasan Perindustrian Sungai Petani dan pencemaran Sumber tidak diketahui kawasan petempatan dan perbandaran.



Rajah 2.1 : Punca Pencemaran Sungai.

2.2.1 Pencemaran Sumber Diketahui (Point Source)

Pada masa kini, pencemaran sungai yang menyebabkan penurunan kualiti air sungai sudah semakin serius. Antara yang mengalami penurunan kualiti air adalah Sungai Bishnumati, Kathmandu akibat pelepasan air sisa industri, kumbahan domestik dan bahan terbuang (Tamrakar, 2010). Sungai Yamuna di India juga tercemar dengan 58% limbah dari ibu kota New Delhi dibuang ke dalam sungai tersebut. Sungai Burigangga di Bangladesh pula telah mengalami biologinya sudah mati akibat zat polythenes. Di China keadaan Sungai Kuning dicemari tumbahan minyak dari limbah industri. Sungai Marilao di Filipina dicemari bahan kimia beracun seperti kromium, tembaga kadmium dan arsen. Di Amerika Syarikat telah dikesan Sungai Mississippi membawa pencemaran sekitar 1.5 juta metrik nitrogen ke Teluk Mexico setiap tahun. Melalui kajian yang dilakukan di Sungai Taor-Skopje di Republik Mecedonia pada tahun 2003, bacaan Nitrat (NO_3) mencatat nilai 77.46 mg/l (Katerina et al, 2008) yang menunjukkan Sungai Taor-Skopje berada dalam tahap pencemaran paling teruk.

Selain itu, pencemaran di Sungai Kreo, Indonesia didapati telah meningkat disebabkan kawasan tersebut terdapat banyak industri (Setiani et al, 1999). Pencemaran sungai tersebut di daerah tengah dan hilir telah menyebabkan terjejas sebagai sumber air minum. Keadaan ini diharapkan dapat diatasi dengan pengaruh motivasi serta peranan masyarakat dalam memantau perncemaran sungai oleh industri dan diharapkan dapat membantu Pemerintah daerah setempat bagi memantau pencemaran sungai tersebut. Pencemaran akibat industri di Kendal, Semarang, Pekalongan dan Karanganyar telah berlaku (Absori, 2006). Akibatnya kawasan

pertanian padi telah tercemar sehingga menyebabkan hasil pengeluaran padi kualitasnya rendah. Hidupan ikan juga juga terancam meyeabkan pelbagai jenis ikan yang sukar dijumpai. Kualiti air merosot dengan baunya yang busuk menyebabkan air yang digunakan akan menyebabkan gatal-gatal dan akhirnya tidak lagi menjadi air untuk tujuan kegunaan harian.

Penurunan kualiti air sungai di DKI Jakarta disebabkan oleh pelbagai faktor terutamanya pencemaran air kumuhan industri, rumah tangga dan limbah pertanian. Pencemaran air sungai oleh logam berat dapat mempengaruhi kesihatan manusia samada secara langsung ataupun secara tidak langsung (Djarismawati, 1991). Pembangunan di sektor industri tersebut telah mencemarkan sungai kerana pengusaha kilang tidak mengolah air kumuhan dengan baik terlebih dahulu. Logam berat Cu (Copper), Cr (Chromium), Cd (Cadmium), Pb (Lead) dan Hg (Mercury) telah mencatat nilai pencemaran yang telah menjadikan pencemaran logam berat tersebut bersifat toksik. Melalui kajian tersebut didapati tahap pencemaran kimia semakin meningkat ke arah muara. Pencemaran logam yang bersifat toksik telah mendap di dasar sungai. Kandungan logam berat yang melebihi tahap normal yang boleh merbahayakan kesihatan manusia seperti Cu dapat merosakkan hati, Pb dapat merosakkan jaringan saraf, Cr dapat mengakibatkan kanser kulit, Cd menyebabkan batu ginjal, gangguan lambung, penyakit pigmentasi gigi dan Hg boleh merosakkan ginjal, hati, saraf dan keterbelakangan mental dan *cerebral palsy* kepada bayi telah dikesan.

