

**OLAHAN LARUT LESAPAN SEMI-AEROBIK  
MENGUNAKAN PENJERAP KOMPOSIT BERASASKAN  
BAHAN MINERAL DAN ORGANIK**

Oleh

**AZHAR ABDUL HALIM**

Tesis yang diserahkan untuk  
memenuhi keperluan bagi  
Ijazah Doktor Falsafah

OGOS 2008

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izinnya keseluruhan penyelidikan dan penulisan tesis ini dapat disiapkan. Setinggi penghargaan kepada penyelia utama, Prof. Dr. Hamidi Abdul Aziz, penyelia bersama Dr. Megat Azmi Megat Johari dan Dr. Kamar Shah Ariffin.

Segala kerjasama dari semua juruteknik, rakan-rakan seperjuangan (Zawawi, Fadhil, Ahmed dan semua yang tidak dinyatakan di sini) diucapkan ribuan terima kasih. Ucapan terimakasih dan penghargaan khusus kepada isteri tercinta, anak-anak, ibu-bapa dan semua keluarga yang telah memberi sokongan yang tak berbelah bahagi.

Penghargaan juga ditujukan kepada pihak pengurusan Tapak Pelupusan Pulau Burung serta Majlis Perbandaran Seberang Perai yang memberi kerjasama dalam menjayakan penyelidikan ini. Ucapan terima kasih juga kepada Universiti Kebangsaan Malaysia, Jabatan Perkhidmatan Awam dan Kementerian Pengajian Tinggi dan kerajaan Malaysia secara umumnya yang telah memberi peluang bercuti belajar, biasiswa dan pembiayaan penyelidikan ini melalui geran penyelidikan 'Science Fund' (SF-03-01-05-0001) (di bawah seliaan Prof. Dr. Hamidi Abdul Aziz). Akhir sekali penghargaan ditujukan kepada Universiti Sains Malaysia yang sudi menerima saya sebagai calon Ijazah Doktor Falsafah.

## SENARAI KANDUNGAN

<b>PENGHARGAAN</b>	ii
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	iii
<b>SENARAI JADUAL</b>	viii
<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xx
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xxi
<b>ABSTRAK</b>	xxiii
<b>ABSTRACT</b>	xxiiv
<b>BAB 1 - PENDAHULUAN</b>	1
<b>1.0 Pengenalan</b>	1
<b>1.1 Pengurusan Larut Lesapan</b>	2
<b>1.2 Olahan Larut Lesapan</b>	2
<b>1.3 Pernyataan Masalah</b>	3
<b>1.4 Objektif Kajian</b>	6
<b>1.5 Kepentingan Kajian</b>	7
<b>1.6 Tumpuan dan Batasan Kajian</b>	7
<b>BAB 2 - TINJAUAN LITERATUR</b>	9
<b>2.0 Pengenalan</b>	9
<b>2.1 Kategori Tapak Pelupusan Sisa Pepejal</b>	9
<b>2.2 Tapak Pelupusan Sisa Pepejal Pulau Burung</b>	13
<b>2.3 Pengurusan Larut Lesapan</b>	14
<b>2.4 Pembentukan dan Komposisi Larut Lesapan</b>	15
2.4.1 Fasa I: Fasa pengubahsuaian awal	18
2.4.2 Fasa II: Fasa peralihan	18
2.4.3 Fasa III: Fasa Pembentukan asid	18
2.4.4 Fasa IV: Fasa fermentasi metana (metanogenik)	19
2.4.5 Fasa V: Fasa matang	19
<b>2.5 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kualiti Larut Lesapan</b>	20
2.5.1 Komposisi sisa buangan	20
2.5.2 Kedalaman sisa pepejal	24
2.5.3 Kelembapan	24

2.5.4	Kehadiran oksigen	25
2.5.5	Suhu	26
2.5.6	Umur tapak pelupusan	26
<b>2.6</b>	<b>Bahan-Bahan Pencemar Dalam Larut Lesapan</b>	<b>27</b>
2.6.1	Sebatian organik	27
2.6.2	Nitrogen ammonia	29
2.6.3	Logam berat	30
2.6.4	Warna	31
<b>2.7</b>	<b>Kajian Tentang Larut Lesapan Dari Tapak Pelupusan Pulau Burung</b>	<b>32</b>
<b>2.8</b>	<b>Olahan Larut Lesapan</b>	<b>34</b>
2.8.1	Olahan biologi	34
2.8.2	Olahan fisikokimia	35
2.8.3	Gabungan olahan	39
<b>2.9</b>	<b>Olahan Larut Lesapan Secara Penjerapan</b>	<b>43</b>
2.9.1	Konsep penjerapan	43
2.9.2	Isoterma penjerapan	47
2.9.3	Faktor-faktor yang mempengaruhi penjerapan	51
<b>2.10</b>	<b>Sistem Penjerapan</b>	<b>52</b>
2.10.1	Sistem penjerapan kelompok	52
2.10.2	Sistem penjerapan lapisan tetap	53
2.10.3	Sistem turus lapisan denyutan	54
2.10.4	Turus lapisan bergerak keadaan mantap	55
2.10.5	Sistem turus lapisan terbendalir	55
<b>2.11</b>	<b>Rekabentuk sistem penjerapan turus lapisan tetap</b>	<b>56</b>
2.11.1	Model masa sentuhan lapisan kosong	56
2.11.2	Model masa penggunaan kedalaman lapisan (BDST)	58
2.11.3	Model zon pemindahan jisim (MTZ)	59
<b>2.12</b>	<b>Bahan penjerap</b>	<b>60</b>
2.12.1	Ciri-ciri bahan penjerap	61
2.12.2	Bahan penjerap konvensional	63
2.12.3	Bahan penjerap kos rendah	68
2.12.4	Bahan Komposit Sebagai Bahan penjerap Penjerapan	71
<b>BAB 3</b>	<b>- BAHAN DAN KAEDAH</b>	<b>77</b>
<b>3.1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>77</b>
<b>3.2</b>	<b>Bahan dan Peralatan</b>	<b>78</b>
<b>3.3</b>	<b>Penyediaan Bahan penjerap Komposit</b>	<b>79</b>
3.3.1	Bahan-bahan	79
3.3.2	Nisbah optimum bahan penjerap	80
3.3.3	Penyediaan bahan penjerap komposit	81
3.3.4	Kajian perbandingan di antara bahan penjerap (saiz partikel bahan penjerap).	84
<b>3.4</b>	<b>Pencirian Bahan penjerap Komposit</b>	<b>84</b>
3.4.1	Spesifik graviti (ASTM D6111-03)	84
3.4.2	Luas permukaan BET (ASTM D3663-03)	84

3.4.3 Nombor iodin (ASTM D4607-86)	85
3.4.4 Nombor metil biru (ASTM D2330-02)	85
3.4.5 Kapasiti pertukaran kation (CEC)	85
3.4.6 Porositi dan keserapan air( BS- 1881-122, 1983)	86
3.4.7 Penentuan pH bahan penjerap komposit	87
3.4.8 Analisis pendaflour sinar-X (XRF)	87
3.4.9 Analisis pembelauan sinar-X (XRD)	88
3.4.9 Pencirian struktur mikroskopik permukaan bahan penjerap	88
<b>3.5 Larut Lesapan</b>	88
3.5.1 Persampelan	88
3.5.2 Pencirian larut lesapan	90
<b>3.6 Parameter dan Analisis Kimia</b>	90
3.6.1 Penentuan nitrogen berammonia	90
3.6.2 Penentuan COD (5220D)	90
3.6.3 Penentuan BOD <sub>5</sub> (5210B)	90
3.6.4 Penentuan warna	91
3.6.5 Penentuan ferum	91
<b>3.7 Olahan Larut Lesap Secara Kelompok</b>	91
3.7.1 Parameter optimum	91
3.7.2 Kesan saiz partikel	93
3.7.3 Kesan kepekatan larut lesap	93
3.7.4 Kesan dos bahan penjerap	93
3.7.5 Isoterma penjerapan	94
3.7.6 Kinetik penjerapan	94
3.7.7 Nyahjerapan dan regenerasi secara kelompok	95
<b>3.8 Kajian Penjerapan Turus</b>	96
3.8.1 Dimensi dan rekabentuk turus	96
3.8.2 Proses penjerapan dengan isipadu turus yang berbeza.	96
3.8.3 Nyahjerapan dan regenerasi	98
<b>3.9 Analisis Statistik</b>	98
<b>BAB 4 - KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	99
<b>4.0 Pencirian Larut Lesapan</b>	99
<b>4.1 Penyediaan Bahan penjerap Penjerapan Komposit Untuk Olahan Larut Lesapan</b>	104
4.1.1 Bahan penjerap alternatif	104
4.1.2 Nisbah optimum	106
4.1.3 Bahan Pengikat	111
4.1.4 Penentuan saiz partikel bahan penjerap	114
<b>4.2 Perbandingan Kos Bahan penjerap</b>	115
<b>4.3 Pencirian Bahan penjerap</b>	116
<b>4.4 Parameter Optimum</b>	122
4.4.1 Kesan pH awal larut lesapan	123
4.4.2 Kelajuan Goncangan	125
4.4.3 Masa sentuhan	127
4.4.4 Saiz Partikel Bahan penjerap Komposit	128

<b>4.5 Isoterma Penjerapan</b>	129
4.5.1 Kesan Kepekatan Larut Lesapan	135
<b>4.6 Perbandingan Isoterma Penjerapan Antara Bahan-Bahan Penjerap</b>	139
4.6.1 Nitrogen berammonia	139
4.6.2 COD	143
4.6.3 Warna	146
4.6.4 Ferum	147
<b>4.7 Kinetik dan Mekanisma Penjerapan</b>	151
4.7.1 Nitrogen berammonia	154
4.7.2 COD	159
4.7.3 Warna	163
4.7.4 Ferum	167
<b>4.8 Kajian Penjerapan Turus</b>	171
4.8.1 Kesan pH larut lesapan terhadap penjerapan nitrogen berammonia	171
4.8.2 Lengkung Bolos	174
4.8.3 Rekabentuk Penjerapan Turus Lapisan Tetap	175
4.8.4 Kadar Penggunaan Bahan penjerap dan Keberkesanan Turus	185
<b>4.9 Nyahjerapan dan Regenerasi</b>	190
4.9.1 Pemilihan Larutan Regenerasi	190
4.9.2 Isoterma Penjerapan Bahan penjerap Regenerasi	193
4.9.3 Regenerasi Turus Penjerapan	197
4.9.4 Penjerapan semula bahan penjerap regenerasi secara turus	120
<b>BAB 5 - KESIMPULAN</b>	203
<b>RUJUKAN</b>	206
<b>LAMPIRAN</b>	
LAMPIRAN A Keratan Akhbar	
LAMPIRAN B Ujian Statistik Mann-Whitney	
LAMPIRAN C Ujian ANOVA untuk CEC	
LAMPIRAN D Ujian ANOVA untuk Kesan Saiz Partikel	
LAMPIRAN E Gambar Media Komposit	
LAMPIRAN F Gambar Larut Lesapan Yang Telah Dirawat	
LAMPIRAN G Data pencirian larut lesapan dan pembuatan media komposit	
LAMPIRAN H Data Pencirian Media Komposit	
LAMPIRAN I Data Parameter Optimum Untuk Kajian Kelompok	
LAMPIRAN J Data Isoterma Penjerapan	

