

BAB 2

BANJIR KILAT: PROSES, SEBAB, KESAN DAN KAWALAN

2.1 Pengenalan

Banjir adalah fenomena alam semulajadi yang pernah berlaku hampir meliputi kebanyakan negara di dunia (Beyer 1974). Namun begitu terdapat juga kejadian banjir yang berlaku akibat daripada kecuaian manusia menjaga alam sekitarnya sendiri. Plat 2.1a dan 2.1b menunjukkan kesan kepada masyarakat akibat daripada banjir kilat tersebut.

Kejadian banjir kilat yang terbaru melanda Lembah Kelang pada 26 April 2001 (Berita Harian 27 April 2001), memberi satu kejutan besar apabila melibatkan dua kematian dan satu kejadian lemas. Berbagai-bagai sebab dan andaian telah dibuat berikutan kejadian banjir kilat. Walau bagaimanapun kemungkinan kejadian banjir' kilat yang lebih teruk berlaku tetap ada sekiranya tidak ada kesungguhan dan kesedaran daripada semua pihak untuk menangani kejadian banjir kilat ini.



Plat 2.1a Menunjukkan keadaan jalanraya yang dinaiki banjir. Kejadian banjir kilat boleh menyebabkan terputusnya perhubungan lalulintas.

Sumber: Utusan Malaysia, Mac 1997



Plat 2.1b Kejadian banjir kilat yang berlaku dalam tempoh masa yang singkat mengakibatkan orang ramai tidak sempat berbuat apa-apa. Plat di atas menunjukkan peniaga yang tidak dapat meneruskan aktiviti perniagaan oleh kerana kawasan warong yang dinaiki banjir

Sumber: Utusan Malaysia, Mac 1997

Manusia merupakan agen utama yang akan menghidupkan sesuatu alam sekitar fizikal yang wujud. Kecenderung untuk membangunkan sesuatu kawasan petempatan adalah tertumpu di pinggir-pinggir sungai di bahagian tengah dan hilir sesebuah lembangan saliran kerana terdapatnya faktor-faktor ketersampaian. Keadaan alam sekitar fizikal yang agak rendah topografinya menyenangkan pembukaan sesuatu kawasan. Selain daripada itu sungai membekalkan keperluan domestik untuk bekalan air minuman, membasuh, mandi dan menyiram hasil tanaman. Sungai juga berguna sebagai laluan air yang menghubung satu kawasan dengan satu kawasan yang lain. Ekoran daripada itu kawasan pinggir sungai atau lebih dikenali sebagai dataran banjir secara tidak langsung mula terdedah kepada gangguan manusia (Beyer 1974). Pada hari ini beberapa bandar besar dan utama dunia bermula dipinggir sungai utama sesebuah negara seperti bandaraya Kaherah, bandaraya Bangkok, bandaraya Kuala Lumpur, bandaraya Sydney, bandaraya New York dan beberapa bandaraya yang lain lagi.

Lembangan Sungai Kelang merupakan lembangan saliran yang paling pesat pembangunannya di Malaysia. Berikutnya itu penerokaan tanah di kawasan hulu yang sepatutnya berperanan sebagai kawasan tадahan juga semakin giat dijalankan. Ini kerana kawasan tengah dan hilir Lembangan Sungai Kelang telah mengalami aktiviti

pembangunan amat pesat sehingga permintaan terhadap guna tanah hampir mencapai tahap maksimum. Menurut Teh (1989), berdasarkan kepada kajian kawasan hijau yang terdapat di sekitar Wilayah Persekutuan pada tahun 1989 terdapat 45.2 peratus kawasan yang masih ditumbuhi oleh pokok-pokok iaitu seperti di Bukit Jalil, Sungai Penchala, Bukit Kiara, Bukit Gasing, Universiti Malaya, Damansara dan beberapa kawasan yang lain lagi. Namun begitu pada tahun 2001 apa yang boleh disaksikan sebahagian besar kawasan-kawasan hijau yang dinyatakan tadi telah pun dihapuskan untuk tujuan pembangunan. Pembangunan Kompleks Sukan Bukit Jalil misalnya dan pembinaan lebuh raya yang baru seperti Elite dan Kesas, pembangunan yang pesat di Universiti Malaya, pembangunan di Bukit Gasing adalah bukti pelupusan kawasan hijau yang sedia ada. Walau bagaimanapun pembangunan di dataran banjir dan kawasan perbandaran akan berterusan selagi terdapat ruang tanah yang boleh diusahakan (Rancangan Malaysia ke6). Sehubungan dengan itu banyak kawasan hutan dan bukit-bukau telah dibersihkan bagi memastikan pembinaan kawasan-kawasan perindustrian, kawasan perdagangan, kawasan petempatan dan juga jalan-jalanraya dapat dibina dengan jayanya.

Akibat daripada aktiviti pembangunan ini telah membawa kepada hakisan tanah yang teruk dan juga mendapan sungai yang banyak. Menurut Jabatan Pengairan dan

Saliran (1998), sebanyak 16 batang sungai di Malaysia tidak lagi dapat menampung jumlah kemasukkan air hujan yang banyak dan akan membawa kepada berlaku banjir kilat. Selain daripada itu penurapan tanah juga pesat dilakukan seperti pembinaan jalanraya dan juga di kawasan-kawasan petempatan baru atau lebih khusus ialah kawasan perbandaran. Secara umumnya aktiviti penurapan tanah telah mengganggu sistem semulajadi. Hujan yang turun tidak dapat diserap ke dalam tanah lalu akan membanjiri kawasan sekitar yang berturap dan akhirnya mendatangkan masalah kepada penduduk setempat ataupun pengguna jalanraya.

Bagi bandaraya Kuala Lumpur, dataran banjir kebanyakannya didiami oleh penduduk setinggan. Oleh kerana terdapat banyak peluang pekerjaan telah menarik ramai penduduk untuk berhijrah ke sini terutamanya mereka yang berpendapatan rendah. Sebanyak 60, 659 unit rumah setinggan yang berada sepanjang pinggir Sungai Kelang pada tahun 1997 telah dikenal pasti (Jabatan Pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan 1997). Ekoran daripada itu hampir keseluruhan penduduk setinggan ini terdedah kepada masalah banjir kerana petempatan yang dibina di kawasan dataran banjir. Secara tidak langsung alam sekitar fizikal sesebuah lembangan mula terganggu. Banjir yang melanda telah mendatangkan masalah dan dampak yang semakin meruncing kepada mereka yang terlibat terutamanya di

Lembangan Sungai Kelang kerana aktiviti perbandaran yang semakin pesat. Berikutan itu kekerapan dan magnitud banjir semakin meningkat (Jabatan pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan 1997).

2.2 Definasi Banjir

Walau bagaimanapun dalam mendefinasikan maksud banjir ini adalah sesuatu yang agak rumit. Ini kerana sesuatu peristiwa berkaitan dengan banjir adalah berbeza di antara satu kejadian banjir dengan satu kejadian banjir yang lain mengikut bagaimana ia berlaku. Banjir yang berlaku biasanya melanda kawasan rendah ataupun dikenali sebagai dataran banjir dan juga kawasan pinggir pantai (Ward, 1978). Lokasi dan magnitud banjir tersebut adalah berbeza dan ini memberikan kesan yang berbeza kepada manusia dan alam sekitar.

Menurut Rostvedt, 1968 (dirujuk daripada Ward, 1978) banjir adalah aliran air yang tinggi dan melebihi takad biasa tebing sungai. Ward (1978), kemudiannya menjelaskan bahawa banjir akan mengalir secara berlebihan di atas permukaan tanah pada keadaan yang luar biasa. Smith dan Tobin (1979) menjelaskan banjir sebagai

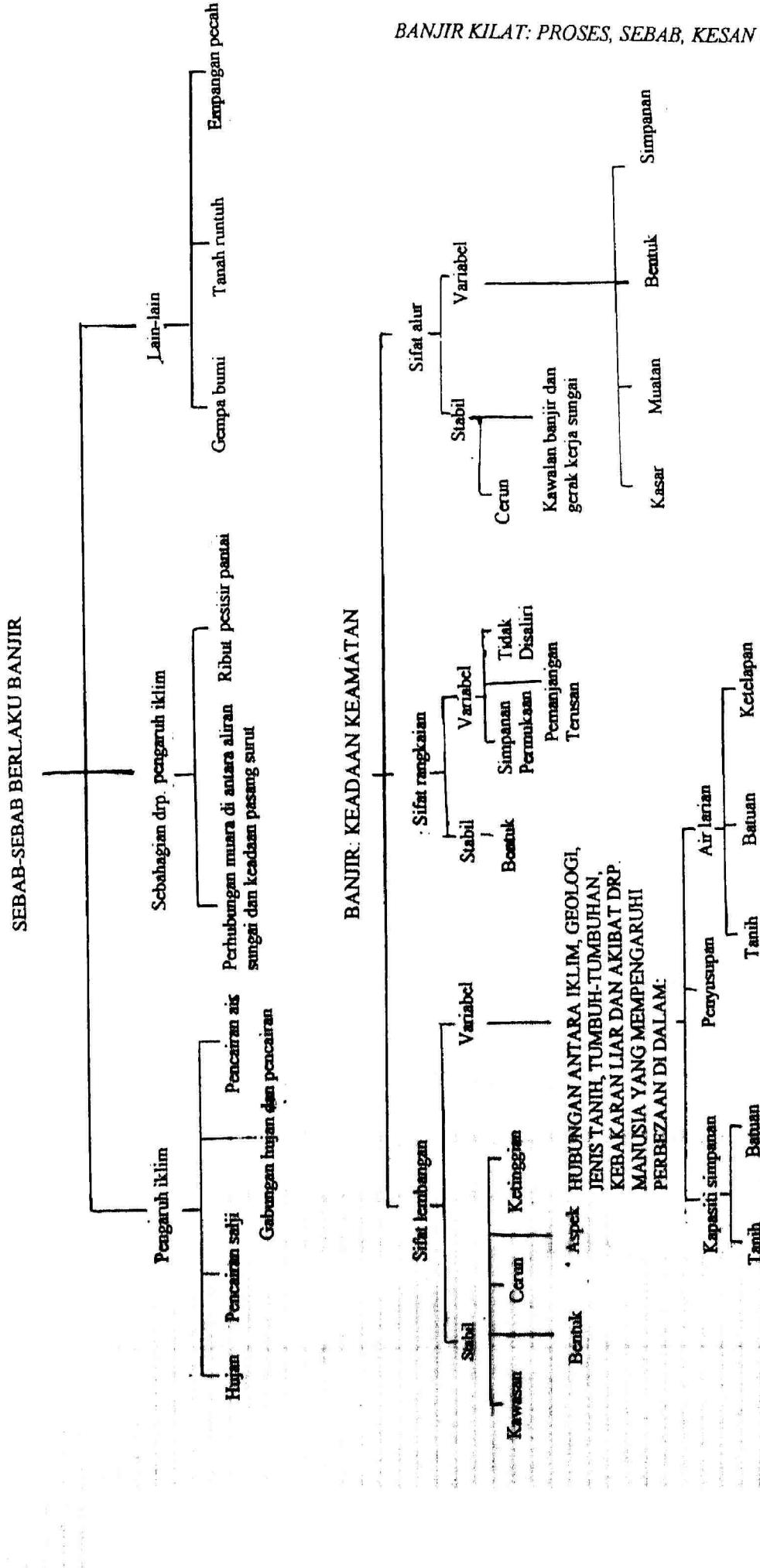
aliran air yang melimpah daripada alur sungai dan kemudian menghasilkan kawasan yang dipenuhi air oleh aliran yang berlebihan berhampiran dengan dataran banjir.

Beberapa jenis banjir boleh dikenal pasti. Jenis-jenis banjir ini berkait rapat dengan proses kejadian masing-masing. Kejadian banjir pula boleh dibahagikan kepada dua kumpulan yang utama iaitu banjir yang disebabkan oleh faktor hujan dan kedua bukan disebabkan oleh faktor hujan.

Untuk kumpulan yang pertama terdapat empat jenis banjir iaitu banjir tahunan, banjir kilat, banjir yang disebabkan oleh tempoh hujan yang lama dan peristiwa banjir yang berbilang-bilang (Ward 1978). Seterusnya banjir yang tidak disebabkan oleh faktor hujan ialah kejadian banjir yang berlaku di luar kawasan lembangan saliran.

Berdasarkan kepada gambarajah 2.1, sebab-sebab berlaku banjir dan keadaan intensiti banjir boleh dilihat dengan jelas. Untuk kumpulan yang pertama akibat pengaruh iklim terdapat faktor hujan, iaitu kejadian hujan lebat atau hujan

BANJIR KILAT: PROSES, SEBAB, KESAN DAN KAWALAN



Gambarajah 2.1: Sedab-sebab berlaku banjir dan keadaan intensiti banjir

Summer: Ward (1978)

berterusan untuk satu tempoh yang lama. Pencairan salji juga boleh mengakibatkan banjir serta gabungan di antara hujan dan pencairan salji juga akan mengakibatkan banjir dan diikuti oleh pencairan ais ataupun pencairan glasier iaitu keadaan ais yang beku tiba-tiba menjadi cair akibat letupan gunung berapi di bahagian atas (Gregory dan Walling 1973).

Bahagian kedua melihat kejadian banjir yang berlaku akibat sebahagian daripada pengaruh iklim dan ia berlaku di luar kawasan lembangan. Keadaan seumpama ini berlaku disebabkan kejadian air pasang di muara sungai, banjir pinggir pantai yang disebabkan oleh ribut kuat yang membawa gelombang besar ke daratan sebagaimana yang sering melanda pinggir pantai negara-negara seperti Mexico, Filipina dan lain-lain bahagian di Alaska dan China (Ward, 1978).