Wilayah Jawa turut mengalami masalah yang sama. Pencemaran yang terjadi di beberapa sungai telah mencapai tahap yang merbahayakan ekosistem sungai dan

selanjutnya muara dan pantai. Beberapa aktivitas industri yang terdapat di sepanjang Sungai Kaligarang yaitu 9 perusahaan telah membuang kubahannya ke sungai. Sungai ini juga berfungsi sebagai salah satu sumber air bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Semarang dan berfungsi untuk pengawal banjir dan pengairan melalui Sungai Semarang yang intakenya berada sebelah kanan Bendung Simongan yang melintang di tengah Sungai Kaligarang (Winardi, 2007). Terdapat kajian yang dilakukan di Sungai Code Yogyakarta melalui persampelan untuk mengetahui taraf pencemaran dan kandungan logam berat kromium (Cr) pada air dan tanah di bagian hulu, tengah dan hilir sungai. Hasil pengukuran BOD dan DO menunjukkan bahwa bagian hulu berstatus tidak boleh dijadikan air minuman tetapi masih boleh digunakan untuk perikanan, peternakan dan pertanian. Analisis COD memperlihatkan bahwa hanya ada dua sampel yang lain mempunyai nilai di bawah ambang mutu untuk air minum, sampel yang lain berada di atas ambang mutu. Pencemaran yang berlaku di sungai tersebut dipengaruhi oleh perkembangan industri-industri di sekitar aliran tersebut (Baroto & Syamsul, 2006). Pencemaran yang berpunca daripada logam-logam berat memberikan kesan yang berbahaya. Ini disebabkan dalam kajian tersebut dinyatakan bahayanya terhadap tanaman, binatang dan juga manusia.

Ekosistem kawasan lembangan Sungai Citarik Hulu di wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Kabupaten Sumedang telah mengalami degradasi alam sekitar terhadap sumber sungai mahupun sumber air (Wanajat, 2007). Keadaan ini disebabkan oleh ciri-ciri dan kemampuan sungai, iklim dan curah hujan, jenis tanah, serta perilaku petani dalam mengerjakan pertanian yang mengakibatkan penipisan lapisan tanah. Selain itu, berdasarkan ciri fizikal sungai tersebut yang pada umumnya berada pada

Kelas IV , yang mempunyai faktor sekatan berupa ancaman hakisan, cerun lereng dan kepekaan hakisan. Kajian mendapati bagi mengatasi masalah tersebut, perlu adanya usaha-usaha untuk pemuliharaan sumber tanah dan sumber air iaitu melalui pelbagai teknik sungai pemuliharaan dengan melibatkan seluruh masyarakat.

Kajian untuk mengetahui mutu kualiti perairan di Sungai Babon, Semarang melalui parameter kedalaman, kecerahan, kecepatan arus, suhu, Oksigen Terlarut (DO) dan pH (Mustofa, 2009) melalui kualiti air yang diukur memperolehi data kedalaman : 30 – 90 cm, kecerahan 22 – 41 cm, kecepatan arus : 0.007 – 0.167 m/s, suhu air : 28.7°C – 31°C, Oksigen Terlarut : 5.5 – 6.5 mg/l, pH : 7.1 – 8.7, salinitas 0 – 32% nilai tersebut menunjukkan dalam keadaan yang masih dapat ditoleransi untuk kehidupan organisma. Data untuk parameter (BOD : 56 – 70 mg/l, COD : 30 – 295 mg/l, H₂S : 0.0022 – 0.0187 mg/l) menunjukkan bahawa nilai tersebut melebihi kelas II PP. No. 82 tahun 2001 sehingga dapat mencemari sungai tersebut. Hasil analisis yang menggunakan Kaedah Storet menunjukkan kualiti air di stesen 1 mempunyai nilai - 32, stesen 2 mempunyai nilai -38 dan stesen 3 mempunyai nilai -38. Ketiga stesen mempunyai mutu kualiti air yang buruk dengan nilai -31 menunjukkan kualiti air di perairan Sungai Babon, Semarang adalah buruk. Keadaan ini berpunca daripada air kumbahan domestik, pertanian, kegiatan perindustrian pembuatan, tekstil, pulpa dan kertas serta pemerosesan udang.

