

BAB 2

ULASAN BAHAN-BAHAN KAJIAN LEPAS.

2.1 PENGENALAN

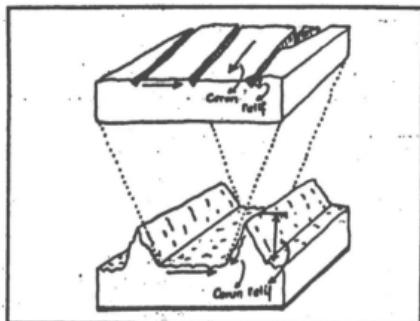
Pendekatan yang menyeluruh dan terperinci tentang geometri permukaan bumi dan pengaruhnya ke atas aliran air diperlukan di dalam kajian-kajian geomorfologi dan hidrologi. Berbagai kaedah untuk menkelaskan geometri permukaan bumi bagi tujuan pencerapan, pengukuran dan mengorganisasikan data tersebut untuk dianalisis. Bagaimanapun masalah yang timbul adalah untuk membahagikan permukaan kepada unit-unit semulajadi untuk dijadikan asas pengkajian sangat-sangat diperlukan.

Bagi tujuan tersebut berbagai pendekatan untuk pengelasan geometri permukaan bumi telah diperkenalkan sejak awal abad 20an. Pendekatan ini dapat dibahagikan kepada tiga kategori utama. Untuk itu Chorley (1969) telah mengulas mengenai perkembangan pendekatan-pendekatan tersebut, pendekatan pertama dan awal telah dibuat oleh Fenneman (1914) dipetik daripada Chorley (1969) iaitu pembahagian kawasan-kawasan fisiografik yang berasaskan kepada struktur geologi sesebuah kawasan seperti banjaran dan lembah. Ciri-ciri morfometri seperti relif dan darjah penkelaran adalah unsur-unsur geometri permukaan bumi yang penting di dalam pengelasan tersebut.

Fenneman (1914), seterusnya merangka pembahagian wilayah fisiografik untuk Amerika Syarikat yang berasaskan

struktur geologi (banjaran dan lembah). Bagaimanapun pendekatan ini masih mempunyai kelemahan-kelemahan yang tertentu. Ekoran daripada itu terhasil suatu pendekatan yang hampir menyamai pendekatan Fenneman tetapi ianya lebih menumpukan unsur-unsur bentuk muka bumi dengan mengambilkira empat faktor utama iaitu sifat ketinggian dan kecuraman cerun, keluasan, kelonjongan dan orientasi muka bumi.

Ini bertujuan untuk membahagikan secara lebih terperinci pandang darat umum yang dibuat oleh Fenneman dan menyamai pembahagian yang dibuat oleh United State Corps Engineers yang menggunakan empat faktor permukaan bumi iaitu sifat cerun, sifat relif, keberlakuan kecuraman cerun dan sifat profil permukaan (perluasan permukaan, kelonjongan dan orientasi ketinggian topografi) yang membahagikan gambaran kasar permukaan bumi kepada sebuah komponen permukaan yang lebih kecil dan bentuk teksonomi yang mudah dan berkesan (Wooldridge, 1932) daripada Chorley (1969) (Gambarajah 2.1). Pendekatan yang kedua bertujuan mengenalpasti ciri fisiografik yang membentuk dan menghasilkan sebuah geometri permukaan. Doktrin pembentukkan ini telah disuaikan dan merangkumi segmen yang rata dan cembung untuk membolehkan sifat(facet) ini di kelaskan ke dalam pola rupa bentuk bumi seperti lembah sungai yang dewasa (Beckett dan Webster, 1962) daripada Chorley (1969).



Gambarajah 2.1: Bentuk Teksonomi Mudah Pandang Darat Fizikal
(Sumber : Chorley, 1969)

Manakala pendekatan yang ketiga adalah pembahagian geomorfometri yang memaparkan bentuk-bentuk geometri dan proses disebabkan oleh hakisan di dalam sesebuah lembangan saliran. Oleh kerana asas pembahagian permukaan bumi mengalami perkembangan yang begitu pesat dan menghasilkan idea berhubung dengan sistem dan melihat proses di dalam sesebuah sistem maka lembangan saliran telah dijadikan asas kajian berhubung dengannya (R.E. Horton, 1945; Strahler, 1964).

2.2 PERHUBUNGAN DI ANTARA GEOMORFOMETRI DAN GERAKBALAS LEMBANGAN SALIRAN.

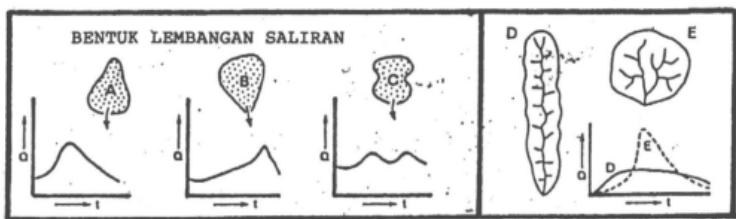
Lembangan saliran telah lama diketahui sebagai unit asas semulajadi dan merupakan sebuah sistem terbuka yang boleh disempadankan. Tiap-tiap lembangan saliran merupakan unit permukaan bumi yang menerima kemasukan tenaga dan jirim dan mengeluarkan tenaga dan jirim Chisholm (1967)

dan Gregory dan Walling (1973). Di sesebuah lembangan saliran berlaku berbagai proses yang mengubah morfologi lembangan saliran melalui masa (Gambarajah. 1.1).

