

**KAJIAN TERHADAP SEDIMENTASI DI SUNGAI BALAT,
KINABATANGAN SABAH MENGGUNAKAN ANALISIS
REGRESI BERGANDA**

CHRISTIE PERITOS

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM MATEMATIK DENGAN EKONOMI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

APRIL 2008

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KAJIAN TERHADAP SEDIMENTASI DI SUNGAI PALAT,KINABATANGAN SAHAH MENGGUNAKAN ANALISIS REGRESI BERGANDAJAJAH: SARJANA MUDA SAINS KEPUJIANSAYA CHRISTIE PERITOS
(HURUF BESAR)SESI PENGAJIAN: 2007/2008

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institutis pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

 SULIT

 TERHAD

 TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaklup di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

Disahkan Oleh NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Christie
(TANDATANGAN PENULIS)

Nurulain
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: KG MOK KINARUP
P.O BOX 184, 89608
PAPAR SAHAKH

PUAN NORAINI ABDULLAH
Nama Penyelia

Tarikh: 30 APRIL 2008

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila tempirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

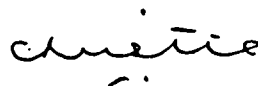


PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

29 April 2008.

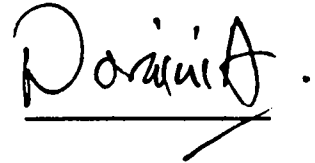
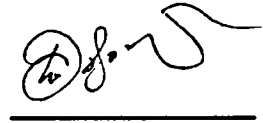
A.



CHRISTIE PERITOS

HS 2004 - 3109



DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA****(Puan Noraini Abdullah)**
_____**2. PEMERIKSA 1****(Prof. Madya Dr. Ho Chong Mun)**
_____**3. PEMERIKSA 2****(Puan Darmesah Gabda)**
_____**4. DEKAN****(SUPT./KS Prof. Madya Dr. Shariff A.K Omang)**
_____

PENGHARGAAN

Di kesempatan ini, saya ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa kerana atas berkatnya, maka usaha gigih selama hampir dua semester akhirnya membuahkan hasil yang cukup memberangsangkan. Setinggi-tinggi penghargaan didedikasikan khas kepada Puan Noraini Abdullah selaku penyelia yang telah banyak memberikan bimbingan dan tunjuk ajar kepada saya di sepanjang proses menyiapkan disertasi ini. Segala cadangan yang bernas dan teguran yang membina daripada beliau membantu saya lebih gigih dan tekun untuk menjayakan kajian ini. Saya juga ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan terutamanya rakan karib saya, Cik Ferecilah binti Lumbasi yang telah banyak memberikan sokongan dan dorongan pada saat-saat saya berhadapan dengan pelbagai masalah terutama sekali ketika dalam proses menganalisis data. Turut tidak dilupakan, saya juga sangat berterima kasih kepada ibu saya, Puan Juliana Godon yang selalu memberikan nasihat dan sokongan moral serta membantu saya dari segi kewangan. Akhir kata, jasa baik anda semua, sama ada yang terlibat secara langsung ataupun tidak langsung amatlah dihargai. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Sedimentasi atau pengumpulan mendapan merupakan proses semulajadi yang dipengaruhi oleh proses geomorfologi dan kitaran hidraulik yang sentiasa berlaku di tebing sungai. Maka dengan itu, objektif utama kajian ini adalah untuk mendapatkan satu model terbaik yang boleh mewakili jumlah penghasilan sedimen. Model terpilih akan diperoleh menggunakan analisis regresi berganda dan model terbaik akan diperoleh melalui lapan kriteria pemilihan model. Dalam kajian ini, pembolehubah interaksi diambil kira sehingga tertib ketiga dan didapati bahawa pembolehubah interaksi peringkat tinggi adalah signifikan. Peringkat awal kajian memperlihatkan kelemahan data kajian di mana terdapatnya nilai-nilai yang tidak tercerap. Untuk mengatasi kelemahan ini, kaedah kubik splin telah digunakan untuk menganggarkan nilai yang tidak tercerap tersebut. Terdapat lima pembolehubah tidak bersandar yang mempengaruhi jumlah penghasilan sedimen. Tiga ujian dijalankan ke atas parameter setelah model terbaik diperolehi iaitu Ujian Individu, Ujian Keseluruhan dan Ujian Wald. Seterusnya adalah Ujian kerawakan yang bertujuan untuk menguji sama ada ralat tertabur secara rawak atau tidak, sekaligus dapat membuktikan bahawa model terbaik memang layak dipilih sebagai model yang terbaik untuk mewakili jumlah penghasilan sedimen.