Impak CPO (Crude Pailm Oil) akibat aktiviti di muara Sungai Mentaya Kalimantan Tengah menyebabkan kemusnahan ekosistem, terutamanya kepada bakau (Prabang et al, 2008). Pembangunan dermaga CPO (*crude palm oil*) minyak kelapa sawit di muara sungai Mentaya, Kalimantan Tengah memberikan kesan negatif terhadap

pokok bakau . Minyak sawit mengandungi lemak alkohol, metil ester, dan asam lemak. Kajian dijalankan melalui persampelan DO, BOD, COD, pH, TSS, TDS dan data alam sekitar (kandungan minyak, suhu, pH, elektrik kekonduksian dan potensi redoks), dan kandungan *alloenzyme* di *L. Berembang Soneratia* dan *Macrobrachium rosenbergii* de Man. *Alloenzyme* akar dan daun bakau *hepatopancreas* dan udang. Air sungai yang tercemar oleh tumpahan minyak daripada aktiviti CPO telah menurunkan potensi redoks, DO, peningkatan kandungan minyak, DHL, suhu air, pH sedimen, pH, TDS, BOD, COD, TSS. Tumpahan minyak CPO yang menutupi permukaan air menurunkan DO dan menaikkan COD dan BOD.

Kajian yang dilakukan dari tahun 1995 hingga 2002 terhadap Sungai Fuji di Jepun didapati telah mengalami penurunan kualiti airnya (Shrestha & Kamaza, 2007). Analisis kelompok dilakukan melalui kawasan yang agak kurang tercemar (*relatively less polluted* : LP), sederhana tercemar (*medium polluted* : MP) dan sangat tercemar (*highly polluted* : HP). Parameter *discharge* (kadar luahan), *temperature*, *biochemical oxygen demand*, pH, *electrical conductivity*, *nitrate nitrogen* dan *ammonical nitrogen* telah berjaya mengenal pasti penurunan kualiti mengikut hirarki kurang tercemar, sederhana tercemar dan sangat tercemar. Hasilnya didapati penurunan kualiti air Sungai Fuji, Jepun disebabkan oleh kualiti terutamanya yang berkaitan dengan kadar luahan dan suhu, pencemaran organik (air sisa domestik) di kawasan yang agak kurang tercemar, pencemaran organik (air sisa domestik) dan nutrien (ladang pertanian dan kebun) di kawasan sederhana tercemar dan pencemaran organik dan nutrien (air sisa domestik, logi rawatan air kumbahan dan industri) di kawasan yang tercemar di lembangan Sungai Fuji, Jepun.

2.2.2 Pencemaran Sumber Tidak Diketahui (Nonpoint Source)

Danao Toba merupakan asset Pemerintahan Daerah Sumatera Utara yang berharga dan termasuk Daerah Tujuan Wisata (DTW) ke-3 di Indonesia (Turmiar, 2004). Dua dekad terakhir kawasan tersebut mengalami penurunan kualiti air sungai daripada pelbagai aspek sehingga menurunkan kualiti lingkungan dan keindahannya. Pengairan Danau Toba ketika ini telah tercemar dengan air kumbuhan dari kawasan petempatan dan hotel. Selain itu, terdapat juga sampah-sarap yang turut mencemarkan perairan Danao Toba. Pada musim hujan Danau Toba terdedah kepada air keruh akibat telah dicemari lumpur-lumpur dari daerah hulu. Selain daripada lumpur, perkara yang membimbangkan adalah kemungkinan bahan kimia dari daerah pertanian telah memasuki aliran yang telah mengakibatkan berlakunya penurunan plankton dan alga atau pun pupus sama sekali. Selain itu, didapati juga pencemaran yang diakibatkan oleh jalan pengangkutan air. Ini disebabkan berlakunya curahan minyak daripada kapal.