Bahagian ketiga ialah kejadian banjir selain daripada faktor iklim iaitu akibat daripada gempa bumi, kejadian tanah runtuh dan juga empangan pecah. Keadaan intensiti atau keamatan banjir berdasarkan gambarajah 2.1 di atas ia terbahagi kepada tiga bahagian iaitu sifat lembangan, sifat rangkaian dan sifat alur dan setiap kumpulan tersebut mempunyai ciri-ciri yang tersendiri.

Bagi sifat lembangan yang stabil, kawasan merupakan ciri penting. Ini kerana ia secara tidak langsung mempengaruhi cabang sungai yang ada di lembangan tersebut. Keduanya ialah bentuk lembangan saliran juga penting kerana ia berhubungkait dengan kadar luahan sesebuah lembangan. Sebagai contoh gambarajah 2.2a menjelaskan bagaimana keadaan ini terhasil. Bagi bentuk lembangan saliran yang panjang kelok yang terhasil adalah lebih landai dan aliran puncaknya juga adalah rendah. Berbanding dengan bentuk lembangan saliran yang agak bulat aliran puncaknya adalah tinggi dan tajam. Pergerakan air melalui cerun berkecenderungan untuk meningkat sekiranya kecerunan meningkat. Manakala aspek dan ketinggian memberi kesan terhadap jumlah dan jenis presipitasi yang diterima oleh lembangan dengan melihat sejauh mana keberkesanan presipitasi yang telah diubah oleh evapotranspirasi. Perhubungan yang ditunjukkan oleh sifat lembangan saliran yang stabil menjelaskan geomorfologi lembangan saliran adalah sesuatu yang boleh mempengaruhi kejadian banjir (Ward 1978).

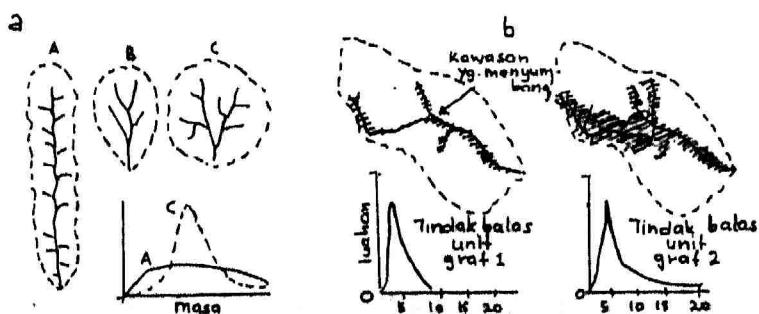
Kepelbagaian sifat lembangan saliran boleh dilihat dalam tiga ciri penting selepas daripada melihat perhubungan yang kompleks di antara iklim, geologi, jenis tanah, tumbuh-tumbuhan, kebakaran liar dan manusia yang melakukan aktiviti seperti pembakaran, penebangan pokok serta pelupusan hutan dan urbanisasi. Pertama

sekali jumlah air yang tersimpan di dalam tanah dan batuan induk akan memberi kesan terhadap masa dan magnitud banjir berhubung dengan jumlah presipitasi yang berlaku. Sekiranya kadar simpanan air tanah adalah rendah, biasanya ia akan menyebabkan kejadian banjir yang cepat dan besar. Kedua sekiranya kadar infiltrasi ke dalam permukaan tanah adalah tinggi akan mengurangkan kadar banjir dan sekiranya kadar infiltrasi adalah rendah menyebabkan air lebih akan meningkat dan aliran sungai akan berlebihan. Akhir sekali kadar ketelapan air melalui tanah dan batuan akan mempengaruhi kadar kejadian banjir.

Sifat rangkaian dan sifat alur sungai di dalam sesebuah lembangan saliran adalah sesuatu yang dinamik. Bentuk saliran adalah merujuk kepada sifat rangkaian yang stabil. Bentuk luahan yang terhasil adalah berhubung rapat dengan bentuk lembangan dan nisbah cabang sungai. Bentuk saliran yang terhasil daripada taupan sungai di bahagian hilir lembangan saliran (*dendritic drainage*) sewaktu banjir akan menghasilkan magnitud banjir yang tinggi dan runcing di hujung lembangan.

Selain daripada itu kepelbagaiannya sifat rangkaian adalah penting dalam mengubah tindak balas banjir di dalam sesebuah kawasan tadahan. Biasanya kawasan yang

berlekuk berkecenderungan menjadi kawasan takungan air sewaktu hujan lebat dan takungan ini hanya akan bersambung dengan aliran sungai sekiranya hujan turun secara berterusan. Pada peringkat awal presipitasi kesemua aliran air akan masuk ke dalam alur sungai dan kawasan berhampiran tetapi sekiranya presipitasi ini berterusan kawasan tersebut semakin merebak meliputi kawasan yang lebih luas. Saliran buatan seperti alur di tanah-tanah akibat daripada aktiviti perladangan ladang dan juga pelupusan hutan memudahkan aliran air sampai ke alur sungai. Kesannya kelok hidrograf yang terhasil akan menjadi semakin meruncing dan memuncak dengan lebih cepat (gambarajah 2.2b).



Gambarajah 2.2a menunjukkan bentuk sesebuah lembangan memberi kesan terhadap kelok hidrograf yang terhasil dan gambarajah 2.2b bentuk luahan yang terhasil adalah juga bergantung kepada penyebaran presipitasi yang lebih luas dan cepat dengan adanya lekukan dan alur melalui pelupusan hutan ataupun aktiviti perladangan.

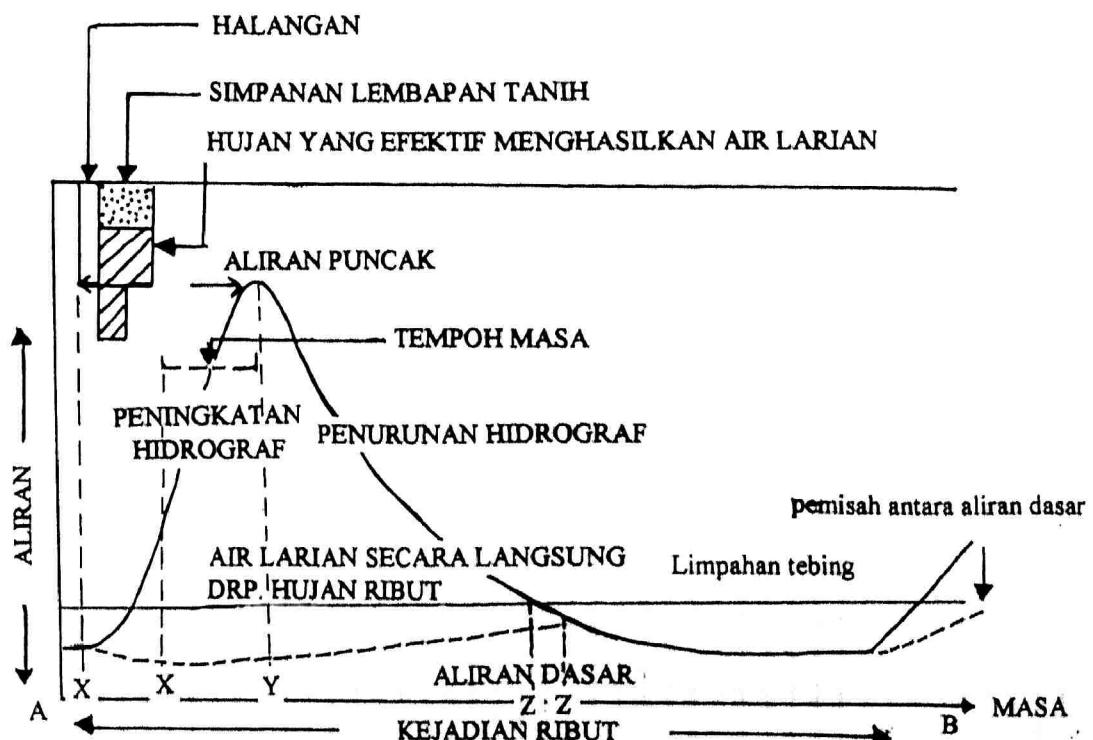
Sumber: Ward 1978

Melihat kepada sifat alur yang stabil, laluan banjir akan lebih deras di bahagian yang curam dan perlahan di bahagian yang landai. Kelajuan dan magnitud banjir di bahagian hilir sungai juga turut dipengaruhi oleh kepelbagaiannya sifat alur iaitu seperti lekukan dan kekasaran di dasar dan tebing sungai serta tumbuhan yang tumbuh. Begitu juga dengan bentuk alur dan simpanan yang bergantung kepada perubahan aliran sungai serta keadaan muatan sungai. Bebanan yang dibawa samada dimendapkan ataupun yang terapung adalah penting bagi melihat ke dalam sungai dan luahan yang terhasil (Ward 1978).

2.3 Kejadian banjir kilat

Banjir kilat sering mengancam kehidupan. Ancaman ini terus meningkat akibat pembangunan sistem semulajadi yang tidak dikawal. Banjir kilat berlaku dalam tempoh masa yang singkat. Hujan lebat menyebabkan sistem saliran sedia ada tidak dapat menampung lebihan air yang diterima oleh permukaan tanah. Masa ke puncak adalah singkat (*time to peak*). Gambarajah 2.3 menunjukkan dengan jelas bagaimana proses banjir kilat ini berlaku.

Pada waktu biasa keadaan sungai berada pada aliran dasar (bahagian AX). Keadaan ini diimbangi antara aliran tidak tenu pada kawasan tadahan yang kedap, kecil dan curam oleh air bawah tanah, kawasan tadahan yang telap air ataupun kombinasi di antara kedua-duanya bagi kawasan tadahan yang sederhana (Ward 1978). Pada peringkat X hujan mulai turun dengan lebat dan berlaku peningkatan yang cepat



Gambarajah 2.3 Kelok hidrograf sewaktu berlaku hujan ribut yang menyebabkan berlakunya banjir kilat apabila sungai melimpahi tebing dalam tempoh yang singkat

Sumber: Diubah suai daripada Hoyt dan Langbein 1955 dirujuk daripada Ward (1978)

pada di antara X dan Y . Elemen penting pada kelok hidrograf banjir kilat ialah masa yang diambil oleh luahan untuk mencapai puncaknya adalah singkat. Setelah memenuhi proses-proses seperti intersepsi dan kelembapan tanah oleh kerana hujan yang masih berterusan ia kemudiannya menghasilkan air larian. Kadar simpanan air yang berlebihan dirujuk kepada kelok hidrograf yang menurun daripada Y ke B . Pada peringkat awal penurunan kelok hidrograf jumlah air kebanyakannya akan diimbangi oleh aliran yang tepu tersebut. Kemudiannya (bahagian ZB dan AX) akan diimbangi oleh kombinasi aliran tidak tepu dan pergerakkan air bawah tanah dan juga bergantung kepada keadaan sesuatu kawasan tadahan tersebut (Ward 1978).