ABSTRACT

Sedimentation or solid suspension is a natural process that is affected by the geomorphology process and the hydraulic cycle that happen at the river banks. The main purpose of this research mainly is to obtain the best model to represent the amount of sediment. In this research, the multiple regressions method is used to obtain the selected model. Then, the eight model selection criteria will be used to gain the best model. The interaction factor affecting the amount of sediment is taken into consideration. Analysis up to the third order of interaction is considered. While the analysis is carried out, the model selected is analysed to see the effects and trends of the interaction. So, this research can show the characteristics of the variables and the significance of the higher order interaction variables. However, the weaknesses of this research are the missing value problem and cubic spline method is used to estimate this missing value. There are five independent variables which is significance to the dependent variable. Then, there are three tests to be conducted in this research which are the Individual Test, Global Test and Wald Test. The randomness test is carried out to test the residual whether it is random or not, and it can proving that the model obtained is a good model to represents the amount of sediment.

KANDUNGAN

		Muka Surat
PENGAKUAN		ii
PENGESAHAN		iii
PENGHARGAAN		iv
ABSTRAK		v
ABSTRACT		vi
SENARAI KANDUNGAN		vii
SENARAI JADUAL		x
SENARAI RAJAH		xii
SENARAI SIMBOL		xiii
BAB 1	PENDAHULUAN	
1.1	Pengenalan	1
1.2	Sungai	1
	1.2.1 Pembentukan Sungai	3
	1.2.2 Profil Panjang Sungai	4
	1.2.3 Profil Rentas Sungai	4
1.3	Proses dan Bentuk Bumi Lembangan Saliran	5
	1.3.1 Hakisan Sungai	5
	1.3.2 Cara Hakisan Sungai	8
	1.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hakisan Sungai	9
1.4	Fenomena Banjir	12
	1.4.1 Faktor-Faktor Berlaku Fenomena Banjir	13
	1.4.2 Kesan-Kesan Banjir	14
	1.4.3 Usaha Mengatasi Fenomena Banjir	16
1.5	Sedimentasi	17
1.6	Skop Kajian	19
1.7	Objektif Kajian	19
BAB 2	ULASAN LITERATUR	
2.1	Pengenalan	21
2.2	Pengenalan kepada Proses Geomorfologi	21



2.2.1	Konfigurasi Bentuk Muka Bumi	22
2.2.2	Taburan Daratan dan Lautan	22
2.3	Kajian tentang Sungai	23
2.3.1	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sedimentasi	24
2.4	Model Kolmogorov	27
2.5	Analisis Siri Masa Berganda	28
2.6	Rantai Markov	29
2.7	Kajian Tentang Regresi	29
BAB 3	METODOLOGI	
3.1	Pengenalan	32
3.2	Koleksi Data	33
3.3	Pembolehubah	33
3.4	Analisis Diskriptif	34
3.5	Matriks Korelasi Berganda	36
3.5.1	Kelinearan Berganda	40
3.6	Kaedah Kuasa Dua Terkecil	43
3.6.1	Penganggar Kuasa Dua Terkecil	44
3.7	Kaedah (R^2)/Pengubahsuaian R^2 (\bar{R}^2)	47
3.8	Kaedah Regresi Berganda	49
3.9	Pengujian Hipotesis	59
3.10	Ujian Kerawakan	64
3.11	Kubik Splin	66
3.11.1	Kebaikan Kubik Splin	69
3.11.2	Keburukan Kubik Splin	70
3.12	Kriteria Pemilihan Model	71
3.13	Residual	73
BAB 4	ANALISIS DISKRIPTIF	
4.1	Pengenalan	75
4.2	Pembolehubah Data	76
4.3	Kaedah Kubik Splin	76
4.4	Penjelmaan Data	77



