

**ANALISIS CIRI-CIRI LAPISAN ENDAPAN TASIK
LADAM: KAJIAN KES SUNGAI MUDA, KEDAH**

SITI FADZILATULHUSNI BTE MOHD SANI

Januari 2014

**ANALISIS CIRI-CIRI LAPISAN ENDAPAN TASIK LADAM:
KAJIAN KES SUNGAI MUDA, KEDAH**

Oleh

SITI FADZILATULHUSNI BTE MOHD SANI

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

Januari 2014

PENGHARGAAN

ALHAMDULILLAH. Hanya itu perkataan yang dapat dizahirkan apabila siapnya tesis sarjana ini. Semua rasa yang dimiliki kini, saya pulangkan semula kepada Allah SWT. TanpaNya, perkara ini tidak semudah yang disangka. Penghargaan tidak terhingga ingin saya kreditkan kepada insan-insan mulia yang terlibat di sepanjang proses menyiapkan tesis ini:

Pertamanya, kepada Profesor Dr. Wan Ruslan Bin Ismail, selaku penyelia saya dan ketua projek geran penyelidikan FRGS (203/PHUMANITI/671045) yang tidak jemu memberi nasihat, tunjuk ajar, sokongan dan dorongan untuk saya terus belajar. Tidak lupa juga kepada universiti tercinta, Universiti Sains Malaysia yang telah memberi ruang dan peluang kepada saya untuk meneruskan pelajaran hingga ke peringkat Sarjana, terutamanya di atas penajaan Skim Zamalah USM disepanjang pengajian saya.

Seterusnya, kepada semua kakitangan Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, Pusat Pengajian Sains Kaji Hayat, Pusat Pengajian Sains Fizik dan Agensi Nuklear Malaysia yang telah banyak membantu menyediakan kemudahan persampelan dan analisis. Antaranya, pembantu makmal hidrologi, Encik Choong Woei Weng, Encik Muhamad Adam Omar dan rakan-rakan. Seterusnya kepada Arkib Negara Malaysia dan Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) yang menyediakan kemudahan dalam pencarian data sekunder.

Akhirnya, kepada emak dan abah yang along cinta, terima kasih kerana beri sokongan. Kepada adik beradik tersayang, terima kasih kerana mencerikan jiwa. Kepada sahabat-sahabat akrab, Noraini, Sumayyah Aimi, Haziah Izzati, Wan Nur Rukiah, rakan-rakan seperjuangan dan pelajar-pelajar saya, tidak akan ku lupa segala jasa dan kenangan bersama kalian. Kepada awak yang saya cinta, semoga kita benar-benar menjadi pasangan yang Allah redha.

Semoga lembaran-lembaran dhaif ini mampu memberikan manfaat kepada kita semua dan dikira olehNya sebagai saham akhirat kita. JAZAKUMULLAHU KHAIRAN KATHIRA.

SENARAI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vi
SENARAI RAJAH	vii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv

BAB 1: PENGENALAN

1.1	Pendahuluan	1
1.2	Isu dan Permasalahan Kajian	10
1.3	Objektif Kajian	13
1.4	Hipotesis Kajian	14
1.5	Kerangka Konseptual	14
1.6	Skop dan Kepentingan Kajian	17
<u>1.7</u>	Ringkasan Tesis	19

BAB 2: TINJAUAN BAHAN BACAAN

2.1	Pendahuluan	21
2.2	Perubahan morfologi sungai	21
	2.2.1 Proses balik muda (rejuvenasi)	22
	2.2.2 Pembentukan Dataran Banjir	25
	2.2.3 Pemendapan sedimen di dataran banjir	30
	2.2.4 Morfologi dan proses pembentukan tasik ladam	33
2.3	Bidang kajian Paleohidrologi	35
2.4	Penggunaan data proksi	44
2.5	Pencirian lapisan sedimen	45
2.6	Kaedah pengesanan radionuklid ²¹⁰ Pb dalam menentukan kadar pemendapan sedimen	47

BAB 3 : KAEDAH DAN INSTRUMENTASI KAJIAN

3.1	Pendahuluan	51
3.2	Kerangka Kajian	54
3.3	Pengenalan Kawasan Kajian	52
3.3.1	Morfometri Sungai Muda	53
3.3.2	Sejarah Banjir Sungai Muda	55
3.3.3	Ciri Iklim Sungai Muda	60
3.3.4	Ciri Hidrologi Sungai Muda	67
3.3.5	Ciri Geologi Sungai Muda	70
3.3.6	Ciri Gunatanah Sungai Muda	75
3.4	Kajian Lapangan	77
3.5	Analisis Makmal	80
3.5.1	pH	80
3.5.2	Kandungan Bahan Organik	80
3.5.3	Tekstur Tanah	81
3.5.4	Ketumpatan Pukul	83
3.5.5	Kerentanan Magnetik	83
3.5.6	Kebolehubahan Kalium (K^+)	84
3.5.7	Kandungan Nitrat-Nitrogen (NO_2-N)	84
3.5.8	Kandungan Fosfat-Fosforus (PO_4-P)	85
3.5.9	Jumlah Fosforus	87
3.5.10	Kadar Pemendapan Sedimen (Radionuklid Pb^{210})	87
3.6	Analisis Statistik Kaedah Anova-Satu Hala	89