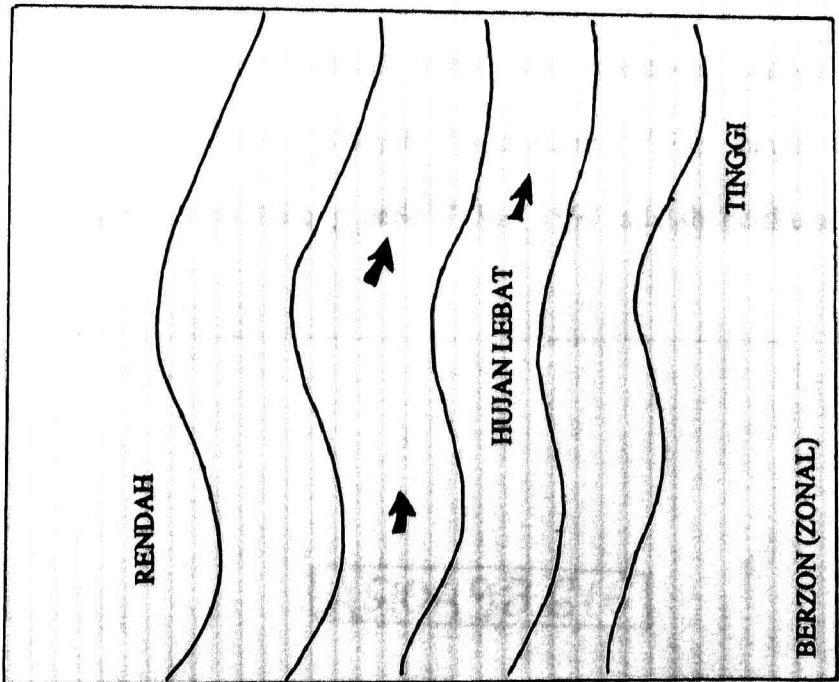
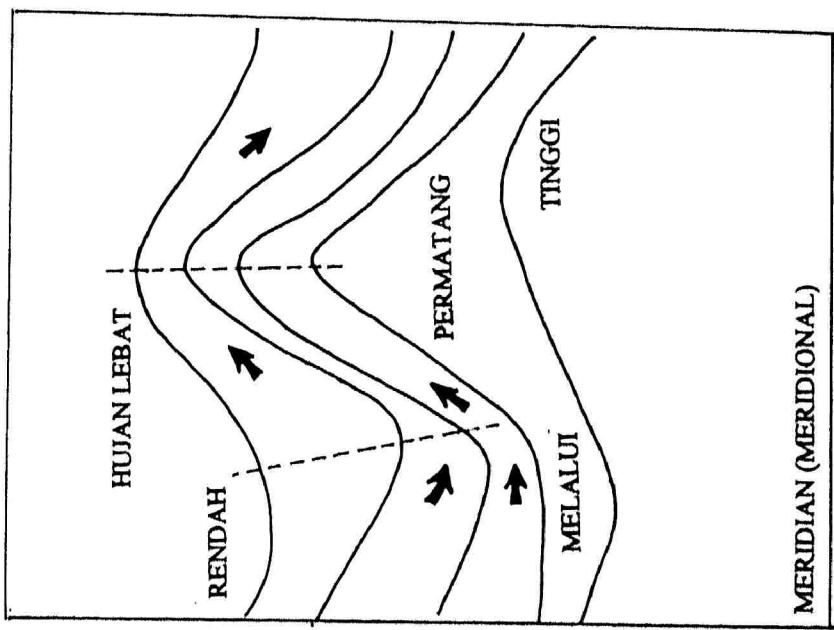
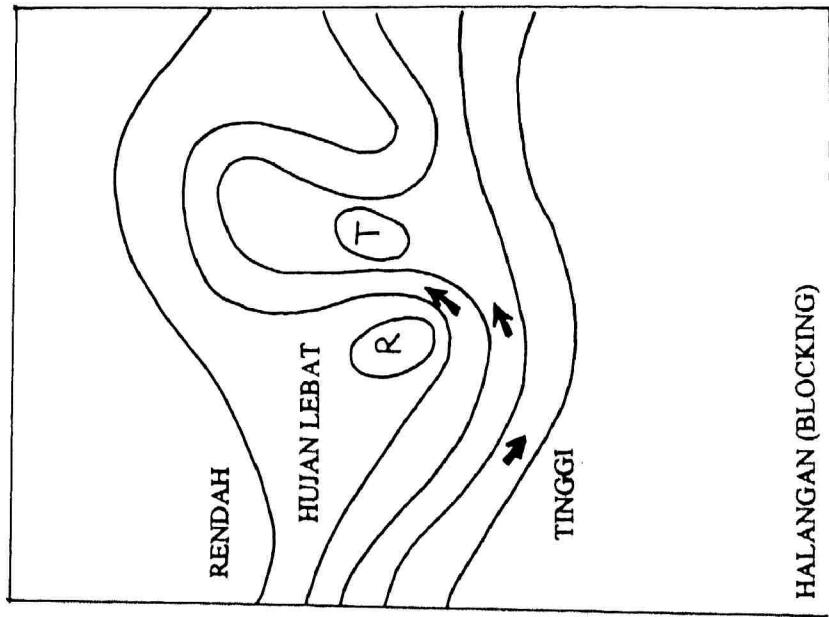
Akhirnya aliran tersebut akan menurun dalam masa yang singkat kerana tidak dapat bertahan pada tahap maksimanya berikutan hujan yang telah berhenti dan kembali kepada aliran dasar.

Hewlett (1982), mendefinisikan banjir kilat sebagai satu kejadian banjir yang berlaku disebabkan oleh adanya hujan ribut tempatan yang lebat pada masa ribut taufan. Pernyataan ini disokong oleh Bryant (1991) beliau mengatakan hujan yang diikuti dengan ribut taufan adalah faktor utama penyumbang kepada kejadian banjir kilat. Apa yang dimaksudkan sebagai hujan ribut ialah jumlah hujan yang lebat

dalam tempoh masa yang kurang daripada tiga jam (Winter 1982). Hujan lebat pada masa yang singkat menghasilkan udara yang tidak stabil dengan kelembapan udara yang tinggi.

Kawasan yang biasa mengalami keadaan ini ialah berhampiran laut panas, berhampiran cerun, tanah tinggi yang sentiasa di lingkungi oleh angin lembab ataupun kawasan yang cenderung untuk menerima ribut taufan. Walau bagaimanapun menurut beliau banjir kilat yang melanda kawasan-kawasan di Amerika Syarikat di antara tahun 1935 hingga 1985 menunjukkan tahap berlaku banjir kilat sememangnya bergantung kepada fisiografi lembangan tersebut, pergerakkan ribut taufan di kawasan tersebut, kelembapan tanah dan termasuk juga darjah pelupusan hutan di kawasan tersebut (Bryant 1991).

Namun demikian, aliran udara yang tidak seragam adalah pencetus kepada kejadian hujan ribut disesuatu tempat. Gambarajah 2.4 menunjukkan bagaimana keadaan ini berlaku. Aliran Meridional menghasilkan pergerakkan udara utara selatan dan biasanya berhubung dengan gelombang Rossby yang menghasilkan lingkaran arus pola jet, terutamanya dibenua hemisfera utara. Aliran meridional yang semakin membesar menjadi salah satu pergerakkan atmosferik yang menimbulkan banjir kilat



GAMBARAJAH 2.4 Bentuk aliran angin yang tidak normal, dalam kitaran angin yang umum, membawa kepada kejadian banjir kilat

Sumber: Bryant (1991)

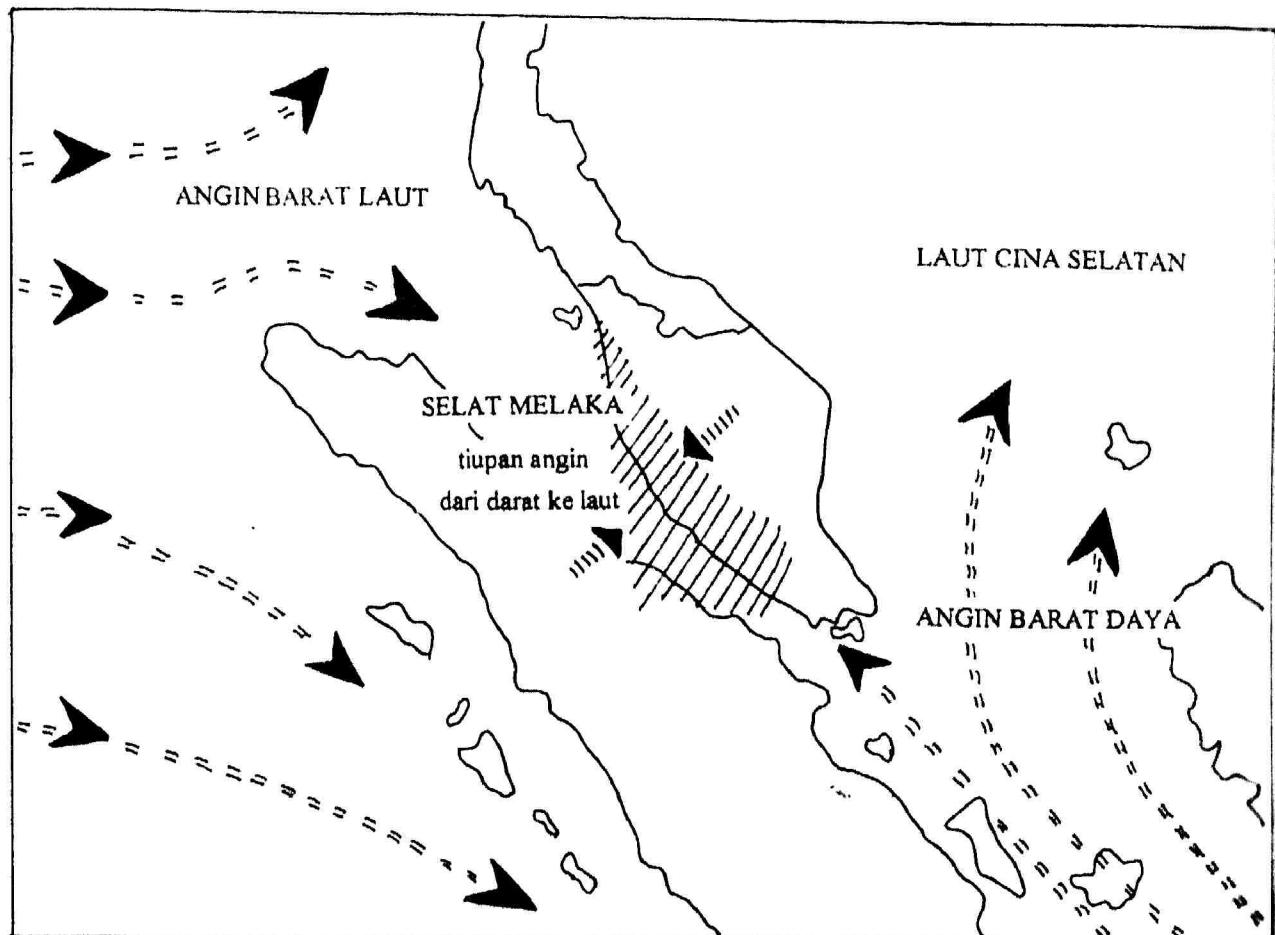
di Amerika Syarikat. Aliran udara ini juga sering dihalang oleh sel tekanan rendah, dan lebih kerap lagi oleh sel tekanan tinggi yang tersekat di kawasan tersebut dengan arus jet terpecah dan bergerak meligkari sel tersebut (Bryant 1991).

Keadaan ini boleh dibahagikan kepada empat kategori *synoptic*, *frontal*, *mesohigh* dan *western event*. *Synoptic* terjadi dengan hebatnya di kawasan *mid latitud cyclone* dan tekanan rendah di bahagian atas dikosongkan ekoran daripada itu hujan yang turun menjadi meluas, tidak berhenti-henti. Pada kawasan tempatan hujan yang turun, menjadi semakin lebat seperti pada keadaan ribut taufan yang berlaku secara berulang-ulang kali. Hasil daripada inilah terjadi hujan ribut yang menyebabkan kelok hidrograf memuncak dengan cepat. Ini menunjukkan sistem saliran tersebut menerima jumlah air yang lebih daripada waktu biasa menyebabkan air di dalam sistem saliran terpaksa melimpah keluar. Hasil daripada itulah berlakunya kejadian banjir kilat (Bryant 1991).

Beberapa kejadian banjir kilat yang sering melanda Lembangan Sungai Kelang juga adalah ekoran daripada hujan lebat yang melanda. Laporan daripada Jabatan Pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan (1993), banjir kilat yang melanda Lembangan Sungai Kelang pada 7 Jun 1993 adalah berikutkan hujan ribut yang

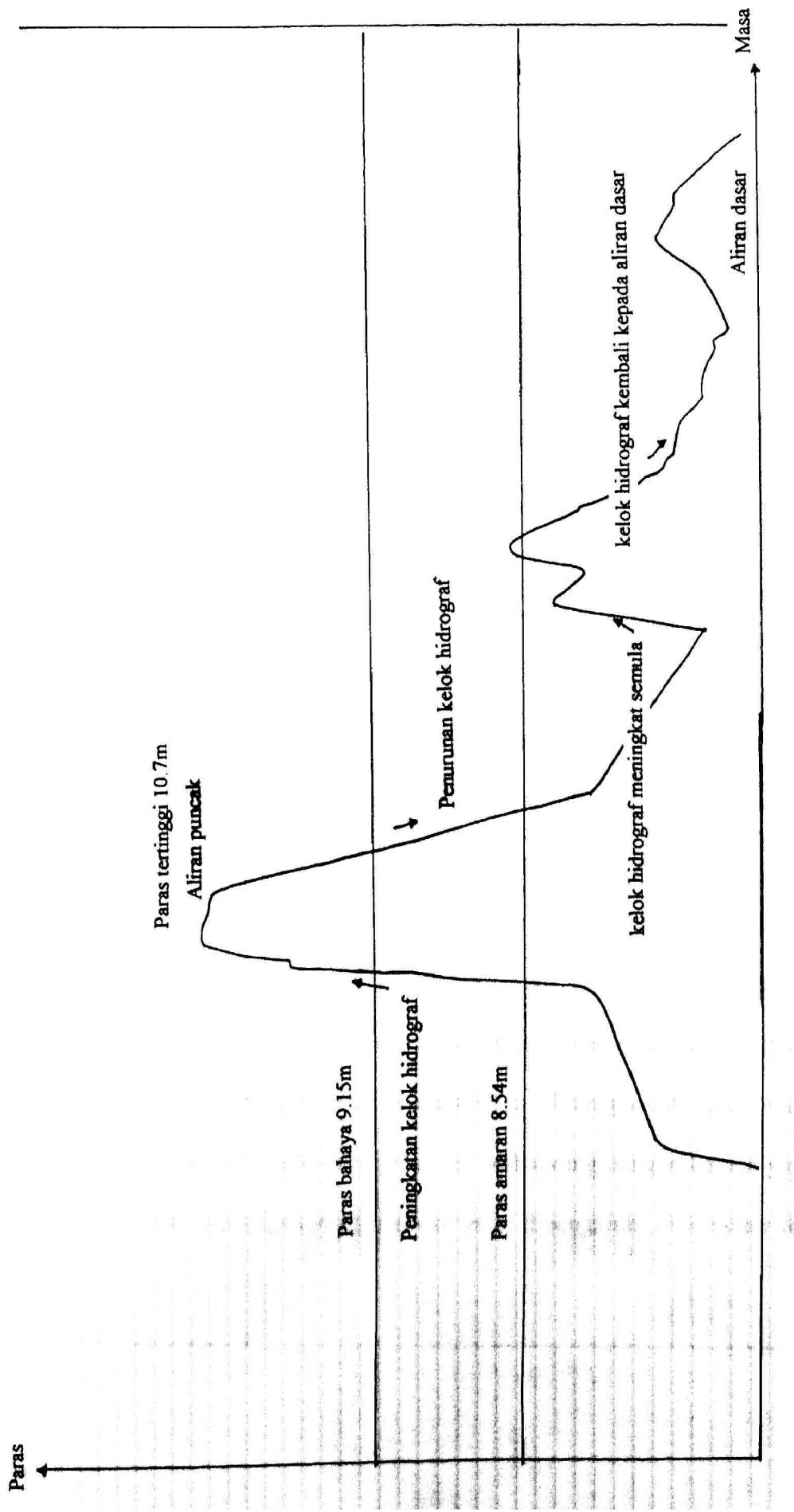
berlaku. Kejadian banjir kilat tersebut telah menyebabkan sebahagian besar kawasan petempatan dan jalan-jalanraya ditenggelami air. Menurut laporan daripada Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan berdasarkan kepada laporan yang dibuat oleh Jabatan Kaji Cuaca Malaysia, hujan ribut yang melanda Pantai Barat Malaysia dari Pulau Langkawi ke Senai Johor, yang turun secara menyeluruh di Lembangan Sungai Kelang adalah berpunca daripada badai selari (line squall) iaitu awan hujan yang mempunyai garis yang sempurna pembentukannya merupakan punca utama kejadian banjir kilat yang berlaku. Garis badai ini mula terbentuk pada waktu tengah malam atau subuh diruang Selat Melaka yang seterusnya menghasilkan hujan ribut. Pembentukan angin daratan ke arah laut dari selatan Sumatera dan Semenanjung Malaysia menghasilkan garis badai di sepanjang pantai barat Semenanjung Malaysia dan pantai timur Sumatera adalah seperti gambarajah 2.5.