4.4.1	Pembolehubah Bersandar, Y	78
4.4.2	Pembolehubah Tidak Bersandar, X_1	80
4.4.3	Pembolehubah Tidak Bersandar, X_2	82
4.4.4	Pembolehubah Tidak Bersandar, X_3	84
4.4.5	Pembolehubah Tidak Bersandar, X_4	86
4.4.6	Pembolehubah Tidak Bersandar, X_5	89
4.5	Matriks Pekali Korelasi	91
BAB 5	ANALISIS DATA DAN KEPUTUSAN	
5.1	Pengenalan Kepada Keputusan	95
5.2	Analisis Regresi Berganda	96
5.3	Pemilihan Model Terbaik	106
5.4	Pengujian Hipotesis	109
	5.4.1 Ujian Individu	109
	5.4.2 Ujian Keseluruhan	112
	5.4.3 Ujian Wald	115
5.5	Residual	117
5.6	Ujian Kerawakan Residual	118
BAB 6	PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN	
6.1	Pemilihan Model	121
6.2	Kesan Penghapusan Pembolehubah Bererti	121
6.3	Kesan Interaksi Peringkat Tinggi	122
6.4	Kewujudan Pembolehubah Yang Sama	123
6.5	Model Terbaik	124
6.6	Masalah dan Cadangan	125
6.7	Kesimpulan	126
RUJUKAN		128
LAMPIRAN		133



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
1.1 Senarai sungai-sungai di Malaysia	2
1.2 Pengkelasan saiz pasir	18
3.1 Kewujudan multikolariti menggunakan matriks koefisien korelasi	42
3.2 Pengiraan untuk menentukan jumlah model yang terlibat bagi lima model asal	51
3.3 Jadual ANOVA	62
4.1 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah bersandar, Y.	78
4.2 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah tidak bersandar, X_1	80
4.3 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah tidak bersandar, X_2	82
4.4 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah bersandar, X_3	84
4.5 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah bersandar, X_4	86
4.6 Nilai Kepencongan bagi pembolehubah tidak bersandar, X_4 yang telah dijelmakan kepada "LN"	87
4.7 Ujian kenormalan Kolmogrov-Smirnov dan Shapiro-Wilks untuk pembolehubah bersandar, X_5	89
4.8 Matriks korelasi di antara semua pembolehubah	92
5.1 Jadual pekali bagi M29	97
5.2 Jadual pekali bagi M8	97
5.3 Jadual pekali bagi M1	98
5.4 Jadual pekali bagi M47	99
5.5 Jadual pekali bagi M47.1	100



5.6	Jadual pekali bagi M47.2	101
5.7	Jadual pembolehubah bagi M47.3	102
5.8	Jadual pekali bagi M80	103
5.9	Output bagi analisis regresi berganda selepas penyingkiran semua pembolehubah yang tidak signifikan daripada M80	104
5.10	Ringkasan model terpilih	105
5.11	Jadual pekali bagi M78.16	108
5.12	Jadual pekali bagi M78.16	112
5.13	Jadual pekali bagi M78.16	113
5.14	Jadual ANOVA bagi M78.16	113
5.15	Jadual ANOVA bagi M78	115
5.16	Jadual ANOVA bagi M78.16	116



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
3.1 Zon penerimaan dan penolakan bagi taburan t , ujian 2 hujung	61
3.2 Zon penolakan bagi taburan t , ujian 2 hujung	65
3.3 Graf Kubik Splin	67
4.1 Plot normal Q-Q bagi Y	79
4.2 Gambarajah histogram bagi Y	79
4.3 Plot normal Q-Q bagi X_1	81
4.4 Gambarajah histogram bagi X_1	81
4.5 Plot normal Q-Q bagi X_2	83
4.6 Gambarajah histogram bagi X_2	83
4.7 Plot normal Q-Q bagi X_3	85
4.8 Gambarajah histogram bagi X_3	85
4.9 Plot normal Q-Q bagi X_4	88
4.10 Gambarajah histogram bagi X_4	88
4.11 Plot normal Q-Q bagi X_5	90
4.12 Gambarajah histogram bagi X_5	90
4.13 Matriks <i>scatter plot</i> antara enam pembolehubah	93
5.1 Plot Nilai Jangkaan melawan Y	118
5.2 Plot Residual melawan Bilangan Sampel	119
5.3 Graf menunjukkan kawasan penolakan hipotesis nol	120
6.1 Plot Residual melawan Bilangan Sampel	125