BAB 4: KEPUTUSAN KAJIAN

4.1	Pendahuluan	90
4.2	Analisis Ciri Fizikokimia Tanah	90
4.2.1	pH	90
4.2.2	Kandungan Bahan Organik	95
4.2.3	Tekstur Tanah	98
4.2.4	Ketumpatan Pukul	105
4.2.5	Kerentanan Magnetik	108
4.3	Analisis Kandungan Nutrien	111

4.3.1	Kebolehubahan Kalium (K^+)	111
4.3.2	Kandungan Nitrat-Nitrogen	114
4.3.3	Kandungan Fosfat-Fosforus	117
4.3.4	Kandungan Jumlah Fosforus	120
4.4	Analisis Radionuklid ^{210}Pb	123
4.4.1	Usia Lapisan Sedimen	123
4.4.2	Kadar Pemendapan Sedimen	126
4.5	Analisis Perbezaan Signifikan Anova-Satu-Hala	129

BAB 5: PEBINCANGAN

5.1	Pendahuluan	133
5.2	Parameter Fizikokimia	133
5.2.1	pH Lapisan Endapan	133
5.2.2	Kandungan Bahan Organik Lapisan Sedimen	140
5.2.3	Tekstur Lapisan Sedimen	145
5.2.4	Ketumpatan Pukul Lapisan Sedimen	153
5.2.5	Kerentanan Magnetik Lapisan Sedimen	155
5.3	Kandungan Nutrien Dalam Lapisan Sedimen	158
5.3.1	Kebolehubahan Kalium (K^+)	159
5.3.2	Kandungan Nitrat-Nitrogen (NO_2-N)	167
5.3.3	Kandungan Fosfat-Fosforus (PO_4-P) dan Jumlah Fosforus	172
5.4	Kadar Pemendapan Sedimen	179
5.5	Tahap Kualiti Lapisan Sedimen	183

BAB 6 : KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1	Kesimpulan	186
6.2	Batasan Kajian, Cadangan Langkah Pembaikan, dan Sumbangan Kajian	191
SENARAI RUJUKAN		194

SENARAI JADUAL

		Muka Surat
Jadual 2.1	Senarai beberapa kajian yang telah menggunakan kaedah analisis lapisan tanah.	41
Jadual 3.1	Rekod banjir lampau yang pernah berlaku di Negeri Kedah.	57
Jadual 3.2	Hasil analisis tren jumlah curahan hujan secara temporal bagi jangka masa 60 tahun yang dibuat menggunakan kaedah analisis statistik Mann-Kendall bagi 9 buah stesen yang terletak disekitar kawasan kajian. Analisis tren dibuat bagi setiap 20 tahun daripada tahun 1950 hingga 2009.	64
Jadual 3.3	Jangka masa ulangan aliran bagi Sungai Muda daripada tahun 1974 hingga tahun 2011	69
Jadual 4.1	Klasifikasi komposisi tanah bagi setiap lapisan sedimen bagi stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	101
Jadual 4.2	Tahun anggaran bagi setiap lapisan sedimen yang dimendapkan ke dalam tasik ladam untuk kedua-dua stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	124
Jadual 4.3	Nilai signifikan (P) dalam menentukan sama ada kedalaman lapisan endapan mempengaruhi nilai bacaan setiap parameter.	132
Jadual 5.1	Kadar kelarutan besi di dalam larutan pada nilai pH yang berbeza.	136
Jadual 5.2	Pengkelasan tekstur tanah.	148
Jadual 5.3	Purata jumlah beban sedimen mengikut Fasa 1, Fasa 2 dan Fasa 3.	182
Jadual 5.4	Purata kadar pemendapan sedimen.	183
Jadual 5.5	Purata bagi parameter kualiti tanah di kedua-dua stesen kajian.	185

SENARAI RAJAH

Muka Surat

Rajah 1.1	Perubahan lanskap di dalam sistem saliran yang terhasil akibat kejadian banjir	8
Rajah 1.2	Sumber kemasukan sedimen ke dalam jasad air	11
Rajah 1.3	Mekanisme kepada peningkatan kekerapan kejadian banjir.	13
Rajah 1.4	Kerangka konseptual kajian.	16
Rajah 1.5	Perkaitan dan tindak balas antara empat faktor utama yang mempengaruhi pergerakan sedimen di muka bumi. Garisan berwarna merah menunjukkan skop kajian atau batasan kajian.	18
Rajah 2.1	Perubahan morfologi sungai.	23
Rajah 2.2	Klasifikasi jenis saliran utama mengikut julat cerun, keratan rentas, dan keratan memanjang sungai	24
Rajah 2.3	Faktor tekanan dan kepelbagaian respon biotik telah membentuk corak biodiversiti di dataran banjir.	29
Rajah 2.4	Aliran helix dalam likuan dan perubahan lateral bagi saiz butiran dan bentuk permukaan.	31
Rajah 2.5	Model pemendapan am, jujukan menegak dan struktur sedimen.	32
Rajah 2.6	Proses pemenggalan likuan yang akhirnya membentuk tasik ladam.	35
Rajah 2.7	Skala masa proses perubahan zaman atau ciri-ciri yang terdapat di dalam setiap bidang kajian " <i>Paleo</i> ". Ia menunjukkan terdapatnya proses perlahan dan proses cepat yang berlaku dari dahulu sehingga kini.	37