Hujan yang turun dengan lebat menyebabkan kelok hidrograf memuncak dengan cepat dan ini juga menunjukkan sistem saliran tersebut menerima jumlah air yang lebih berbanding pada waktu biasa menyebabkan air di dalam sistem saliran ini terpaksa melimpah keluar. Akibat daripada kejadian hujan ribut ini aliran puncak yang terhasil adalah begitu jauh daripada aliran dasar. Walau bagaimanapun kelok akan menurun semula setelah hujan berhenti. (Gambarajah 2.6).



GAMBARAJAH 2.5 Menunjukkan pembentukan angin daratan ke arah laut dari Selatan Sumatera dan Semenanjung Malaysia menghasilkan badai selari di sepanjang pantai barat Semenanjung Malaysia dan pantai timur Sumatera yang mencetuskan hujan lebat di kawasan tersebut.

Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran (1993)



Gambarajah 2.6 Kelok hidrograf paras air di Sungai Kelang atau Puchong Drop sewaktu kejadian banjir kilat berlalu pada 7 Jun 1993.

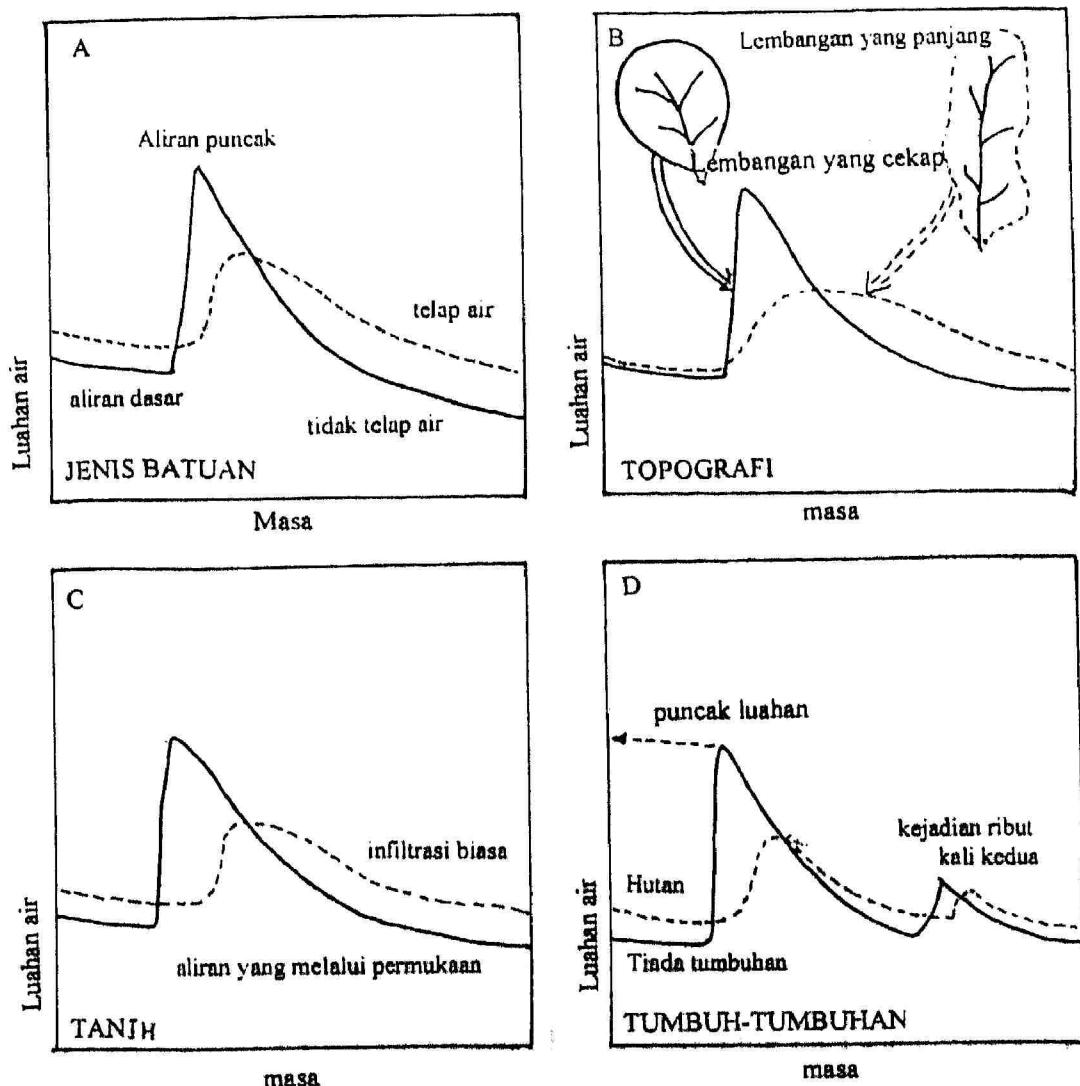
Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran (1993)

Di dalam konteks sistem lembangan saliran, kejadian hujan ribut sebagaimana yang dinyatakan di atas, merupakan punca utama menyebabkan banjir kilat di lembangan Sungai Kelang.

Namun kejadian hujan ribut ini seterusnya akan saling berkait dengan ciri-ciri lembangan saliran kerana setiap hujan yang turun di dalam sesebuah lembangan saliran turut bergantung kepada ciri-ciri lembangan saliran itu sendiri seperti relif, jenis batuan, jenis tanah serta tumbuh-tumbuhan dan guna tanah (Derbyshire, Gregory dan Hails 1981). Setiap kejadian banjir yang berlaku adalah berbeza di antara satu lembangan dengan satu lembangan yang lain (Snyder, Sokolov dan Szesztay (eds) 1971). Ini kerana setiap kelok hidrograf yang terhasil akan berdasarkan kepada ciri-ciri lembangan saliran itu sendiri dengan mengandaikan setiap lembangan mempunyai iklim yang sama (gambarajah 2.7). Sekiranya berlaku kejadian hujan ribut bagi lembangan yang mempunyai jenis batuan yang berbeza iaitu batuan yang telap air dan batuan yang tidak telap air kedua-duanya akan menghasilkan kelok hidrograf yang tersendiri. Bagi batuan yang tidak telap air, akan menghasilkan kelok hidrograf yang menunjukkan aliran puncak yang lebih tinggi dan runcing kerana tidak dapat menyerap air berbanding dengan batuan yang telap air (2.7a). Bentuk lembangan yang berbeza yang dipengaruhi oleh faktor topografi

akan menghasilkan kelok hidrograf yang berbeza. Bentuk lembangan yang hampir bulat, aliran puncaknya berkecenderungan lebih tinggi daripada bentuk yang panjang. Bagi lembangan yang hampir bulat luahannya adalah lebih cepat kerana bentuknya yang curam dan kecil berbanding dengan lembangan yang panjang, luahan air adalah perlahan dan lambat untuk sampai ke bahagian hilir sungai (2.7b). Tanah-tanah memainkan peranan yang penting dalam proses penyerapan air. Sekiranya sesuatu permukaan tanah tidak membolehkan infiltrasi berlaku ia akan menyebabkan kelok hidrograf akan memuncak berbanding dengan tanah-tanah yang mempunyai infiltrasi yang biasa (2.7c). Tumbuh-tumbuhan tidak ketinggalan memainkan peranan terhadap penghasilan kelok hidrograf. Sekiranya kawasan tersebut tidak mempunyai tumbuh-tumbuhan penghasilan kelok hidrograf adalah tinggi berbanding dengan kawasan hutan. Sekiranya berlaku hujan ribut untuk kali kedua luahan puncaknya menurun kerana sebahagian besar air telah diserap ke dalam tanah (2.7d).

Kejadian banjir kilat ini didapati begitu ketara terutama di negara atau kawasan yang sentiasa menerima hujan yang lebat sepanjang tahun. Misalnya di Thailand, Singapura dan Malaysia kejadian banjir kilat yang berlaku menjadi semakin pesat ekoran pembangunan yang semakin bertambah. Di Singapura, Thailand dan



Gambarajah 2.7 Kelok hidrograf yang terbentuk berdasarkan ciri-ciri lembangan saliran

Sumber: Derbyshire, Gregory dan Hails (1981)

Malaysia kebanyakkan bandar-bandar berada di kawasan dataran banjir ataupun delta kepada sungai-sungai utama (Gupta, 1984).

Pembangunan di dalam sesbuah lembangan saliran yang tidak terkawal atau dilakukan tanpa pengurusan akan mendatangkan masalah bukan sahaja kepada alam sekitar malah juga kepada penghuni lembangan saliran tersebut. Intensiti hujan yang lebat akan menyebabkan proses hakisan berlaku dengan cepat (Rodda 1985). Perubahan pada litupan muka bumi seperti daripada tumbuh-tumbuhan kepada litupan yang lain akan meningkatkan pergerakan sadimen kerana tidak ada penahanan terhadap pergerakan aliran permukaan (Allison 1996).

Proses urbanisasi di sesuatu kawasan menyebabkan kehilangan tumbuhan yang banyak. Secara tidak langsung sistem hidrologi kawasan urbanisasi akan terganggu (McPherson 1975). Ini menjadikan hakisan cerun dan hakisan tebing sepanjang sungai amat aktif (Park , dalam Gregory 1977). Bagi cerun yang curam hakisan yang berlaku akan meningkat kepada $2500 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2}$ setahun (Douglas, 1976b, dirujuk daripada Gupta, 1984). Selain daripada itu juga peningkatan sedimen akibat pembinaan untuk tujuan pembangunan terhasil akibat daripada kadar hakisan yang pesat. Contohnya di Sungai Anak Ayer Batu membawa sedimen sebanyak 81000 kg l^{-1}

1 semasa hujan ribut pada 16 Oktober 1969 dimana 75mm hujan turun dalam tempoh 45 minit (Douglas, 1978 dirujuk daripada Gupta, 1984). Keadaan ini seterusnya mengakibatkan banjir kilat akibat luahan sungai yang tidak dapat ditampung oleh sungai berkenaan.

Bagi keadaan banjir kilat yang sering melanda Lembangan Sungai Kelang, Jabatan Pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan (JPS), (1995), mengenal pasti punca utama disebabkan limpahan air sungai yang berlaku dalam jangka masa yang singkat iaitu setelah hujan turun dengan lebat di antara empat hingga enam jam sahaja. Kajian mengenai banjir kilat ini juga telah dibuat oleh beberapa pengkaji dari negara Jepun di bawah kajian Japanese International Cooperation Agency (JICA). Menurut kajian yang dibuat di antara penyebab utama berlaku banjir kilat di Lembah Kelang ialah :

- 1) Sungai dan parit utama tidak berupaya menampung aliran kerana berlaku enapan dan hakisan yang menghalang kelancaran aliran. Enapan dan hakisan yang berlaku ini mencetekkan dasar sungai dengan itu jumlah air yang boleh ditampung semakin berkurangan berbanding dengan sebelumnya. Oleh itu sekiranya terdapat jumlah air yang melebihi tahap biasa ia akan dilimpah keluar daripada sistem saliran tersebut.

- 2) Pertumbuhan pesat dalam sektor pembangunan dan perumahan serta pencemaran yang tidak terkawal. Iaitu kesan daripada pembinaan bangunan dan juga rumah-rumah menyebabkan pokok-pokok terpaksa ditebang. Pokok-pokok yang ditebang ini menyebabkan terganggunya sistem semulajadi yang wujud. Oleh yang demikian hujan yang turun akan terus sampai ke permukaan bumi tanpa dihalang oleh pokok-pokok dan menyebabkan hakisan senang berlaku. Selain daripada itu pencemaran yang berlaku sewaktu kerja-kerja pembinaan dilakukan bahan-bahan binaan yang tidak diperlukan seperti kayu-kayan dan batu-bata akan masuk ke dalam sistem saliran bagi kawasan yang berhampiran dengan sungai. Ini menyebabkan sistem saliran mengalir dengan perlahan dan tidak mampu mengalirkan air keluar dengan cepat sekiranya berlaku hujan lebat secara tiba-tiba.
- 3) Aliran dari lombong. Didapati juga lombong-lombong yang menjalankan kerja-kerja perlombongan ini menakung air di kawasan lombong tersebut. Namun begitu aliran air yang bertakung ini membolehkan air melimpah keluar dari tebing sekiranya takungan air tersebut tidak dapat menampung jumlah air yang melebihi tahap biasanya. Sehubungan dengan itu ia akan membanjiri kawasan di sekitarnya terutamanya kawasan rendah.