SENARAI SIMBOL

α	alfa
β	beta
$^{\circ}\text{C}$	darjah celcius
ϵ	epsilon
km	kilometer
km^2	kilometer persegi
l	liter
m	meter
m^3	meterpadu
mg	milligram
mm	millimeter
ρ	rho
σ	sigma



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Secara umumnya, sungai merupakan laluan air semulajadi yang menjadi medium untuk memindahkan dan menyebarkan air menerusi landskap daripada suatu kawasan dengan paras ketinggian yang tinggi ke paras kawasan ketinggian yang rendah dan kebiasaannya laluan air sungai akan berakhir di tasik ataupun di lautan. Kenyataannya, sungai adalah satu komponen yang utama dalam proses kitaran air yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan mendapan atau bahan sedimen.

1.2 Sungai

Sungai merupakan nadi sumber air semulajadi yang boleh menyumbangkan bencana dan malapetaka akibat daripada kecuaiian manusia yang tidak menguruskan sungai dengan baik dan sempurna. Jadual berikutnya adalah antara senarai sungai-sungai yang terdapat di Malaysia.

Jadual 1.1 Senarai sungai-sungai di Malaysia (Rosnah *et al.*, 2007).

BIL.	NEGERI	NAMA SUNGAI	PANJANG SUNGAI (km)	LUAS LEMBANGAN (km²)
1.	Perlis	Perlis	9.5	505
2.	Kedah	Sungai Petani	12	37.5
3.	P. Pinang	Pinang	3.1	37.5
4.	Perak	Kinta	20	555
5.	Selangor	Penchala	12	14
6.	W. Persekutuan	Penchala	12	14
7.	N. Sembilan	Temiang Diversion	9	34
8.	Melaka	Melaka	39	608
9.	Johor	Skudai	52.8	325
10.	Pahang	Galing	7	22.65
11.	Terengganu	Hiliran	5.5	6.4
12.	Kelantan	Lubok Mulong	10	25
13.	Sarawak	Bintagor	-	-
14.	Sabah	Papar	60	770

Aktiviti-aktiviti pembangunan pesat negara dan proses urbanisasi telah mendedahkan sungai kepada pelbagai tekanan yang kadangkala tidak dapat ditanggung oleh sungai. Maka berlakulah situasi seperti masalah banjir, pencemaran dan kemerosotan kualiti air, kekurangan sumber air, hakisan tebing dan dasar sungai, persoalan institusi (persempadanan kawasan pentadbiran) yang melibatkan masalah setinggan dan perbalahan undang-undang untuk menguruskan sungai (Ghosh, 1997).

1.2.1 Pembentukan Sungai

Proses pembentukan sungai melibatkan beberapa fasa yang melihat peranan hujan sebagai sumber utama yang memberikan pengaruh yang cukup relevan terhadap pembentukan sungai. Hujan yang turun di permukaan bumi sebahagiannya akan tersejat semula ke udara dan selebihnya akan meresap ke dalam tanah-tanah.

Amnya, menurut (Rosnah *et al.*, 2007), air yang mengalir di permukaan bumi dikenali sebagai larian permukaan. Larian permukaan yang mengalir turun dari suatu cerun akan menghakis cerun tersebut dan membentuk alur-alur kecil. Alur-alur ini akan bercantum dan membentuk anak sungai. Anak-anak sungai pula akan bertemu dengan anak-anak sungai yang lain dan membentuk sungai. Apabila terdapat batuan telap air di atas batuan tidak telap air, maka air bawah tanah yang sampai ke lapisan tidak telap air akan bertakung di sini. Oleh sebab wujudnya tekanan, maka air tersebut akan mengalir keluar ke permukaan bumi sebagai mata air. Air yang mengalir ini akan membentuk alur sungai.

