

BAB 4

METODOLOGI KAJIAN.

4.1. PENGENALAN.

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi penyelidikan yang telah dijalankan. Ia merangkumi pembolehubah kajian, rekabentuk persempalan, kajian lapangan, kajian makmal kaedah statistik. Penumpuan utama bab ini ialah cuba membincangkan bagaimana kerja-kerja pengutipan data dan penganalisaan dibuat. Secara umumnya data-data dalam kajian ini diperolehi daripada dua punca utama iaitu **data sekunder** dan **data primer** yang merupakan data daripada kajian makmal dan lapangan. Pembahagian analisis dalam kajian sebegini memerlukan pengeksploitasian sumber-sumber data tersebut (Goudie, A., et al. 1981).

Data-data sekunder diperolehi daripada beberapa sumber-sumber percetakan kerajaan dan kajian-kajian yang lepas. Keseragaman ciri-ciri semulajadi dalam kajian ini adalah merupakan asas kepada analisis seterusnya kerana untuk memastikan tidak terdapat gangguan kepada pembolehubah-pembolehubah dan sekiranya berlaku ianya akan mengakibatkan berbagai variasi terhadap hasil pencerapan data. Untuk menunjukkan keseragaman ciri-ciri alam sekitar fizikal kawasan kajian, maka sumber data seperti kadar turunan hujan bulanan bagi jangkamasa yang panjang telah diperolehi daripada Ibu Pejabat Jabatan Kajicuaca Malaysia untuk tiga stesen kajicuaca yang berhampiran dengan

kawasan kajian. Data sejatan diperolehi daripada Jabatan Pengairan dan Saliran bagi tempoh dua puluh tahun.

Untuk menunjukkan keseragaman dan penjenisan tanah, maklumat mengenainya diperolehi daripada Jabatan Pertanian Negeri Selangor dan pengkaji turut serta menjalankan kajian secara rambang diperingkat lapangan kawasan kajian. Tumpuan kajian dan pengutipan sampel dibuat di sekitar kawasan Taman Pertanian Bukit Cerakah. Penjenisan hutan dan spesis pokok diperolehi daripada lapuran spesis kayu oleh Jabatan Perhutanan Selangor. Peta Geologi Selangor telah diperolehi daripada Jabatan Geologi Malaysia. Selain daripada itu rujukan juga dibuat daripada kajian-kajian lepas yang berkaitan seperti Eyles (1966, 1968 dan 1971); Goh Kim Chuan (1972); Peh (1986) dan Low (1968).

4.2 PEMBOLEHUBAH KAJIAN.

Pembolehubah kajian boleh dibahagikan kepada dua, iaitu pembolehubah gerakbalas iaitu **luahan aliran minimum** dan pembolehubah **geomorfometri** lembangan yang melibatkan ciri-ciri geomorfometri sesebuah lembangan.

Umumnya dari segi pembolehubah gerakbalas iaitu luahan bagi sesebuah sungai dapat dibahagikan kepada tiga peringkat aliran atau luahan dalam jangkamasa setahun. Ianya terdiri daripada Luahan Puncak (Flood Flow) yang lazimnya banjir, Luahan Biasa (Average Annual Flow) dan Luahan Aliran Minimum (Low Flow). Bagaimanapun

penyelidikan ini hanya mengambilkira luahan diperingkat luahan aliran minimum kerana luahan ini tidak menunjukkan perbezaan yang ketara dalam bulan-bulan kajian dijalankan, khususnya dari segi isipadu, halaju serta ianya boleh dikatakan selenjar (constant) dalam masa kajian lapangan dilaksanakan. Kejadian luahan aliran minimum ini dapat dikaitkan apabila jumlah hari turunan hujan berkurangan dalam tempoh masa tertentu, manakala air yang dikekalkan untuk luahan sungai semulajadi dalam jangkamasa panjang adalah datangnya daripada luahan air bawah tanah. Simpanan air semulajadi di dalam komponen geologi dan penggeluaran air yang tersimpan ini menentukan sifat-sifat sungai luahan aliran minimum.

Pengutipan data pembolehubah gerakbalas dan pembolehubah geomorfometri lembangan saliran dibuat daripada lima belas (15) buah lembangan tertib tiga di kawasan kajian yang mempunyai keluasan dari 0.583 kilometer hingga 2.2 kilometer persegi, rujuk Peta 4.1. Pengutipan data-data geomorfometri adalah penting kerana keseragaman ciri-ciri lain lembangan menyebabkan luahan adalah berfungsi kepada geomorfometri mengikut kajian Schumm daripada J.R. Hails (1977). Untuk mengutip data-data yang berhubung dengan luahan aliran minimum (gerakbalas) maka penentuan masa tertentu telah dibuat untuk memenuhi tajuk penyelidikan iaitu **luahan aliran minimum**.

Oleh itu analisis dan pembacaan jangka panjang dibuat di tiga stesen kajicuaca yang terdekat dan didapati dalam tempoh setahun terdapat beberapa bulan di mana kadar hujan berkurangan. Bagi tujuan itu kajian lapangan telah dilaksanakan selama tiga bulan iaitu bermula daripada bulan **Jun, Julai** dan **Ogos**. Semakan bacaan luahan juga dibuat pada bulan **Februari**. Keempat-empat bulan ini mengalami kadar hujan yang sedikit dan bekalan air sungai lazimnya datang daripada sumber air tanah dan akar-akar pokok. Sekiranya terdapat pengeksploitasian sumber semulajadi ini, secara tidak langsung ianya akan mempengaruhi luahan aliran minimum.

Analisis geomorfometri dan gerakbalas lembangan saliran secara khususnya menekankan penggunaan konsep dan takrif **geomorfometri** kerana ianya mempunyai maksud yang sungguh bererti. Perkataan **morfometri** pada asalnya digunakan kepada analisis data-data numerikal bagi pandang darat muka bumi yang hanya terdapat daripada peta topografi. Bagaimanapun definisi ini telah diperluaskan penggunaannya yang merangkumi semua penggunaan sumber data yang diperolehi daripada kajian lapangan dan gambar udara (Gardiner, 1975).

Lembangan saliran merupakan sebuah unit yang mudah untuk mendapatkan data-data morfometri bagi tujuan ilmiah khasnya kajian Geomorfologi dan Hidrologi (D.I. Smith dan P. Stopp, 1978). Selain daripada itu ciri-ciri yang

terdapat di lembangan saluran merupakan 'facet' yang dibentuk oleh kegiatan air yang mengalir serta merupakan suatu ruang bagi proses-proses bertindak. Untuk merumuskan dan tumpuan kepada sifat-sifat geomorfometri lembangan yang berdasarkan ukuran ianya dapat diklassifikasikan kepada **Jaringan Saliran, Geometri Lembangan, Keamatan Pengelaran dan Ketinggian/Kecuraman** (Jadual 4.1).