LAMPIRAN K Data Kinetik Penjerapan

LAMPIRAN L Data Penjerapan Turus

## SENARAI JADUAL

	<b>Mukasurat</b>	
Jadual 2.1	Pencirian jenis-jenis larut lesapan yang berbeza (Alvarez-Vazquez et al., 2004).	20
Jadual 2.2	Komposisi sisa pepejal Majlis Perbandaran Pulau Pinang pada 2003 (Goh, 2005)	21
Jadual 2.3	Purata peratusan komponen (mengikut berat) sisa buangan pepejal perbandaran dari berbagai kawasan di Kuala Lumpur.	22
Jadual 2.4	Anggaran sisa pepejal yang dihasilkan bagi setiap negeri di Semenanjung Malaysia.	23
Jadual 2.5	Kegunaan petunjuk organik bagi mendefinisikan penguraian sisa pepejal	29
Jadual 2.6	Beberapa parameter larut lesapan PBLs yang pernah dilaporkan.	33
Jadual 2.7	Masalah-masalah yang didapati dalam olahan larut lesapan menggunakan kaedah pengoksidaan kimia.	40
Jadual 2.8	Ringkasan kaedah-kaedah yang boleh digunakan untuk olahan larut lesapan.	41
Jadual 2.9	Sejarah perkembangan teori penjerapan	43
Jadual 2.10	Ciri-ciri penting bagi penjerapan fizikal dan kimia (Vasanth et al., 2004).	46
Jadual 2.11	Bahan-bahan penjerap konvensional yang biasa digunakan dalam olahan air sisa (USACE, 2001).	61
Jadual 2.12	Jenis-jenis zeolit dengan formula molekul dan kapasiti pertukaran kation masing-masing (Sumber: GSA Resource Inc., 2000)	66
Jadual 2.13	Komposisi sekam padi yang tipikal (Chuah et al., 2005)	70
Jadual 2.14	Ciri-ciri fisikokimia sekam padi (Chuah et al., 2005).	71
Jadual 3.1	Senarai bahan kimia yang digunakan	78
Jadual 3.2	Senarai peralatan utama yang digunakan	78



Jadual 3.3	Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bahan penjerap komposit	79
Jadual 3.4	Pengkelasan bahan penjerap yang digunakan dalam penyediaan bahan penjerap komposit	80
Jadual 3.5	Amaun karbon teraktif dan karbon sekam padi yang digunakan bagi mendapatkan nisbah optimum dalam kategori bahan penjerap hidrofobik	81
Jadual 3.6	Amaun zeolit dan batu kapur yang digunakan bagi mendapatkan nisbah optimum dalam kategori bahan penjerap hidrofilik	81
Jadual 3.7	Amaun bahan penjerap yang digunakan untuk mendapatkan nisbah optimum antara bahan penjerap hidrofobik dengan bahan penjerap hidrofilik	81
Jadual 3.8	Peratusan optimum simen Portland biasa dalam bahan penjerap komposit.	83
Jadual 3.9	Data Parameter Turus Penjerapan.	98
Jadual 4.1	Ciri-ciri larut lesapan dari tapak pelupusan Pulau Burung	101
Jadual 4.2	Pencirian beberapa jenis larut lesapan (Alvarez-Vazquez et al., 2004)	103
Jadual 4.3	Ujian regresi bagi menentukan kekuatan hubungan antara kepekatan COD dan warna dalam larut lesapan (data mentah dalam lampiran 6A)	104
Jadual 4.4	Pemalar-pemalar isoterma Langmuir dan Freundlich bagi penjerapan nitrogen berammonia ke atas batu kapur dan arang sekam padi	106
Jadual 4.5	Komposisi bahan penjerap komposit untuk rawatan larut lesapan stabil dari tapak pelupusan Pulau Burung.	115
Jadual 4.6	Kos bagi setiap 100 kg bahan penjerap yang digunakan untuk membuat bahan penjerap komposit	117
Jadual 4.7	Komposisi bahan penjerap penjerap konvensional, kos rendah dan bahan penjerap komposit berdasarkan keputusan XRF.	119
Jadual 4.8	Ciri-ciri fizikal, kapasiti pertukaran kation dan pH bahan penjerap komposit	120

Jadual 4.9	Nilai pemalar-pemalar bagi model isoterma penjerapan Langmuir dan Freundlich untuk nitrogen berammonia, COD, warna dan Ferum.	130
Jadual 4.10	Perbandingan nilai kapasiti penjerapan maksimum nitrogen berammonia yang diperolehi dari kajian ini dengan beberapa jenis zeolit yang pernah dilaporkan dalam kajian sebelum ini.	141
Jadual 4.11	Perbandingan isoterma penjerapan bahan penjerap komposit, zeolit, karbon teraktif dan campuran karbon-zeolit (1:7) terhadap nitrogen berammonia.	142
Jadual 4.12	Perbandingan isoterma penjerapan bahan penjerap komposit (baru dan regenerasi), zeolit dan karbon teraktif terhadap COD.	145
Jadual 4.13	Perbandingan isoterma penjerapan bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif terhadap warna.	149
Jadual 4.14	Perbandingan isoterma penjerapan bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif terhadap ferum.	150
Jadual 4.15	Perbandingan kinetik penjerapan bahan penjerap komposit dengan zeolit dan karbon teraktif terhadap nitrogen berammonia berdasarkan persamaan kinetik tertib pertama, kedua, model Elovich dan Intra-partikel.	158
Jadual 4.16	Perbandingan kinetik penjerapan bahan penjerap komposit dengan zeolit dan karbon teraktif terhadap COD berdasarkan persamaan kinetik tertib pertama, kedua, model Elovich dan Intra-partikel.	162
Jadual 4.17	Perbandingan kinetik penjerapan bahan penjerap komposit dengan zeolit dan karbon teraktif terhadap warna berdasarkan persamaan kinetik tertib pertama, kedua, model Elovich dan Intra-partikel.	166
Jadual 4.18	Perbandingan kinetik penjerapan bahan penjerap komposit dengan zeolit dan karbon teraktif terhadap ferum berdasarkan persamaan kinetik tertib pertama, kedua, model Elovich dan Intra-partikel.	171
Jadual 4.19	Nilai $N_0$ , $C_0$ , $C_B$ dan pemalar K yang diperolehi dari plot masa bolos, $t$ melawan EBCT untuk bahan penjerap komposit baru.	177

Jadual 4.20	Perbandingan kapasiti bolos bagi nitrogen berammonia kajian ini dengan beberapa kajian yang dilakukan ke atas zeolit.	177
Jadual 4.21	Perbandingan nilai CEC dan kapasiti penjerapan maksimum ( $q_e$ ) antara bahan penjerap.	194

## SENARAI RAJAH

		<b>Mukasurat</b>
Rajah 2.1	Tapak pelupusan anaerobik (Sumber: IPRU, 2008)	10
Rajah 2.2	Tapak pelupusan anaerobik bersanitari (Sumber: IPRU, 2008)	10
Rajah 2.3	Tapak pelupusan anaerobik bersanitari dipertingkatkan (Sumber: IPRU, 2008)	11
Rajah 2.4	Tapak pelupusan semi-aerobik (Sumber: IPRU, 2008)	11
Rajah 2.5	Tapak pelupusan aerobik. (Sumber: IPRU, 2008)	12
Rajah 2.6	Gambar satelit yang menunjukkan kedudukan tapak pelupusan Pulau Burung (PBLs) (Sumber: Google Earth, 6 Julai 2007).	13
Rajah 2.7	Gambar satelit tapak pelupusan Pulau Burung yang menunjukkan paip utama, paip rektikulasi dan kolam takungan larut lesapan (Sumber: Google Earth, 6 Julai 2007).	14
Rajah 2.8	Fasa-fasa yang berturutan bagi kestabilan larut lesapan (Sumber: Environmental Protection Agency, 2000).	16
Rajah 2.9	Tahap-tahap penguraian bahan-bahan organik dalam larut lesapan (Sumber: Environmental Protection Agency, 2000)	17
Rajah 2.10	Penjerapan oleh bahan penjerap karbon teraktif (Sumber: Kan Carbon Ltd., 2008)	45
Rajah 2.11	Bentuk-bentuk umum isoterma penjerapan (Sumber: Lu, 1985)	47
Rajah 2.12	Gambarajah skema lengkung bolos yang menunjukkan kelangsungan zon penjerapan dalam sistem turus lapisan tetap ( $C_o$ adalah kepekatan influen dan $C_b$ kepekatan bolos) (Sumber: Vasanth, 2004).	53
Rajah 2.13	Gambarajah skema penyusunan turus secara (A) bersiri dan (B) selari ( $C_o$ adalah kepekatan efluen dan $C_b$ kepekatan bolos) (Sumber: Vasanth, 2004).	54
Rajah 2.14	Unit asas sistem penjerapan lapisan denyutan (Sumber: Vasanth, 2004).	54

Rajah 2.15	Unit asas sistem turus lapisan bergerak keadaan mantap (Sumber: Vasanth, 2004).	55
Rajah 2.16	Unit asas sistem turus lapisan terbendalir (Sumber: Vasanth, 2004).	56
Rajah 2.17	Gambarajah skema lengkung bolos bagi penjerapan turus lapisan tetap (Sumber: NCCES, 2001)	60
Rajah 2.18	Carta alir bagi penyediaan bahan penjerap ferum (III) oksida (Le Zeng, 2003).	72
Rajah 2.19	Carta alir pengubahsuaian kimia elutrilithe dengan zink klorida (Zhonghua dan Vansant, 1995).	73
Rajah 2.20	Carta alir penyediaan geobahan sebagai bahan penjerap (Hamdi et al., 2004).	74
Rajah 2.21	Carta alir penyediaan bahan penjerap penjerap komposit dari simen Portland biasa (Subrata Kundu et al., 2004).	75
Rajah 3.1	Carta alir penyediaan bahan penjerap komposit.	82
Rajah 3.2	(A) Pandangan pelan kolam pengumpulan larut lesapan dan (B) keratan rentas (A-A) kolam pengumpulan larut lesapan.	89
Rajah 3.3	Gambarajah skema rekabentuk turus penjerapan (persampelan efluen dilakukan pada injap A hingga E).	97
Rajah 4.1	Korelasi antara kepekatan COD dan warna dalam larut lesapan (n = 14)	104
Rajah 4.2	Nisbah optimum karbon teraktif – arang sekam padi berdasarkan peratusan penyingkiran COD dalam larut lesapan	108
Rajah 4.3	Nisbah optimum zeolit - batu kapur berdasarkan peratusan penyingkiran nitrogen berammonia dalam larut lesapan	109
Rajah 4.4	Nisbah optimum bahan penjerap hidrofilik (4.1.2a) dan bahan penjerap hidrofobik (4.1.2b) berdasarkan peratus penyingkiran nitrogen berammonia dan COD	110
Rajah 4.5	Penyingkiran nitrogen berammonia oleh bahan penjerap komposit dengan nisbah A dan B seperti dalam Rajah 4.4	111
Rajah 4.6	Penyingkiran COD oleh bahan penjerap komposit dengan nisbah A dan B seperti dalam Rajah 4.4	112

Rajah 4.7	Kesan komposisi OPC terhadap penjerapan nitrogen berammonia dan COD	113
Rajah 4.8	Kesan peratusan kandungan OPC terhadap porositi bahan penjerap	113
Rajah 4.9	Kesan peratusan kandungan OPC terhadap penyerapan air bahan penjerap	114
Rajah 4.10	Peratusan OPC sebagai bahan pengikat berdasarkan peratusan bahan penjerap yang hancur (melempi 1.18 mm) semasa ujian kelompok dijalankan pada kelajuan maksimum (350 rpm).	115
Rajah 4.11	Perbandingan nilai kapasiti pertukaran kation (CEC) antara bahan penjerap komposit baru, komposit regenerasi, zeolit dan karbon teraktif.	120
Rajah 4.12	Struktur permukaan bahan penjerap komposit yang diperolehi dari mikroskop cahaya (pembesaran 100x)	122
Rajah 4.13	Kesan pH awal larut lesapan terhadap penyingkiran nitrogen berammonia dan COD.	123
Rajah 4.14	Komposisi nitrogen bernitrogen berammonia dalam larutan akuas terhadap pH (Russel, 1992).	125
Rajah 4.15	Kesan kelajuan goncangan terhadap penyingkiran nitrogen berammonia dan COD.	126
Rajah 4.16	Masa sentuhan optimum bagi nitrogen berammonia.	127
Rajah 4.17	Masa sentuhan optimum bagi COD.	127
Rajah 4.18	Kesan saiz partikel bahan penjerap komposit terhadap penyingkiran warna, COD, nitrogen berammonia dan ferum.	128
Rajah 4.19	Isoterma penjerapan (a)Langmuir dan (b) Freundlich nitrogen berammonia terhadap bahan penjerap komposit	131
Rajah 4.20	Isoterma penjerapan (a) Langmuir dan (b) Freundlich COD terhadap bahan penjerap komposit.	132
Rajah 4.21	Isoterma penjerapan (a) Langmuir dan (b) Freundlich warna terhadap bahan penjerap komposit.	133
Rajah 4.22	Isoterma penjerapan (a) Langmuir dan (b) Freundlich ferum terhadap bahan penjerap komposit.	134