Rajah 2.8	Antara bidang kajian yang terhasil daripada bidang paleohidrologi.	39
Rajah 2.9	Gambarajah skematik kitaran ^{210}Pb yang menunjukkan sumber, pengangkutan, penurunan, dan pensumberan semula ^{210}Pb .	50
Rajah 3.1	Kerangka kerja kajian.	52
Rajah 3.2	Peta kawasan kajian.	53
Rajah 3.3	Skim pengairan Daerah Kuala Muda, Kedah.	54
Rajah 3.4	Peta perubahan likuan sungai yang disurih semula daripada peta topografi tahun 1960 dan 1986.	55
Rajah 3.5	Gambarajah isohyet taburan hujan setiap 20 tahun di kawasan kajian bagi tempoh 60 tahun daripada tahun 1950 hingga 2009.	62
Rajah 3.6	Graf pola hujan di stesen-stesen terpilih yang berdekatan dengan kawasan kajian.	65
Rajah 3.7	Purata luahan tahunan di tiga stesen JPS iaitu stesen Jam Syed Omar, stesen Merbau Pulas, dan stesen Jeniang.	68
Rajah 3.8	Purata beban sedimen yang dicerap di stesen JPS Jambatan Syed Omar.	68
Rajah 3.9	Peta geologi Negeri Kedah dan petak merah menunjukkan kawasan kajian.	72
Rajah 3.10	Peta siri tanah kawasan kajian.	74
Rajah 3.11	Peta taburan vegetasi yang terdapat di sekitar kawasan kajian.	75
Rajah 3.12	Tapak persampelan Ekor Kucing.	79
Rajah 3.13	Tapak persampelan Merbau Pulas.	79

Rajah 3.14	Segi tiga komposisi mekanikal bagi tanah. (A) liat, (B) liat berkelodak, (C) liat berpasir, (D) lom liat berkelodak, (E) lom liat, (F) lom liat berpasir, (G) lom berkelodak, (H) kelodak, (I) lom, (J) lom berpasir, (K) pasir berlom, dan (L) pasir.	82
Rajah 4.1	Graf bacaan pH 30 minit dan pH 24 jam yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	92
Rajah 4.2	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai pH 30 minit.	94
Rajah 4.3	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai pH 24 jam.	94
Rajah 4.4	Graf bacaan kandungan bahan organik yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	96
Rajah 4.5	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kandungan bahan organik.	97
Rajah 4.6	Graf nilai peratusan komposisi tanah yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	100
Rajah 4.7	Gambarajah 'boxplot' bagi peratusan kandungan pasir.	103
Rajah 4.8	Gambarajah 'boxplot' bagi peratusan kandungan liat.	104
Rajah 4.9	Gambarajah 'boxplot' bagi peratusan kandungan kelodak.	105
Rajah 4.10	Graf bacaan ketumpatan pukal yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	106
Rajah 4.11	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai ketumpatan pukal.	107
Rajah 4.12	Graf nilai kerentanan magnetik yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	109
Rajah 4.13	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kerentanan magnetik.	101
Rajah 4.14	Graf nilai kebolehubahan kation (K^+) yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	112

Rajah 4.15	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kandungan kation kalium.	113
Rajah 4.16	Graf nilai nitrat-nitrogen yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	115
Rajah 4.17	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kandungan nitrat-nitrogen.	116
Rajah 4.18	Graf nilai fosfat-fosforus yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	118
Rajah 4.19	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kandungan fosfat-fosforus.	119
Rajah 4.20	Graf nilai jumlah fosforus yang dicatatkan oleh stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas.	121
Rajah 4.21	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai Jumlah Fosforus.	122
Rajah 4.22	Graf nilai kadar pemendapan sedimen yang dicatatkan oleh stesen Merbau Pulas dan Ekor Kucing.	127
Rajah 4.23	Gambarajah 'boxplot' bagi nilai kadar pemendapan sedimen.	128
Rajah 5.1	Kadar kelarutan silikat amorf dan aluminium hidroksida sebagai fungsi pH pada suhu 25°C.	138
Rajah 5.2	Pertalian antara kandungan bahan organik dengan nilai pH.	139
Rajah 5.3	Pertalian antara kandungan nitrat dengan nilai pH.	140
Rajah 5.4	Pertalian antara kandungan bahan organik dengan ketumpatan pukal	142
Rajah 5.5	Pertalian antara kandungan liat dengan nilai kandungan jumlah fosforus.	150
Rajah 5.6	Pertalian antara kandungan liat dengan kandungan fosfat-fosforus.	150