Walaupun penklassifikasian berdasarkan jadual 4.1 telah dijadikan asas pengukuran tetapi untuk melihat sifat-sifat geomorfik lembangan saluran, beberapa kaedah lain telah diperkenalkan, antaranya yang terawal telah dibuat oleh Horton (1945) dan kemudiannya telah diubahsuaikan oleh Strahler (1958) yang berasaskan kepada sifat lurus (linear) alur sungai, sifat-sifat meluas (areal) dan sifat ketinggian relief. Dalam analisis sifat-sifat linear di atas dasar unjuran sistem alur sungai kepada ufuk atau planimetrik iaitu ukuran di dalam satu satah. Untuk sifat areal juga bersifat planimetrik di mana sifat keluasan merupakan dua dimensi iaitu hasil panjang dan lebar, manakala garisan hanya mempunyai satu dimensi iaitu panjang. Sifat-sifat yang berhubung dengan relief merujuk kepada ketinggian bandingan titik-titik pada permukaan dan garisan berbanding dengan aras ufuk. Sifat relief boleh digambarkan sebagai berkaitan dengan dimensi ketiga, menegak dari aras ufuk di mana ukuran planimetrik dibuat. Oleh kerana pengklasifikasian Strahler telah

PEMBOLEHUBAH	SIMBOL	UNIT	DIMENSI
Jaringan Saliran			
Tertib Sungai	U	enumeratif	0
Bilangan Sungai Tertib 'U'	N_u	enumeratif	0
Jumlah Bilangan Sungai Dalam sesebuah Lembangan Tertib 'U'	$(\sum N)_u$	enumeratif	0
Nisbah Bifurkasi	$R_b = N_u / N_{u+1}$	enumeratif	0
Jumlah Panjang Sungai dalam Tertib 'U'	L_u	Kilometer/batu	L
Purata Panjang Sungai dalam Tertib 'U'	$\bar{L}_u = L_u / N_u$	Kilometer/batu	L
Jum. Panjang Sungai didalam tertib 'U'.	$(\sum L)_u = L_1 + L_2 \dots L_u$	Kilometer/batu	L
Nisbah Kepadatan Sungai	$R_1 = \bar{L}_u / \bar{L}_{u+1}$		0
Geometri Lembangan			
Keluasan Lembangan	A_u	km persegi	L^2
Kepanjangan Lembangan	L_b	km	L
Lebar Lembangan	B_r	km	L
Lilitan Lembangan	P	km	L
Kebulatan Lembangan	$R_c = A_u / \text{Luas bulatan yang sama lilitan.}$		0
Kelonjongan Lembangan	$R_e = \text{Garispusat bagi bulatan yang sama P/Lb}$		0
Ukuran Keamatan Pengelaran			
Kepadatan Saliran	$D_u = (\sum L)_u / A_u$	km. per. km^2	L^{-1}
Kekerapan Sungai	$F_u = N_u / A_u$	Bilangan / km persegi	L^{-2}
Nisbah Tekstur	$T_u = N_u / P_u$	Bilangan / km	L^{-1}
Ukuran Ketinggian			
Cerun Alur Sungai	θ_r	m/km atau darjah	0
Cerun Lembangan	θ_s	darjah	0
Relif Maksima Lembangan	H_{max}	meter	L
Relif Purata Lembangan	H_{av}	meter	L
Nisbah Relif	$R_s = H/L_b$	meter	L
Gerakbalas			
Luahan Aliran Minima	Q_{min}	meter padu per saat	L^3

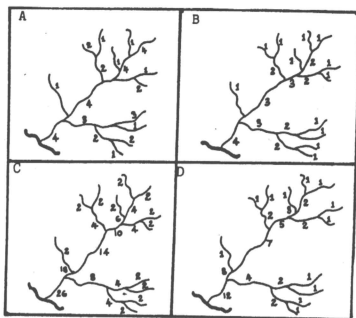
Jadual 4.1 : Pembolehubah Geomorfometri dan Gerakbalas Lembangan Saliran Mengikut Simbol dan Dimensi.
(Sumber : Doornkamp dan King, 1971)

mendapat banyak pengesahan daripada pengkaji lain maka keadahnya digunakan untuk menentukan ruang kajian ini, selain daripada itu persepsi mengenai ciri-ciri topografi lembangan saliran yang telah dibuat oleh Strahler (1964) merupakan asas bagi kajian bentuk dan proses lembangan (Gregory dan Walling, 1973).

Secara terperinci sifat-sifat dan kaedah pengukuran pembolehubah geomorfometri yang menjadi pembolehubah kajian adalah seperti yang terdapat di jadual 4.1 seperti berikut:

4.2.1 JARINGAN SALIRAN

i. Tertib sungai bertujuan untuk melihat dari segi skala dan indek bilangan aliran sungai yang boleh menghasilkan jaringan tertentu. Sekiranya faktor lain adalah selenjar maka tertib lembangan secara langsung adalah berkaitan dengan saiz jaringan alur dan jika meningkat jaringan tertib ianya akan meninggikan aliran sungai. Penggunaan tertib ini telah dimulakan oleh pengkaji awal dan telah diperbaharui oleh Horton (1932 dan 1945) dan Strahler (1952) yang kemudiannya disokong oleh Melton (1959). Mengikut skema Strahler sungai diperingkat awal sebagai tertib satu dan pertemuan sungai tertib satu yang lain menjadi tertib dua dan pertemuan sungai tertib dua menjadi tertib tiga dan seterusnya (Gambarajah 4.1).



Rajah 4.1: Sistem Pentertiban Alur Sungai Mengikut Kajian-Kajian Lepas.

A. Horton (1932, 1945)

C. Scheidegger (1965)

B. Strahler (1952)

D. Shreve (1967)

(Sumber: Doornkamp dan King, 1971)

ii. Nisbah Bifurkasi (R_b) yang mewakili nisbah bilangan segmen sungai bagi tertib tertentu kesatu lagi tertib yang tertinggi. Nilai R_b ini penting dalam mempengaruhi kadar luahan daripada sesuatu kawasan tadahan (Strahler, 1964 dan Mc Cullagh, 1978). Kaedah pengiraan ciri ini berasaskan persamaan yang telah dihasilkan oleh Strahler (1957):

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

iii. Panjang sistem saliran (LS) adalah dimensi yang memperlihatkan ciri-ciri saiz komponen sistem saliran yang membentuk permukaan lembangan. Jumlah panjang sungai dalam tertib 'U' merupakan ciri yang penting dan pengiraan ciri ini melibatkan pengukuran panjang

keseluruhan sungai dalam tertib tertentu. Untuk menyukat atau mengukur panjang sungai adalah dengan menggunakan sejenis alat yang dapat memberikan bacaan yang tepat dan di namakan 'Maps Measure' rujuk (Plat 4.1).

Pengiraan dibuat berasaskan kiraan kilometer:

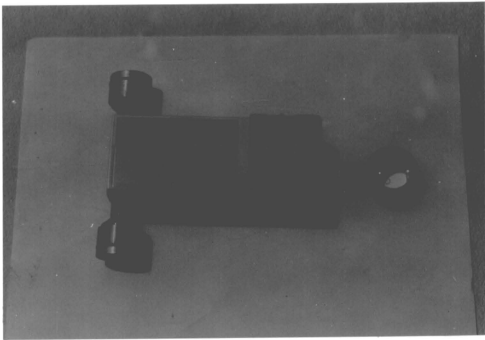
$$(\text{Jumlah } L)_u = L_1 + L_2 \dots + L_u$$



Plat 4.1: Alat Map Measure

4.2.2 GEOMETRI LEMBANGAN SALIRAN

i. Keluasan lembangan (A_u) merupakan ciri fizikal yang paling ketara pentingnya dan bersifat satu dimensi. Keluasan merupakan permukaan bumi yang melengkung atau mendatar dari mana aliran permukaan wujud dan mengalir kedalam alur sungai. Ianya ditentukan menerusi pengukuran daripada peta topografi iaitu sempadan legeh atau puncak banjaran didalam sesebuah lembangan. Saiz lembangan saluran lazimnya dijelaskan dalam kiraan kilometer persegi atau meter persegi setelah disukat dengan sebuah alat yang dinamakan 'Planimeter' rujuk (Plat 4.2).