Sebagai sebuah sistem terbuka, lembangan saliran mengimport tenaga dan jirim dalam sesebuah sempadan atau unit sistem dan akan menukar tenaga secara seragam dan seimbang untuk mengekalkan operasi semulajadinya. Legeh sesebuah lembangan saliran bertindak sebagai sempadan bagi tertib tertentu sistem, di mana kerapan diimport dan diuraikan dalam subsistem yang tertentu. Sifat-sifat geomorfometri lembangan saliran jelas mempengaruhi ciri-ciri dan kadar air yang bergerak dalam sistem manakala ciri-ciri setempat akan menentukan sepenuhnya bagaimana lembangan saliran bertindak dengan input sesuatu iklim dan menghasilkan output dalam bentuk luahan. Selain daripada itu kajian oleh Carlston (1963) dan Orsborn (1970) telah menunjukkan ciri-ciri geomorfometri lembangan saliran mempunyai hubungan dengan kejadian luahan banjir dan luahan aliran minimum.

Ini jelas berdasarkan kajian Deweist (1965) yang dipetik daripada Gregory dan Walling (1973), menunjukkan perbezaan bentuk lembangan saliran boleh mempengaruhi puncak aliran mengikut masa (Gambarajah. 2.2). Berdasarkan gambarajah ini, jelas menunjukkan sebab dan akibat di mana berlakunya variasi yang ketara bagi sesuatu ciri geomorfometri dengan gerakbalas iaitu perbezaan puncak

aliran tinggi dan rendah apabila di kaitkan dengan pola sesebuah lembangan tertentu mengikut tempoh masa.



Gambarajah 2.2: Bentuk Lembangan Saliran Dan Pengaruh Kepada Luahan Puncak.

Ekoran daripada wujudnya hubungan yang sejagat di dalam sesebuah unit lembangan saliran yang lebih kecil boleh dijadikan model yang bersifat mikro dan boleh menunjukkan hubungan perbandingan yang bersifat global kepada alam semulajadi. Jesteru itu lahirlah berbagai bentuk analisis yang telah dibuat oleh beberapa pengkaji untuk menghuraikan dan membentuk persamaan untuk menjawab persoalan-persoalan yang sebelum ini hanya dibuat secara persepsi dan andaian-andaian sahaja.

Kajian yang bersifat dimensi di dalam sesebuah lembangan saliran seperti yang telah dijalankan oleh Strahler yang menumpukan ciri-ciri seperti aspek linear, areal dan relief bagi tujuan mengkaji aspek geometri dan numerikalnya. Tumpuan kepada sesebuah unit lembangan yang bersaiz kecil dapat memberikan idea dan gambaran keseluruhan lembangan yang lebih besar berdasarkan kaedah ekstrapolasi (Strahler, 1958).

Mengimbas dari segi sejarah pengukuran dan penjelasan secara kuantitatif mengenai lembangan saliran ia telah bermula daripada idea James Hutton menerusi '**Law of Accordant Tributary Junctions**' yang kemudiannya dijelaskan oleh Playfair pada 1802 dipetik daripada Doornkamp dan King (1971). Peringkat awal pengukuran kuantitatif, hanya digunakan bagi kawasan-kawasan tertentu untuk masalah tertentu. Sehingga langkah yang sungguh bermakna telah dilakukan oleh Horton, R.E., (1932) apabila ia menggabungkan idea-idea yang lalu dan menambah pengukuran ciri-ciri baru serta mencadangkan kaedah am bagi menjelaskan sifat-sifat lembangan saliran. Horton (1932) telah mengaitkan faktor-faktor seperti morfologi, tanah, geologi dan tumbuhan. Bagi setiap faktor, ia boleh dikelaskan kepada beberapa ciri yang berfungsi kepada lembangan saliran.

Kebanyakan daripada kajian-kajian lampau hanya merupakan percubaan melihat perhubungan di antara sifat-sifat topografi dalam lembangan saliran dengan tujuan membuat pengesahan hukum yang telah dibuat oleh Horton (1932). Morisawa (1962) telah menjelaskan secara umum perhubungan di antara sifat-sifat geomorfometri lembangan dengan aliran, di mana lembangan yang berbeza bentuk dan kecuraman cerun memberikan perbezaan kepada unit hidrograf. Ini juga dibuktikan oleh Gregory dan Walling (1973).

Langbein (1947) kemudiannya telah mengaitkan peranan ciri-ciri topografi lembangan saliran. Pemilihan pembolehubah-pembolehubah topografi lembangan saliran yang dianggap penting dalam kajian Langbein (1947) ialah keluasan, cerun alur, pola saliran, purata lebar lembangan, purata panjang alur dan purata relif yang disukat daripada mulut lembangan tertib tertentu. Pada tahun 1939 dan 1940, (Langbein, 1947) menggabungkan sebilangan besar pengukuran morfometri daripada 340 buah lembangan saliran di bahagian timur laut Amerika Syarikat. Lembangan-lembangan ini mempunyai keluasan dari 1.6 hingga 7,797 batu persegi. Beberapa pembolehubah yang ditentukan di dalam kajiannya ialah keluasan lembangan, kepanjangan sungai, kepadatan saliran, cerun lembangan, cerun alur, taburan ketinggian kawasan dan keluasan bahagian air.