Rajah 5.7	Pertalian antara kandungan liat dengan kandungan nitrat-nitrogen.	151
Rajah 5.8	Pertalian antara kandungan liat dengan kandungan kebolehubahan kalium.	151
Rajah 5.9	Pertalian antara kandungan liat dengan tahap kerentanan magnetik.	152
Rajah 5.10	Pertalian antara kandungan liat dengan kandungan bahan organik.	152
Rajah 5.11	Susunan mineral yang lebih cepat terluluhawa hingga yang paling rentas dan peratusan kandungan kalium di dalamnya.	160
Rajah 5.12	Tindakbalas yang mengubah mineral mika kepada liat melalui proses pelepasan kalium.	161
Rajah 5.13	Kitaran kalium di dalam tanah.	163
Rajah 5.14	Kitaran nitrogen di dalam tanah.	169
Rajah 5.15	Regresi antara kandungan bahan organik dengan kandungan nitrat.	172
Rajah 5.16	Kitaran fosforus di dalam tanah.	174
Rajah 5.17	Pertalian antara kandungan fosfat-fosforus dengan nilai pH.	178
Rajah 5.18	Jangkaan ulangan aliran bagi Sungai Muda daripada tahun 1974 hingga tahun 2011.	180

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN PERKATAAN

^{137}Cs	Ceasium-137
^{134}Cs	Ceasium-134
^{210}Pb	Plumbum-210
^{206}Pb	Plumbum-206
^7Be	Beryllium-7
^{238}U	Uranium-238
^{222}Rn	Radon-222
^{226}Rn	Radon-226
^{230}Th	Thorium-230
C°	Darjah celcius
mm	Milimeter
cm	Sentimeter
cm^3	Sentimeter persegi
m	Meter
m^3/s	Meter persegi per saat
km	Kilometer
km^2	Kilometer persegi
g	Gram
ml	Mililiter
mg/g	Miligram per gram
$\mu\text{g}/\text{g}$	Mikrogram per gram
M	Mol
mol/l	Mol per liter
CGS	<i>Centimetre Gram Second</i>
%	Peratus
H_0	<i>Null Hypothesis</i>
H_1	<i>Alternatif Hypothesis</i>

ANALISIS CIRI-CIRI LAPISAN ENDAPAN TASIK LADAM: KAJIAN KES SUNGAI MUDA, KEDAH

ABSTRAK

Kajian ini meninjau kesan pelbagai proses hidrologi ke atas ciri lapisan sedimen di dalam dataran banjir dan melihat hubungkait kimia dengan proses paleohidrologi. Dua buah tapak tasik ladam di Sungai Muda telah dipilih untuk kajian ini iaitu di Merbau Pulas dan Ekor Kucing. Hasil kajian menunjukkan bahawa nilai purata pH 24 jam adalah 3.87 bagi stesen Ekor Kucing dan 4.00 bagi stesen Merbau Pulas. Nilai purata kandungan bahan organik adalah 2.13% dan 4.55% masing-masing bagi stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas. Struktur tanah di kedua-dua lokasi adalah lom berpasir dengan purata ketumpatan pukalnya ialah 0.96 g/cm^3 (Ekor Kucing) dan 0.20 g/cm^3 (Merbau Pulas). Purata kerentanan magnetik sampel ialah 0.054 CGS dan 0.02 CGS masing-masing bagi stesen Ekor Kucing dan Merbau Pulas. Purata kebolehubahan kalium di Ekor Kucing adalah 1.37 mg/g dan 0.93 mg/g di Merbau Pulas. Purata kandungan nitrat-nitrogen dalam Ekor Kucing adalah 0.68 mg/g dan 0.83 mg/g di Merbau Pulas. Purata kandungan fosfat-fosforus di Ekor Kucing dan Merbau Pulas masing-masing adalah 0.41 mg/g dan 0.77 mg/g. Jumlah kandungan fosforus di Ekor Kucing adalah 2.54 mg/g dan Merbau Pulas adalah 2.79 mg/g. Kadar pendedapan di tasik ladam Sungai Muda adalah 0.08 cm/tahun untuk sebelum tahun 1900 dan meningkat kepada 3.51 cm/tahun untuk tempoh masa selepas tahun 2000. Kesimpulannya, setiap ciri lapisan sedimen adalah saling mempengaruhi antara satu sama lain dan ia turut dipengaruhi oleh fenomena banjir lampau dan pendedapan sedimen.

Kata kunci: Paleohidrologi, Tasik ladam, Sungai Muda, Lapisan endapan.

THE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF SEDIMENT LAYERS IN OXBOW LAKE: A CASE STUDY OF SUNGAI MUDA, KEDAH

ABSTRACT

This study investigated the effects of various hydrological processes on the characteristics of floodplain sediment layers and to observe the relationship between chemical matter and paleohydrological processes. Two oxbow lake sites in the lower Sungai Muda were chosen at Merbau Pulas and Ekor Kucing. Results indicated that the mean pH was 3.87 and 4.00 for Ekor Kucing and Merbau Pulas, respectively. The average organic matter content is 2.13% and 4.55% for the Ekor Kucing and Merbau Pulas, respectively. Soil structure at both locations was loamy sand with average bulk densities were 0.96 g/cm³ (Ekor Kucing) and 0.20 g/cm³ (Merbau Pulas). The average magnetic susceptibility of the samples was 0.054 CGS and 0.02 CGS, respectively for Ekor Kucing and Merbau Pulas. The mean potassium variability at Ekor Kucing was 1.37 mg/g and 0.93 mg/g at Merbau Pulas. The average nitrate-nitrogen content in Ekor Kucing was 0.68 mg/g and 0.83 mg/g in Merbau Pulas. Average phosphate-phosphorus content in Ekor Kucing and Merbau Pulas was 0.41 mg/g and 0.77 mg/g, respectively. Total phosphorus content in Ekor Kucing is 2.54 mg/g and in Merbau Pulas was 2.79 mg/g. The sedimentation rate in oxbow lake of Sungai Muda was 0.08 cm/year for the pre-1900 and increased to about 3.51 cm/year in the post-2000. As a conclusion, each sediment layer characteristic is related to each other. Besides, the characteristic have been also affected by past flood events and sedimentation processes.