Plat 4.2: Alat Planimeter (Planix)

Ia juga mempunyai perhubungan dengan ciri-ciri lain kawasan lembangan (Langbein, 1947; Strahler, 1964; Chorley, 1969 dan Gregory dan Walling, 1973). Sekiranya faktor-faktor lain lembangan seragam maka luahan berfungsi kepada keluasan (Miller, 1953; Hack, 1957 dan Morisawa, 1962).

ii. Kapanjangan lembangan (Lb) merupakan ciri yang penting dalam penghasilan air (Morisawa, 1968). Pengukuran kapanjangan lembangan ialah dengan menentukan titik (point) mulut lembangan dengan jarak legah yang terjauh daripadanya.

iii. Bentuk lembangan merupakan asas pengukuran bagi lembangan (Goudie, et. al. 1981) dan ianya dilihat dari segi nisbah lilitan dan nisbah kelonjongan. Ciri ini mempengaruhi dan menentukan luahan serta keamanan aliran (Horton, 1932; Schumm, 1956; Miller, 1953). Terdapat beberapa persamaan yang telah dihasilkan oleh para pengkaji dalam menentukan indeks ini tetapi pengkhususan dalam kajian ini hanya mengambilkira persamaan yang telah dibentuk oleh Miller (1953). Pengukurannya boleh dibuat dalam dua cara iaitu:

- a.** Indeks Kebulatan Lembangan (Rc) yang dihasilkan oleh Miller (1953):

$$Rc = \frac{AC}{A}$$

dimana AC adalah bulatan dengan perimeter/lilitan yang mempunyai parameter

yang sama dengan keluasan lembangan (A).

Nilai AC boleh didapati menerusi persamaan berikut:

$$A = 2\pi r$$

$$r = \frac{A}{2} \quad \text{tetapi } AC = \pi r^2$$

$$\text{Maka } AC = \frac{A^2}{4}$$

Sekiranya $RC = 1$ ianya menunjukkan kawasan tadahan berbentuk bulat.

- b. Kelonjongan Lembanan (Re) dihasilkan oleh Schumm (1956) menerusi persamaannya:

$$Re = \frac{DC}{L} \quad \text{di mana:}$$

$DC = 2r$ dan nilai r adalah jejari yang didapati daripada indeks kebulatan (RC).

L = Panjang maksimum lembangan saliran.

Indeks kelonggan memberikan maklumat kadar lag time (Aliran banjir).

4.2.3 PENGUKURAN KEAMATAN PENGELARAN

- i. Kepadatan saliran (D_u/DD) merupakan suatu nilai kepanjangan saliran bagi unit kawasan lembangan tertentu. Kepentingan ciri ini adalah jelas apabila nilai ini telah digunakan oleh pengkaji awal dan kemudiannya telah dihuraikan dengan lebih terperinci

oleh Horton (1932), Langbein (1947) dan Carlston (1963). Ciri ini bukan sahaja dari aspek hakisan tetapi juga berkait dengan luahan air daripada sesebuah lembangan. Untuk mengira kepadatan saluran Horton (1932) telah menggunakan kaedah berikut:

$$D_u = \frac{(\text{Jumlah } L)_u}{A_u}$$

ii. Kekerapan sungai (F_u/SF) merupakan suatu nilai kekerapan sungai dalam sesebuah lembangan atau jumlah bilangan segmen sungai bagi semua tertib untuk per unit kawasan dalam sesebuah lembangan. Kepentingan kekerapan, ianya dapat menunjukkan sekiranya banyak bilangan sungai per unit kawasan maka ianya membolehkan aliran (runoff) keluar dengan cepat. Selain daripada itu jaringan saluran yang tinggi boleh membawa banyak jumlah air dan sedimen keluar daripada lembangan (Horton, 1932; Strahler, 1957 dan Morisawa, 1962). Untuk mendapatkan nilai kekerapan (F) kaedah yang digunakan seperti berikut (Horton, 1932):

$$F_u = N_u/A_u$$

4.2.4 PENGUKURAN KETINGGIAN

i. Cerun alur sungai (CL/θ_c) merupakan profil panjang aliran sungai daripada titik tertinggi kepada titik yang terendah. Kepentingannya adalah jelas dimana

sungai yang alurnya bercerun curam akan membawa sedikit air berbanding dengan sungai yang cerun alurnya landai serta mempunyai simpanan alur (channel storage) yang tinggi. Untuk mendapatkan nilai indeks ini ialah dengan membahagikan nilai kepanjangan lembangan dengan perbezaan ketinggian. Unit pengukuran nilai ini adalah darjah (Tanjén) berasaskan ukuran panjang daripada mulut lembangan dan permulaan tertib tertentu, perbezaan ketinggian diantara dua poin tersebut.

ii. Cerun lembangan (CF/θ_g) merupakan purata ketinggian dalam lembangan saluran tertib tertentu. Ianya melibatkan pembahagian kecuraman yang berbeza dan pengukuran dibuat bagi zon-zon tersebut yang melibatkan nilai perbezaan ketinggian dan jarak mendatar. Nilai-nilai yang diperolehi daripada kawasan-kawasan tersebut dicampurkan dan dibahagikan untuk mendapatkan nilai purata ketinggian. Nilai ini juga ditukarkan kepada nilai tanjén dan ukurannya dalam kiraan darjah.

iii. Relif maksima (H_{max}) melibatkan pengukuran titik tertinggi bagi tiap-tiap lembangan yang berasaskan foto udara dan garisan kontor.

iv. Purata relif (H_{av}) merupakan nilai purata ketinggian yang terdapat didalam sesebuah lembangan dan dapat memberikan gambaran secara keseluruhan

mengenai gradien lembangan.

v. Nisbah relief (RR/Rh), Schumm (1956) mengatakan ia sebagai indeks relatif yang mudah dan paling bermakna bagi gradien lembangan. Untuk mendapatkan nilai ini adalah berdasarkan persamaan berikut:

$$Rh = H/Lb$$

Di mana: H adalah ketinggian dan Lb adalah pengukuran jarak menegak maksima daripada mulut lembangan.

4.2.5 GERAKBALAS (LUAHAN ALIRAN MINIMUM)

Elemen gerakbalas lembangan saluran disini dimaksudkan ialah luahan aliran minimum (Q_{min}) yang melibatkan pengukuran luahan dalam jangkamasa tertentu dan pengiraan dibuat dalam ukuran meter padu per saat.

4.3 REKABENTUK PERSAMPELAN DAN PENGUTIPAN DATA

Dalam memenuhi rangka penyelidikan ini pemilihan sampel dan kaedah statistik merupakan suatu aspek yang terpenting, oleh itu pengutipan sampel adalah pada peringkat populasi. Kesemua lembangan saluran tertib tiga di dalam kawasan hutan Simpan Bukit Cerakah telah dijadikan sampel kajian di mana cerapan demi cerapan

dijalankan. Pengutipan kesemua sampel ini, kerana saiz kawasan kajian adalah kecil serta sifat-sifat semulajadi kawasan ini seragam. Kajian Schumm yang dipetik daripada J.R. Hails (1977) menunjukkan penggunaan saiz lembangan yang kurang daripada 25 kilometer persegi dapat dikaitkan sifat luahan dengan geomorfometri lembangan dengan lebih mudah kerana faktor keseragaman ciri-ciri lembangan yang lainnya.