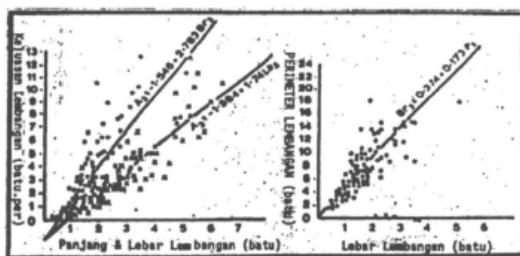
Bagaimanapun pemilihan pembolehubah adalah terhad untuk mengaitkan ciri-ciri geometri lembangan saliran dengan sifat-sifat aliran. Walau bagaimanapun, sifat muka bumi ini telah digabungkan untuk kajian akan datang yang menentukan kadar aliran sungai dan kajian ini telah dijalankan oleh Langbein (1947). Keputusan yang diperolehi menerusi graf korelasi terhadap beberapa pembolehubah topografi dengan aliran banjir untuk 90 lembangan saliran di New England, menunjukkan perhubungan yang bererti di antara keluasan lembangan dan cerun alur merupakan faktor penentu yang paling berkesan bagi aliran puncak (banjir).

Kajian yang jelas menunjukkan perhubungan di antara geomorfometri adalah kajian yang merupakan pengelasan sifat-sifat geomorfometri dengan lembangan tertib tertentu dan ujian terhadap penggunaan statistik yang telah dijalankan oleh Doornkamp dan Temple (1966) daripada Doornkamp dan King (1971). Kajian ini tertumpu kepada lembangan saliran tertib tiga dan hanya melihat pertalian dan perhubungan di antara pembolehubah geomorfometri. Kajian ini melibatkan pengutipan data-data geomorfometri yang banyak bagi lembangan saliran tertib tiga iaitu melibatkan 25 pembolehubah geomorfometri dari 150 lembangan saliran tertib tiga. Bagaimanapun, apa yang penting di dalam pemilihan sampel lembangan, beliau telah memilih 8 kawasan yang berbeza-beza di antara satu sama lain dari segi rupa bentuk muka bumi dan alam sekitarnya. Perbezaan ini adalah bagi kawasan 7 dan 8 yang merupakan kawasan lembangan di kawasan pergunungan, kawasan 4,5 dan 6 yang terletak di kawasan perantaraan kawasan tanah tinggi dan tanah pamah.

Sifat-sifat geologi di antara lembangannya juga berbeza-beza seperti telah mengalami proses lipatan hasil dari pergerakan tektonik dan ini tentunya mempengaruhi sifat-sifat lembangan serta arah aliran sungainya. Keadaan ini berbeza dengan kajian ini, kerana keseragaman sifat geologi diberikan tumpuan kerana sekiranya faktor-faktor alam sekitar adalah seragam maka luahan adalah fungsi

kepada sifat geomorfometri lembangan (Morisawa, 1962). Selain dari itu, batuannya juga berbeza iaitu batuan jenis granit lemah, igneis dan mika schist terdapat di lapisan batu kuarzit yang kukuh dan batu konglomerit yang tentunya mempengaruhi kadar aliran dan pola sungai.

Tujuan utama Doornkamp adalah untuk menghuraikan bagaimana penyusunan tertib sungai boleh dilihat menerusi penggunaan teknik numerikal dan juga bagaimana teknik ini digunakan untuk mengkaji pertalian di antara ciri morfometri lembangan saliran, maka kajian ini tidak mementingkan keseragaman ciri-ciri fizikal di mana dapat di bahagikan dua persamaan regresi terhadap dua persekitaran yang berbeza iaitu kawasan pergunungan dan kawasan beralun/tanah pamah. (Gambarajah. 2.3).



Gambarajah 2.3: Regressi Linear Ciri Geometri Lembangan
(Sumber: Doornkamp dan King, 1971)

Beliau juga menunjukkan bagaimana pertalian ciri-ciri morfometri lembangan saliran dan lain-lain ciri alam sekitar seperti batuan, luahan air dan sedimen sungai berhubung kait. Berdasarkan sampel daripada kawasan muka

bumi yang berbeza Doornkamp telah dapat melihat dan membuat kesimpulan terdapatnya pengaruh morfologi kawasan dalam interaksi disesebuah lembangan,

Menerusi analisis kajian ini telah dapat menunjukkan dengan jelas perbezaan kawasan dari sudut morfologi akan menghasilkan variasi ciri-ciri lembangan. Keadaan ini lebih jelas lagi apabila Doornkamp memilih kawasan yang berbeza dari segi jumlah turunan hujan iaitu kawasan 3 dan kawasan 4 adalah lebih kering manakala kawasan 8 menerima hujan yang lebat. Kajian ini, jelas menunjukkan bahawa perbezaan jumlah hujan akan menghasilkan sifat-sifat lembangan yang berbeza.