1.2.2 Profil Panjang Sungai

Profil panjang sungai merujuk kepada kawasan sungai yang bermula di tanah tinggi hinggalah ke laut dan mengambil kira bentuk lembah dari satu poin ke satu poin tertentu di sepanjang lembah sungai. Selain itu, ia juga menggambarkan sifat kecerunan bahagian dasar sungai serta gangguan yang terdapat di sepanjang sungai yang menjadikan dasarnya tidak rata.

Profil panjang sungai menyetengahkan bentuk yang licin dan sebahagian daripadanya terganggu oleh kehadiran takat terjun, air terjun, jeram, tasik dan paya yang terdapat di sepanjang sungai. Ia dibahagikan kepada tiga peringkat iaitu peringkat muda (bahagian hulu sungai), peringkat dewasa (bahagian tengah aliran sungai) dan peringkat tua (bahagian hilir atau muara sungai) (Rosnah *et al.*, 2007).

1.2.3 Profil Rentas Sungai

Menurut Arthur (2001), profil rentas sungai merupakan gambaran bentuk lembah sungai dari satu tebing ke satu tebing di mana-mana bahagian sungai. Perbezaan sifat lembah sungai ini dipengaruhi oleh aktiviti yang berlainan iaitu hakisan, pengangkutan dan pemendapan yang dipengaruhi oleh struktur geologi, sifat batuan, proses yang terdapat dalam lembah sungai, kecerunan kawasan yang dilalui, iklim dan tindakan glasier.

1.3 Proses dan Bentuk Bumi Lembangan Saliran

Hakisan merupakan proses penggondolan dan kikisan yang dialami oleh permukaan bumi akibat tindakan agen yang bergerak seperti air mengalir, angin dan ombak. Penggondolan melibatkan hakisan, pengangkutan dan pemendapan sedimen atau beban di kawasan cerun ke kawasan yang lebih rendah. Kadar penggondolan dipengaruhi oleh bentuk muka bumi, tekstur batuan, iklim, tumbuh-tumbuhan, tindakan haiwan dan aktiviti manusia yang berlaku dalam tempoh masa yang panjang. Hakisan terjadi kerana adanya tenaga kinetik dan geseran semasa agen hakisan bergerak menuruni cerun permukaan bumi (Arthur, 2001).

1.3.1 Hakisan Sungai

Hakisan sungai dibahagikan kepada tiga jenis iaitu (Rosnah *et al.*, 2007) :

- a) Hakisan mendalam
- b) Hakisan melebar
- c) Hakisan mengundur

Hakisan Mendalam

Sungai di peringkat muda mempunyai cerun yang curam. Oleh itu, hakisan dasarnya berlaku dengan begitu pesat sekali berbanding dengan hakisan tebingnya untuk menghasilkan lurah sungai berbentuk V. Proses lelasan menegak yang berterusan membentuk jurang yang dalam dan sempit dan bahagian tepi yang hampir menegak.

Akhirnya jurang tersebut bertukar menjadi gaung kerana hakisan geselan ke arah bawah yang berterusan. Oleh itu, sungai kelihatan memenuhi hampir keseluruhan dasar gaung dengan bahagian dinding yang curam naik menegak dari tepian air. Hakisan yang berlaku di dasar sungai berlaku secara menegak dan hakisan mendalam melibatkan proses pemotongan dasar lurah oleh sungai.

Hakisan Melebar

Hakisan melebar bermula apabila sesebuah sungai sudah tidak berupaya lagi menjalankan aktiviti rataan akibat penurunan cerun. Keadaan ini menyebabkan halaju sungai mula menjadi perlahan dan berlaku gangguan pergerakan air sungai. Di peringkat awal dewasa, hakisan melebar dan pengangkutan bahan menjadi kegiatan utama sungai. Lembah sungai mulai bertambah lebar, cerunnya mula menjadi landai dan kemudiannya akan memperlahankan halaju pergerakan ke sungai. Oleh itu, proses pemotongan ke bawah akibat hakisan mulai berkurangan diimbangi oleh proses hakisan melebar.

Beban sungai bertambah hasil daripada penambahan beban oleh cawangannya di samping kegiatan menghakis lembahnya sendiri. Kecerunan yang berkurangan dengan beban yang bertambah akan menyebabkan sungai lebih cenderung untuk melebarkan alurnya dengan menghakis bahagian sisinya. Hakisan melebar lebih nyata kelihatan pada cerun cekung kerana arusnya yang kuat menggalakkan sungai berlaku.