Pengukuran ciri* lembangan dan gerakbalas telah dilaksanakan di 15 buah lembangan dan merupakan jumlah populasi kerana cuma terdapat 15 buah lembangan dalam kawasan hutan manakala yang lainnya termasuk kawasan pertanian. Data-data telah dianalisis melalui peringkat untuk memudahkan bagi tujuan mendefinisikan kriteria kajian dan peringkat perlaksanaan kajian (Gambarajah 4.2).



Gambarajah 4.2 : Aliran Gerak Kerja Analisis Data

Untuk meneruskan ujian parametrik, data-data yang dicerap mesti berada dalam keadaan yang normal (normal distribution). Untuk itu penentuan nilai-nilai seperti **Median**, **Min** dan **Mod** ditentukan. Selain daripada itu graf histogram juga ditentukan untuk melihat darjah kepengungan (skew) dan kortusis. Keyakinan seterusnya untuk menentukan kenormalan data adalah ujian **Kolmogorov-Smirnov**.

Ujian statistik Kolmogorov-Smirnov telah digunakan pada peringkat seterusnya untuk melihat normaliti data yang telah dicerap. Sekiranya data-data tidak berada dalam keadaan normal maka penggunaan antilog adalah perlu.

Seterusnya, ujian regresi dan korelasi dijalankan bagi melihat sifat-sifat pertalian dan perhubungan di antara pembolehubah geomorfometri dan gerakbalas, begitu juga di antara pembolehubah geomorfometri itu sendiri. Dalam kajian ini juga hanya menggunakan kaedah statistik yang bersifat perhubungan dan pertalian serta kaedah terakhir yang digunakan adalah analisis perhubungan berganda (Multiple Regression and Correlation).

4.4 KAJIAN MAKMAL

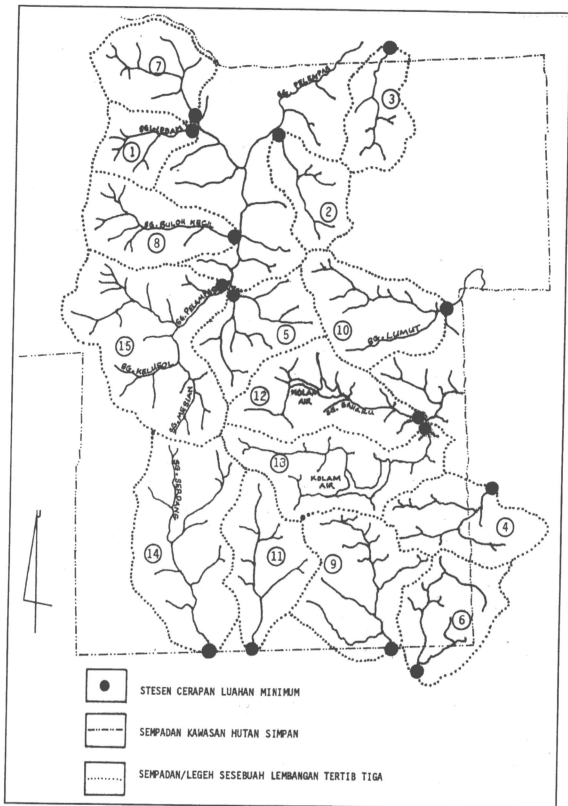
Untuk mendapatkan data-data geomorfometri, penentuan kawasan kajian adalah penting dan ini berasaskan kepada pembahagian unit lembangan saliran. Sumber terawal yang dapat digunakan adalah peta topografi keluaran Jabatan Pemetaan Malaysia siri 808, Lembaran 21 dan 22 (Terbitan

1984) serta 12 dan 13 (Terbitan 1982). Skala peta yang digunakan ialah 1:10,000. Penggunaan peta berskala 1:10,000 adalah bersesuaian untuk mendapatkan maklumat geomorfometri. Peta yang berskala kurang daripada 1:25,000 amat sesuai bagi mendapatkan keputusan yang lebih baik (Eyles, 1966; Gregory dan Walling, 1973; Gardiner, 1974; Goudie, et. al. 1981). Sebanyak 4 syit peta topo digabungkan bagi meliputi kawasan kajian.

Gerak kerja membuat peta dasar dijalankan dengan bantuan foto udara khususnya penentuan aspek ketinggian sekiranya selang kontor peta topografi didapati sukar memberikan ukuran ketinggian yang tepat selain daripada menyamak serta mengemaskinikan data-data daripada peta (Eyles, 1966 dan 1968). Daripada peta dasar khususnya sempadan lembangan saliran tertib tiga, berbagai bentuk ukuran dibuat (Peta 4.1).

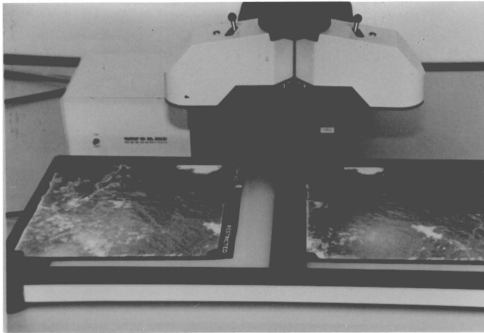
Masalah pengukuran ini jelas bagi kawasan yang mempunyai ketinggian kurang daripada 25 kaki dan selang kontor yang tidak selari. Penggunaan kedua-dua sumber ini adalah penting dan mudah kerana kedua-duanya mempunyai skala yang sama.

Kerja-kerja penyediaan peta dasar melibatkan kerja menyurih daripada peta topo kepada kertas surih dengan menandakan titik kawalan yang berdasarkan grid peta untuk mengelakkan kesilapan khususnya ciri-ciri lembangan saliran dan sempadannya. Foto Udara sebanyak 18 keping dan



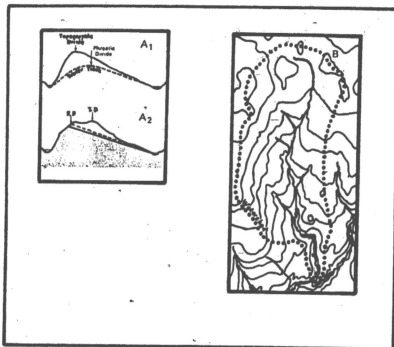
Peta 4.1: Persempadanan Lembangan Saliran Tertib Tiga Kawasan Kajian.

berskala 1:10,000 (1985) yang meliputi kawasan kajian juga digunakan untuk membandingkan dengan peta topografik kaedah ini juga digunakan oleh Eyles (1966). Kaedah untuk menentukan kawasan yang dikaji adalah dengan meletakkan sepasang foto udara mengikut siri rujuk (Plat 4.3).



Plat 4.3: Dua Keping Gambar Udara Kawasan Kajian yang di Cerap.

Pembahagian legeh dan sempadan lembangan dibuat secara teliti bagi mengelakkan kesilapan apabila ukuran di peta dasar dan kajian lapangan dijalankan. Perbandingan tinggi rendah dalam gambaran tiga dimensi menerusi alat stereoskop jenis Topcon akan dapat memastikan sesebuah lembangan dalam kategori tertib tertentu. Kaedah menyempadani sesebuah lembangan saluran berdasarkan tertib tertentu berasaskan kaedah Gregory dan Walling (1973) rujuk gambarajah 4.3.



Rajah 4.3: Kaedah Pembahagian Lembangan Saliran Yang Berasaskan Topografik Dan Mengikut Garisan Kontor.
(Sumber: Gregory Dan Walling, 1973).