Doornkamp juga menjalankan kajian di lembangan sungai tertib tiga iaitu tertib yang lebih besar. Ini kerana ketiadaan air dialur sungai bertertib rendah dan menyebabkan alur ini tidak dipetakan serta menyukarkan kerja-kerja pengiraan tertib sungai daripada peta topografi. Beliau menggunakan peta topografi yang berskala 1:50,000, bagaimanapun ini menimbulkan masalah sebagaimana dihadapi oleh pengkaji dalam kajian ini kerana penentuan sempadan lembangan bagi tertib yang rendah kerana sesuatu lembah mungkin mempunyai lebih daripada satu lembangan sungai. Menerusi statistik korelasi, Doornkamp juga membuat pengelasan perhubungan yang bersifat positif dan negatif di antara pembolehubah-pembolehubah menerusi satu matrik yang mudah seperti di (Jadual 2.1).

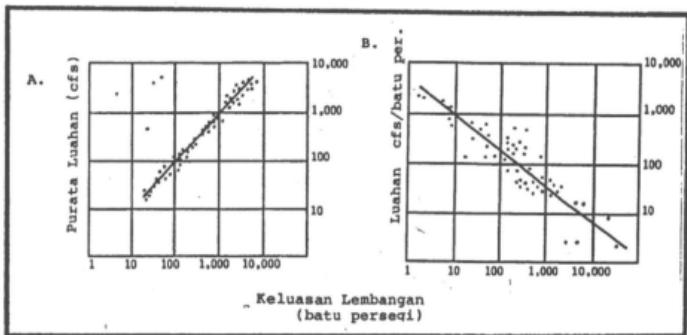
Jadual 2.1: Metrik Pekali Korelasi Bagi 18 Pembolehubah
(Sumber: Doornkamp dan King, 1971)

Peningkatan aspek pembangunan diseluruh dunia, banyak kajian telah memberikan tumpuan kepada unit lembangan saliran bagi menyelesaikan isu alam semulajadi khasnya hakisan seperti apa yang telah dinyatakan oleh Chorley, Dunn dan Beckinsdale (1964), Horton (1945); Strahler (1964); Leopold, et. al (1964) dan Knighton (1984).

Kajian yang dijalankan oleh Chorley (1969) menunjukkan terdapatnya kecenderungan ciri-ciri geomorfometri lembangan seperti sifat aspek linear, areal dan relief mempunyai perhubungan di antaranya dan juga hubungan dengan luahan. Chorley juga mengesahkan kajian yang telah dilaksanakan oleh Strahler (1964) yang menunjukkan hubungan sifat linear lembangan iaitu di antara tertib tertentu dengan bilangan sungai.

Selain daripada itu juga, aspek areal juga menunjukkan keluasan lembangan mempunyai pengaruh yang ketara terhadap luahan, ini berdasarkan bentuk hidrograf, puncak aliran dan purata aliran permukaan. Keputusan

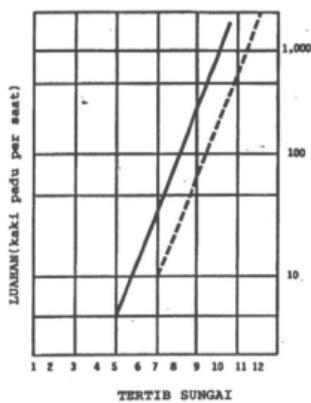
sebegini juga dibuktikan oleh Chorley (1969) berdasarkan kajian Follansbee, R. dan Sawyer, L.R. (1948) di mana luahan banjir bagi unit keluasan adalah berhubung secara songsang mengikut saiz keluasan. Ini disebabkan keamatian turunan hujan lazimnya lebih tinggi dibahagian saiz tertib lembangan yang lebih kecil. Selain daripada itu purata luahan dan luahan puncak mempunyai perhubungan yang linear dan non-linear dengan saiz lembangan di mana sekiranya purata luahan tinggi maka saiz lembangan juga meningkat dan bertambah besarnya saiz lembangan menunjukkan kadar luahan yang rendah, ini berdasarkan graf korelasi (Eisenlohr, 1952 dan Hack, 1957) rujuk (Gambarajah 2.4).



Gambarajah 2.4: Korelasi Keluasan Lembangan Dengan Luahan.
 (A): Luahan Purata dengan Keluasan Lembangan di Sg. Potomac (Hack: daripada Strahler, 1964).
 (B): Luahan Banjir (cfs) batu persegi dengan Keluasan Lembangan (Follansbee, R dan Sawyer, L.R. 1948)
 (Sumber: Chorley, 1969)

Selain daripada itu, Chorley juga menunjukkan sifat-sifat geomorfometri lembangan yang mempunyai perhubungan dengan tertib sungai dengan luahan (meter padu per/saat)

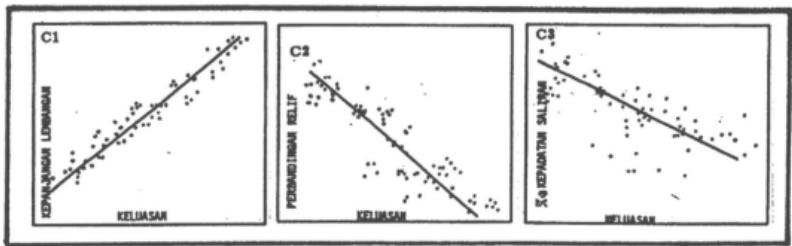
yang menunjukkan suatu hubungan yang bersifat positif linear. Ini membuktikan dengan bertambahnya kadar luahan apabila maka tertib sungai juga meningkat. Ini juga dibuktikan oleh kajian Leopold,L.B. dan Miller,J.P. (1956) di New Mexico dipetik daripada Leopold, et. al. (1964) rujuk (Gambarajah 2.5).