Sesebuah sungai cenderung untuk melenggang dari tepi ke tepi. Sungai yang bengkok-bengkok ini dikenali sebagai likuan. Keadaan ini berlaku disebabkan arus sungai mengalir berbelok-belok dan melanggar bahagian tepinya untuk menggalakkan

proses hakisan. Hakisan yang berlaku adalah dalam bentuk lelasan melebar, langgaran tebing dan tindakan hidraul. Oleh itu, menurut Rosnah *et al.* (2007) lagi, berlakulah runtuh tebing di bahagian cerun cekung dan proses pempendapan berlaku di cerun cembung. Proses likuan dipergiatkan oleh jumlah aliran yang bertambah besar, cerun yang landai, beban dasar yang kecil dan lurah sungai yang bertambah lebar. Hakisan melebar juga menjadi lebih aktif semasa banjir kerana setiap satu kali ganda isipadu air sungai bertambah, kadar hakisan akan berganda sebanyak 10 kali berbanding hakisan asal. Akibatnya, tebing sungai akan runtuh selepas berlakunya banjir.

Hakisan Mengundur

Proses unduran sungai berlaku disebabkan hakisan ke belakang yang mengakibatkan berlakunya proses pemotongan dasar lurah sungai ke hulu sehingga menyebabkan lurah sungai semakin memanjang ke arah hulu. Rosnah *et al.* (2007), mengatakan bahawa hakisan berlaku ke arah hulu sungai atau ke belakang sungai kerana adanya takat terjun seperti air terjun dan jeram. Apabila air terjun jatuh ke pangkal dasar alur, ia akan menghakis dan mengorek pangkal dasar alur berkenaan sehingga mewujudkan satu bahagian tebing atas alur yang tidak mempunyai daya tampungan.

Melalui proses pergerakan jisim, bahagian yang tidak mempunyai daya tampungan tadi akan jatuh ke dalam alur sungai. Keadaan ini menyebabkan pangkal alur sungai akan mengundur dan memanjang ke belakang. Sekiranya unduran ini di dalam alur sungai yang berdekatan, maka akan wujud kejadian tawanan sungai dan sungai balik muda.

1.3.2 Cara Hakisan Sungai

Sungai menghakis melalui beberapa cara. Antaranya termasuklah :

- a) Tindakan hidraul
- b) Geseran atau lelasan
- c) Lagaan
- d) Larutan

Tindakan Hidraul

Hempasan ke atas rekahan pada batuan di tebing dan dasar sungai menyebabkan udara dalam batuan terhimpit dan dimampatkan. Proses pemampatan udara menyebabkan rekahan mengalami tekanan yang tinggi dan menyebabkannya menjadi semakin membesar. Apabila air sungai keluar daripada rekahan, mampatan udara tadi akan dilepaskan. Proses yang berulang-ulang ini menyebabkan batuan pecah. Contohnya, batuan di kawasan air terjun yang mengalami hakisan tindakan hidraul oleh air sungai melalui hempasan atau rempuhan aliran sungai itu terhadap batuan yang mempunyai struktur yang lemah. Tindakan ini menjadi lebih berkesan apabila ada turbulen atau *eddies* yang menghasilkan olak-olak air yang kuat (Rosnah *et al.*, 2007).

Geseran/Lelasan

Rosnah *et al.* (2007), juga menyatakan bahawa bahan muatan sungai yang terdiri daripada pasir dan kerikil akan bergeser dengan tebing dan dasar sungai. Beban muatan yang besar dan berat akan menghakis dasar sungai dengan lebih berkesan. Begitu juga jika aliran air sungai deras dan bahan muatan sungai yang bertambah akan menjadikan proses lelasan lebih giat. Hakisan lelasan merupakan hakisan sungai

dengan menggunakan beban yang dibawanya untuk menghakis dasar dan tebing sungai.

Lagaan

Bahan muatan sungai yang diangkut terdiri daripada pelbagai jenis dan saiz yang berbeza. Bahan yang bersaiz kecil akan berlaga, melanggar batuan yang lebih besar atau berlaga sesama sendiri sehingga menyebabkan saiznya semakin mengecil. Beban muatan ini juga akan berlaga dengan batuan di tebing dan dasar sungai.