Rajah 4.23	Kesan kepekatan larut lesapan (Co) terhadap kapasiti penjerapan (q) nitrogen berammonia, COD dan warna (titik paling hujung adalah larut lesapan tanpa pencairan).	135
Rajah 4.24	Kesan kepekatan larut lesapan (Co) terhadap kapasiti penjerapan (q) bagi ferum.	136
Rajah 4.25	Nilai $R_L$ bagi nitrogen berammonia, COD dan warna bagi kepekatan awal yang berbeza.	138
Rajah 4.26	Nilai $R_L$ bagi ferum bagi kepekatan awal yang berbeza.	138
Rajah 4.27	Perbandingan penyingkiran nitrogen berammonia dari larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit (baru dan regenerasi), zeolit, karbon teraktif dan campuran zeolit – karbon teraktif.	141
Rajah 4.28	Perbandingan penyingkiran COD dari larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit (baru dan regenerasi), zeolit, karbon teraktif dan campuran zeolit – karbon teraktif.	144
Rajah 4.29	Perbandingan penyingkiran warna dari larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit (baru dan regenerasi), zeolit, karbon teraktif dan campuran zeolit – karbon teraktif.	146
Rajah 4.30	Perbandingan penyingkiran ferum dari larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif.	148
Rajah 4.31	Kinetik penjerapan nitrogen berammonia dalam larut lesapan terhadap bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif.	156
Rajah 4.32	Plot persamaan kinetik tertib pertama bagi penjerapan nitrogen berammonia ke atas bahan penjerap komposit.	156
Rajah 4.33	Plot persamaan kinetik tertib kedua bagi penjerapan nitrogen berammonia ke atas bahan penjerap komposit.	157
Rajah 4.34	Plot persamaan kinetik Elovich bagi penjerapan nitrogen berammonia ke atas bahan penjerap komposit.	157
Rajah 4.35	Plot persamaan kinetik intra-partikel bagi penjerapan nitrogen berammonia ke atas bahan penjerap komposit.	158
Rajah 4.36	Kinetik penjerapan COD dalam larut lesapan terhadap bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif.	160

Rajah 4.37	Plot persamaan kinetik tertib pertama bagi penjerapan COD ke atas bahan penjerap komposit.	160
Rajah 4.38	Plot persamaan kinetik tertib kedua bagi penjerapan COD ke atas bahan penjerap komposit.	161
Rajah 4.39	Plot persamaan kinetik Elovich bagi penjerapan COD ke atas bahan penjerap komposit.	161
Rajah 4.40	Plot persamaan kinetik intra-partikel bagi penjerapan COD ke atas bahan penjerap komposit.	162
Rajah 4.41	Kinetik penjerapan warna dalam larut lesapan terhadap bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif.	164
Rajah 4.42	Plot persamaan kinetik tertib pertama bagi penjerapan warna ke atas bahan penjerap komposit.	164
Rajah 4.43	Plot persamaan kinetik tertib kedua bagi penjerapan warna ke atas bahan penjerap komposit.	165
Rajah 4.44	Plot persamaan kinetik Elovich bagi penjerapan warna ke atas bahan penjerap komposit.	165
Rajah 4.45	Plot persamaan kinetik intra-partikel bagi penjerapan warna ke atas bahan penjerap komposit.	166
Rajah 4.46	Kinetik penjerapan ferum dalam larut lesapan terhadap bahan penjerap komposit, zeolit dan karbon teraktif.	169
Rajah 4.47	Plot persamaan kinetik tertib pertama bagi penjerapan ferum ke atas bahan penjerap komposit.	169
Rajah 4.48	Plot persamaan kinetik tertib kedua bagi penjerapan ferum ke atas bahan penjerap komposit.	170
Rajah 4.49	Plot persamaan kinetik Elovich bagi penjerapan ferum ke atas bahan penjerap komposit.	170
Rajah 4.50	Plot persamaan kinetik intra-partikel bagi penjerapan ferum ke atas bahan penjerap komposit.	171
Rajah 4.51	Perbandingan penjerapan nitrogen berammonia pada pH 7 dan pH 8.3 (purata pH asal larut lesapan) menggunakan isipadu turus penjerapan 1000ml dan kadar aliran 8 mL/min.	173
Rajah 4.52	Perubahan nilai pH efluen terhadap masa bagi isipadu turus penjerapan yang berbeza dengan kadar aliran tetap (8 mL/min).	174



Rajah 4.53	Lengkung bolos bagi penyingkiran nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum menggunakan bahan penjerap komposit baru.	175
Rajah 4.54	Contoh penentuan masa bolos, $t$ untuk setiap EBCT yang berbeza (isipadu lapisan penjerapan yang berbeza dan kadar aliran volumetrik tetap, $Q = 8 \text{ mL/min}$ ).	176
Rajah 4.55	Lengkung bolos nitrogen berammonia bagi (A) bahan penjerap komposit baru dan (B) bahan penjerap komposit regenerasi bagi isipadu lapisan penjerapan yang berbeza (kadar aliran volumetrik tetap, $Q = 8.0 \text{ mL/min}$ ).	177
Rajah 4.56	Plot linear masa bolos melawan EBCT bagi bahan penjerap komposit baru dan bahan penjerap komposit regenerasi yang diperolehi dari lengkung bolos nitrogen berammonia.	179
Rajah 4.57	Lengkung bolos untuk penjerapan COD menggunakan (A) bahan penjerap baru dan (B) bahan penjerap regenerasi.	180
Rajah 4.58	Plot linear masa bolos melawan EBCT bagi bahan penjerap komposit baru dan bahan penjerap komposit regenerasi yang diperolehi dari lengkung bolos COD.	181
Rajah 4.59	Lengkung bolos untuk penjerapan warna menggunakan (A) bahan penjerap baru dan (B) bahan penjerap regenerasi.	182
Rajah 4.60	Plot linear masa bolos melawan EBCT bagi bahan penjerap komposit baru dan bahan penjerap komposit regenerasi yang diperolehi dari lengkung bolos warna.	183
Rajah 4.61	Lengkung bolos untuk penjerapan ferum menggunakan (A) bahan penjerap baru dan (B) bahan penjerap regenerasi.	184
Rajah 4.62	Plot linear masa bolos melawan EBCT bagi bahan penjerap komposit baru dan bahan penjerap komposit regenerasi yang diperolehi dari lengkung bolos ferum.	185
Rajah 4.63	Kadar penggunaan bahan penjerap baru dan bahan penjerap regenerasi bagi penyingkiran nitrogen berammonia dari larut lesapan supaya efluen mencapai piawai A (15 ppm), B (25 ppm) bagi pembuangan air sisa ke persekitaran.	187
Rajah 4.64	Keberkesanan turus bahan penjerap baru dan regenerasi bagi penjerapan nitrogen berammonia.	188

Rajah 4.65	Kadar penggunaan bahan penjerap baru dan bahan penjerap regenerasi bagi penyingkiran COD dari larut lesapan supaya efluen mencapai piawai A (50 ppm) dan B (100 ppm) bagi pembuangan air sisa ke persekitaran.	188
Rajah 4.66	Keberkesanan turus bahan penjerap baru dan regenerasi bagi penjerapan COD.	189
Rajah 4.67	Keberkesanan turus bahan penjerap baru dan regenerasi bagi penjerapan warna.	189
Rajah 4.68	Keberkesanan turus bahan penjerap baru dan regenerasi bagi penjerapan ferum.	190
Rajah 4.69	Peratus nyahjerapan nitrogen berammonia dan COD menggunakan asid hidroklorik.	192
Rajah 4.70	Peratusan nyahjerapan nitrogen berammonia dan COD menggunakan natrium hidroksida.	192
Rajah 4.71	Perarusan nyahjerapan nitrogen berammonia dan COD menggunakan natrium klorida.	193
Rajah 4.72	Kepekatan nitrogen berammonia dan COD dalam efluen semasa proses nyahjerapan menggunakan 0.5M NaCl pada pH 12 ( $Q = 2 \text{ mL/min}$ ).	197
Rajah 4.73	Corak kepekatan nitrogen berammonia dan pH dalam efluen semasa nyahjerapan.	198
Rajah 4.74	Korelasi antara kepekatan nitrogen berammonia dan pH efluen semasa proses regenerasi turus penjerapan.	199
Rajah 4.75	Corak kepekatan COD dan pH dalam efluen semasa nyahjerapan	199
Rajah 4.76	Lengkung bolos penjerapan semula nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum ke atas bahan penjerap komposit yang telah menjalani proses regenerasi.	201
Rajah 4.77	Perbandingan penyingkiran nitrogen berammonia dari larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit regenerasi dengan bahan penjerap komposit baru yang telah dan belum diolah dengan larutan regenerasi.	201
Rajah 4.78	Perbandingan penyingkiran COD dalam larut lesapan menggunakan bahan penjerap komposit regenerasi dengan bahan penjerap komposit baru yang telah dan belum diolah dengan larutan regenerasi.	202

Rajah 4.79 Perbandingan penyingkiran warna dalam larut lesapan menggunakan bahan penjerap regenerasi dengan bahan penjerap baru yang telah dan belum diolah dengan larutan regenerasi.

202

## SENARAI SINGKATAN

Singkatan	Penerangan	Unit
A	Luas keratan rentas turus	cm <sup>2</sup> atau m <sup>2</sup>
AOP	'Advanced Oxidation Process'	-
BET	Brunauer, Emmet, Teller	-
BDST	'Bed depth service time'	-
BOD	Permintaan oksigen biokimia	mg/l
CEC	Kapasiti pertukaran kation	meq/g
COD	Permintaan oksigen kimia	mg/l
E	Keberkesanan turus	%
EBCT	'Empty Bed Contact Time'	minit
GAA	'Granular activated alumina'	-
GAC	'Granular activated carbon'	-
MTZ	'Mass Transfer Zone'	-
OPC	Simen Portland Ordinari	-
PAC	'Powder activated carbon'	-
PBLS	Tapak Pelupusan Pulau Burung	-
rpm	pusingan per minit	rpm
USM	Universiti Sains Malaysia	-
XRD	Pembelauan sinar-X	-

## SENARAI SIMBOL

Simbol	Penerangan	Unit
$C_B$	Kepekatan efluent atau kepekatan bolos	mg/l
$C_e$	Kepekatan pada keseimbangan	mg/l
$C_i$	Kepekatan influen	mg/l
$C_o$	Kepekatan awal	
$H$	Ketinggian bahan penjerap penjerap dalam turus	cm atau m
$H_c$	Ketinggian kritikal turus	cm atau m
$k_1$	Pemalar kadar tertib pertama	$\text{min}^{-1}$
$k_2$	Pemalar kadar tertib kedua	(g/mg min)
$K_F$	Pemalar Freundlich	$\text{mgg}^{-1}(\text{gm}^{-3})^n$
$k_i$	Pemalar kadar intra-partikel	-
$K_L$	Pemalar Langmuir	$\text{m}^3\text{g}^{-1}$
$n$	Pekali dalam persamaan Freundlich	-
$N_o$	Kapasiti penjerapan atau kapasiti bolos	mg/g
$Q$	Kadar aliran volumetrik	ml/min
$q_e$	Amaun penjerapan pada keseimbangan	mg/g
$q_m$	Amaun penjerapan maksimum	mg/g
$q_t$	Amaun penjerapan pada masa t	mg/g
$t_b$	masa bolos	minit
$V_e$	Isipadu turus kosong	$\text{cm}^3$ atau $\text{m}^3$
$Z_o$	Kedalaman lapisan kritikal	cm atau m