Gambarajah 2.5: Korelasi Di antara Tertib Sungai Dengan Luahan.

(Sumber: Leopold, Wolman dan Miller, 1964)

Chorley juga dalam kajiannya menyifatkan aspek keluasan (areal) khasnya nilai kepadatan saliran adalah merupakan suatu ciri yang begitu rumit dan amat sukar dirumuskan oleh kerana ia mencerminkan faktor yang berbagai mempengaruhi sifatnya. Keadaan sebegini ditakrifkan oleh Anderson sebagai '**Devil Variable**', dipetik daripada Gregory dan Walling (1973) keadaan ini berdasarkan (Gambarajah 2.6).



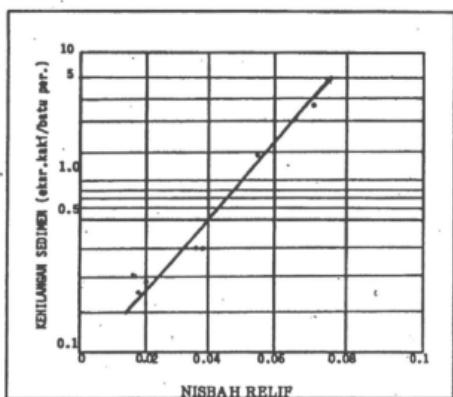
Gambarajah 2.6: Data Daripada 76 Lembangan Saliran Di Tenggara Devon Menunjukkan Perhubungan Kepanjangan Lembangan C1, Perbandingan Relif C2 dan Kepadatan Saliran C3 dengan Keluasan.

(Sumber: Gregory Dan Walling, 1973)

Ciri keluasan ini mempunyai pengaruh yang tinggi terhadap aliran permukaan apabila indeks kepadatan saliran tinggi (Carlston, 1963). Mengikut Chorley, ciri-ciri bentuk yang diambil perhatian dalam kajiannya adalah nisbah kebulatan dan nisbah kelonjongan, sifat-sifat ini dipengaruhi oleh keadaan geologi setempat dan ketinggian serta kecuraman cerun di mana kedapatan keadaan sebegini menyebabkan lembangan lebih cenderung membentuk lonjong.

Berhubung dengan relif, Chorley memperlihatkan kepentingan ciri ini terhadap jangkamasa hakisan berlaku disesuatu lembangan dan mengenalpasti indeks yang lebih tepat terhadap proses ini. Selain daripada itu perbezaan ketinggian cerun-cerun alur dan cerun lembangan saliran mempengaruhi ketinggian aliran puncak dan nisbah relif. Keadaan ini jelas dapat dilihat menerusi graf perhubungan, apabila relif meningkat kadar kehilangan sedimen juga meningkat. Ini disebabkan keupayaan yang tinggi luahan

menerusi halajunya mengangkut sedimen dan ianya hubungan yang positif berdasarkan kajian Schumm (1956) rujuk (Gambarajah 2.7).



Gambarajah 2.7: Ketinggian Relif Dengan Kadar Kehilangan Sedimen.

(Sumber: Schumm, 1956)

Sebagai kesimpulan, Chorley berpendapat aspek geomorfometri lembangan merupakan salah satu faktor yang paling penting dan memerlukan analisis yang terperinci untuk menunjukkan sifat hidrologi dalam sesebuah lembangan. Pendapat ini juga diakui oleh Hadley dan Schumm (1961) dan Hails, J. (1977).

Morisawa (1962), dalam kajian kuantitatif geomorfologi terhadap sebahagian daripada lembangan saliran di Dataran Appalachian juga telah cuba untuk mengasaskan suatu hubungan matematik di antara faktor kuantitatif geomorfik lembangan saliran dengan sifat-sifat luahan sungai. Kajiannya melibatkan 15 buah lembangan di kawasan

Appalachian, Amerika Syarikat yang mempunyai keluasan daripada 1.5 hingga 550 batu persegi. Pemilihan sampel terhadap sungai-sungai yang terdapat disini adalah berdasarkan yang hanya mempunyai rekod aliran. Ini bertujuan bagi memudahkan untuk mendapatkan data luahan. Sifat-sifat lembangan saliran ditentukan daripada peta topografi yang berskala besar untuk memastikan kejituhan pengukuran. Morisawa juga mengawal pembolehubah geologi dan iklim dengan memilih hanya lembangan di kawasan Appalachian bagi mengelakkan pengaruh faktor tersebut dan memastikan keseragaman.

Kajian Morisawa ini juga merupakan kajian lanjutan daripada kajian sebelum ini tetapi penegasan yang dibuat oleh Morisawa adalah mengaitkan aliran sungai dengan geomorfologi kawasan tersebut. Sebagaimana kajian yang telah dijalankan oleh pengkaji-pengkaji lain, Morisawa juga menggunakan skima Strahler (1952) dalam penentuan tertib sungai. Ini kerana skima yang digunakan oleh Strahler adalah lebih mudah dan telah mendapat pengiktirafan daripada pengkaji-pengkaji lain. Morisawa juga mendapati bahawa lembangan saliran yang besar disifatkan mempunyai alur sungai yang panjang, cerun yang landai, nisbah relief yang rendah dan bentuk lembangan yang kurang bulat manakala segmen sungai yang pendek berkecenderungan membentuk cerun yang curam dan lembangan hampir kepada bentuk bulat.