Larutan

Arthur (2001), pula menyatakan bahawa proses tindak balas secara kimia antara air sungai dengan batuan dasar atau tebing menyebabkan bahan kimia pada batuan tersebut larut di dalam air sungai. Larutan air sungai akan bertindak balas secara kimia dengan mineral batuan yang mudah larut seperti batu kapur yang mengandungi mineral magnesium dan natrium. Keadaan ini menyebabkan struktur batuan tersebut terganggu dan akhirnya mengalami penyepaian.

1.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hakisan Sungai

Proses hakisan sungai bergantung kepada pelbagai faktor. Keamatan hakisan bergantung kepada faktor-faktor yang saling mempengaruhi antara satu sama lain.

Faktor-faktor tersebut ialah :

- a) Keecerunan dan halaju sungai
- b) Isipadu air sungai
- c) Jenis dan sifat batuan

- d) Bahan muatan
- e) Halangan

Kecerunan dan Halaju Sungai

Jika aliran sungai deras dan kuat, ia mampu untuk mengangkut beban sungai dan lebih giat melakukan hakisan. Aliran air yang deras dipengaruhi oleh faktor kecerunan yang curam, isipadu air yang banyak dan alur sungai yang lurus. Halaju sungai akan semakin berkurangan sekiranya kecerunan semakin landai, isipadu air semakin kurang dan alur sungai berliku-liku. Kecerunan sungai yang semakin curam di suatu alur sungai, misalnya pada sudut kecerunan melebihi 40 darjah akan mempengaruhi halaju air dalam alur sungai yang menjadi semakin deras dan kuat. Sebaliknya, jika cerun semakin landai dan kurang 5 darjah akan menyebabkan aliran menjadi semakin perlahan (Rosnah *et al.*, 2007).

Halaju sungai paling tinggi di bahagian tengah permukaan alur sungai kerana bahagian ini paling dalam dan paling jauh dari rintangan tebing dan dasar lurah. Bagi sungai yang lurus, halaju maksimum terletak pada bahagian tengah alur tetapi bagi sungai yang berliku, zon halaju maksimum beralih ke tebing sebelah luar dan halaju minimum di tebing bahagian dalam liku. Hal ini penting dalam proses hakisan melebar alur sungai dan perubahan corak hakisan sungai.

Isipadu Air Sungai

Isipadu air sungai yang banyak dengan bantuan tenaga sungai yang kuat akibat pengaruh kecerunan yang tinggi akan menyebabkan beban sungai mudah diangkut dan giat melakukan hakisan. Isipadu sungai biasanya bertambah apabila sungai utama

Rujukan

- Abdul, R. A. 1990. *Pengiraan Berangka*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Akaike, H. 1970. Statistical predictor identification. *Annals Institute of Statistical Mathematics*. 22: 203-217.
- Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. *IEEE Trans Auto Control*. 19: 716-723.
- Ana, M. P. A. and Fernando, A. L. P. 2006. Infiltration in the Corgo River basin (northern Portugal) : coupling water balances with rainfall-runoff regression on a monthly basis. *Journal of Hydrological Sciences* 51(6), 989-1001.
- Arthur, E. W. 2001. *River Hydraulics*. New York, 1-5.
- Bluman, A. G. 2004. *Elementary Statistics: A Step by Step Approach*. 5th Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Coakes, S. J. 2005. *SPSS version 12.0 for windows*. Sydney: John Wiley & Sons.
- Cope, M. W. and Gary, B. G. 2003. Reduction in Fluvial Sediment Discharge by Coastal Dams in California and Implications for Beach Sustainability. *The Journal of Geology*. 111 : 167- 180.
- Craven, P. and Wahba, G. 1979. Smoothing noisy data with spline functions. *Numerical Mathematics*. 13: 377-403.