# **OLAHAN LARUT LESAPAN SEMI-AEROBIK MENGGUNAKAN PENJERAP KOMPOSIT BERASASKAN BAHAN MINERAL DAN ORGANIK**

## **ABSTRAK**

Tapak Pelupusan Pulau Burung adalah tapak pelupusan stabil yang menghasilkan larut lesapan matang yang dicirikan oleh kehadiran bahan-bahan organik tegar dengan kandungan nitrogen berammonia yang tinggi. Oleh itu, kaedah olahan secara biologi tidak praktikal berbanding olahan secara fisikokimia seperti kaedah penjerapan. Memandangkan banyak kelemahan dalam penggunaan bahan penjerapan konvensional seperti karbon teraktif dan zeolit dari segi kos dan keupayaan penjerapan, maka satu bahan penjerap komposit baru yang menggabungkan zeolit, batu kapur, karbon teraktif dan sisa buangan arang sekam padi dikaji dalam penyelidikan ini. Kajian pengoptimuman secara rawak menunjukkan bahawa gabungan 45.94% zeolit, 15.31% batu kapur dan masing-masing 4.38% untuk karbon teraktif dan sisa buangan arang sekam padi dan 30% OPC sebagai bahan pengikat memberikan keupayaan penjerapan yang baik. Kajian mikroskop optik dan pembelauan sinar-x menunjukkan partikel karbon dan kewujudan fasa-fasa mineral mordenit dan kalsit dalam bahan penjerap komposit. Bahan penjerap komposit ini telah digunakan dalam kajian isoterma penjerapan nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum dalam larut lesapan Pulau Burung pada keadaan optimum pH 7, kelajuan goncangan 200 rpm, saiz partikel 1.18-2.36 mm dan masa sentuhan selama 105 minit. Kapasiti penjerapan untuk kesemua parameter adalah masing-masing 24.39 mg/g, 22.99 mg/g, 22.57 mg/g dan 0.12 mg/g. Kajian perbandingan menunjukkan keupayaan penjerapan bahan penjerap komposit terhadap nitrogen berammonia adalah lebih baik daripada zeolit dan karbon teraktif dan setanding dengan karbon teraktif bagi penjerapan ferum, warna dan

COD. Kajian penjerapan turus menunjukkan 99% ammonia, COD dan warna serta penyingkiran sepenuhnya untuk ferum. Kajian kinetik penjerapan mendapati bahan penjerap komposit mengikuti hampir kesemua model yang dikaji iaitu pseudo tertib pertama, pseudo tertib kedua, Elovich dan pembauran intra-partikel dengan model pseudo tertib kedua adalah paling dominan untuk keseluruhan parameter. Dari proses kajian bahan penjerap komposit boleh digunakan semula selepas menjalani regenerasi dengan larutan 0.5M NaCl pada pH 11-12 (dilaras dengan 1M NaOH) dengan kapasiti penjerapan untuk nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum adalah masing-masing 28.41 mg/g, 14.01 mg/g, 20.75 mg/g dan 0.09 mg/g. Bahan penjerap komposit telah menunjukkan penggabungan antara ciri-ciri penjerapan kimia dan fizikal, sesuai dengan sifat bahan-bahan mentah yang membentuknya. Kos yang lebih murah, keupayaan penjerapannya yang lebih baik dan kebolehannya diregenerasi menjadikan bahan penjerap komposit yang dihasilkan daripada kajian ini lebih kompetitif berbanding dengan bahan penjerap konvensional lain seperti karbon teraktif dan zeolit.

# **TREATMENT OF SEMI-AEROBIC LEACHATE USING ORGANIC AND MINERAL BASED COMPOSITE ADSORBENT**

## **ABSTRACT**

Pulau Burung landfill site is a stable landfill which produces matured leachate that contains high concentration of recalcitrant organic compound and ammoniacal nitrogen. Hence, biological treatment is impractical in comparison with other physico-chemical treatments such as adsorption. Considering the limitations in the use of conventional adsorbents such as activated carbon and zeolite which are expensive and with limited adsorption capacity, a new composite adsorbent that combines zeolite, limestone, activated carbon and rice husk charcoal waste was studied in this research. Random optimization studies indicated that the combination of 45.94% of zeolite, 15.31% limestone, 4.38% of activated carbon, 4.38% rice husk charcoal waste and 30% OPC (binder) exhibited excellent absorption capability. Optical microscope and x-ray diffraction studies indicate the carbon particle and the presence of mineral phases of mordenite and calcite in the composite adsorbent material. The new composite adsorbent was used in the isotherm study for ammoniacal nitrogen, COD, colour and iron in Pulau Burung leachate at optimum pH of 7, 200 rpm of shaking speed, 18-2.36mm of particle size and 105 minutes of contact time. The respective adsorption capacity for each parameter was 24.39 mg/g, 22.99 mg/g, 22.57 mg/g and 0.12 mg/g. Comparative study indicated that the adsorption capacity of the composite adsorbent on ammoniacal nitrogen was higher than zeolite and activated carbon and at par to activated carbon for COD, colour and iron. Column adsorption studies showed better results with 99% removal for ammoniacal nitrogen, COD and colour and complete for iron. Findings on the kinetic studies revealed that the new composite adsorbent followed almost all the kinetic



models namely pseudo-first-order, pseudo-second-order, Elovich and intra-particle diffusion, with pseudo-second-order being the most dominant. Composite adsorbent was able to be reused after regeneration process using 0.5M NaCl at pH 11 to 12 (adjusted by 1M NaOH) with adsorption capacities for ammoniacal nitrogen, COD, colour and iron were 28.41 mg/g, 14.01 mg/g, 20.75 mg/g and 0.09 mg/g, respectively. The composite adsorbent showed a combined chemical and physical adsorption properties which correspond accordingly with the properties of the raw materials used. The adsorbent is very competitive in term of cost, better adsorption capacity and ability to be regenerated compared with other conventional adsorbents such as activated carbon and zeolite.

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.0 Pengenalan**

Salah satu kesan daripada proses pembangunan pesat yang melanda negara adalah peningkatan kuantiti sisa pepejal yang dihasilkan setiap hari. Sebagai negara yang akan menuju kepada negara maju menjelang tahun 2020, Malaysia tidak dapat lari dari masalah dalam pengurusan sisa pepejalnya. Penghasilan sisa pepejal per kapita telah meningkat dua kali ganda dari 0.5kg/kapita/hari pada awal 1980an kepada 1kg/kapita/hari pada 2001 (Agamuthu, 2001). Pengurusan sisa pepejal melibatkan pengawalan penghasilan sisa, penyimpanan, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, pemprosesan serta pelupusan sisa pepejal dalam kaedah yang secara prinsipnya paling baik untuk kesihatan umum, ekonomi, kejuruteraan, pemuliharaan, estetika dan alam sekitar. Pengurusan sisa juga melibatkan semua aspek pentadbiran, kewangan, perundangan, perancangan dan fungsi kejuruteraan yang berkaitan.

Salah satu aspek penting dalam pengurusan sisa pepejal perbandaran ialah pengurusan larut lesapan. Larut lesapan adalah cecair berwarna perang kehitaman yang terhasil akibat peresapan air melalui sisa pepejal yang membawa bersamanya segala kotoran hasil dari aktiviti penguraian sisa pepejal tersebut sama ada dalam bentuk terlarut atau pepejal terampai (Senior, 1995). Larut lesapan mengandungi kuantiti bahan pencemar seperti ammonia dan bahan-bahan organik yang sangat tinggi. Oleh itu, olahan larut lesapan adalah aspek yang sangat penting dalam pengurusan larut lesapan supaya pencemaran alam sekitar dapat dielakkan kerana ia mampu mencemarkan sistem air permukaan dan air bumi jika tidak diolah

dengan sempurna (Tatsi, et.al. 2003). Beberapa insiden pencemaran air sungai yang menjadi sumber air utama telah dilaporkan dalam media cetak (Lampiran 1).

### **1.1 Pengurusan Larut Lesapan**

Larut lesapan yang dihasilkan dari tapak pelupusan perlu dikendalikan dengan sebaiknya bagi mengelakkan pencemaran alam sekitar. Pengurusan larut lesapan melibatkan kaedah meminimumkan isipadu larut lesapan, kaedah pengumpulan, pemantauan, olahan dan pelupusan. Bagi sesetengah tapak pelupusan, larut lesapan dikitar semula ke dalam tapak pelupusan untuk meningkatkan kualiti dan mengurangkan isipadu larut lesapan. Bagi mengelakkan larut lesapan meresap jauh ke dalam tanah, tapak pelupusan bersanitari dilapik dengan lapisan tak telap air. Biasanya bahan yang digunakan untuk tujuan tersebut ialah tanah lempung dan geotekstil. Paip-paip dipasang secara mendatar di atas permukaan tersebut untuk mengalirkan larut lesapan ke kolam pengumpulan melalui satu paip utama. Larut lesapan yang terkumpul boleh dikitar semula ke dalam tapak pelupusan atau diolah untuk dilupuskan. Kaedah olahan yang sesuai harus dipilih berdasarkan keadaan larut lesapan yang banyak dipengaruhi oleh umur tapak pelupusan.

### **1.2 Olahan Larut Lesapan**

Kaedah olahan yang digunakan bergantung kepada komposisi dan ciri-ciri larut lesapan (Alvarez-Vazquez, 2004), keadaan bahan organik yang hadir, umur dan struktur tapak pelupusan. Antara kaedah yang biasa digunakan ialah olahan biologi, olahan fisiko-kimia, proses pengoksidaan kimia termaju, sistem semulajadi seperti pembinaan di tanah paya (Martin dan Moshiri, 1994; Martin et al., 1999; Mæhlum, 1995; Barr dan Robinson, 1999; Klomjek dan Nitorisavut, 2005) dan pengitaran semula larut lesapan (Lee et al., 2002; Reinhart, 1996; Reinhart dan Al-Yousfi, 1996;

Warith et al., 2001) yang bukan sahaja untuk meminimumkan kandungan bahan toksik dalam larut lesapan tetapi juga untuk memenuhi keperluan piawai pelupusan larut lesapan sesebuah negara.

Olahan secara biologi selalunya digunakan untuk merawat larut lesapan yang mengandungi kepekatan BOD yang tinggi (Uygun dan Kargi, 2004) kerana kebolehpercayaannya, ringkas dan keberkesanan kosnya (Kurniawan et al., 2006). Olahan secara biologi berkesan untuk merawat larut lesapan muda (boleh biorosot) tetapi kurang berkesan bagi larut lesapan matang yang mengandungi bahan-bahan organik stabil yang sukar dibiorosotkan. Kaedah olahan secara fisiko-kimia didapati berkesan bukan sahaja untuk menyingkirkan bahan-bahan organik tegar dari larut lesapan stabil malahan boleh juga digunakan sebagai proses pasca olahan bagi larut lesapan yang telah diolah secara biologi. Antara kaedah fisiko-kimia yang selalu digunakan ialah pemendakan kimia dan penjerapan menggunakan karbon teraktif dan penukar ion buatan atau semulajadi.

### **1.3 Pernyataan Masalah**

Masalah-masalah yang timbul dari aktiviti pelupusan sisa pepejal di Malaysia semakin kritikal akibat pengurusan dan reka bentuk tapak-tapak pelupusan sisa pepejal yang lemah dan tidak mengikut spesifikasi kualiti alam sekitar yang sepatutnya. Kebanyakan tapak-tapak pelupusan sisa pepejal di negara ini dan di mana-mana negara sedang membangun umumnya adalah secara pembuangan terbuka yang tidak dilengkapi dengan sistem sanitari dan olahan larut lesapan. Kebanyakannya tidak mempunyai kemudahan olahan larut lesapan. Larut lesapan dari tapak-tapak pelupusan yang tidak direkabentuk dengan sempurna ini boleh mencemarkan alam sekitar terutama sekali sistem air permukaan dan air bumi. Kejadian ini pernah berlaku di Selangor di mana larut lesapan dari tapak pelupusan

sampah Bukit Tagar telah mencemarkan Sungai Selangor dan menyebabkan bekalan air di beberapa daerah di negeri itu berbau busuk seperti najis (Utusan Malaysia, 5 Mac 2006). Laporan-laporan akhbar tentang pencemaran sungai oleh larut lesapan ditunjukkan dalam Lampiran A. Nitrogen berammonia, logam, warna dan COD adalah antara parameter yang diberi perhatian di tapak-tapak pelupusan. Pasukan penyelidik USM juga memberi tumpuan terhadap penyelidikan ke atas penyingkiran logam-logam berat, nitrogen berammonia, COD dan warna dari larut lesapan yang kurang didokumentasikan terutama sekali di Malaysia.