Keywords: Paleohydrology, Oxbow lake, Sungai Muda, Sediment layer

BAB 1

Pengenalan

1.1 PENDAHULUAN

Dewasa ini sungai mempunyai pelbagai perspektif positif dan negatif yang merujuk kepada fungsi dan kegunaannya kepada manusia juga kepada hidupan lain. Para pengkaji sejarah peradaban manusia melihat sungai sebagai tempat bermulanya sesuatu tamadun. Para perancang bandar melihat sungai sebagai salah satu landskap fizikal yang boleh dibangunkan menjadi tempat rekreasi dan pelancongan. Sesetengah jurutera memandangi sungai sebagai gangguan kepada pembangunan yang hendak dilakukan, lalu diubahsuai bentuk asalnya. Kaki-kaki pancing melihat sungai sebagai lubang untuk mencari rezeki. Sasterawan dan karyawan juga banyak menceritakan perihal sungai yang dikaitkan dengan tingkahlaku manusia. Sesetengah manusia menganggap sungai sebagai tempat meletakkan sisa buangan. Tidak kurang juga ada yang melihat sungai sebagai salah satu sumber bencana alam. Apa-apa pun sudut pandangan manusia terhadap sungai, ia sebenarnya memberi tafsiran bahawa sungai dan semua hidupan di muka bumi ini adalah sangat rapat dan saling memerlukan.

Meski begitu banyak perspektif mengenai sungai yang boleh ditafsirkan, para pengkaji di dalam bidang hidrologi menggambarkan air sungai sebagai komposisi air tanah yang berada dipermukaan bumi (Mazlin *et al.*, 2003). Air sungai datang dari pelbagai sumber. Semasa kemarau, aliran dasar berasal dari simpanan air tanah kekal. Selepas hujan atau ribut, aliran dasar menerima sumbangan daripada aliran

atas tanah dan hujan yang turun terus ke dalam terusan sungai tersebut. Apabila paras air sungai meningkat, air akan mengalir ke dalam aluvium berliang yang terdapat di tebing sungai (proses ini dinamakan sebagai penyimpanan tebing). Manakala semasa paras air sungai menurun, air akan mengalir semula dari tempat penyimpanan tebing masuk ke dalam terusan sungai. Semasa pergerakan air sungai, berlaku pelbagai proses semulajadi yang membentuk pandang darat fizikal muka bumi. Antaranya ialah proses hakisan, angkutan dan pendedapan yang berlaku di sepanjang sungai dan kawasan di sekitarnya (Mazlin *et al.*, 2003).

Proses hakisan, angkutan, dan pendedapan yang berlaku secara berterusan telah menyebabkan perubahan bentuk muka bumi dan ia dikelaskan sebagai tindak balas positif yang mengubah morfologi sungai dan membentuk pandang darat yang baru di sekitar sungai tanpa mengembalikan keadaan asal pandang darat tersebut (Gustard, 1996). Antara pandang darat fizikal yang terbentuk ialah likuan terpenggal (selepas ini akan terus disebut sebagai tasik ladang), dataran banjir, beting pasir, delta, kipas lanar, *pediment*, galur dan sebagainya (Lewis & Lewin, 1983). Walaubagaimanapun, fenomena banjir dan limpahan aliran air sungai yang kadangkala kadangkala berlaku telah menyebabkan magnitud tindak balas positif tersebut menjadi lebih besar lalu ia mengubah keadaan dan bentuk sesebuah sungai secara drastik (Baker, 2006).

Banjir pula adalah satu fenomena kejadian iklim melampau yang berlaku pada sesuatu musim. Banjir berlaku akibat aliran air yang tidak dapat ditampung oleh luahan sesebuah saluran. Pada setiap kali limpahan air berlaku, ia akan membawa bersama bahan-bahan angkutan yang berupa sedimen dan juga partikel-partikel lain

yang akan dimendapkan sama ada di dasar sungai mahupun di dataran banjir (Wilby *et al.*, 1997). Proses pemendapan yang berlaku berulang kali ini akan menyebabkan saliran kehilangan keupayaan dan muatan untuk air mengalir dalam kuantiti yang sama mahupun kuantiti yang lebih besar pada masa akan datang. Oleh kerana kejadian banjir adalah bersifat musiman, maka kejadian banjir yang datang akan berulang kali saban tahun dan fenomena ini akan menjadi semakin kerap berlaku. Lebih-lebih lagi di Malaysia yang mempunyai intensiti hujan tahunan yang amat tinggi iaitu sekitar 2000 mm hingga 3000 mm bersamaan dengan 990 bilion meter padu (m³) (Chan, 2002).