Peta yang berskala lebih besar adalah lebih menepati untuk pembahagian kawasan tadahan yang diliputi tumbuhan serta pengukuran ciri-ciri geomorfometri lebih mudah (Gregory dan Walling, 1973 dan Eyles, 1968). Bagaimanapun permukaan bumi yang tidak diliputi tumbuhan boleh menggunakan peta berskala kecil (Eyles, 1966).

Berdasarkan persempadanan lembangan saliran ini, satu poin atau stesen ditentukan di atas peta dasar yang mewakili mulut lembagan saliran sungai tertib tiga rujuk Plat 4.4 dan kemudiannya disini satu pancang kayu dipacakkan sebagai penanda di mana cerapan akan dilaksanakan.

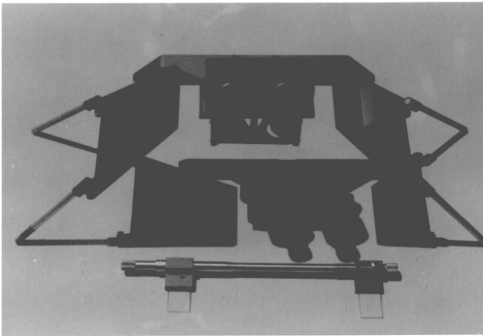


Plat 4.4: Gambar Mulut Lembangan Tertib Tiga.

Mulut lembangan tersebut di mana luahan di poin ini secara persamaannya adalah fungsi kepada keluasan sempadan lembangan tersebut ($Q_{min} = f(Au)$). Berdasarkan persamaan tersebut nilai Q_{min} merupakan luahan aliran minimum, f merupakan fungsi dan Au merupakan keluasan sesuatu lembangan (Melton, 1958). Penentuan poin ini penting kerana tanda stesen merupakan tempat pengukuran luahan dibuat dan ia juga merupakan pintu keluar input air dalam sesebuah lembangan. Dalam kajian sebelum ini, lazimnya pengutipan data sebegini diperolehi daripada Jabatan Pengairan dan Saliran. Bagaimanapun dalam kajian ini rekod luahan ditentukan oleh pengkaji berasaskan metod yang telah dijelaskan.

Pada peringkat awal kajian, pengkaji cuba mengambil kira pencerapan luahan aliran minimum di lembangan saliran tertib satu, bagaimanapun kerana ketiadaan luahan air di dalam alur dan sebahagian besar lembangan yang merupakan jenis '**intermittant**' maka tumpuan pencerapan luahan aliran minimum hanya dibuat di sungai tertib tiga.

Daripada peta dasar ciri-ciri geomorfometri khasnya aspek keluasan/areal dapat diukur dengan alat **Planimeter** (Plat 4.2) dan dapat memberikan ukuran yang tepat (Gardiner, 1975). Untuk mengukur aspek kepanjangan/linear, alat **Opisometer** (Plat 4.1) digunakan dan diakui berkesan oleh Richardson (1961) dipetik daripada Gardiner (1975). Pengukuran relief/ketinggian berdasarkan selang kontor peta iaitu julat ketinggian 25 kaki dan semakan dibuat menerusi bacaan paralax bar. Bagi tujuan pencerapan ini alat yang digunakan untuk menentukan poin-poin di atas dua keping urutan gambar udara (Plat 4.3) alat Stereoskop Jenis Topcon digunakan (Plat 4.5). Bagi mendapatkan gambaran tiga dimensi, di mana dua keping urutan gambar udara diletakkan di atas pemedang stereo. Bagi setiap lembangan, tiga cerapan dibuat iaitu titik tertinggi, mulut lembangan dan punca sungai tertib tiga. Cerapan ini berdasarkan persamaan paralax untuk mencari ukuran ketinggian relief.



Plat 4.5: Alat Stereoskop Jenis Topcon.

4.5 PROSEDUR KAJIAN LAPANGAN

Oleh kerana kajian diperingkat lapangan ini melibatkan pengukuran luahan aliran minimum dan tidak terdapatnya stesen-stesen yang merekod kadar luahan harian atau bulanan bagi sungai di kawasan kajian maka stesen ukuran telah ditentukan sendiri oleh pengkaji. Pada peringkat awal poin atau stesen ini dikenali pasti di peta dasar berdasarkan sempadan lembangan tertentu. Untuk memastikan stesen bacaan yang telah ditentukan di atas peta dasar menyamai dari segi lokasi diperingkat kajian lapangan maka bering kompas dan poin di gambar udara digunakan.

Stesen-stesen bacaan yang ditentukan pada peta dasar merupakan mulut keluar luahan air tertib tertentu di

lembangan tertentu. Walaupun kajian sebegini tidak dilakukan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini, tetapi kaedah ini diakui berkesan oleh Gregory dan Walling (1973), Morisawa (1962) dan lain-lain. Data yang lazimnya digunakan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini adalah berdasarkan data pencerapan daripada Jabatan Pengairan dan Saliran yang terdapat kelemahan iaitu tidak mengkhususkan fungsi luahan pada tertib tertentu.

Kajian ini juga hanya tertumpu keatas sungai tertib tiga dan kaedah pengiraan tertib berasaskan sistem Horton (1932) yang kemudian diubahsuai oleh Strahler (1952). Kaedah pentertiban ini juga digunakan dengan meluas dan mudah seperti dalam analisis statistik morfometrik lembangan sungai tertib tiga di Uganda oleh Doornkamp dan King (1971).

Berdasarkan analisis hujan bagi tiga stesen kajicuaca yang berdekatan dengan kawasan kajian, didapati pada bulan Jun, Julai dan Ogos adalah merupakan bulan yang terkering serta jumlah bilangan hari turunan hujan adalah kurang dan keadaan sebegini dipersetujui oleh kajian Dale (1959), Chia (1967) dan Goh Kim Chuan (1972).

Pemilihan bulan ini untuk menjalankan kerja-kerja pengukuran luahan air adalah bersesuaian dengan penetapan jenis luahan air iaitu luahan aliran minimum sebagaimana kajian yang juga telah dilakukan oleh pengkaji-pengkaji lain. Elemen luahan aliran minimum adalah mudah dan tidak

menunjukkan perubahan sifat aliran air (Ward. R.C. 1967).

Perlaksanaan kajian lapangan pada bulan ini juga dapat dilaksanakan dengan berkesan kerana kawasan hutan ini mudah dimasuki serta siri ulangan bacaan luahan aliran minimum bagi sesuatu lembangan dapat dilaksanakan untuk mendapat nilai purata luahan aliran minimum setiap lembangan.

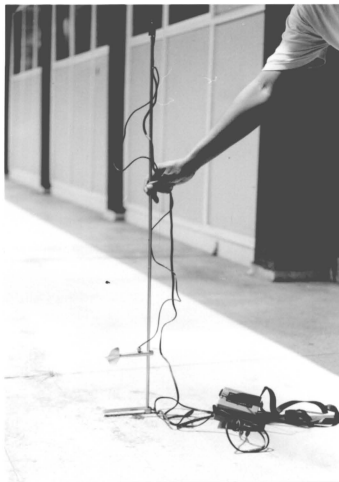
Oleh kerana kawasan kajian dilitupi oleh hutan maka fungsi tumbuh-tumbuhan memainkan peranan yang penting sebagai pengatur terhadap aliran sungai dan mengakibatkan kadar luahan aliran minimum yang agak tinggi berbanding dengan kawasan yang tandus (tiada pokok). Keadaan lebih ketara apabila sebahagian besar penebangan dilakukan mengakibatkan aliran dialur bertambah perlahan atau langsung tidak mempunyai air apabila berkurangnya bilangan hari turunan hujan (Douglas, 1968; Goh, 1972 dan Park, 1981).