Sungai Bharalu yang merupakan anak sungai kepada Sungai Brahmaputra telah mengalami perubahan kualiti air sungai (Giriya et al, 2007). Kajian yang dilakukan dengan menggunakan parameter BOD, DO dan fosforus telah membuktikan Sungai Bharalu, India telah mengalami penurunan kualiti air tahap tercemar. Ini disebabkan bahan kumuhan Bandaraya Guwahati telah disalurkan ke dalam Sungai Bharalu. Kemerosotan kualiti air sungai tersebut telah dikesan disebabkan kekurangan air di kawasan tadahan, aktiviti manusia dan pengurusan air kumuhan yang tidak cekap.

Sungai Po di Itali terkesan dengan kehadiran bahan kimia dan toksid iaitu melalui kajian *polychlorinated biphenyls* (PCB), *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH), *extractable organo halides* (EOX), Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn pada mendapannya (Vigano et al, 2003). Kualiti mendapan dijalankan sebagai penanda aras kepada kajian kualiti air Sungai Po. Melalui kajian tersebut didapati tahap pencemaran adalah dari sederhana ke rendah. Kajian yang dilakukan telah mengenalpasti anak Sungai Dora Riparia, Dora Baltea, Lambro dan Oglio didapati berisiko. Keadaan ini didapati disebabkan perubahan cara hidup masyarakat tempatan yang merangkumi beberapa kilometer menuju ke hilir Sungai Dora Riparia, Itali.

Kajian anggaran kualiti air berdasarkan kandungan alga mikroskopik telah dijalankan di Sungai Gharasou yang terletak di sebelah barat Iran (Atazadedeh et al, 2007). Melalui kajian tersebut lima stesen persampelan dilakukan setiap bulan dari bulan April hingga September pada tahun 2005. Parameter pH, NO₃-N, PO₄-P, *dissolved oxygen*, *total suspended solids*, *total dissolved solids*, *conductivity*, *turbidity*, *chemical oxygen demand* dan *biological oxygen demand* diukur. Hasil yang diperoleh didapati punca-punca penurunan kualiti air sungai disebabkan oleh aktiviti manusia. Pembangunan bandar dan petempatan yang berlaku telah menambahkan bahan kumbahan kawasan tersebut ke dalam Sungai Gharasou.

Sungai Buriganga di tepi Bandaraya Dhaka, ibu negara Bangladesh telah menjadi salah satu sungai yang paling tercemar di Bangladesh (Ahmad et al, 2010). Kajian parameter Pb, Cd, Ni, Cu dan Cr yang telah membuktikan Sungai Buriganga telah tercemar. Bacaan parameter menunjukkan bacaan Pb : 64.71 – 77.13 mg/kg, Cd :