Dua faktor utama telah dikenalpasti sebagai faktor-faktor kepada perubahan kekerapan kejadian banjir. Faktor yang pertama ialah faktor luaran atau lebih mudah jika disebut sebagai faktor atmosfera yang merujuk kepada taburan dan intensiti hujan, perubahan iklim global, kejadian bencana alam seperti taufan, ribut dan sebagainya (Costa, 1978; Baker *et al.*, 1979; Baker, 2006). Faktor yang kedua ialah faktor dalaman yang merujuk kepada perubahan yang berlaku di dalam sistem landskap fizikal itu sendiri. Antara atribut yang terlibat di dalam sistem landskap fizikal adalah kadar hakisan dan pemendapan sedimen di dalam sistem saliran, perubahan guna tanah yang telah mengubah struktur tanah, bencana alam seperti tanah runtuh, kadar luluhawa, bentuk muka bumi dan sebagainya (Siti Fadzilatulhusni & Main Rindam, 2011; Subimal *et al.*, 2009; Straffin & Blum, 2002).

Walau bagaimanapun, hujan telah dilihat sebagai pencetus kepada segala proses geomorfologi yang menyebabkan perubahan lanskap fizikal muka bumi. Hujan juga merupakan bentuk kerpasan yang turun ke bumi sebagai salah satu

daripada proses yang melengkapkan kitaran air bumi. Menurut Wan Ruslan (1994), proses berlakunya kerpasan adalah salah satu daripada proses atau tindakbalas untuk mencapai tahap keseimbangan bagi pelbagai jenis sistem yang terdapat di muka bumi. Antara sistem-sistem yang menjadikan hujan sebagai salah satu daripada mekanisme keseimbangannya adalah sistem imbangan air, sistem saliran, sistem iklim makro dan mikro, sistem ekologi dan banyak lagi (Campbell & Reece, 2002; Mananoma & Legono, 2007; Abu Bakar, 2008).

Impak hujan terhadap sesebuah sistem adalah bergantung kepada intensiti hujan yang berlaku pada suatu masa. Intensiti hujan adalah jumlah hujan yang turun dalam suatu masa (Moody & Deborah, 2001; 'Azumi *et al.*, 2010). Intensiti hujan dipengaruhi oleh beberapa faktor dalaman seperti ketepuan molekul air, haba pendam pelakuran, kadar sejatan, proses pembentukan awan, pergerakan angin monsun, dan juga kepelbagaian lanskap muka bumi (Strangesway, 2007). Intensiti hujan yang tinggi akan menyebabkan berlakunya banjir sekiranya kadar susupan air menjadi sifar. Di mana tanah berada pada tahap tepu dan tidak dapat meresap air larian yang terdapat di permukaan tanah.

Akan tetapi dengan adanya kemajuan teknologi pada masa kini, manusia juga merupakan agen yang memainkan peranan besar terhadap perubahan lanskap muka bumi. Seperti yang kita ketahui bahawa manusia telah mengeksploitasi banyak kawasan bagi memenuhi keperluan hidupnya. Ia termasuklah sungai sebagai kawasan yang mempunyai pelbagai sumber penting. Pengubahsuaian oleh manusia telah mengakibatkan pembinaan saluran sungai supaya air mengalir dengan cepat ke kawasan hilir bagi mengurangkan kapasiti penyimpanan air semulajadi seperti

kawasan tanah bencah. Keadaan ini akan menggalakkan pembentukkan dataran banjir di kawasan hilir. Oleh yang demikian, struktur empangan telah dibina bagi menyimpan air di bahagian hulu kawasan tadahan.

Namun, semasa berlakunya hujan lebat, air di dalam takungan akan meningkat sehingga sampai ke suatu tahap di mana air empangan terpaksa dilepaskan. Pengawalan dan pembinaan empangan telah dapat mengurangkan kejadian banjir yang berulang-ulang. Meskipun begitu, tindakan-tindakan ini telah mengeksploitasi kawasan lembah sungai dan juga telah mengubah beberapa peranan sungai kepada alam (Naiman *et al.*, 1995; Poff *et al.*, 1997). Ini bermakna, walaupun pembinaan telah mengurangkan kekerapan kejadian banjir, namun ia juga mengakibatkan fenomena banjir yang lebih dahsyat di bahagian hilir lantaran sungai tidak dapat menampung kapasiti air empangan yang dilepaskan ke hilir sungai ketika aras air empangan melebihi tahap maksimum.