Faktor geologi juga memainkan peranan agak penting dalam mempengaruhi arah aliran dan mengawal luahan (Doornkamp dan King, 1971). Faktor-faktor lain lembangan juga berperanan dalam mengawal luahan aliran minimum (Wright, 1970), bagaimanapun ciri geologi kawasan kajian adalah seragam oleh itu pengaruh geologi tidak ketara, berbanding dengan kawasan yang mengalami lipatan. Dalam keadaan geologi yang seragam maka elemen geomorfometri yang akan memainkan peranan yang ketara terhadap apa juga

gerakbalas lembangan saluran.

Untuk mendapatkan kadar cerapan luahan air bagi peringkat luahan aliran minimum dari 15 buah lembangan saluran tertib tiga ini, alat yang digunakan ialah 'Current Meter' bagi keadaan aliran di alur yang terbuka (open channel). Kaedah ini telah digunakan secara meluas di peringkat dunia. Pita ukuran pula digunakan untuk menyukat jarak antara tebing. Ukuran kedalaman sungai menggunakan pancang jajar manakala jam randik (stop watch) digunakan untuk menentukan masa iaitu selama 60 saat bagi setiap sukatan halaju luahan.

Pemilihan sungai tertib tiga adalah bersesuaian untuk mendapatkan maklumat asas berhubung dengan kuantiti aliran sungai dan penggunaan alat ini dapat dilaksanakan dengan baik dan berkesan. Current meter juga merupakan alat yang meluas digunakan, sesuai dan mudah bagi mengukur luahan air dan ianya dapat menunjukkan halaju pergerakan air dalam jangka masa tertentu. Jenis Propeller Type Meter (contoh Ott, Amsler) rujuk (Plat 4.6) sesuai bagi sungai yang mempunyai aliran yang kecil dan sederhana. Jenis ini digunakan di dalam kajian ini dan kajian oleh Goh Kim Chuan (1972) bagi luahan aliran minimum.



Plat 4.6: Alat Current Meter Jenis Propeller.

Untuk mengira halaju air, satu poin ditentukan dengan meletakkan pancang jajar berdasarkan keretan rentas alur dan catatan dibuat bagi kedalaman dan kelebaran alur yang dipenuhi air rujuk (Plat 4.7). Jangkamasa selama satu minit (60 saat) ditetapkan dan bacaan revolusi dibuat dan dicatat dalam jadual yang disediakan. Nilai halaju lazimnya dinyatakan dalam bentuk meter per saat/sentimeter per saat. Untuk kajian ini tiga bacaan dibuat bagi setiap

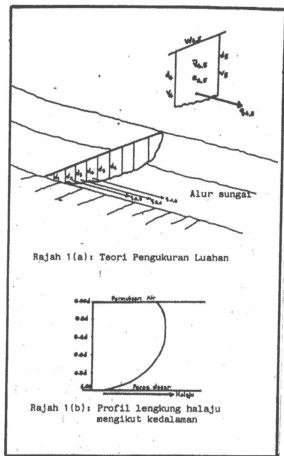


Plat 4.7: Pembahagian Segmen Alur Berdasarkan Pancang Jajar Di Mana Bacaan Daripada Current Meter Dibuat.

alur dan nilai purata revolusi per minit dapat ditentukan. Penentuan luahan (Q) keseluruhan adalah dengan mencampurkan halaju bagi setiap keluasan segmen alur yang telah dibahagikan. Pengiraan nilai luahan (q) secara teorinya melibatkan pengukuran keluasan keratan rentas (A) alur dan purata halaju ($\bar{V}$) yang kemudiannya menghasilkan persamaan mudah $q = \bar{V}A$.

Disebabkan kedalaman air dan halaju aliran tidak seragam di keseluruhan rataan keratan rentas alur maka untuk mendapatkan bacaan yang jitu pembahagian keratan rentas kepada beberapa bahagian atau keluasan dilakukan. Setiap bahagian atau segmen terdiri daripada bahagian air, dasar sungai dan dua andaian garisan menegak menunjukkan kedalaman. Bagi setiap garisan menegak ianya menunjukkan kedalaman alur. Disetiap garisan menegak juga terdapat

titik kedalaman air dan di mana bacaan halaju air dibuat
 rujuk (Gambarajah 4.4).



Gambarajah 4.4: Prosedur Hidrologi No 15: Kaedah Pengukuran Luahan Dengan Alat Current Meter.
 (Sumber: Bahagian Parit Dan Taliair, Kementerian Pertanian Malaysia, 1976)

Pencerapan nilai halaju disetiap garisan menegak bertujuan menghasilkan nilai purata halaju untuk setiap garisan menegak disesuatu seksen atau segmen. Daripada garisan ini menghasilkan dua bacaan sebagai nilai V_1 dan V_2 yang kemudiannya dirumuskan sebagai:

$$\bar{V}_{1,2} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Keluasan bagi setiap segmen keratan rentas boleh diperolehi dengan mengira purata nilai ketinggian garisan menegak atau (d_1 dan d_2) dan mendarab dengan jarak antara d_1 dan d_2 iaitu w_1 dengan purata d_1 dan d_2 :

$$a_{1,2} = w_{1,2} \left\{ \frac{(d_1 + d_2)}{2} \right\}$$

Oleh itu, nilai $V_{1,2} \times a_{1,2}$ akan menghasilkan nilai $q_{1,2}$ bagi segmen alur pertama. Untuk memperolehi nilai luahan keseluruhan atau (Q) adalah dengan mencampurkan keseluruhan bacaan segmen atau berdasarkan persamaan berikut:

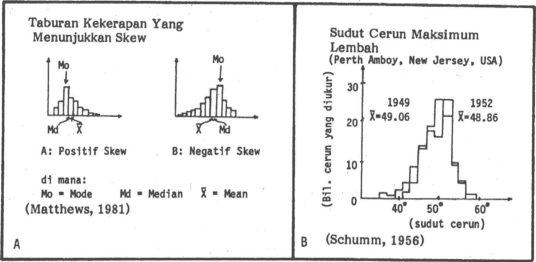
$$Q = q_{0,1} + q_{1,2} + q_{2,3} + \dots + q_{n,n+1}.$$

4.6 ANALISIS STATISTIK.

Untuk membuat analisis data-data geomorfometri, pada peringkat awalnya adalah dengan mengorganisasikan iaitu dengan melihat ciri-ciri utama yang terdapat pada data mentah. Nilai-nilai utama ini terdiri daripada ukuran kecenderungan tengahan dan serakan data. Penentuan ukuran kecenderungan tengahan melibatkan ukuran nilai min, median dan mod.

Nilai min merupakan nilai purata data-data yang dicerap, nilai median merupakan nilai pertengahan manakala nilai mod ialah nilai kekerapan bagi kelas. Serakan data adalah sifat nilai-nilai pencerapan berhubung dengan min taburan dan parameter statistiknya adalah sisihan piawaian. Taburan data yang normal nilai min, median dan

mod mempunyai satu nilai yang sama. Secara terperinci nilai pencerapan terdapat dalam suatu sisihan piawai daripada min sebanyak 60 peratus dan 95 peratus nilai pencerapan terdapat dalam dua sisihan piawai daripada nilai min. Daripada data kekerapan juga boleh menghasilkan graf yang menunjukkan suatu bentuk taburan yang lazimnya berbentuk skew atau normal (bell shape) rujuk (Gambarajah 4.5).