Kepekatan ammonia dalam larut lesapan adalah sangat tinggi dan boleh bertahan dalam jangka waktu yang lama. Kepekatan ammonia dalam larut lesapan dari Tapak Pelupusan Pulau Burung (PBLs) boleh mencapai 1909 mg/L (Aziz et al., 2004) walaupun larut lesapan di sini menjalani proses kitar semula. Kaedah olahan secara biologi kurang sesuai digunakan untuk menyingkirkan ammonia dalam larut lesapan stabil kerana kepekatan ammonia dan logam yang tinggi boleh membantutkan aktiviti biologi mikroorganisma. Kaedah fisikokimia seperti pemendakan kimia dan penjerapan karbon teraktif selalu digunakan. Kaedah pemendakan kimia baik bagi penyingkiran bahan-bahan organik tegar dari larut lesapan stabil tetapi kurang berkesan bagi penyingkiran ammonia. Begitu juga penjerapan karbon teraktif hanya baik untuk penyingkiran COD tetapi kurang berkesan bagi penyingkiran ammonia dalam julat kepekatan tinggi seperti dalam larut lesapan. Penyingkiran nitrogen berammonia melalui proses penjerapan boleh dijalankan dengan berkesan secara pertukaran kation menggunakan resin penukar ion atau penukar ion semulajadi seperti zeolit. Zeolit tidak wujud secara semulajadi di Malaysia, oleh itu ia perlu diimport dari negara luar dan menyebabkan secara relatif harganya mahal.

Kandungan bahan-bahan organik dalam larut lesapan dapat diukur dengan nilai permintaan oksigen kimia (COD). Selain nitrogen berammonia, COD adalah satu lagi parameter utama yang bermasalah dalam larut lesapan. Olahan biologi berkesan menyingkirkan COD dari larut lesapan muda di mana nisbah BOD/CODnya masih tinggi (Berruetta and Castrillón, 1992). Bagi larut lesapan PBLs yang mula memasuki fasa stabil (Aziz et al., 2004), kandungan sebatian organik tegarnya tinggi dan sukar dibiorosotkan menjadikan olahan secara biologi kurang berkesan. Kajian terdahulu menunjukkan kandungan COD dan nitrogen berammonia boleh mencapai masing-masing 2580 mg/L dan 1030mg/L dan nisbah BOD/COD adalah rendah sehingga 0.02-0.06 (Aziz et al., 2005). Pemendakan kimia dan penjerapan dengan karbon teraktif didapati berkesan menyingkirkan sebatian organik tegar dari larut lesapan stabil tetapi kurang berkesan dalam penyingkiran nitrogen berammonia.

Setakat ini sangat kurang bahan penjerap yang berupaya menyingkirkan secara serentak nitrogen berammonia dan COD dengan berkesan. Walaupun karbon teraktif berkesan menyingkirkan COD tetapi kurang berkesan menyingkirkan ammonia pada kepekatan tinggi manakala zeolit berkesan untuk penyingkiran nitrogen berammonia tetapi kurang berkesan untuk penyingkiran COD. Dalam olahan larut lesapan, kedua-dua bahan penjerap tersebut digunakan secara bersama, sama ada dicampurkan dalam turus yang sama atau berada dalam dua turus yang berasingan. Pengendalian olahan dan proses regenerasi akan lebih mudah sekiranya terdapat satu bahan tunggal yang boleh bertindak seperti karbon teraktif dan zeolit. Parameter lain yang berpotensi menimbulkan masalah alam sekitar ialah warna dan ferum.

Sejak kebelakangan ini banyak tumpuan diberikan terhadap penyediaan bahan-bahan penjerap komposit. Bahan penjerap komposit disediakan bukan sahaja untuk memperbaiki ciri-ciri dan keupayaan penjerap tetapi juga untuk menghasilkan bahan penjerap yang lebih murah dan mudah digunakan. Bahan penjerap kos rendah adalah bahan penjerap yang murah dari segi kos bahan mentah dan penyediaannya serta boleh digunakan berkali-kali selepas menjalani proses regenerasi. Bahan penjerap komposit karbon-mineral boleh dianggap sebagai bahan penjerap baru yang mana struktur dan ciri-ciri penjerapan mungkin berbeza dari komponen individunya (Leboda, 1992, 1993). Oleh itu kajian ini bertitik tolak kepada penyediaan bahan penjerap komposit khusus untuk merawat larut lesapan stabil dari PBLs.

---

#### **1.4 Objektif Kajian**

Matlamat utama kajian ini dijalankan ialah untuk menghasilkan bahan penjerap komposit yang mampu menyingkirkan bahan-bahan pencemar utama dalam larut lesapan seperti nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum secara serentak. Bahan-bahan kos rendah seperti sisa buangan arang sekam padi dan batu kapur digunakan sebagai media kos rendah untuk menggantikan sebahagian daripada karbon teraktif dan zeolit bagi mengurangkan kos bahan mentah dalam penyediaan bahan penjerap komposit. Bagi mencapai matlamat tersebut beberapa objektif digariskan antaranya;

- i) Menentukan nisbah campuran optimum bagi bahan penjerap karbon teraktif dengan arang sekam padi dan batu kapur dengan zeolit.
- ii) Menentukan ciri-ciri bahan penjerap komposit yang dihasilkan.

- iii) Menentukan parameter optimum, isoterma dan kinetik penjerapan bagi bahan penjerap komposit untuk penjerapan nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum.
- iv) Membandingkan isoterma penjerapan bahan penjerap komposit dengan bahan penjerap-bahan penjerap konvensional (zeolit, karbon teraktif dan campuran kedua-duanya).
- v) Menguji keupayaan bahan penjerap komposit yang dihasilkan terhadap proses regenerasi dan nyahjerapan.

### **1.5 Kepentingan Kajian**

Kajian ini memberi impak kepada kaedah olahan larut lesapan secara penjerapan. Harga yang relatifnya lebih murah dan keupayaan penjerapan yang lebih baik dengan gabungan ciri-ciri istimewa zeolit dan karbon teraktif menjadikan bahan penjerap komposit lebih kompetitif berbanding bahan penjerap konvensional lain. Dengan wujudnya bahan penjerap penjerapan yang khusus untuk merawat larut lesapan diharap para pengendali tapak pelupusan dapat merawat larut lesapan dengan lebih sempurna dan memenuhi piawai pelupusan air sisa. Kajian ini juga menggunakan bahan-bahan yang mudah didapati di negara ini antaranya sisa buangan arang sekam padi dan batu kapur.

### **1.6 Tumpuan dan Batasan Kajian**

Skop kajian ini merangkumi penyediaan dan pencirian bahan penjerap komposit, kajian isoterma dan kinetik penjerapan serta perbandingannya dengan bahan penjerap konvensional yang menjadi sebahagian daripada komposisinya iaitu



karbon teraktif dan zeolit. Proses penentuan keupayaan penjerapan bahan penjerap komposit diuji untuk parameter nitrogen berammonia, COD, warna dan ferum dari larut lesapan yang diperolehi dari tapak pelupusan Pulau Burung. Parameter-parameter tersebut telah dikenalpasti antara yang signifikan dalam larut lesapan semi-aerobik Pulau Burung (Hamidi Abdul Aziz et al., 2004a, 2004b; Nasrin et al., 2007).

Pada peringkat penyediaan bahan penjerap komposit, penentuan dihadkan kepada dua parameter utama sahaja iaitu nitrogen berammonia dan COD memandangkan kedua-dua parameter tersebut adalah bahan pencemar yang paling signifikan dalam larut lesapan. Proses nyahjerapan juga hanya melibatkan penentuan nitrogen berammonia dan COD kerana kedua-dua parameter tersebut perlu disingkirkan dari permukaan bahan penjerap komposit bagi membolehkan ianya digunakan semula untuk proses penjerapan yang berikutnya.

Bagi kajian penjerapan secara berterusan, sistem penjerapan turus lapisan tetap digunakan dengan model masa sentuhan turus kosong (EBCT) dipilih dalam kajian ini.

## BAB 2

### 2.0 TINJAUAN LITERATUR

#### 2.0 TINJAUAN LITERATUR

##### 2.12.0 Pengenalan

~~Olahan~~ ~~Olahan~~ larut lesapan adalah komponen penting dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pepejal. Oleh itu banyak kajian telah dijalankan sama ada untuk mereka bentuk sistem sanitari tapak pelupusan atau kaedah ~~rawatolah~~ larut lesapan. Antara kaedah yang biasa digunakan untuk ~~mengrawatolah~~ larut lesapan ialah kaedah biologi dan fisiko-kimia. Tinjauan literatur ini memberi tumpuan kepada larut lesapan dan kaedah-kaedah ~~rawatolah~~annya terutama sekali kaedah ~~rawatolah~~an secara penjerapan yang menjadi fokus kepada keseluruhan kajian ini. Walau bagaimanapun aspek-aspek yang menyokong kajian ini juga dibincangkan seperti pengurusan sisa pepejal secara umum, ciri-ciri tapak pelupusan ~~sampahsisa~~ ~~pepejal~~ Pulau Burung, rekabentuk tapak pelupusan, media penjerap dan rekabentuk penjerapan.

##### 2.1 Kategori Tapak Pelupusan Sisa Pepejal

##### 2.2 Tapak Pelupusan Sampah Pulau Burung

~~Tapak pelupusan sampah Pulau Burung berdekatan dengan hutan simpan~~ Byram di 5° 24' N, 100° 24' E, Nibong Tebal, Pulau Pinang, Malaysia telah dipilih sebagai kawasan kajian bagi persampelan larut lesapan. Luas keseluruhan kawasan tapak pelupusan ialah 23.7 hektar dan dilengkapi dengan kolam pengumpulan yang menjalankan rawatan pengudaraan. Tapak pelupusan ini adalah jenis semi-aerobik

Style Definition: Heading 3: Font: Bold, Not Italic

Style Definition: Heading 4: Font: Not Italic

Style Definition: Header: Font: 12 pt

Formatted: Left: 113.4 pt

Formatted: Heading 1

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Heading 2

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

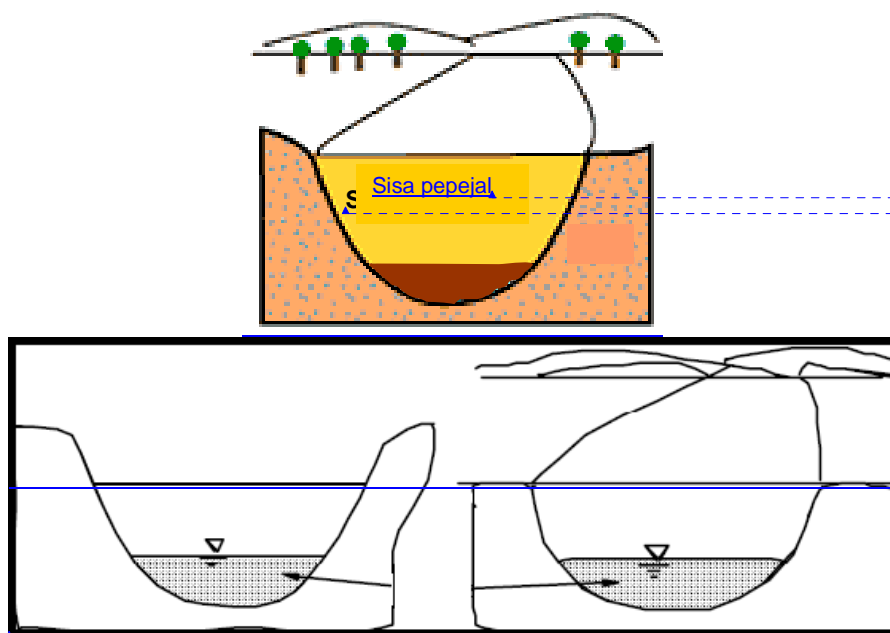
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

dan dilapisi oleh lapisan tanah liat laut semulajadi. Hanashima dan rakan-rakanet. al. (1981) telah membuat pengkelasan tapak pelupusan sampahsisa pepejal berdasarkan jenis struktur binaannya. Terdapat lima jenis tapak pelupusan iaitu anaerobik, anaerobik bersanitari, anaerobik bersanitari dipertingkatkanbaik, semi-aerobik dan aerobik (Rajah 2.1 – 2.5);

i) Tapak pelupusan anaerobik – Sisa pepejal diisi di dilonggok di satu kawasan atau di dalam lubang yang digali atau di kawasan rata atau lembah. Sisa pepejal ditimbus bersama air dan yang berada dalam keadaan anaerobik.