Oleh kerana kejadian banjir merupakan sebuah fenomena musiman yang berlaku secara berulang kali, banyak kajian yang telah dilakukan dalam menangani masalah ini bagi meminimumkan kerugian yang disebabkan oleh banjir. Antara kajian yang dijalankan, termasuklah mengenai binaan kalis banjir (empangan dan tebingan tinggi) dan model ramalan banjir (Bachat *et al.*, 2007). Kini banyak binaan yang telah dibina bagi meminimumkan impak kejadian banjir. Akan tetapi berdasarkan pengalaman agensi-agensi tertentu dalam menangani masalah banjir, penggunaan kaedah konvensional seperti melebarkan, mendalamkan dan meluruskan sungai hanya memindahkan masalah banjir dari hulu ke hilir tanpa mengetahui impak dan magnitud banjir yang akan berlaku melainkan setelah ia terjadi dan

terbukti lebih teruk impaknya. Model ramalan banjir pula adalah untuk melihat pola kejadian banjir bagi meramalkan banjir yang akan berlaku pada masa akan datang. Walau bagaimanapun, kaedah ramalan banjir telah mengalami evolusi dari semasa ke semasa dan memerlukan banyak pembaharuan dan penambahbaikan seterusnya menggunakan semaksimum mungkin sumber data yang ada di muka bumi ini (Gregory *et al.*, 2006; Macklin *et al.*, 2006).

Atas dasar tersebut, didapati bahawa terdapatnya keperluan terhadap data banjir lampau untuk memahami proses banjir dan melakukan penilaian risiko banjir. Oleh itu, rekod perubahan regim hidrologi terutamanya siri aliran ulangan (*return flow*) dan siri kejadian banjir lampau diperlukan bagi tujuan ini (Baker, 2006). Penggunaan data proksi paleohidrologi dan hasil analisis komponen hidrologi yang lain merupakan salah satu langkah terbaik bagi membina semula siri data atau rekod banjir lampau seterusnya melengkapkan kelompongan data yang terdapat dalam siri kejadian banjir tersebut. Langkah ini merupakan pendekatan yang agak baru bagi melengkapi usaha-usaha memperluaskan bidang hidrologi kerana ia melibatkan pemahaman mengenai pembolehubah hidrologi bagi jangka masa kebelakang yang agak panjang iaitu sekitar 100 tahun hingga 10,000 tahun (Baker *et al.*, 1983).

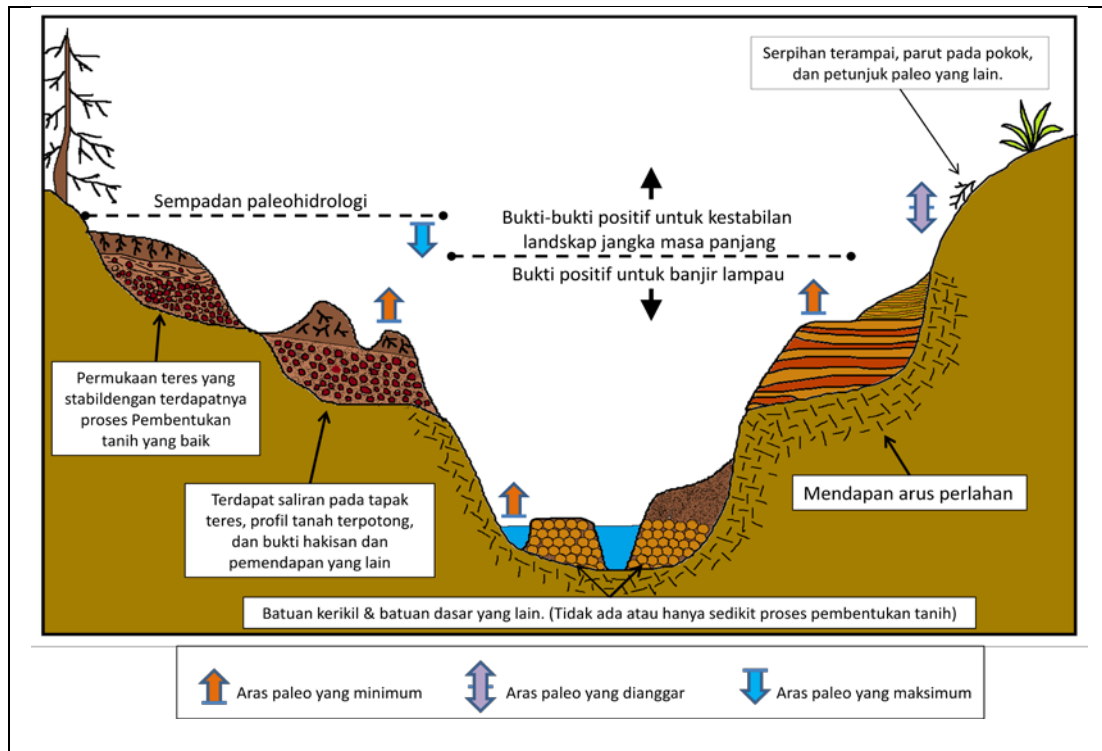
Hasil daripada perkembangan kajian tersebut, analisis rekod aliran sungai dan hujan yang digunakan di dalam kaedah ini telah mempamerkan bagaimana perubahan iklim musiman dan banjir yang berlaku dari zaman dahulu hingga sekarang telah meninggalkan kesan banjir (*flood marker*) di dalam lanskap. Antara kesan yang biasa ditinggalkan ialah hakisan tebing, parut pada batang pokok, mendapan pasir atau batuan ditebing sungai, dan sebagainya. Salah satu medium

yang menyimpan kesan perubahan iklim itu ialah pemendapan di dalam dataran banjir (Reinfelds & Bishop, 1998).