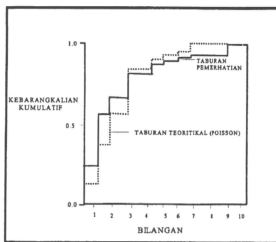


Gambarajah 4.5: A. Taburan Kekerapan Menunjukkan Skew Positif Dan Negatif (Matthews, 1981)
B. Cabutan Kajian Sudut Cerun Yang Skew (Schumm, 1956)

Sekiranya dalam kes skew ianya memperlihatkan dua jenis skew iaitu sekiranya kebanyakan pencerapan jatuh pada bahagian kelas yang kecil, keluknya akan menunjukkan taburan skew positif dan sekiranya sebahagian besar nilai berada di kelas yang besar ini akan menghasilkan skew negatif.

Kajian yang bersifat kuantitatif ini memerlukan taburan data yang bersifat normal dan analisis statistik mesti mengikut andaian-andaian taburan yang normal (Doornkamp dan King, 1971; Matthews, 1981 dan Davis J.C., 1986). Bagaimanapun tidak semua ciri-ciri data daripada sesebuah lembangan yang dicerap akan menghasilkan taburan data yang normal. Oleh itu cara yang asas dilakukan untuk menguji taburan normal apabila kecenderungan data menunjukkan skew ialah dengan membuat lakaran data itu kepada kertas kebarangkalian arithmetik. Kertas ini telah dilengkapi bagi memastikan jika taburan normal ditindihkan, dan bila kelas bagi nilai penengah dilakarkan kepada kumulatif relatif frekuensi titik-titik akan jatuh pada garisan tengah, oleh itu nilai data boleh diubahsuai bagi menunjukkan taburan normal. Untuk memenuhi ujian statistik seterusnya kaedah logarithm bagi nilai data diuji.

Ujian Kolmogorov-Smirnov merupakan ujian bukan parametrik yang digunakan untuk menguji dua sampel bagi menunjukkan perbezaan dua sampel yang bebas. Ujian ini juga merupakan ujian untuk menentukan berapa dekatnya kebarangkalian data yang dicerap berbanding dengan kebarangkalian secara teori rujuk (Gambarajah 4.6).



Gambarajah 4.6: Taburan Kebarangkalian Kumulatif Bagi Ujian Kolmogorov-Smirnov.

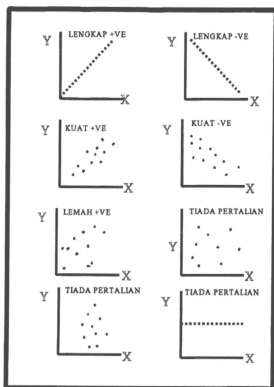
Selain daripada itu, penyelesaian dapat dibuat bagi membandingkan dua histogram yang terdiri daripada frekuensi kumulatif. Sekiranya dua frekuensi kumulatif histogram berbeza dengan banyak ini adalah terhasil kerana peluang mengambil sampel daripada populasi yang sama. Dengan itu hipotesis tidak ada perbezaan boleh ditolak. Yang penting dalam ujian ini ialah mengira nilai 'D' atau perbezaan diantara nilai mutlak secara teori dengan nilai pencerapan sebenar. Kaedah pengiraan adalah seperti contoh di (jadual 4.2).

Taburan Pemerhatian Garage dan Teoritik Taburan Poisson						
Bilangan Garage (a)	Kecelupan (b)	Keburungkelian Pemerhatian Poisson (c)		Keburungkelian kumulatif Pemerhatian Poisson (d)		
		(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
0	30	0.30	0.13	0.30	0.13	0.17
1	25	0.25	0.26	0.55	0.39	0.16
2	15	0.15	0.27	0.70	0.66	0.04
3	12	0.12	0.19	0.82	0.85	0.03
4	5	0.05	0.10	0.87	0.95	0.08
5	6	0.06	0.04	0.93	0.99	0.06
6	2	0.02	0.01	0.95	1.00	0.05
7	1	0.01	0.00	0.96	1.00	0.04
8	0	0.00	0.00	0.96	1.00	0.04
9	0	0.00	0.00	0.96	1.00	0.04
10	4	0.04	0.00	1.00	1.00	0.00
100		1.00	1.00			

Jadual 4.2: Contoh Taburan Pemerhatian Garage Dan Teoritik Poisson

Untuk menguji hipotesis, nilai 'D' yang dikira merupakan nilai maksima daripada jadual atau dua set peratusan frekuensi kumulatif perlu dibandingkan dengan nilai 'D' yang diperolehi daripada jadual Kolmogorov-Smirnov 'D' statistik. Sekiranya 'D' yang dikira melebihi nilai 'D' jadual maka hipotesis boleh diabaikan dan keadaan sebaliknya.

Objektif utama dalam kajian ini juga adalah untuk memahami satu aspek yang berkaitan dengan sistem yang telah dicamkan. Dengan itu persoalan pokoknya adalah cuba melihat adakah perhubungan diantara pembolehubah-pembolehubah geomorfometrik dengan luahan rendah yang terdapat dalam sesebuah sistem lembangan saliran. Oleh itu kaedah statistik perhubungan lazimnya dapat memenuhi persoalan sebegini yang juga telah dibuktikan dalam kajian Horton (1945), Chow (1964), Scheidegger (1964), Chorley (1969), Mather dan Doornkamp (1970), Doornkamp dan King (1971), Schumm (1977b), Matthews (1981) dan sebagainya. Statistik bersifat perhubungan dan pertalian melibatkan pengiraan darjah perhubungan, arah perhubungan, corak perhubungan dan persamaan perhubungan. Selain daripada itu kekuatan dan arah bagi perhubungan diantara dua pembolehubah dapat dilihat berdasarkan hubungan x dan y (Gambarajah 4.7) dipetik daripada Matthew (1981).



Gambarajah 4.7: Kekuatan Dan Arah Perhubungan Di Antara Dua Pembolehubah.

Menerusi statistik perhubungan ini, pembolehubah-pembolehubah dapat ditukar perkaitan dan korelasi berhubung dengan kekuatan dan corak perhubungannya sama ada mempunyai pertalian atau tidak mempunyai pertalian. Keadaan ini jelas dapat dilihat dalam gambarajah serakan (Gambarajah 4.7) sebelum ini. Perhubungan adalah tepat bila nilai korelasi $+ 1.00$ atau $- 1.00$. Jika pekali korelasi 0.00 ia dikatakan tidak mempunyai apa-apa hubungan langsung.

Pekali Korelasi Pearson's (r) juga dikenali sebagai pekali korelasi momen hasil dharab yang digunakan untuk melihat darjah perubahan pada suatu pembolehubah berhubung

dengan perubahan pada pembolehubah yang lain. Nilai ini juga merupakan nisbah bagi kovarians kepada hasil dharab sisihan piawai dan persamaannya seperti berikut:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{n S_x \cdot S_y} = \frac{\text{Kovarians bagi X dan Y}}{\text{Sisihan piawai X dan Y}}$$

Menerusi persamaan di atas, sekiranya nilai (r) bertambah maka pekali korelasi juga meningkat. Selain daripada pengiraan nilai (r), nilai (n) atau bilangan sampel pencerapan adalah perlu bagi piawaian terhadap keseluruhan perubahan data semasa pengiraan (r) sebagai nilai nisbah. Langkah seterusnya untuk menguji aras keertian melibatkan pengiraan Student's 't' statistik dimana persamaannya adalah:

$$t = \frac{r}{\hat{\sigma}_r} = \frac{\text{pekali korelasi}}{\text{sisihan selisih bagi pekali korelasi.}}$$

$$= r \cdot \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

Nilai 't' yang dikira ini perlu diperbandingkan dengan nilai 't' jadual, sekiranya 't' yang dikira melebihi nilai 't' jadual maka hipotesis yang menyatakan tidak ada perhubungan antara pembolehubah akan ditolak. Dengan lain perkataan cuma 5 peratus sahaja peluang tidak mempunyai hubungan dan 95 peratus mempunyai perhubungan.