Morisawa (1968) juga menggunakan nilai kebulatan untuk melihat bentuk lembangan di mana tertib sungai yang tinggi lazimnya tidak berkecenderungan ke arah bulat berbanding dengan tertib sungai yang rendah. Indeks ini juga mempengaruhi luahan, selain daripada itu juga, Morisawa mendapati faktor-faktor geomorfik seperti kepanjangan sungai, bentuk lembangan, cerun permukaan dan sifat-sifat geologi seperti jenis batuan serta struktur batuan mempunyai pengaruh terhadap keamatan 'runoff' dan luahan sungai.

Ini juga dibuktikan oleh kajian Sherman (1932) daripada Morisawa (1962) walau bagaimanapun beliau tidak mengkuantifikasi klasifikasinya. Sekiranya faktor-faktor lain adalah seragam, luahan adalah berhubung secara langsung dengan keluasan lembangan. Purata luahan tahunan dan luahan puncak mempunyai pertalian secara langsung dengan saiz lembangan Eisenlohr (1952) dan Hack (1957) dipetik daripada kajian Morisawa (1962).

	Lau (hektar)	Panjang (km)	Cerun	Kebulatan	N.Ralif
Keluaran	---	+.7437	-.6814	-.5610	-.5429
Kepanjang	+.7437	—	-.7961	-.6843	-.5103
Quilifer	-.6814	-.7961	—	+.3335	+.8183
Kebulatan	-.5610	-.6843	+.3335	—	+.2083
Nisbah Ralif	-.5429	-.5103	+.8183	+.2083	—
Keluaran Saliran	—	—	+.3987	+.0023	+.4027

JADUAL 2.2

	Lau Lembangan (hektar)	Jumlah Panjang (km)	Quilifer Sungai	Nisbah Kebulatan	Nisbah Ralif	Keluaran Tertib Sungai
Jumlah P/S. Sungai	+.9916	—	—	—	—	—
Quilifer	-.8112	-.6928	—	—	—	—
Nisbah Isdat	-.6831	-.6498	+.2476	—	/	—
Nisbah Ralif	-.5750	-.8132	+.1949	+.3579	—	—
Keluaran Tertib Sungai	-.8136	-.7748	+.5720	+.5720	+.6406	—

JADUAL 2.3

Jadual 2.2: Pekali Korelasi Bagi Perhubungan Di antara Pembolehubah Lembangan Saliran Tertib Satu Di Wilayah Dataran Appalachian (Morisawa, 1962)

Jadual 2.3: Pekali Korelasi Bagi Regressi Sebuah Lembangan Saliran (Morisawa, 1962)

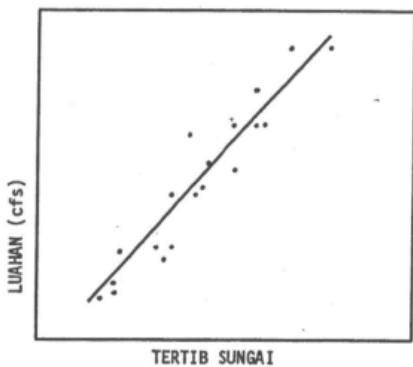
Selain daripada itu Morisawa mendapati dengan bertambahnya bilangan alur akan menyebabkan jumlah air hujan yang keluar dari lembangan akan meningkat menerusi alur sungai berbanding dengan kadar infiltrasi menerusi tanah. Beliau juga menunjukkan pekali korelasi perhubungan pembolehubah-pembolehubah lembangan saliran berdasar kajian yang dijalankannya rujuk (Jadual 2.2) dan (Jadual 2.3) sebelum ini.

Berdasarkan jadual matrik korelasi di atas, di antara sifat-sifat geomorfometri lembangan di lembangan saliran tertib satu dan tertib yang lebih tinggi menunjukkan suatu bentuk hubungan yang kuat. Secara perbandingannya pekali korelasi di antara pembolehubah geomorfometri di dua kawasan dan lembangan yang berbeza menunjukkan kecenderungan yang hampir sama. Bagaimanapun terdapat beberapa kelemahan dalam kajian Morisawa ialah masalah kedudukan tolok sungai tidak terletak dilokasi mulut(hujung) segmen bagi sungai yang tertentu.

Keadaan ini disebabkan Stesen luahan yang dipasang tidak berada dimulut lembangan tertib tertentu. Oleh itu fungsi luahan tidak kepada keseluruhan lembangan tertib sebenar, oleh itu berbeza dengan kajian ini. Selain daripada itu unsur-unsur keseragaman yang cuba dibendung dengan memilih kawasan yang seragam tidak dapat dielakkan di mana perbezaan dari segi aspek kuantitatif morfologi di tiga wilayah kawasan kajian yang dipengaruhi oleh lipatan.

Kajian Schumm (1977a dan 1977b) juga menyatakan sebagaimana kajian-kajian lain (Strahler, 1964 dan Gregory dan Walling, 1973) iaitu usaha untuk melihat perhubungan antara pembolehubah alam sekitar. Kenyataan Schumm (1977b) juga mendapati sifat-sifat hidrologi lembangan dipengaruhi dengan kuatnya oleh ciri-ciri lembangan saliran untuk keluasan lembangan yang kurang daripada 26 kilometer persegi, kerana sifat geologi, penggunaan tanah dan iklim yang seragam.