- 4) Ban tebing sungai runtuh. Ekoran daripada kejadian ini takad air yang berada di sungai tersebut akan menjadi lebih tinggi daripada daratan dan air akan melimpah masuk ke kawasan ini.

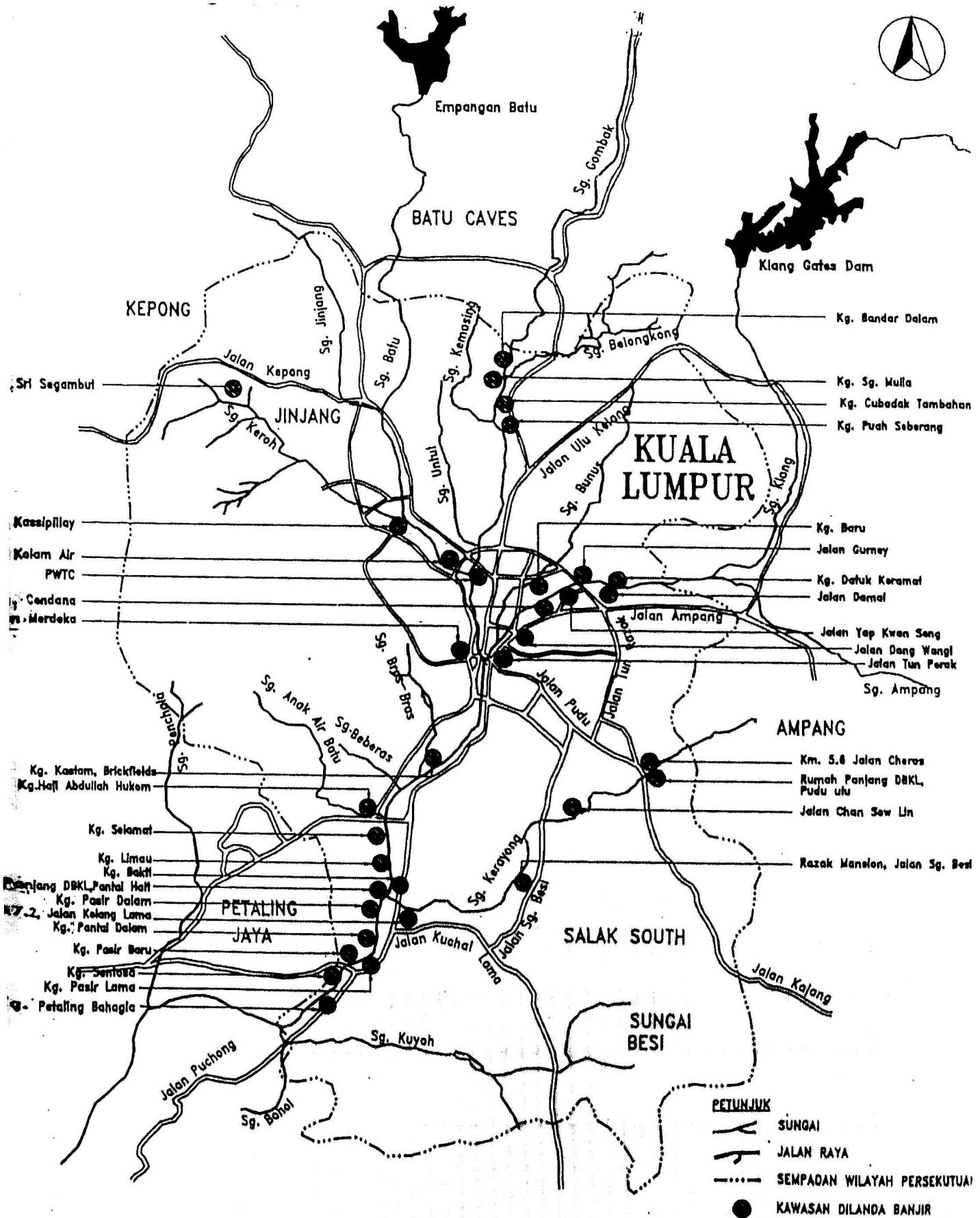
- 5) Kawasan kediaman lebih rendah dari sungai dan dilindungi oleh ban tinggi.

Pada tahun 1995, banjir kilat telah melanda sebanyak empat kali di beberapa bahagian di Lembangan Sungai Kelang. Gambarajah 2.8 menunjukkan kawasan-kawasan yang dilanda banjir kilat pada tahun 1995 iaitu di sekitar Wilayah Persekutuan. Menurut laporan JPS Wilayah Persekutuan (1995) ada beberapa faktor yang menjadi punca berlakunya banjir kilat tersebut iaitu :

- 1) Limpahan sungai-sungai utama, kerana kapasiti sungai yang sedia ada tidak mencukupi untuk menampung aliran air yang kian meningkat akibat pembangunan yang pesat di kawasan tadahan hulu sungai. Aktiviti-aktiviti pembangunan juga mengakibatkan mendapan sungai yang menyebabkan kemampuan air banjir mengalir semakin berkurangan.

- 2) Dibeberapa lokasi sungai yang lain pula walaupun air sungai tidak melimpah tebing, sistem perparitan tidak dapat mengalirkan air keluar ke dalam sistem sungai kerana paras air sungai yang tinggi. Di tempat-tempat lain di mana ketiadaan pintu kawalan air, arus balik dari sungai utama telah memburukkan lagi keadaan.
- 3) Kapasiti perparitan dalaman yang sedia ada di tempat-tempat tertentu tidak mencukupi disamping itu sampah sarap yang tersangkut mengurang dan menghalang keupayaan air mengalir.
- 4) Halangan-halangan di dalam sungai seperti Sungai Gombak dan Sungai Batu berhampiran dengan Pusat Dagangan Dunia Putra telah meningkatkan paras air di struktur hulu cascade dan juga menyebabkan mendapan kelodak serta meningkatkan kapasiti sungai.

Selain daripada sebab-sebab yang dinyatakan oleh JPS dan JICA itu tadi, beberapa faktor alam sekitar fizikal dan proses-proses semulajadi sistem lembangan saliran, perlu diambil kira.



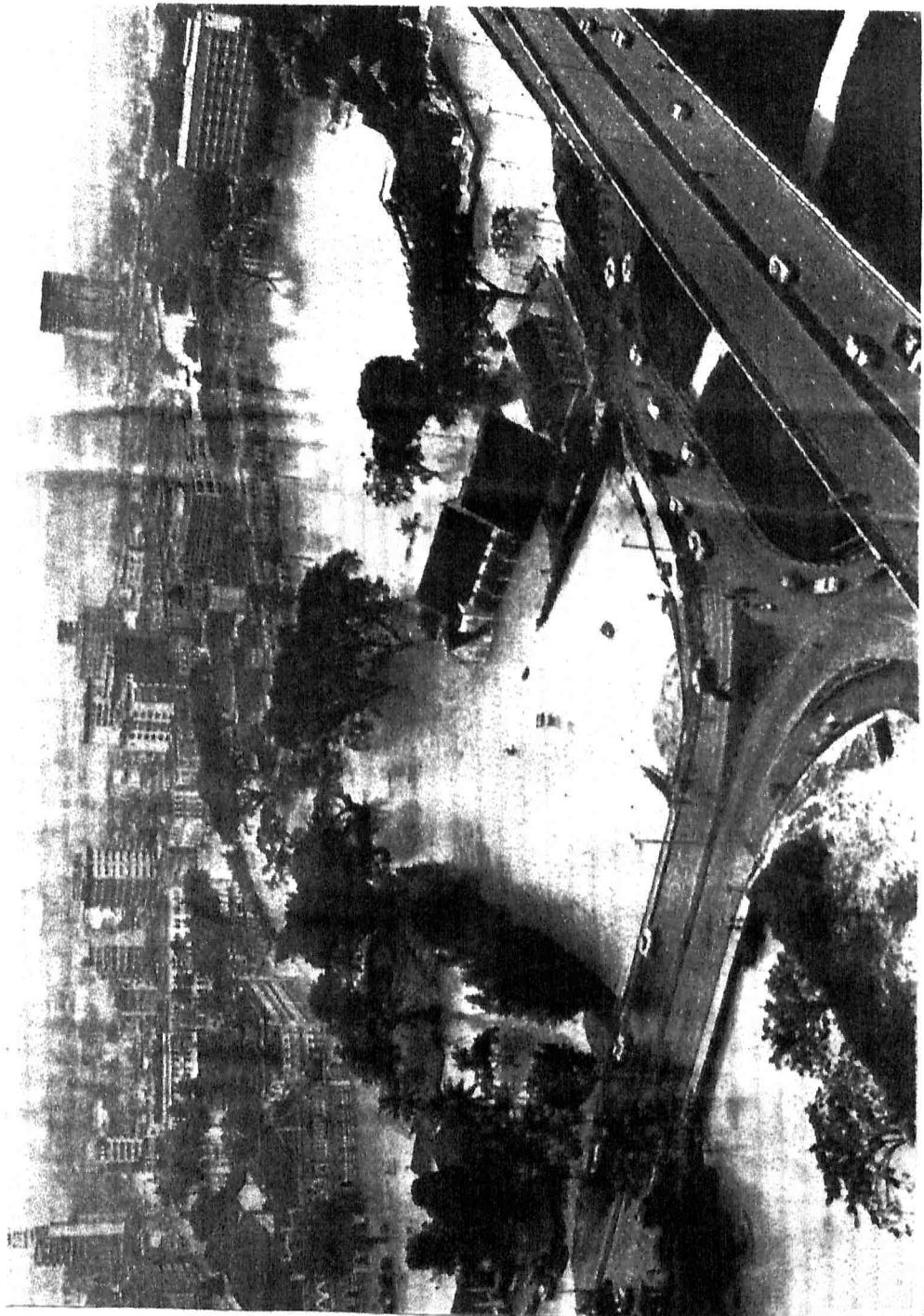
Gambarajah 2.8 Kawasan yang dilanda banjir pada 25 April 1995 di Wilayah Persekutuan, Kuala Lumpur

Sumber: JPS Wilayah Persekutuan (1995)

Sebagai contohnya Bandaraya Kuala Lumpur semakin hebat dilanda banjir kilat bermula tahun 1971 apabila Kuala Lumpur dan Lembah Kelang itu sendiri mengalami proses pembangunan yang pesat (Plat 2.2 menunjukkan pemandangan kejadian banjir besar pada 1971). Proses-proses semulajadi yang ada di dalam sesebuah lembangan saliran mula terganggu apabila terdapat campurtangan manusia terhadapnya. Manusia memerlukan alam sekitar dan sumber semulajadi yang ada bagi memajukan sesebuah kawasan. Berikutnya itu, kejadian banjir kilat ini sebenarnya berkait rapat dengan keadaan persekitaran sesebuah lembangan yang telah mengalami proses pengubahsuaian (Kochel, 1988).

Lembangan saliran adalah satu unit terbuka iaitu jisim dan tenaga akan memasuki sistem ini (Thornes 1979). Gambarajah 2.9 menunjukkan kemasukan air merupakan salah satu agen penting selain tenaga yang kemudiannya akan menghidupkan sistem lembangan saliran. Keadaan seumpama ini merupakan satu bentuk proses semulajadi yang amat penting bagi menghidupkan sesebuah lembangan saliran.

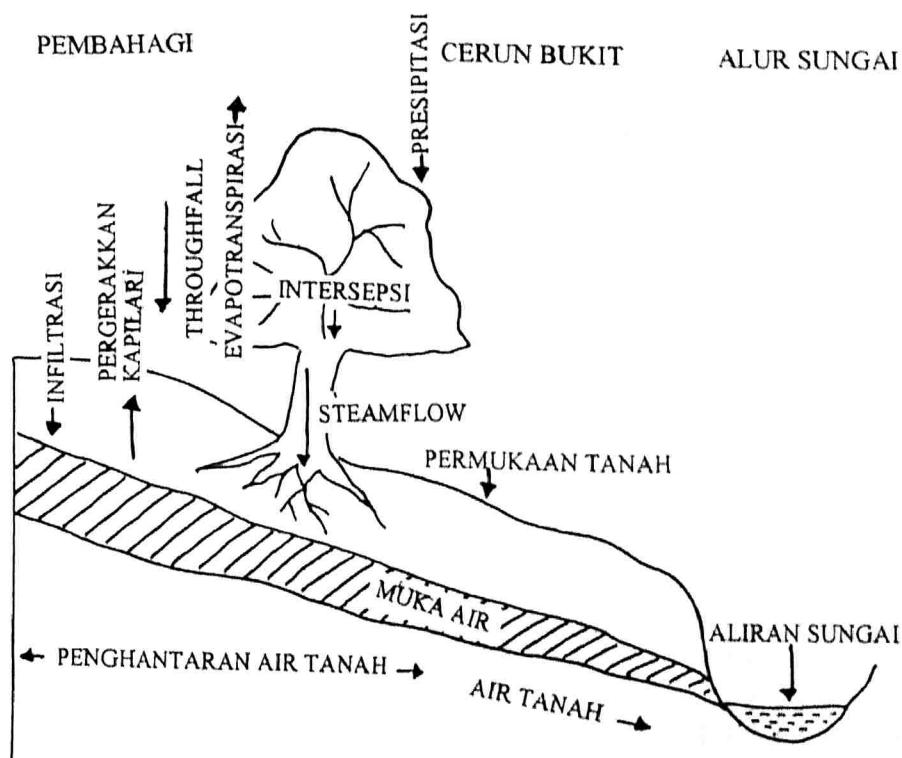
Lembangan saliran sememangnya mempunyai pelbagai sub sistem dan setiap sub sistem ini mempunyai skala yang berlainan serta saling berinteraksi seperti sistem cerun dan sistem sungai (Gregory dan Walling 1973). Berdasarkan gambarajah 2.9 di atas, bagi sesebuah lembangan saliran kawasan yang paling rendah ialah alur sungai.