Rajah 0.1; Rajah 2.1 Tapak pelupusan anaerobik (Sumber: IPRU, 2008)

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Line spacing: single

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 11 pt, Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Normal

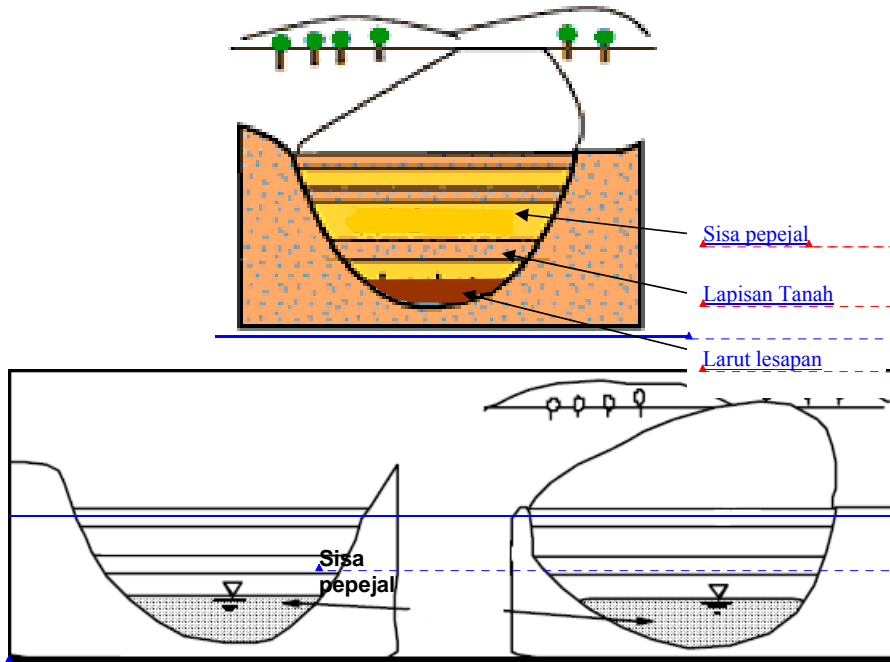
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

ii) Tapak pelupusan anaerobik bersanitari – Tapak pelupusan ditutup berselang lapis seli dengan tanah berbentuk seperti bentuk ‘sandwich’. Keadaan sisa pepejal masih anaerobik.



Rajah 0.22.2: Tapak pelupusan anaerobik bersanitari (Sumber: IPRU, 2008)

iii) Tapak pelupusan anaerobik bersanitari dipertingkatkan – Sama seperti tapak pelupusan anaerobik tetapi terdapat sistem pengumpulan larut lesapan dan kandungan lembapan lebih rendah berbanding dengan tapak anaerobik tanpa sanitari.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Sisa pepejal

Lapisan Tanah

Larut lesapan

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: 10 pt, Bold

Sisa pepejal

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

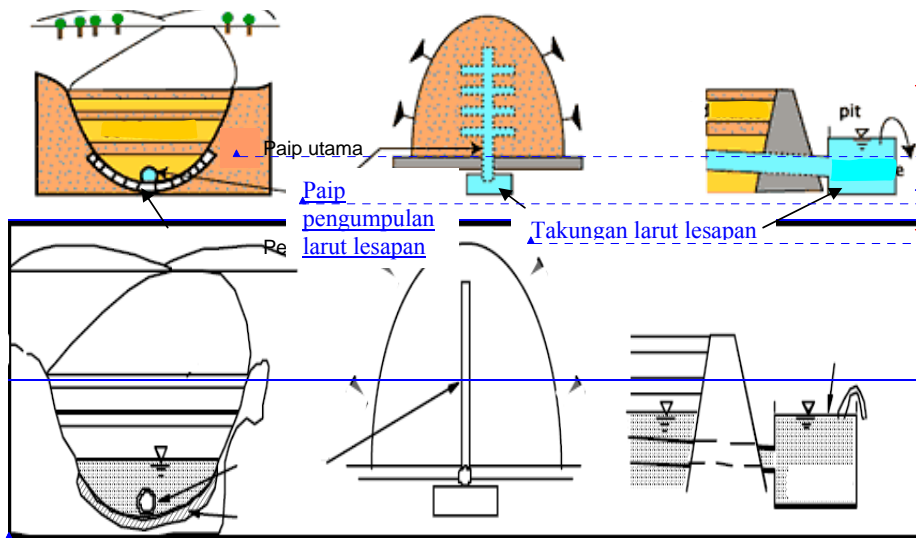
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

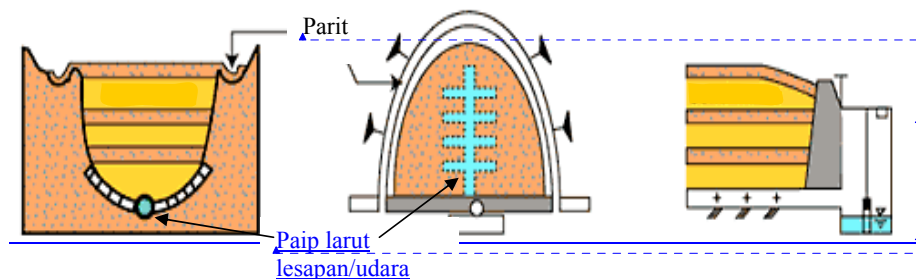
Formatted: Font: (Default) Times New Roman



Lapisan tak telap air

Rajah 0.32-3: Tapak pelupusan anaerobik bersanitari dipertingkatkan (Sumber: IPRU, 2008)

iv) Tapak pelupusan semi-aerobik (Tapak kajian) – Saluran pengumpulan larut lesapan lebih besar berbanding tapak jenis anaerobik bersanitari dipertingkatkan. Bukaan saluran dikelilingi oleh udara dan saluran tersebut dilitupi dengan pecahan batu-batu kecil. Kandungan lembapan dalam sisa pepejal adalah rendah. Oksigen dibekalkan kepada sisa pepejal melalui saluran pengumpulan larut lesapan.



Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 8 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt

Formatted: Left, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt

Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt

Formatted: Left, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Normal

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt

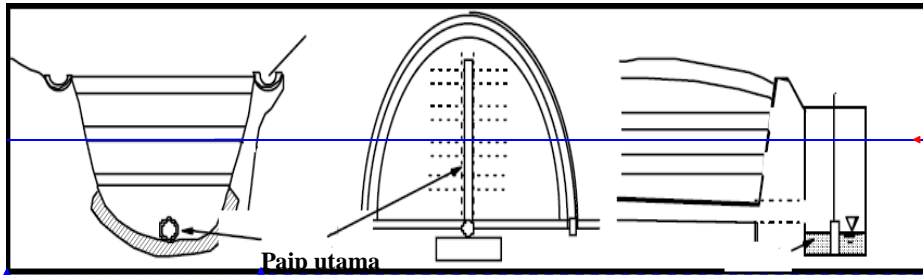
Formatted: Left, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

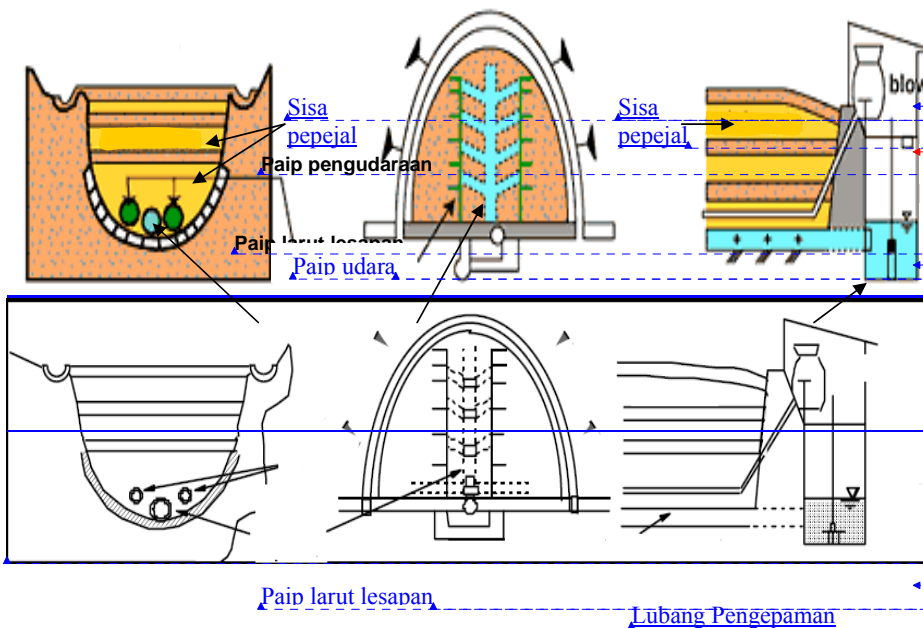
Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman



Rajah 0.42.4: Tapak pelupusan semi-aerobik (Sumber: IPRU, 2008) (Tapak kajian)

v) Tapak pelupusan aerobik – Sebagai tambahan kepada paip pengumpulan larut lesapan, paip bekalan udara juga disertakan dan udara dipaksa memasuki sisa pepejal yang menjadikannya lebih bersifat aerobik berbanding tapak semi-aerobik.



Rajah 0.52.5: Tapak pelupusan aerobik. (Sumber: IPRU, 2008)

Kelebihan tapak pelupusan ~~sampah~~sisa pepejal jenis semi-aerobik adalah seperti berikut;

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt, Bold

Formatted: Centered, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted ... [8]

Formatted ... [9]

Formatted: Centered

Formatted ... [5]

Formatted ... [6]

Formatted ... [7]

Formatted: Centered

Formatted ... [22]

Formatted: Line spacing: single

Formatted: Font: 11 pt

Formatted: Line spacing: single

Formatted ... [21]

Formatted: Font: Bold

Formatted: Font: Bold

Formatted: Font: 11 pt

Formatted: Centered

Formatted ... [23]

Formatted ... [10]

Formatted ... [11]

Formatted ... [12]

Formatted ... [13]

Formatted: Font: 11 pt

Formatted ... [25]

Formatted ... [24]

Formatted ... [14]

Formatted ... [15]

Formatted ... [16]

Formatted ... [17]

Formatted ... [18]

Formatted ... [19]

Formatted ... [20]

Formatted ... [4]

Formatted ... [1]

Formatted ... [2]

Formatted ... [3]

- i) Larut lesapan dialirkan keluar sebaik sahaja ianya dikutip – mengurangkan ketirisan larut lesapan.
- ii) Udara segar dibawa dari paip – mempercepatkan kestabilan sisa buangan, meningkatkan kualiti larut lesapan dan seterusnya mengurangkan kos rawatolahan akhir larut lesapan.
- iii) Membebaskan gas daripada paip pengudaraan – mengurangkan tekanan gas dan kebarangkalian untuk berlakunya letupan.
- iv) Pemampatan sisa pepejal – kurangkan penggunaan tanah.
- v) Mempercepatkan kestabilan sisa buangan – kurang masa menunggu untuk guna semula tapak pelupusan yang telah ditutup (contohnya untuk buat taman rekreasi, kawasan lapang, kebun sayur dan sebagainya).
- vi) Pengurangan pembebasan metana dan meningkatkan pembebasan karbon dioksida (potensi pemanasan global metana 25 kali ganda melebihi karbon dioksida).
- vii) Kos pembinaan dan pengendalian tapak pelupusan semi aerobik lebih rendah berbanding tapak pelupusan aerobik (paip dan pam khas untuk pengudaraan tidak diperlukan).