Schumm lebih melihat perkembangan jaringan lembangan saliran menerusi analisa perhubungan di mana dengan meningkatnya tertib-sungai maka nilai bilangan alur, kepanjangan alur dan keluasan lembangan meningkat dalam keadaan semulajadi apabila berlaku pertambahan cawangan sungai.

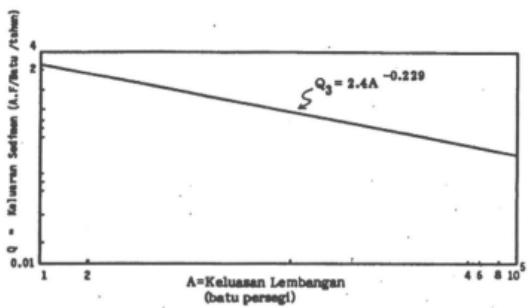


Gambarajah 2.8: Peningkatan Luahan Apabila Pertambahan Bilangan Tertib Sungai.
(Sumber: Stall Dan Fok, 1968).

Keadaan ini juga akan mengakibatkan peningkatan jaringan berlaku apabila terdapatnya aliran yang cepat

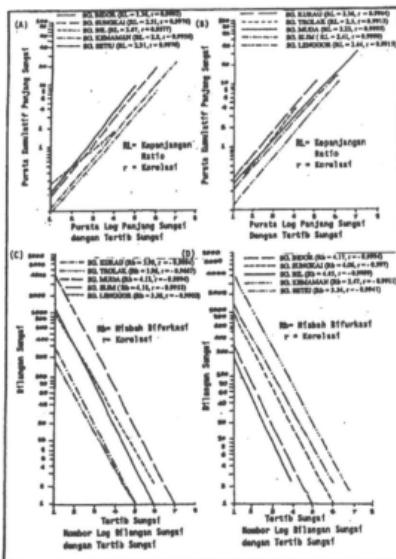
bagi memudahkan aktiviti hakisan terhadap batuan induk bagi lembangan tersebut (Schumm, 1956). Kajian Woldenberg (1966) telah dibuktikan oleh Stall dan Fok (1968) apabila kadar luahan meningkat bertambah bilangan tertib sungai rujuk (Gambarajah 2.8) di atas.

Schumm juga mengaitkan hakisan dengan pembentukan jaringan saliran, di mana semasa berlaku hakisan, zon yang paling maksimum bergerak kearah hulu sungai daripada mulut sungai. Pada peringkat awal sungai, kebanyakan sedimen dihasilkan dari kawasan yang berhampiran dengan mulut lembangan dan kemudian sumber ini dihasilkan dengan banyaknya dari hulu sungai. Keadaan ini jelas apabila Schumm dalam kajiannya menunjukkan kajian Strand (1975) mengenai pengurangan hasil sedimen bagi unit kawasan apabila saiz lembangan bertambah (Gambarajah 2.9). Dalam kajian ini beliau telah mendapati bahawa sekiranya bilangan tertib adalah tinggi maka kepadatan salirannya akan menjadi rendah, sekiranya kepadatan saliran adalah tinggi maka aliran permukaan (runoff) adalah laju dan ini telah dibuktikan oleh Smith dan Stopp (1978). Selain daripada itu juga beliau mendapati sebahagian daripada sistem saliran dikawasan ini dikawal oleh faktor geologi dan struktur muka bumi.



Gambarajah 2.9: Pengurangan Sedimen Disesuatu Unit Kawasan Apabila Saiz Lembangan Bertambah (Strand, 1975).
(Sumber: Schumm, 1977a).

Peh (1986) dalam kajian menilai kepentingan ciri-ciri morfometri lembangan saliran iaitu tertib sungai dengan bilangan alur terhadap pengaruh keatas aliran dasar, aliran puncak dan aliran banjir di Semenanjung Malaysia (Gambarajah 2.10).



Gambarajah 2.10: Keluk Taburan Pembolehubah Geometri Dengan Tertib Sungai (Sumber: Kertas Seminar Jab. Geografi)

Kajian ini dijalankan di 10 batang sungai yang melibatkan lembangan Sungai Muda, Kemaman, Slim, Lenggor, Setiu, Bidor, Kurau, Trolak, Bil dan Sungkai. Lembangan ini merupakan kawasan tадahan dan 10 peratus daripada kawasan hutan disini telah diganggu oleh kegiatan manusia.

Ciri geomorfometri yang diambilkira dalam kajiannya adalah nisbah bifurkasi, nisbah kepanjangan, kepadatan saliran, tekstur saliran, keselenjaran penyelenggaraan alur (constant of channel maintenance), panjang aliran permukaan dan hypsometrik integral. Sifat luahan yang dikaji melibatkan purata luahan tahunan dalam perkiraan meter padu sesaat, unit purata luahan tahunan (cusec/sq) dan pekali aliran hujan. Sifat luahan yang pertama adalah menganggarkan jumlah isipadu luahan manakala sifat kedua dan ketiga menunjukkan gerak balas aliran permukaan lembangan saliran.