Plat 2.2 Menunjukkan kejadian banjir besar yang melanda Kuala Lumpur pada tahun 1971

Sumber: The New Straits Times, 5 Jun 1996

Sistem sungai adalah satu sistem yang kompleks ini kerana banyak sistem semulajadi yang berlaku di dalamnya (Kirkby 1977). Oleh itu setiap pergerakkan air yang berlaku di dalam sistem ini akhir sekali akan memasuki alur sungai. Sebelum sampai kepada peringkat akhir, aliran air akan melalui beberapa komponen utama lembangan saliran iaitu sistem tumbuh-tumbuhan dan juga sistem tanah. Sekiranya berlaku gangguan terhadap sistem-sistem tersebut menyebabkan berlakunya ketidak seimbangan alam sekitar. Keadaan ini secara tidak langsung akan mencetuskan beberapa masalah alam sekitar seperti berlakunya banjir kilat.



Gambarajah 2.9 Keratan rentas menunjukkan komponen-komponen utama yang terlibat dalam pergerakkan air di dalam sesebuah sistem lembangan saliran.

Sumber: Thornes (1979)

Aktiviti pembangunan merupakan agenda penting yang mesti dilaksanakan bagi mana-mana negara di dunia ini. Oleh yang demikian bagi kawasan yang hendak dibangunkan, penanggalan pokok-pokok adalah kegiatan utama yang mesti dilakukan dengan itu ia mendedahkan muka bumi kepada berbagai-bagai proses yang saling bertindak balas. Pokok-pokok dan tumbuh-tumbuhan adalah agen penting dalam mengawal keseimbangan dan mutu alam sekitar. Penanggalan pokok-pokok daripada muka bumi menyebabkan proses intersepsi silara tidak berlaku apabila hujan turun. Hujan yang sampai ke permukaan tanah adalah secara berlebihan. Pokok-pokok sebenarnya adalah agen pengatur dan penyimpan. Air larian akan terhasil di permukaan setelah proses-proses tertentu seperti peresapan dipenuhi dan tanah telah tahu dengan air menyebabkan kawasan tersebut dilanda banjir kilat.

Selain daripada itu, penanggalan pokok-pokok dan tumbuh-tumbuhan daripada permukaan tanah menggalakkan proses hakisan tanah. Tanah yang terhakis ini akan masuk ke dalam alur sungai. Mendapan sungai inilah yang menjadi penghalang kepada kadar aliran atau kelajuan air yang masuk untuk mengalir ke hilir sungai dan seterusnya ke laut dengan cepat (Allen 1977). Sebagai contoh, beban ampaian Sungai Kelang pada tahun 1975 adalah sebanyak 1020.4 (ppm) dan kemudian pada tahun 1980 meningkat kepada 1058.3 (ppm) (Hamirdin, 1988).

Hewlett (1982), menerangkan terdapat beberapa keadaan bagaimana tumbuhan memainkan peranan mengurangkan masalah kejadian banjir. Pertamanya tumbuh-tumbuhan menutupi tanah disesuatu tempat. Kedua dengan adanya tumbuhan menghasilkan pengumpulan air tanah yang lebih berpotensi. Ini kerana evaporasi di kawasan yang dilitupi oleh tumbuh-tumbuhan yang banyak adalah lebih giat berbanding dengan kawasan yang mempunyai tumbuhan yang sedikit.

Menurut Blake (1975), dengan adanya tumbuh-tumbuhan di kawasan yang mengalami banjir, jumlah hujan yang masuk ke kawasan tersebut akan mengalami proses intersepsi terlebih dahulu lantaran itu akan mengintersepsikan jumlah air yang akan sampai ke permukaan tanah serta magnitud banjir yang berlaku dapat dikurangkan. Selain daripada itu, litupan hutan juga menggalakkan penyusupan infiltrasi dengan baik (Walling 1981).

Proses infiltrasi adalah satu cara di mana penyusupan air daripada permukaan tanah masuk ke dalam sistem tanah. Bagaimanapun penyusupan air ini bergantung kepada jenis tanah yang terdapat (Fleming dan Smiles 1975).

Pemusnahan atau penanggalan hutan yang diikuti dengan pembakaran, kegiatan pertanian yang dijalankan secara tidak terkawal, ragutan secara berlebihan,

pembinaan jalan raya dan pembangunan yang dibuat secara tidak teliti telah mengurangkan kadar infiltrasi. Sebagai satu sistem yang sebelum ini berfungsi dengan cekap di mana tumbuh-tumbuhan bertindak dalam mengawal jumlah kemasukan air ke dalam sistem tanah telah semakin hilang perannya. Keadaan ini akan menambahkan jumlah air larian di permukaan yang menyebabkan kejadian banjir kilat semakin pesat.

Penebangan di bahagian hulu akan memberi kesan terhadap banjir di bahagian hilir lembangan (Newson 1975). Bagi kawasan hutan yang telah mengalami pengubahsuaihan kepada kawasan pembangunan misalnya telah menghalang berbagai-bagi proses semulajadi daripada berfungsi seperti proses intersepsi, infiltrasi, presipitasi, transpirasi dan evaporasi (Morisawa 1985).

Sistem tanah tidak ketinggalan dalam memainkan peranan terhadap kejadian banjir kilat. Tanah-tanah adalah bahagian yang paling atas bagi setiap batuan induk. Walau bagaimanapun sifat tanah-tanah bagi sesbuah kawasan saliran tidak semestinya sama dengan jenis batuan induk (Gregory dan Walling 1973). Ini kerana tanah-tanah yang berada di sesuatu kawasan boleh diubah melalui pembangunan setempat ataupun melalui proses hakisan dan mendapan tanah (Gregory dan Walling 1973).

Sifat tanah-tanah sebenarnya menentukan kadar serapan air yang berlaku bagi sesebuah lembangan saliran. Jadual 2.1 menunjukkan bagaimana kadar infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa jenis tanah-tanah. Penurapan tanah secara tidak langsung akan menghalang terus kemasukan air ke dalam tanah. Keadaan ini seterusnya akan menghasilkan air larian. Air larian permukaan tanah bergantung kepada kelebatan hujan (Langford 1975). Oleh itu sekiranya hujan yang turun berupa hujan ribut ia akan meningkatkan jumlah air larian yang kemudiannya mengakibatkan banjir kilat kerana kenaikan aras air meningkat dengan cepat tanpa dapat diserap ke dalam tanah.

Tanah liat lom	2.5- 5.0 mm/jam
Tanah lodak lom	7.5- 15.0
Tanah lom	12.5- 25.0
Pasir berlom	25.0- 50.0

Jadual 2.1 Kadar infiltrasi (selepas Kohnke dan Bertrand, 1959 dalam Gregory dan Walling 1973).

Menurut Jamaluddin dan Sham (1990) , banjir kilat berlaku disebabkan tiga faktor utama iaitu, pembangunan perumahan, perlombongan dan setinggan. Ketiga-

tiga faktor tersebut bertanggungjawab terhadap pertambahan kadar hakisan tanah, pemendapan dan penyekatan longkang dan sistem perparitan oleh sampah sarap. Manakala hakisan tanah cepat berlaku akibat pembersihan kawasan, terutamanya lereng-lereng bukit dan akibatnya tanah mengalami pemendapan dasar sungai dan sistem perparitan. Oleh itu bagi kawasan yang tidak mempunyai sistem perparitan yang mencukupi atau tidak dijaga dengan baik, banjir kilat akan berlaku walaupun berada di kawasan yang tinggi.

Selain daripada itu pembinaan ban yang tidak cekap di kawasan perlombongan juga boleh menyebabkan berlakunya banjir kilat kerana ban yang tidak cekap boleh menyebabkan air lombong melimpah keluar.

Kewujudan setinggan di tepi-tepi sungai menyebabkan banjir kilat kerap berlaku kerana, setinggan akan membuang sampah sarap ke dalam sungai oleh kerana tidak ada sistem pengurusan sampah yang khas di tempat mereka. Pembuangan sampah ke dalam sungai akan mengurangkan kadar aliran air. Menyebabkan limpahan sungai senang berlaku bila berlaku hujan lebat.

Satu cara yang paling efektif untuk memahami proses banjir kilat ialah dengan melihat keseluruhan masalah tersebut dalam kontek imbangan air (Jamaluddin dan Sham 1990) . Secara mudah imbangan air boleh dinyatakan dalam bentuk:

$$r = E + g + \Delta f \quad \dots \quad (1)$$

iaitu r hujan, E sejatan, g simpanan air, Δf larian air bersih.

Angkubah E dalam persamaan (1) di atas termasuklah perpeluhan dari rumput, pokok-pokok dan tumbuh-tumbuhan lain dan lazimnya dikenali sebagai sejat peluhan. Angkubah Δf pula termasuklah larian air permukaan dan sub permukaan.

Bagi Kawasan bandar seperti Kuala Lumpur kebanyakkan pokok-pokok telah di tebang dan diganti dengan benda-benda yang tidak telap air seperti simen, batu-bata, tar, cermin dan lain-lain lagi. Berikutan dengan perubahan ini, angkubah dalam persamaan (1) juga turut berubah. Misalnya angkubah sejatan E akan berkurangan apabila pemusnahan tumbuh-tumbuhan dilakukan. Begitu juga dengan pertambahan permukaan yang tidak telap air, kemasukkan air hujan ke dalam tanah juga berkurangan menyebabkan angkubah berkurangan. Kesemua perubahan ini bermakna angkubah larian air Δf , dalam persamaan (1) terpaksa bertambah

menyebabkan berlakunya banjir kilat terutamanya di kawasan rendah dan mempunyai sistem parit dan longkang yang baik (Jamaludin dan Sham Sani, 1990).

2.4 Kesan Banjir Kilat

Banjir kilat yang melanda biasanya mendapat perhatian dan liputan media massa dan lebih-lebih lagi pihak kerajaan di sesebuah negara. Ini kerana banjir kilat yang melanda biasanya mendorong kesan buruk kepada penduduk terbabit disertai dengan kerosakan harta benda dan juga alam sekitar. Peningkatan paras air daripada takad biasa kepada takad puncak berlaku begitu cepat dan ia merupakan salah satu sebab kejadian banjir kilat dianggap bahaya dan membina sakan (Poesen dan Hooke 1997).

Pada tahun 1985 misalnya di Sydney, Australia berlaku banjir kilat yang telah memusnahkan kawasan perniagaan dan juga *Sydney Stock Exchange* yang melibatkan kerugian berjuta-juta ringgit (Bryant, 1991).

Kejadian banjir kilat yang melanda negara ini, walaupun kerugiannya tidaklah mencapai tahap berjuta-juta ringgit tetapi cukup membebankan pihak-pihak yang terbabit. Menurut laporan yang dibuat oleh Jabatan Pengairan dan Saliran, 1993

(JPS) kejadian banjir kilat yang berlaku pada 6 dan 7 Jun 1993 di sekitar Kuala Lumpur dan Petaling Jaya telah mengakibatkan mangsa banjir seramai 4,172 orang terpaksa di pindahkan kebeberapa pusat pemindahan kerana rumah mereka ditenggelami banjir sedalam 2 hingga 3 meter.

Jalan-jalan terpaksa ditutup kerana ditenggelami air sedalam 0.3 hingga meter yang mengakibatkan beribu-ribu warga Kuala Lumpur tidak dapat ke tempat kerja. Keadaan ini seterusnya menyebabkan berlaku kesesakan jalanraya kerana banyak kenderaan terkandas dalam kejadian banjir tersebut. Peristiwa banjir pada 6 dan 7 Jun 1993 adalah yang terburuk sejak 15 tahun dahulu (Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan 1993).