- Davidson, R. and Mackinnon, J.G. 2004. *Econometric Theory and Methods*. New York: Oxford University Press.
- Deborah, C. 1992. *Water Quality Assessments*. New York, 1-305.
- Dougherty, C. 2002. *Introduction to Econometrics*. Ed 2nd. New York: Oxford University Press.
- Ghosh, S. N. 1997. *Flood Control and Drainage Engineering*. Ed 2nd. United States, 1-26.
- Giordano, F. R., Weir, M. D. and Fox, W. P. 1997. *A First Course in Mathematical Modelling*. 2nd Edition. New York: An International Thomson Publishing Company.
- Hannan, E. J. & Quinn, B. 1979. The determination of the order of an autoregression. *Journal of Royal Statistics, Society, Series. B41*: 190-195.
- Isabelle, C. and Maurice, R. 1999. *Sedimentology*. Paris, 1.
- Ismail, B. M. 2007. Unimodality tests for globalization of single variable function using statistical method. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*. 1(2): 1- 11.
- Jacquard, J., Robert, T., and Choi, K. W. 1990. *Interaction Effects in Multiple Regressions*. Newbury Park, California: SAGE Publication.
- Kamarulzaman, I. & Mohd. K. S. 2000. *Kaedah Regresi*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.

- Kates, R.W. and Burton, I. 1986. *Geography, Resources and Environment*. Volume 1: Selected writings of Gilbert F. White. US : The University of Chicago Press.
- Knighton, D. 1984. *Fluvial form and processes*. London: Edward Arnold, (Publishers) Ltd.
- Kolmogorov, A.N. 1951. Solution of a problem in probability theory connected with the problem of the mechanism of stratification. *Am. Math. Soc. Transl.* No. 53 : 171-177.
- Lardaro, L. 1993. *Applied Econometrics*. New York: HarperCollins College Publishers.
- Lowe, D. R. 1979. *Sediment gravity flows : Their classification and some problems of applications to natural flows and deposits*. SEPM Spec. Pub. 27, 75-82.
- Mohd. Nawi, A. R. 2001. *Asas Statistik*. Ed. Ke-4. Serdang: Universiti Putra Malaysia.
- Mokhtar, A. 1994. *Analisis Regresi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mokhtar, A. and Zainodin, H. J. 1987. *Kebarangkalian dan Statistik Untuk Jurutera dan Ahli Sains.* Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Paul, N., William, L. C. and Betty, M. T. 2003. *Statistics for Bussiness and Economics*, New Jersey.
- Pierre, Y. J. 1994. *Erosion and Sedimentation*. US, 1-232.
- Przedwojski B., Błażejowski R. and Pilarczyk K.W. 1995. *River Training Techniques : Fundamental, Design and Applications*. Netherlands, 1-66.
- Quenouille, M.H. 1957. *The Analysis of Time Series*. London, 104.

- Ramanathan, R. 2002. *Introductory Econometrics with Applications*. Ed 5th. Ohio, United States: South Western, Thomson Learning.
- Read, W.A. 1969. Analysis and simulation of Namurian sediments in Central Scotland using Markov-process model. *Journal of Association Mathematical Geology* 1, 199-219.
- Rice, J. 1984. Bandwidth Choice for nonparametric Kernel Regressions. *Annals of Statistics*. 12: 1215-1230.
- Rosnah, H. S., Shukri, S. dan Che, Z. S. 2007. *Teks dan Rujukan Lengkap Geografi Fizikal STPM dan Pra-U*. Selangor, 94-103.
- Rudolf, B. and Zbigniew, W. K. 2006. Special issue : Historical Hydrology. *Hydrological Sciences Journal* 51(5), 733-759.
- Schmidt, S. J. 2005. *Econometrics*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Schwarz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. *Annals of statistics*. 6: 461-464.
- Shibata, R. 1981. An optimal selection of regression variables. *Biometrika*. 68(1): 45-54.
- Sunil, C. D., John W. R., David, M. F. dan Yahya, A. G. Rainfall and Streamflow Response to El Nino Southern Oscillation : A Case Study in a Semiarid Catchment, Australia. *Hydrological Sciences Journal* 51(6), 1007-1018.
- Thierry, M. and Syvitski, J. P. M. 1996. Climatic and Morphologic Relations of Rivers : Implication of Sea-Level Fluctuations on River Loads. *The Journal of Geology* 104, 508-519.

Tjia, H. D. 1987. *Geomorfologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Wessel, J., Grijns, L.C. and Ankum, P. 1989. *Integrated river basin management : legal, organization and planning aspect*. Delft.