## 2.2 Tapak Pelupusan Sisa Pepejal Pulau Burung

Tapak pelupusan sisa pepejal Pulau Burung berdekatan dengan hutan simpan Byram di 5° 24' N, 100 ° 24'E, Nibong Tebal, Pulau Pinang, Malaysia telah dipilih sebagai kawasan kajian bagi persampelan larut lesapan. Luas keseluruhan kawasan tapak pelupusan ialah 23.7 hektar dan dilengkapi dengan kolam pengumpulan yang menjalankan olahan pengudaraan. Tapak pelupusan ini adalah jenis semi-aerobik dan dilapisi oleh lapisan tanah liat laut semulajadi.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

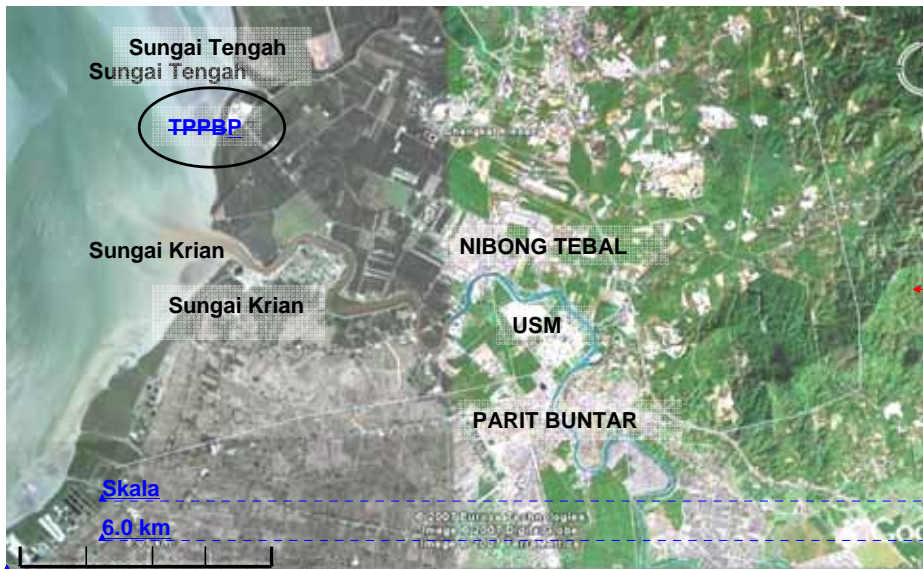
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman



Kawasan di sekitar tapak pelupusan ini adalah sebuah kawasan paya bakau berdekatan dengan muara Sungai Tengah. Ianya dikelilingi oleh ladang kelapa sawit, iaitu Ladang Byram. Selain dari pertanian, terdapat juga aktiviti seperti penangkapan ikan, penternakan kerang, penternakan udang dan penternakan lembu dijalankan di kawasan ini. Penempatan terdekat dari kawasan ini sejauh 3km dan jarak dari Nibong Tebal ialah 6 km. [Rajah 2.6 dan 2.7 menunjukkan kedudukan PBLs berdasarkan gambar satelit yang diperolehi dari laman web 'google earth'](#)



Rajah 0.62.6: Gambar satelit yang menunjukkan kedudukan tapak pelupusan Pulau Burung (TPPB/PBLs), (Sumber: Google Earth, 6 Julai 2007).

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Font: 10 pt, Bold

Formatted: Font: 10 pt, Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman





Rajah 0.72-7: Gambar satelit tapak pelupusan Pulau Burung yang menunjukkan paip utama, paip rektifikasi dan kolam takungan larut lesapan (Sumber: Google Earth, 6 Julai 2007).

### 2.22.3 Pengurusan Larut Lesapan

Larut lesapan yang dihasilkan dalam satu tapak pelupusan adalah sejenis cecair yang menerusi sisa pepejal sambil membawa bersamanya bahan-bahan terlarut dan terampai yang berasal dari proses penguraian sisa pepejal tersebut. Larut lesapan yang terhasil di suatu tapak pelupusan sisa merupakan sejenis cecair (bendalir) yang terbentuk akibat olahan sisa pepejal yang membawa bersama menerusinya bahan-bahan terlarut dan terampai. Ianya berasal daripada proses penguraian yang berlaku

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt, Bold, Font color: White

Formatted: Font: Bold

Formatted: Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt, Bold, Font color: White

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Arial

Formatted: Normal

Formatted: Normal

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

dalam sisa pepejal tersebut, Larut lesapan di tapak-tapak pelupusan perlu dikawal

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

kerana beberapa sebab antaranya;

- i) untuk mengurangkan potensi ketirisan larut lesapan keluar dari tapak pelupusan;
- ii) untuk mengawal paras larut lesapan supaya tidak melimpah keluar dan menyebabkan pencemaran yang tidak terkawal;
- iii) untuk mempengaruhi proses yang boleh membawa kepada pembentukan gas serta kestabilan kimia dan biologi di tapak-tapak pelupusan sampahsisa pepejal;
- iv) untuk minimamimumkan interaksi antara larut lesapan dan pelapik dan
- v) untuk memastikan kestabilan sisa pepejal bagi kes tapak-tapak pelupusan di atas permukaan.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Bagi mengawal larut lesapan tersebut, satu perancangan pengurusan larut lesapan perlu dibangunkan. Sebahagian daripada perancangan tersebut perlu mengandungi penerangan yang jelas tentang langkah-langkah yang perlu untuk mengurus larut lesapan dan minimamimumkan penghasilannya. Salah satu komponen utama yang perlu ada dalam pengurusan larut lesapan adalah kaedah-kaedah rawatolahan yang perlu untuk memenuhi keperluan piawaistandardan pelupusan larut lesapan dan pada masa yang sama pemilihan kaedah juga perlu memenuhi kemampuan kewangan dan teknologi yang ada.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

#### **2.32.4 Pembentukan dan Komposisi Larut Lesapan**

Komposisi larut lesapan sangat bergantung kepada ciri-ciri dan komposisi sisa buangan pepejal yang dilupuskan. Kepelbagaian sisa pepejal menyebabkan ciri-ciri dan komposisi larut lesapan juga berbeza-beza. Selain dari komposisi sisa pepejal, faktor utama yang lain ialah darjah kemampatan sisa pepejal, cuaca, hidrologi tapak pelupusan, musim dan umur tapak pelupusan (Lema et. al., 1985).

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Komposisi larut lesapan ditentukan oleh umur tapak pelupusan dan darjah kestabilan sisa buangan. Banyak kajian mencadangkan bahawa kestabilan sisa buangan menuruti lima fasa yang jelas dan berturutan (Pohland dan Harper, 1985) seperti ditunjukkan dalam Rajah-~~raja~~h 2.8 dan 2.9, menunjukkan lima fasa berturutan bagi kestabilan tapak pelupusan. Oleh kerana tapak pelupusan mempunyai pelbagai bahagian atau sel, suatu tapak pelupusan tidak hanya terdapat satu fasa tetapi terdapat banyak fasa kestabilan yang wujud secara berkesinambungan.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

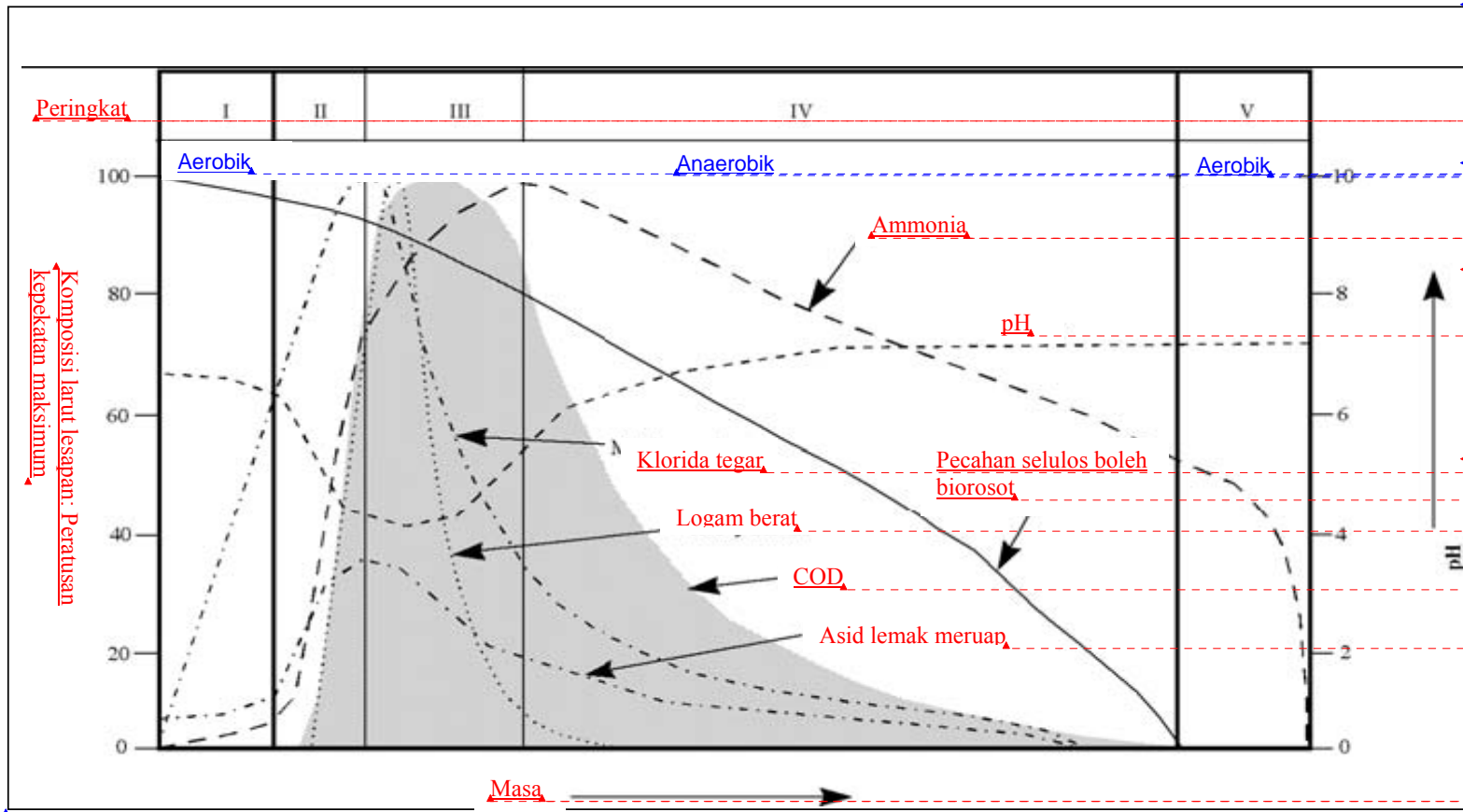
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

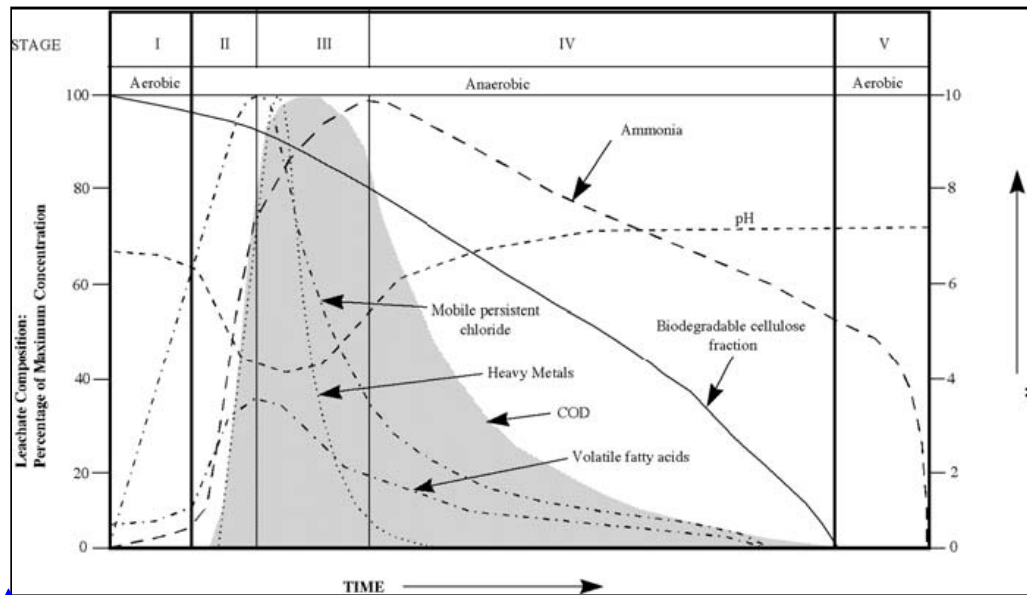
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman



- Formatted ... [31]
- Formatted ... [30]
- Formatted ... [49]
- Formatted ... [50]
- Formatted ... [36]
- Formatted ... [51]
- Formatted ... [52]
- Formatted ... [53]
- Formatted ... [40]
- Formatted ... [41]
- Formatted ... [37]
- Formatted ... [38]
- Formatted ... [42]
- Formatted ... [48]
- Formatted ... [43]
- Formatted ... [44]
- Formatted ... [39]
- Formatted ... [47]
- Formatted ... [45]
- Formatted ... [46]
- Formatted ... [34]
- Formatted ... [35]
- Formatted ... [32]
- Formatted ... [33]
- Formatted ... [29]
- Formatted ... [26]
- Formatted ... [27]
- Formatted ... [28]



Rajah 0.82.8: Fasa-fasa yang berturutan bagi kestabilan larutan lesapan (Sumber: Environmental Protection Agency, 2000).