Saluran sungai dan dataran banjir merupakan satu ekosistem dinamik yang terdapat di muka bumi. Dalam daerah atau kawasan yang besar, banjir yang berlaku adalah secara berkala. Komponen-komponen semulajadi yang terdapat di sungai yang selalu banjir (seperti magnitud, frekuensi, tempoh dan masa aliran-aliran kemuncak) berinteraksi secara semula jadi untuk mengekalkan produktiviti ekosistem (Laute & Beylich, 2010). Banjir akan mengubah struktur sungai dan bergantung kepada saiz kawasan tadahan, geologi dan iklim kawasan tersebut. Kepelbagaian lanskap muka bumi yang terlibat di dalam kejadian banjir kontemporari inilah yang menjadi indikator ramalan banjir pada masa hadapan.

Rajah 1.1 menerangkan gambaran perubahan lanskap di dalam sistem saluran yang berlaku akibat banjir. Antara fenomena perubahan bentuk muka bumi yang boleh dijadikan petunjuk kepada kejadian banjir adalah pemendapan yang dibawa oleh arus sungai ketika banjir berlaku, parut hakisan pada batuan dasar dan batang pokok, lapisan-lapisan teres di bahagian tebing sungai dan sebagainya. Kesemua petunjuk ini akan menyebabkan berlakunya perubahan pada ciri-ciri fizikal dan kimia tanah. Hal ini kerana tanah yang terdapat di dataran banjir adalah tanah yang dikategorikan berada di bawah order *inceptisols* dan *entisols*. Ia terbentuk akibat berlakunya gangguan seperti pemendapan dataran banjir ke atasnya (Grossman, 1983; Foss *et al.*, 1983). Tanah jenis ini merupakan tanah yang tidak matang. Lapisan atau horizon tanah tidak jelas kelihatan. Ia juga mempunyai ciri-ciri yang hampir sama pada setiap horizon tanah. Walau bagaimanapun, ia merupakan tanah yang

subur dan kaya dengan kandungan nutrien semulajadi kerana tanah di kawasan dataran banjir sering mendapat sumber nutrien baru pada setiap kali berlakunya sedimen banjir (Christopher & William, 2000).



Rajah 1.1. Perubahan lanskap di dalam sistem saluran yang terhasil akibat kejadian banjir (Diambil dan diubahsuai daripada: Fenske, 2003).

Oleh kerana itu, dataran banjir dikatakan turut menyediakan kepelbagaian biodiversiti yang tinggi, di samping bertindak sebagai penyerap karbon yang utama (Huseyin & Ali, 2010). Ini bermakna, kepelbagaian biodiversiti yang terbentuk di dataran banjir adalah dipengaruhi oleh proses yang berlaku di sekitar dataran banjir. Hal ini dapat dikaitkan dengan kandungan nutrien di dalam lapisan tanah yang termendap di dataran banjir. Ia bertindak sebagai faktor pencetus kepada kewujudan pelbagai hidupan di kawasan tersebut (Ward & Uehlinger, 2003).

Perubahan keadaan hidrologi boleh diperhatikan daripada bukti-bukti pengubahsuaian pemendapan dan hakisan batuan daripada sesuatu jangka masa. Kajian paleohidrologi juga melibatkan pemerhatian perubahan pada litupan muka bumi termasuklah perubahan yang berlaku di dalam tanah melalui masa geologi yang sebahagian besarnya dipengaruhi oleh perubahan hidrologi (Baker, 2008). Sebagai contoh, penemuan-penemuan geologi mengenai banjir lampau telah menunjukkan bahawa air banjir telah membawa sedimen masuk ke dalam anak-anak sungai dan juga dataran banjir (Brooks, 2002). Kajian paleohidrologi menggunakan pemendapan sedimen ini untuk mengenalpasti umur sedimen tersebut yang dianggarkan dengan menggunakan kaedah pentarikan radiokarbon bagi mengenalpasti kekerapan banjir yang berlaku di kawasan tersebut (Talma & Vogel, 1993).

Magnitud atau kekuatan arus banjir juga boleh diwakili oleh aras pemendapan yang termendap dan juga saiz partikel pemendapan tersebut (Baker, 1987; 2000). Penambahbaikan telah dilakukan dari masa ke masa bagi menangani kelemahan kaedah ini. Usaha ini dibantu oleh penggunaan model-model hidraulik yang telah diuji kejituan dan ketepatannya dalam menganggar magnitud banjir (Webb & Jarrett, 2002). Maklumat tentang usia dan magnitud banjir ekstrim inilah yang digunakan bagi membina semula siri kejadian banjir-banjir lampau yang berlaku di dalam kawasan tertentu. Selain itu, kajian paleohidrologi juga memainkan peranan penting dalam membuat anggaran keluk frekuensi, terutamanya bagi mengenalpasti titik-titik frekuensi yang melampaui julat pertengahan bagi tempoh data yang dikaji (contohnya julat 100-500 tahun) (Fatimah *et al.*, 1992). Maklumat tambahan ini sangat penting bagi penilaian kemusnahan akibat banjir, pengurusan dataran banjir dan penilaian keselamatan empangan.