Walau bagaimanapun kaedah Korelasi (r) sahaja tidak berupaya menjelaskan semua bentuk perhubungan kecuali bagi menunjukkan bentuk perhubungan dan sisihan bentuk keseluruhan manakala aspek dalam membuat jangkaan atau ramalan kaedah Regressi digunakan.

Kaedah Regressi menitikberatkan dalam menghasilkan **garisan tepat** atau 'best-fit line' yang dapat menerangkan bentuk perhubungan di antara pembolehubah untuk tujuan membuat jangkaan. Dalam situasi kajian dua pembolehubah, ianya melibatkan usaha menentukan pembolehubah yang bebas (paksi X) dan pembolehubah yang bersandar (paksi Y). Apabila terdapat perhubungan yang bererti di antara dua pembolehubah maka satu persamaan dapat dikira bagi menjelaskan perhubungan tersebut seperti berikut dan (rajah 4.8):

$$f(x) = a + bx$$

$$Y = a + bx \quad \dots (\text{Perhubungan yang Linear})$$

di mana: a = Pemalar regressi yang memotong paksi X bila $X = 0$

b = Pekali regressi atau cerun garis persamaan regressi.

Bagi pekali regressi ' b ' dan pekali regressi ' a ' boleh dikira menerusi persamaan berikut:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

Di mana: $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$; $\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N}$

Hasil daripada penyelesaian persamaan di atas maka nilai 'b' dan nilai 'a' dapat ditentukan dan digunakan dalam persamaan $Y = a + bx$. Bagaimanapun dalam kajian sebenar titik-titik data jarang berada di atas garis Regressi, oleh itu jangkaan nilai Y daripada X mengikut persamaan $Y = a + b$ (kaedah gandadua terkecil) yang akan memberi nilai Y sekiranya jatuh betul-betul atas garis Regressi. Bagaimanapun ini tidak berlaku dan nilai Y_i atau Y pada titik 'i' adalah $Y_i = a + b x_i + e_i$. Nilai 'e_i' merupakan anggaran sisa, iaitu jarak nilainya daripada garis Regressi. Sekiranya semua titik data berada di atas garis Regressi maka 'e_i' bersamaan 0. Untuk menentukan ketepatan garis Regressi nilai-nilai 'e_i' perlu disusun dalam jadual bagi tiap-tiap data pencerapan. Nilai-nilai 'e_i' digunakan untuk mencari nilai anggaran ralat piawai. Sisihan piawai sisa (s) juga dikenali sebagai ralat piawai sisa.

Nilai 's' ditandakan selari kiri dan kanan garisan Regressi dan adalah 1 sisihan piawai daripadanya, di mana 66 peratus daripada nilai-nilai sisa terdapat dalam lingkungan $\pm 1.00 s$. Nilai 's' tidak semestinya sama dengan nilai 'e' (anggaran ralat piawai populasi) dan adalah lebih kecil.

Keyakinan pada 'a' dan 'b' juga boleh ditentukan untuk memastikan bahawa pekali-pekali Regressi menunjukkan perhubungan yang bererti diantara pembolehubah-pembolehubah.

Pada tahap keyakinan tertentu seperti 95 peratus, nilai 't' jadual dan darjah kebebasan ($n - 2$). Keertian perhubungan adalah dikira berdasarkan jadual 't'.

Sekiranya nilai 't' yang dihitung adalah kurang daripada nilai 't' jadual pada tahap keyakinan tertentu maka, $H_0 = 0$ diterima pada tahap keyakinan tersebut. Ini bermakna perhubungan diantara dua pembolehubah tersebut tidak bererti dan hanya kebetulan sahaja.

Ujian seterusnya adalah kaedah Korelasi dan Regressi Berganda untuk membolehkan sisihan-sisihan ditentukan oleh pembolehubah yang lain. Kaedah Korelasi Berganda digunakan bagi menunjukkan banyak mana jumlah sisihan didalam pembolehubah bebas yang boleh dijelaskan oleh semua pembolehubah bersandar yang berkait diantara satu sama lain. Pekali Korelasi Berganda disimbolkan dengan 'R' dan menunjukkan Korelasi diantara lebih daripada dua pembolehubah. Sebagaimana nilai 'r' gandadua, 'R' gandadua menunjukkan kadar sisihan yang dihuraikan oleh semua pembolehubah.

Dengan menggunakan kaedah Regressi Berganda suatu ujian untuk menganggarkan pembolehubah bersandar daripada mana-mana bilangan lain pembolehubah bebas boleh dibuat.

Bagaimanapun ianya mesti memenuhi andaian-andaian seperti data-data pencerapan bersifat taburan normal dan memenuhi kriteria berikut (Johnston, 1978):

- i. Kecenderungan taburan titik-titik cerapan menunjukkan suatu taburan yang linear.
- ii. Syarat-syarat taburan baki 'residual' bagi pembolehubah bersandar adalah pada tahap purata kosong dan nilai sisihan yang konsten.
- iii. Tidak terdapatnya autokorelasi diantara baki 'residual'.
- iv. Semua pembolehubah yang diukur tidak mempunyai kesilapan persampelan.

Untuk kajian sebegini penjelasan sisihan gerakbalas sesuatu sistem lembangan saliran mungkin tidak dapat dijelaskan hanya dengan menggunakan satu atau dua pembolehubah kawalan sahaja atau satu pembolehubah tidak bersandar tidak akan dapat menghuraikan semua sisihan. Jika satu pembolehubah 'Y' dikorelasikan dengan satu pembolehubah bebas 'Xi' dan didapati korelasinya iaitu $r_{x,y} = 0.50$. Ini bermakna r gandadua ialah 0.25 dan Xi menghuraikan 25 peratus sahaja sisihan dalam Y. Untuk membolehkan penghuraian sisihan sebanyak 75 peratus lagi, ini boleh dilaksanakan dengan menambah pembolehubah tak bersandar kepada ujian ini. Begitu juga model regressi dua pembolehubah mungkin hanya boleh diterima pada aras

keyakinan tertentu tetapi dari segi peratusan penjelasan pembolehubah kawalan ke atas pembolehubah gerakbalas mungkin kurang daripada 50 peratus. Oleh itu model yang paling berkesan adalah untuk mengadakan peratusan penjelasan ke atas pembolehubah gerakbalas sehampir 100 peratus. Untuk itu persamaan Regressi Berbilang pembolehubah digunakan dimana gerakbalas satu-satu sistem itu dijangkakan dikawal oleh lebih daripada satu pembolehubah kawalan dan mempunyai bentuk persamaan Regressi seperti berikut:

$$Y = b + bx_1 + bx_2 + \dots + bx_n + e$$

di mana:

Y = Pembolehubah gerakbalas

b = Pemalar Regressi

e = Nilai sisa

X = Pembolehubah kawalan

b = Pekali Regressi

n = Jumlah angkubah kawalan.