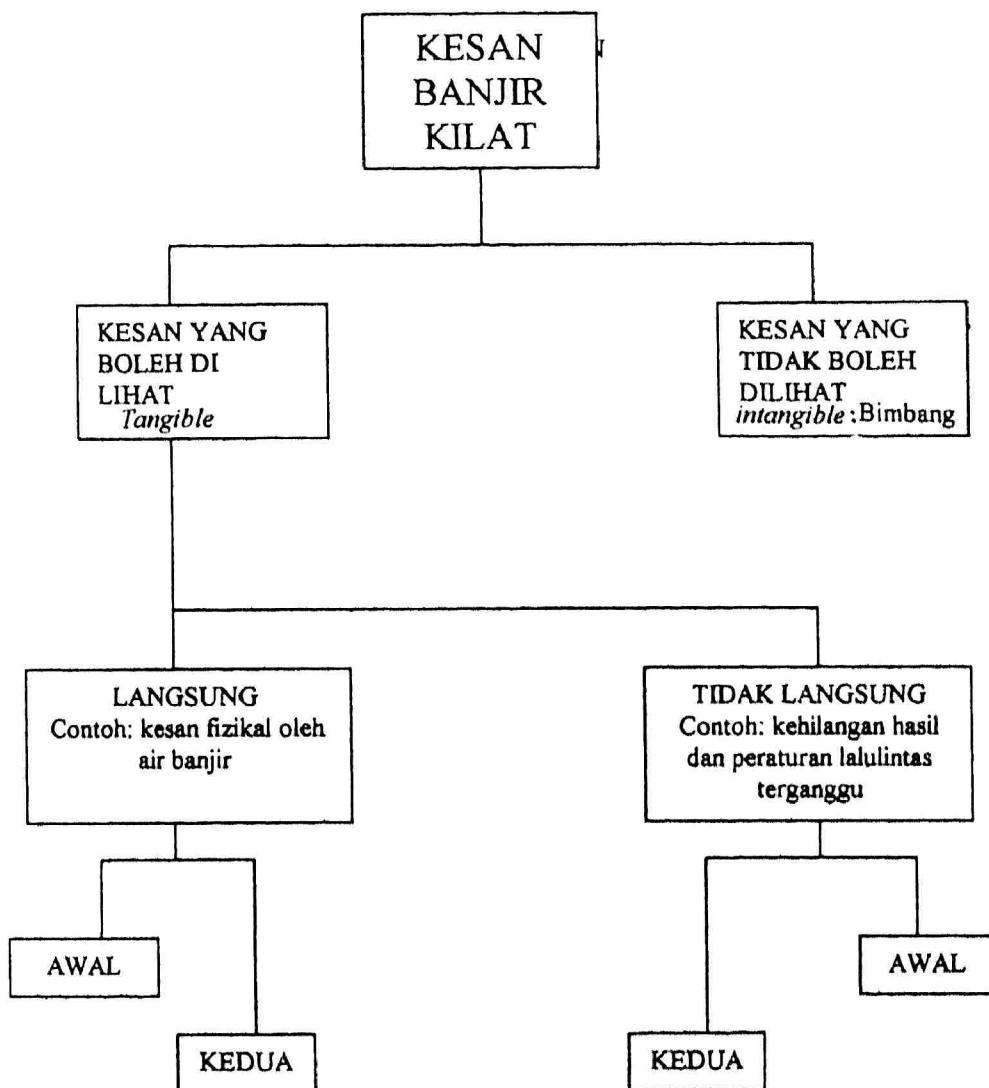
Banjir kilat berlaku dalam tempoh yang sangat cepat dan air yang melimpah keluar daripada sungai adalah secara serta merta apabila hujan turun dengan lebat tanpa henti untuk jangkamasa yang singkat, 3 hingga 4 jam (Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan 1993). Penduduk yang terlibat dengan banjir kilat ini biasanya mereka yang tinggal di kawasan rendah dan pinggir sungai. Rata-rata mereka ini terdiri daripada penduduk setinggan. Oleh itu adalah sukar bagi mereka untuk memindahkan barang-barang dan harta benda mereka ke kawasan selamat dengan cepat kerana kurang kemudahan seperti pengangkutan. Oleh itu mereka terpaksa

membiaran barang yang tidak sempat untuk diselamatkan rosak dan musnah begitu sahaja. Bagi kesan yang dialami oleh manusia ialah kerugian yang terpaksa ditanggung akibat kemasuhan dan kerosakkan harta benda.

Kesan akibat banjir kilat ini disokong oleh Ward (1978), di mana beliau juga menjelaskan bagaimana sesuatu kejadian banjir kilat telah banyak mendatangkan kesan buruk kepada manusia dan alam sekitar. Di antara kesan yang dialami ialah ada di antara penduduk terbabit yang terkorban dan dihanyutkan oleh aliran banjir. Ini termasuk juga kenderaan-kenderaan yang berada di tempat terbabit turut dihanyutkan. Lebih jelas lagi boleh dirujuk kepada gambarajah 2.10 yang merupakan ringkasan kepada apa yang telah dibuat oleh Parker dan Penning Rowsell, 1972 (dirujuk daripada Ward, 1978).

Berdasarkan gambarajah kesan banjir yang diberikan oleh Parker dan Penning Rowsell, kesan banjir boleh dibahagikan kepada dua iaitu kesan yang boleh dilihat (*tangible*) dan kesan yang tidak boleh dilihat (*intangible*).

Kesan yang boleh dilihat boleh dibuktikan dengan pandangan mata seperti kerosakkan harta benda. Kesan yang tidak boleh dilihat adalah kesan yang tidak nampak secara mata kasar seperti ketakutan, tekanan, rasa tidak selamat, bimbang,



Gambarajah 2.10 Kesan yang dialami oleh penduduk akibat banjir kilat yang melanda

Sumber: Parker dan Penning Rowsell dirujuk daripada Ward (1978).

kesihatan yang terganggu dan keselamatan diri (Ward, 1978). Kesan yang boleh dilihat (*tangible*), terbahagi kepada dua iaitu kesan secara langsung dan tidak langsung.

Kesan secara langsung ini datangnya daripada kesan fizikal yang melibatkan harta benda yang termusnah atau rosak seperti bangunan, jambatan, jalanraya. Kesan fizikal ini juga boleh membawa kemusnahan kepada hasil tanaman.

Kesan tidak langsung pula ialah kesan kemusnahan pada keadaan fizikal itu tadi yang berhubung dengan kesan ekonomi. Iaitu seperti kehilangan mata pencarian dan kelambatan dalam sesuatu perjalanan untuk tujuan ekonomi. Keadaan seperti ini sering dilaporkan di dalam akhbar-akhbar tempatan mengenai mangsa-mangsa banjir yang terkandas di dalam perjalanan dan tidak dapat sampai ke tempat kerja pada masa yang ditetapkan ataupun terpaksa mengambil cuti ekoran kecemasan akibat perhubungan jalan raya yang terputus. Kesan langsung dan tidak langsung ini ia terbahagi pula kepada dua kategori iaitu kategori awal atau pertama dan kategori kedua. Kesan langsung peringkat awal ialah seperti perhubungan lalu lintas yang terputus akibat jalanraya yang ditenggelami banjir, kilang yang tidak dapat beroperasi akibat peralatan yang rosak ataupun hasil tanaman yang tidak dapat dijual juga akibat kemusnahan kawasan tanaman. Kesan secara langsung kategori kedua

ialah seperti kebocoran gas dan letupan akibat berlaku litar pintas ekoran kabel elektrik yang terkena banjir. Manakala kesan tidak langsung pertama ialah di antaranya kelambatan dalam proses urusniaga ekoran jalanraya dinaiki banjir. Kedua, termasuklah kehilangan perniagaan runcit atau hasil pendapatan yang berkurangan yang disebabkan pengurangan pengeluaran hasil daripada kilang yang mengalami kemusnahan atau berlaku kelewatan penghantaran sesuatu barang akibat banjir. Sebagai contoh banjir kilat yang melanda kilang mencetak suratkhabar Utusan Malaysia, Kuala Lumpur telah memusnahkan beberapa peralatan mencetak (Utusan Malaysia 1993). Kesan daripada kejadian yang berlaku telah mendatangkan kerugian yang besar kepada syarikat tersebut. Ini berikut suratkhabar yang tidak dapat dikeluarkan pada waktunya.

Namun demikian kesan daripada kejadian banjir kilat ini adalah pelbagai dan sukar untuk diramalkan terutamanya bagi kesan tidak langsung dan kategori kedua. Faktor yang mempengaruhi kesan banjir ini berdasarkan kepada Parker dan Penning Rowsell (dirujuk daripada Ward 1978), yang paling penting sekali ialah guna tanah, keadaan air banjir (termasuk ke dalaman, kelajuan, kepadatan dan bebanan) serta tindakan yang diambil oleh penghuni di kawasan banjir dan mereka yang terlibat.

Kesan banjir dilihat dari segi magnitud dan aliran adalah sukar untuk diukur dan dijangkakan. Di Amerika Syarikat terdapat tiga agensi yang terlibat dalam pengumpulan data iaitu, *Corps of Engineers, The Department of Agriculture dan The Weather Bureau* yang memberi perhatian yang berbeza terhadap kesan banjir.

Kesan terhadap kemasuhan alam sekitar juga berlaku akibat daripada banjir kilat. Terjadinya kemasuhan tebing sungai, pembawakan sadimen-sadimen dan mendapan ke kawasan petempatan serta kekotoran yang dibawa oleh aliran banjir.

Bagi situasi banjir kilat di Lembah Kelang kesan yang dialami di letakkan di bawah Jabatan Alam Sekitar. Walau bagaimanapun kesan ini hanyalah bertumpu kepada kesan terhadap alam sekitar itu sendiri.

2.5 BENTUK-BENTUK PENGAWALAN BANJIR YANG DILAKUKAN

Kejadian banjir kilat adalah satu masalah alam sekitar yang cukup membebankan. Walaupun ia berlaku dalam tempoh yang singkat, namun kejadiannya adalah berulang-ulang. Lantaran itu ia sering mendatangkan masalah kepada banyak pihak.

Oleh itu dalam menangani masalah banjir kilat ini, berbagai-bagai usaha telah dilakukan. Samada berbentuk struktur dan bukan struktur dan juga bentuk kawalan yang dilaksanakan oleh pihak kerajaan atau badan-badan tertentu dan dilakukan sendiri oleh individu yang terlibat. Pengubahsuaihan yang dibuat dengan adanya teknologi yang tinggi sedikit sebanyak kejadian banjir kilat dapat diatasi terutamanya di negara-negara maju. Langkah-langkah struktur ialah langkah-langkah yang melibatkan kerja-kerja kejuruteraan seperti pembinaan benteng sungai, meluruskan sungai, membina kolam-kolam takungan di tepi sungai, projek-projek tebatan banjir, pembinaan empangan mengawal banjir dan sebagainya. Langkah-langkah struktur ini bertujuan untuk mengurangkan kekerapan kejadian dan keluasan banjir serta kesannya (Jabatan Pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan 1990). Manakala langkah-langkah bukan struktur seperti ramalan banjir, amaran banjir, bantuan kepada mangsa banjir, peta risiko banjir, undang-undang, bayaran insuran dan sebagainya. Ia bertujuan untuk mengurangkan kesan-kesan banjir (Jabatan Pengairan dan Saliran, Wilayah Persekutuan 1990 dan 1991).

Kates dan White dirujuk daripada Ward (1978), mengidentifikasi empat matlamat utama dalam program mengawal kajadian banjir iaitu :

- 1) Untuk mengurangkan kejadian banjir

- 2) Untuk mengurangkan kerugian
- 3) Untuk menyelamatkan nyawa
- 4) Untuk menyelamatkan harta benda

Terdapat tiga kaedah yang dilakukan oleh badan yang melaksana kawalan iaitu pertamanya pengubahsuaian struktur, kedua pengubahsuaian bukan struktur dan pengurusan dataran banjir.

Pengubahsuaian struktur pula terbahagi kepada tiga jenis. Pertamanya skim kejuruteraan (*engineering schemes*), kedua polisi pengurangan (*abatement policies*) yang mana bertindak dalam mengawal banjir menerusi pengurusan guna tanah dan ketiga skim tebatan banjir, yang mana bertindak melindungi bangunan persendirian di dataran banjir.

1) Skim kejuruteraan

Di bawah skim kejuruteraan ini, ia adalah berdasarkan kerja-kerja kejuruteraan dalam program pengawalan banjir. Pengubahsuaian ini termasuklah kerja-kerja untuk

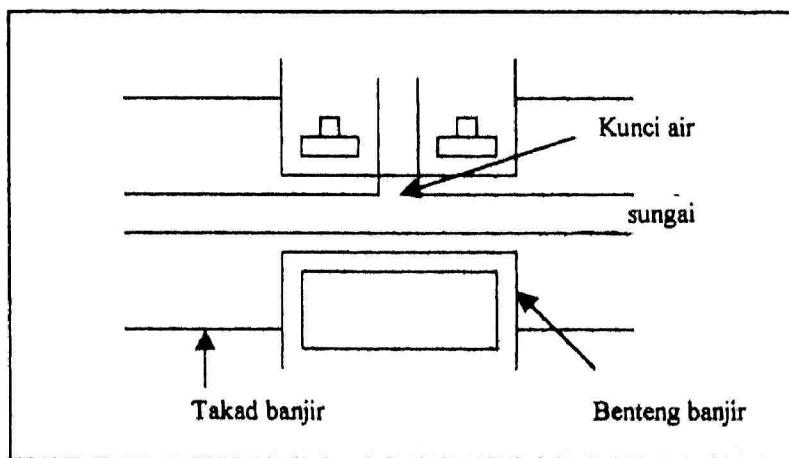
mengawal hakisan tebing sungai daripada berlaku. Di antara kerja-kerja kejuruteraan yang dilakukan seperti :

a) Pembinaan tetambak dan benteng

Tujuan pembinaan tetambak dan benteng ini bagi menghadkan jumlah kemasukan air yang melimpah keluar dari sungai ke dataran (gambarajah 2.11). Walau bagaimanapun pembinaan ini sekiranya tidak diukur dengan teliti ia tidak akan dapat mengatasi masalah banjir yang berlaku, tetapi disebabkan ia adalah satu cara yang agak murah lalu skim ini begitu diminati. Sebagai contohnya di Sungai Mississippi di Amerika Syarikat, satu pembinaan benteng yang begitu panjang telah dibina iaitu sepanjang 4500 kilometer. Namun begitu pembinaan tetambak ini terdapat beberapa perkara yang membataskannya seperti penggunaan ruang tanah untuk pembinaan. Ia mungkin akan melibatkan kawasan hak milik tanah persendirian yang akan melibatkan proses undang-undang bagi mendapatkan kelulusan bagi menjayakan projek tersebut. Di Lembangan Sungai Kelang juga projek seumpama ini telahpun dilaksanakan. Namun projek ini juga tidak dapat dilaksanakan di sepanjang Sungai Kelang oleh kerana halangan seperti penempatan setinggan yang sukar untuk dipindahkan ke kawasan lain (Jabatan Pengairan dan Saliran 1996). Pelaksanaan projek ini bagi Lembangan

Sungai Kelang memakan belanja yang besar iaitu sebanyak RM155 juta pada Rancangan Malaysia ke Lima. Ini kerana banyak sungai yang mengalami masalah seperti sungai yang semakin cetek akibat tebing runtuh serta hakisan tanah dan mendapan yang banyak yang telah mencetekkan dasar sungai.