Pengutipan data-data morfometri dibuat menerusi peta topografi dan data luahan diperolehi dari rekod Jabatan Saliran dan Pengairan. Keadaan ini disebabkab masalah-masalah yang mungkin timbul sekiranya kajian lapangan dijalankan. Berdasarkan kajian ini, beliau dapati terdapat perhubungan yang ketara di antara jenis-jenis luahan dengan ciri morfometri yang hanya diambil kira melalui kaedah statistik regressi berbilang dan analisis korelasi mudah (Jadual 2.4).

ANALISIS KORELASI MORFOMETRI LEMBANGAN DAN PEMBOLEHUBAH ALIRAN SUNGAI					
Magnitude Slope	FPI	Kepadatan Saliran	Nisbah Bifurksi	Nombor Rugged	
Q ₉₉ -0.09	0.57*	0.66*	-0.23	-0.29	
Q ₉₉ 0.47*	0.50	0.57*	-0.22	-0.16	
Q ₉₉ 0.46	0.38	0.39	-0.09	-0.15	
Q ₉₉ 0.54*	0.29	0.27	-0.03	0.00	
Q ₉₉ 0.34	0.01	-0.39	0.20	0.17	
Q ₉₉ 0.26	-0.05		0.19	0.07	

* Pembolehubah Aliran Sungai dinyatakan dalam perunit luasnya lembangan.

Analisis Regresi Berganda Digenakan untuk menjelaskan perhubungan diantara Pembolehubah Aliran dengan Pembolehubah morfometri.					
Pembentuk	Koefisien Korelasi (r)	Nisbah F	Arau Keertian	Anggaran siasilan Prawai.	
FPI = $1.41D^{0.89}A^{0.10}T_1^{-0.17}$	0.83	10.29	0.001	0.13	
Q ₉₉ = $0.17D^{0.48}A^{-0.02}$	0.76	10.04	0.001	0.22	
Q ₉₉ = $1.72D^{0.48}$	0.57	7.58	0.01	0.19	
Q ₉₉ = $1.49D^{0.48}A^{0.02}$	0.58	3.85	0.025	0.14	
Q ₉₉ = $0.95D^{0.42}$	0.54	6.76	0.01	0.13	
Q ₉₉ = $1.45A^{0.27}D^{0.11}S^{0.21}$	0.41	0.93	TS	-	
Q ₉₉ = $1.42D^{0.39}A^{0.11}$	0.51	2.70	TS	-	
Q ₉₉ = $1.41D^{0.26}A^{0.17}$	0.63	4.91	0.02	0.17	

* Pembolehubah Aliran Sungai dinyatakan dalam perunit luasnya lembangan. TS = Tek Signifikant

Jadual 2.4: Penggunaan Statistik Regressi Berbilang
(Sumber: Peh, 1986)

Berdasarkan jadual 2.4 di atas menunjukkan rumusan korelasi dan analisis, mendapati pembolehubah kepadatan saliran mempunyai perhubungan yang sungguh bererti dengan luahan puncak (QP), indeks potensi banjir (FPI), purata tahuanan luahan rendah (Q99) dan Q1. Kepadatan saliran mempunyai perhubungan yang positif dengan QP, Q1 dan FPI manakala perhubungan yang negatif dengan Q99. Kepadatan saliran merupakan ciri geomorfometri lembangan yang sungguh berkesan menghasilkan luahan banjir dan jika kepadatan saliran tinggi maka luahan banjir juga meningkat. Kesemua nilai ini merupakan indeks aliran banjir dan berkeupayaan menghasilkan tindak balas aliran permukaan yang laju sebagaimana kajian oleh Charlston (1963).

Nilai QP, Q1 dan FPI mempunyai hubungan yang positif dan bererti dengan kepadatan saliran manakala nilai Q99 mempunyai hubungan negatif yang bererti dengan kepadatan saliran. Nilai kekerapan alur sungai juga mempunyai

korelasi yang positif dengan luahan sungai dan bermaksud, apabila bertambahnya bilangan alur dalam seunit lembangan ianya akan berupaya mengangkut jumlah air hujan yang turun dalam sesuatu lembangan dan akan menghasilkan luahan banjir. Selain itu, bilangan kekerapan alur sungai tertib satu mempunyai perhubungan yang bererti dengan luhan puncak maksima (QP) serta aliran banjir. Sebagai rumusan, peningkatan bilangan sungai tertib satu maka bertambah kadar kepadatan saliran dan akan berupaya menghasilkan isipadu air yang tinggi bagi aliran banjir.

Kajian perbandingan telah dijalankan oleh Goh Kim Chuan (1972) terhadap dua kawasan tадahan yang berbeza iaitu kawasan terbangun dan kawasan hutan. Pengutipan data dilakukan di kawasan Damansara dan Ulu Langat. Kajian ini cuba melihat sifat-sifat aliran dan hujan serta kajian imbangan air mengikut tahun, musim, bulanan dan harian di kedua-dua kawasan tадahan ini. Kebanyakan daripada kajian yang dijalankan adalah lebih bersifat pengelasan geomorfometri dengan menggunakan kaedah statistik perhubungan di antara sifat-sifat geomorfometri dengan luahan puncak. Walau bagaimanapun, kajian yang menggunakan luahan aliran minimum adalah lebih tepat dan mudah berbanding dengan luahan maksima yang sukar diramalkan (Ward, R.C. 1971). Kajian awal telah dijalankan oleh Hazen (1914) dipetik daripada Ward R.C.(1975) yang menggunakan kaedah statistik untuk tujuan meramal Q_{min} .