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered, Line spacing: single

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

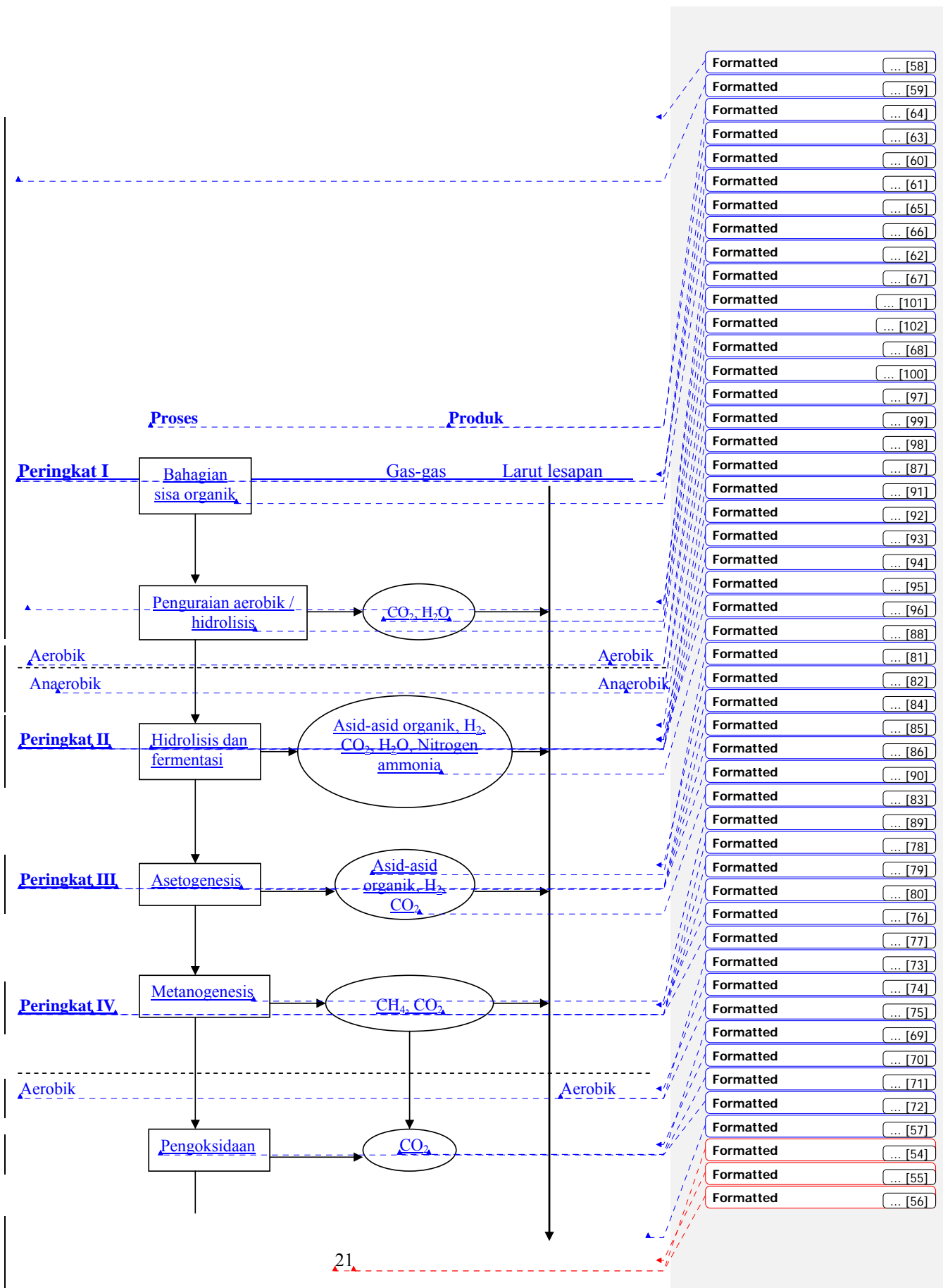
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

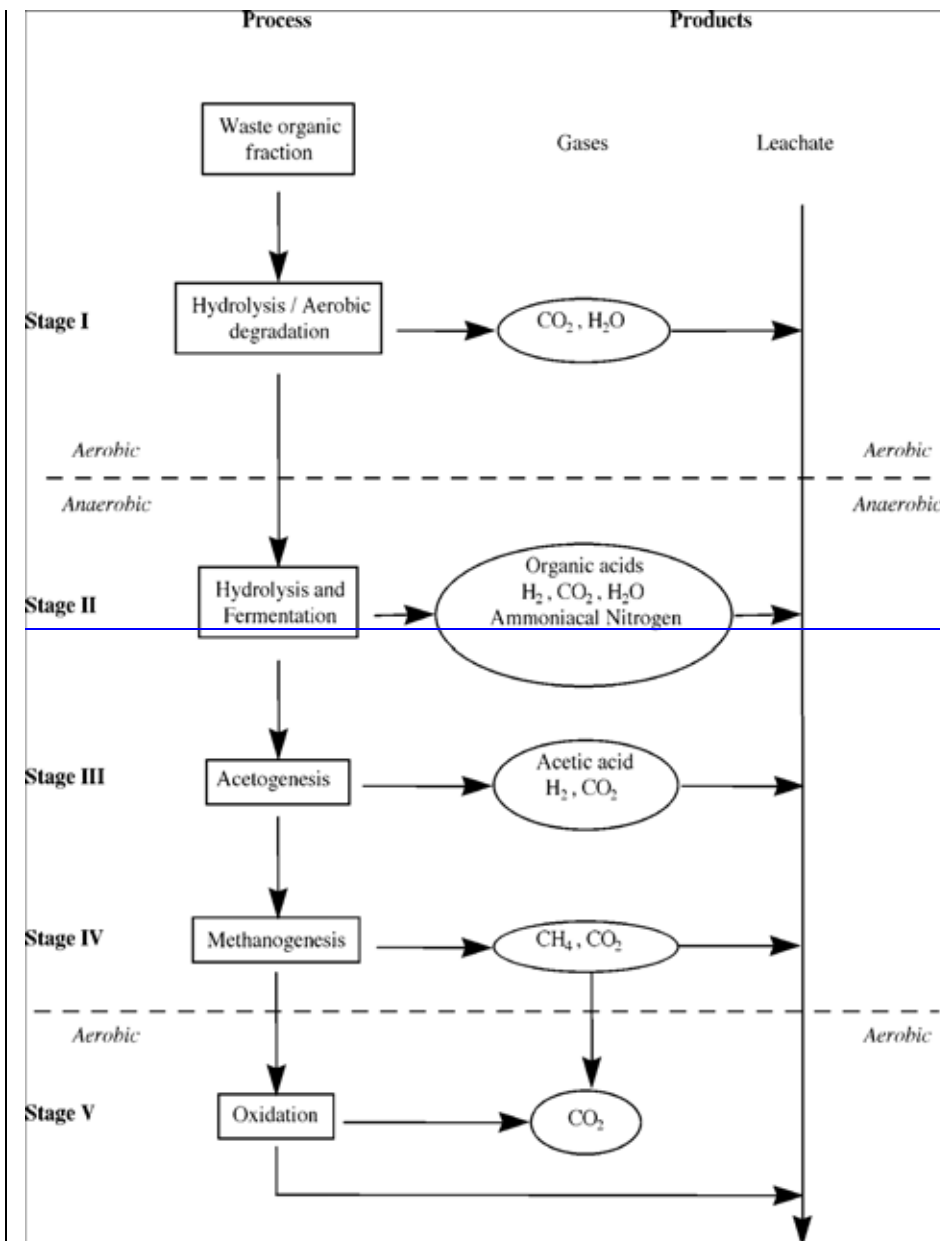
Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman





Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

#### Peringkat IV

Rajah 0.92.9: Tahap-tahap penguraian bahan-bahan organik dalam larut lesapan  
(Sumber: Environmental Protection Agency, 2000)

#### 2.3.12.4.1 Fasa I: Fasa pengubahsuaian awal

Fasa ini berlaku serentak dengan penempatan awal sisa pepejal dan pengumpulan lembapan di tapak pelupusan. Pada tahap penguraian pertama ini, organisma aerobik akan menguraikan bahan organik kepada CO<sub>2</sub>, air dan sebahagiannya diurai kepada residu organik baki serta sedikit haba (McBean et al., 1995). Kuantiti oksigen yang tertimbus bersama sisa pepejal dan pergerakan udara keluar masuk yang terhad menyebabkan penguraian secara aerobik hanya dapat bertahan dalam tempoh yang singkat (Lu et al., 1985; McBean et al., 1995). Larut lesapan yang terbentuk semasa fasa ini dicirikan oleh pepejal terampai yang tinggi, dan kandungan garam terlarut yang tinggi serta secara relatifnya mengandungi

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt, Bold

Formatted: Font: Bold

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 11 pt, Bold

Formatted: Left

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Centered

Formatted: Heading 3

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman



kurang amaun spesis organik daripada penguraian aerobik (Lu et al., 1985; McBean et al., 1995).

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

#### **2.3.22.4.2 Fasa II: Fasa peralihan**

Fasa ini melibatkan peralihan daripada proses penguraian secara aerobik kepada anaerobik akibat kekurangan oksigen dalam media tapak pelupusan. Ini menjadikan tindakbalas secara penurunan lebih dominan di mana nitrat dan sulfat mengambil alih tempat oksigen sebagai penerima elektron dan oksigen digantikan dengan karbon dioksida.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

#### **2.3.32.4.3 Fasa III: Fasa Pembentukan asid**

Kandungan oksigen dalam fasa ini terus berkurang menyebabkan sisa pepejal berada dalam keadaan anaerobik dan menggalakkan proses penapaian. Proses ini mengakibatkan pengumpulan asid karboksilik dan pH menurun (Bazlaz dan Ham, 1993). Reinhart dan Grosh (1998) melaporkan bahawa nilai BOD dan COD yang tinggi dikesan semasa fasa ini. Nisbah BOD terhadap COD dalam fasa asid telah dilaporkan melebihi 0.4 (Ehrig, 1988) atau 0.7 (Robinson, 1995).

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

#### **2.3.42.4.4 Fasa IV: Fasa Fermentasi Metana (metanogenik)**

Fasa ini bermula apabila kuantiti metana dihasilkan dalam kuantiti yang boleh diukur. Beberapa laporan menyatakan ianya hanya memerlukan beberapa tahun untuk mencapai fasa ini (Bazlaz dan Ham, 1993; Kruempelbeck dan Ehrig, 1999). Semasa fasa ini, asid karboksilik yang terkumpul semasa fasa pembentukan asid ditukarkan kepada metana dan karbon dioksida oleh bakteria metanogenik (Reinhart dan Grosh, 1998). Paras COD dan BOD mula berkurangan dan pH meningkat (Reinhart dan Grosh, 1998) akibat digunakan semasa proses ini (Bazlaz

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Position: Horizontal: 317.4 pt, Relative to: Page, Vertical: 799.9 pt, Relative to: Page

Formatted: Font: (Default) Times New Roman