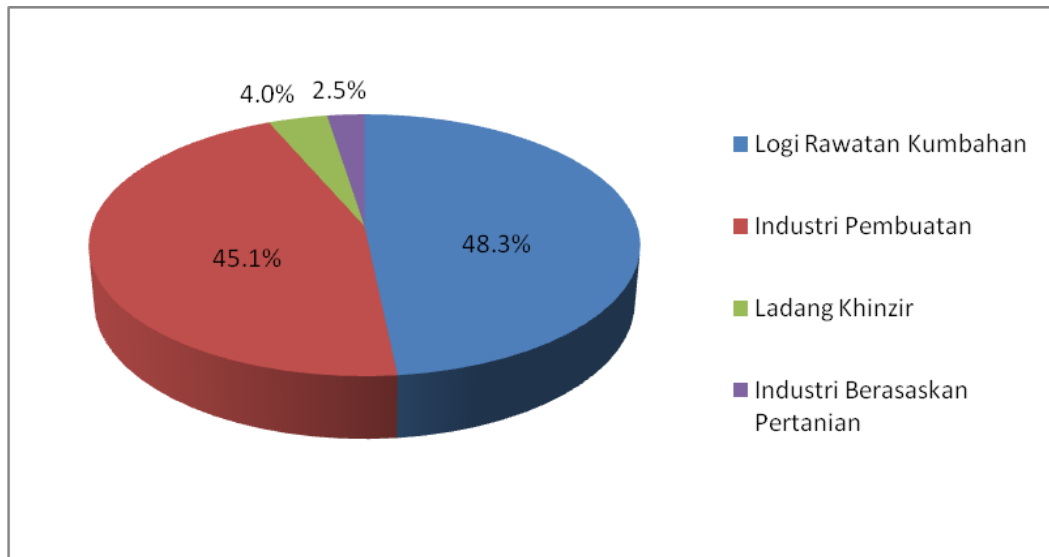
2.36 – 4.25 mg/kg, Ni : 147.06 – 258.17 mg/kg, Cu : 21.75 – 32.54 mg/kg dan Cr : 118.63 – 218.39 mg/kg. Hal ini disebabkan Bandaraya Dhaka merupakan bandaraya yang paling padat penduduk di dunia dianggarkan terdapat sembilan juta orang. Kebanyakan rumah dan industri yang terdapat di kawasan Bandaraya Dhaka telah mengakibatkan kemerosotan kualiti air Sungai Buriganga yang berpunca daripada air kumbahan.

2.3 Tahap Pencemaran dan Penurunan Kualiti Air Sungai di Kawasan Bandar di Malaysia

Pencemaran sungai di kawasan Bandar di Malaysia juga ada dua kategori iaitu Pencemaran Sumber “Point Source” (PS) dan Pencemaran Sumber “Nonpoint Source” (NPS). Sungai Sg. Petani telah tercemar dengan Pencemaran Sumber “Point Source” (PS) dan Pencemaran Sumber “Nonpoint Source” (NPS).

2.3.1 Pencemaran Sumber “Point Source” (PS)

Mengikut rekod pada tahun 2007, sebanyak 19,320 punca-punca pencemaran air telah dikesan di Malaysia. Antara punca pencemaran air yang dikesan datang dari loji rawatan kumbahan sebanyak 9,337 (48.3%) termasuk 640 stesen pam, industri pembuatan 8,708 (45.1%), ladang khinzir 779 (4.0%) dan industri berasaskan pertanian 485 (2.5%) (Jabatan Alam Sekitar, 2010). Sebanyak 9,204 punca pencemaran telah dikesan di Malaysia dan Selangor mencatat bilangan punca pencemaran yang paling tinggi iaitu 1,956 (21.25%). Peratusan pencemaran boleh dirujuk Rajah 2.2.



Rajah 2.2 : Punca Pencemaran Air di Malaysia Tahun 2007.
 Sumber : Jabatan Alam Sekitar, 2010.

Terdapat juga kajian yang dilakukan bagi melihat keberkesanan menjaga kualiti air dengan melakukan sistem tertutup ke atas kualiti air dan kelodak setempat melalui pemprosesan amang di Perak (Muhammad Samudi et al, 2007). Amang adalah hasil sampingan industri perlombongan bijih timah yang terdiri daripada pelbagai jenis mineral seperti ilmenit, zirkon dan monazit serta pasir kuarza. Kajian yang dilakukan mengukur kualiti air, kandungan unsur radioaktif dan pelbagai logam berat terpilih dalam sampel air dan sedimen di kawasan kilang industri pemprosesan amang yang menggunakan sistem air tertutup. Sistem ini tidak membabitkan pelepasan air sisa industri tersebut ke persekitaran terbuka. Persampelan dilakukan di tiga lokasi iaitu di kolam asal pembekal sumber air kilang (L1), di kolam konkrit penakungan kitar semula air di luar kilang (L2) dan di titik perlepasan efluen dalam kilang (L3). Keputusannya didapati tahap pencemaran air adalah berbeza mengikut urutan $L1 > L2 > L3$. Oleh itu, sistem kitaran air secara tertutup pada keseluruhannya telah berjaya mengawal pencemaran akibat pemerosesan amang ke atas persekitaran.