Masalah yang kedua ialah membina tetambak itu sendiri di mana maklumat yang lengkap hendaklah diperolehi seperti data hidrologi, data takad banjir dan pengetahuan tentang pembinaan tetambak dan benteng yang sepatutnya. Namun begitu pembinaan ini lebih banyak membantu dan selamat.



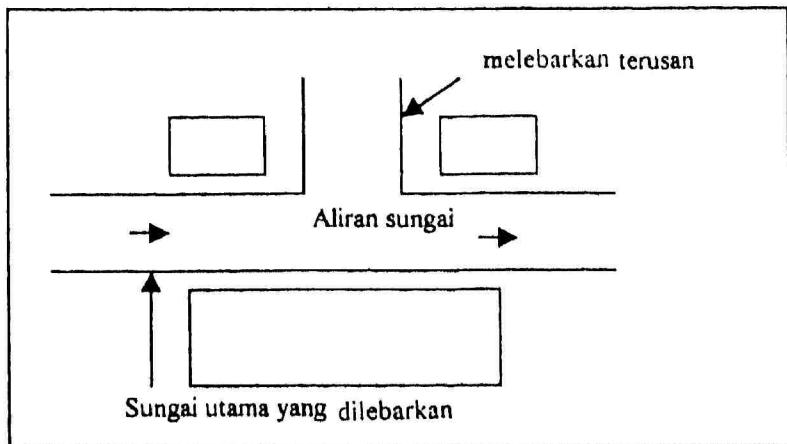
Gambarajah 2.11 Mengurangkan kejadian banjir dengan membuat tetambak atau benteng

Sumber: Smith dan Tobin (1979).

b) Pelebaran alur sungai

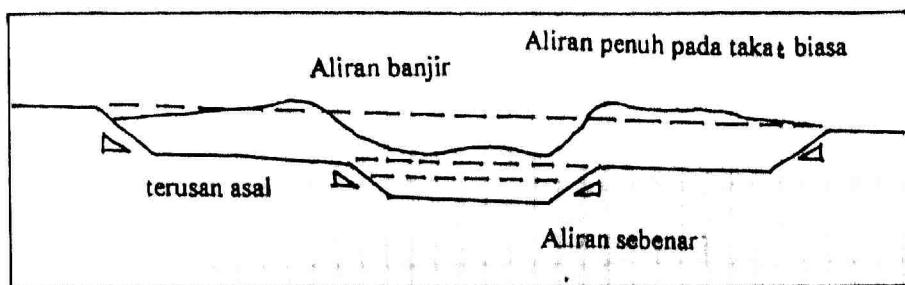
Pengubahsuaian struktur yang kedua ialah melalui pelebaran alur sungai. Tujuan utamanya ialah untuk membolehkan sungai tersebut menampung kapasiti air yang lebih banyak pada waktu hujan lebat. Keadaan ini sebenarnya mirip konsep tetambak atau benteng seperti yang pertama tadi. Ia juga agak murah dan sesuai untuk kawasan perbandaran (gambarajah 2.12a dan 2.12b). Namun demikian dalam hal ini masalah tetap timbul di mana pelebaran alur sungai akan menjelaskan pembangunan di kawasan dataran banjir tersebut. Masalah seterusnya, disebabkan projek yang begitu giat ia kerap cenderung untuk menghasilkan kelodak akibat projek pembinaan. Akibat pelebaran alur sungai tersebut adalah lebih daripada saiz asalnya maka sedimen-sedimen akan terhakis dan masuk ke dalam sungai.

Walau bagaimanapun pembinaan ini mungkin mengurangkan masalah banjir di kawasan tersebut tetapi sebaliknya penduduk yang berada di hilir sungai akan menghadapi masalah. Ini kerana aliran banjir akan dialir dengan cepat dan penduduk di bahagian hilir terpaksa menanggung keadaan banjir lebih kerap.



Gambarajah 2.12a Mengurangkan kejadian banjir dengan pelebaran alur sungai atau terusan

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

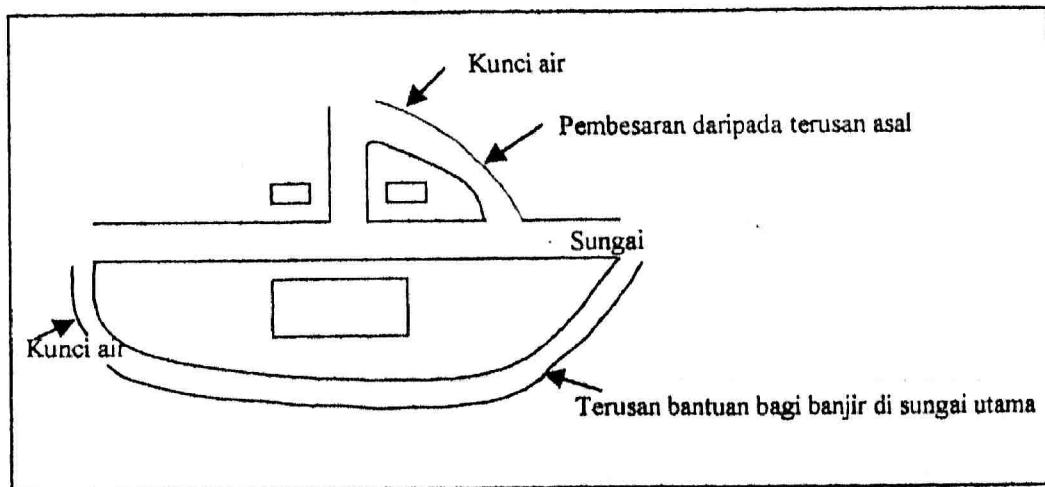


Gambarajah 2.12b Kawasan terusan yang dilebarkan bagi menampung aliran banjir

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

c) Pewujudan saliran sungai baru

Tujuan mewujudkan aliran sungai yang baru ini sebagai tambahan kepada sistem sungai yang sedia ada (gambarajah 2.13). Ini kerana melalui pewujudan saliran baru lebihan aliran banjir akan disalurkan ke sungai tersebut. Usaha ini telah dilaksanakan dibeberapa tempat seperti di Houston, Texas di Amerika Syarikat dan juga di Spalding, United Kingdom. Didapati akibat pembinaan ini, kawasan seluas 7000 hektar di Tennessee Valley di Amerika Syarikat telah dapat dilindungi daripada banjir (Smith dan Tobin 1979).

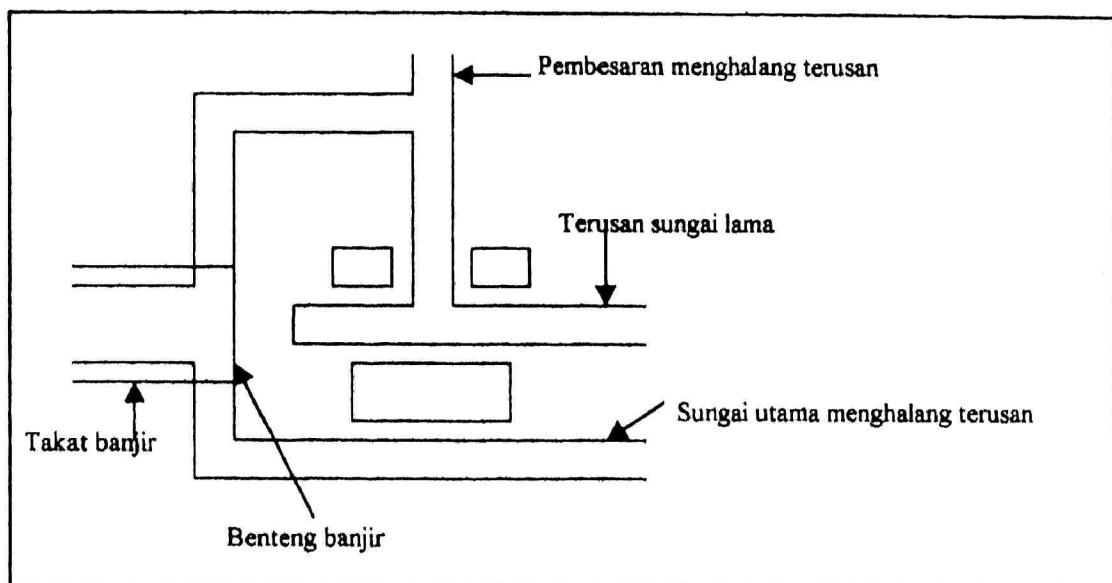


Gambarajah 2.13 Pengurangan banjir kilat melalui pewujudan sungai baru ataupun terusan bantuan

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

d) Pemotongan sungai

Kaedah ini seakan sama dengan pewujudan alur sungai yang baru. Objektifnya adalah sama kecuali aliran sungai yang tetap mengalir melalui sungai buatan yang baru manakala sungai asal hanya digunakan pada waktu terjadinya banjir sahaja. Contoh seperti ini dapat dilihat di Great Ouse, Ely, Britain (gambarajah 2.14).

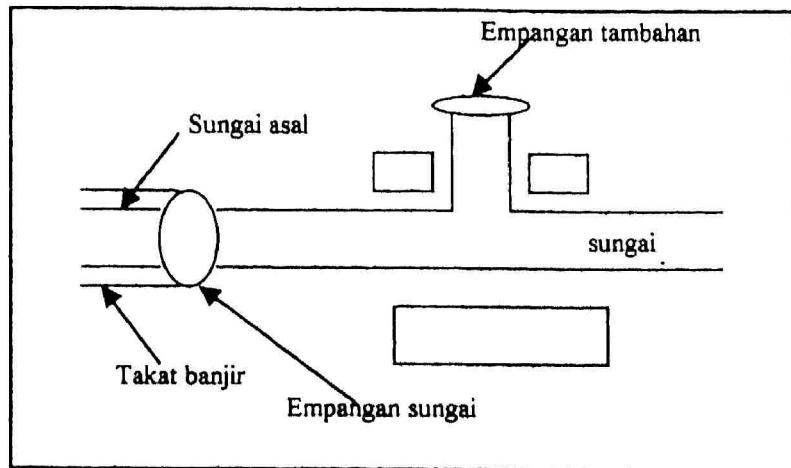


Gambarajah 2.14 Pengurangan kejadian bajir melalui pemintasan atau halangan atau pemotongan terusan.

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

d) Kawasan tadahan banjir

Pembinaan kawasan tadahan ataupun empangan ini telah lama dijalankan sejak dari dulu lagi. Walau bagaimanapun empangan yang pertama sekali dibina untuk tujuan mengatasi banjir ialah di Pinay, Loire, Perancis yang dibina pada awal abad ke 18 (Hoyt dan Laingbein dalam Smith dan Tobin 1979). Pembinaan empangan ini bertindak menyimpan air lebihan dan menghalang air tersebut daripada masuk ke dalam sistem sungai utama. Pembinaan empangan ini hendaklah dibina dengan teliti dan memerlukan kerja-kerja kejuruteraan yang sistematik bagi membolehkan empangan yang dibina kekal lama. Bagi mempelbagaikan kegunaan empangan ini ia boleh digunakan sebagai tempat rekreasi dan juga membekalkan air kepada penduduk tempatan. Sememangnya kaedah ini agak mahal jika dibandingkan dengan kaedah-kaedah yang lain (gambarajah 2.15). Namun demikian ia banyak dilaksanakan termasuk jugalah di Malaysia. Beberapa projek empangan serbaguna hidro elektrik juga telah dilaksanakan. Di antara empangan-empangan serbaguna utama yang telah siap dan memberi faedah dari segi tebatan banjir ialah empangan Temenggor di Perak, empangan Batu di Wilayah Persekutuan serta empangan Kenyir di Terengganu (Jabatan Pengairan dan Saliran, 1993).



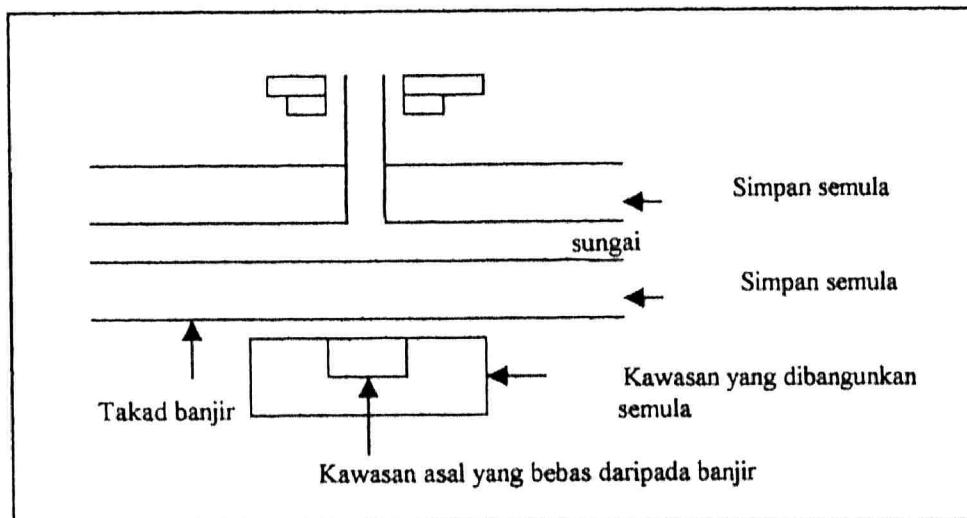
Gambarajah 2.15 Banjir berjaya dikurangkan dengan mengadakan kawasan tadahan banjir

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

f) Skim kawasan banjir

Skim ini bertindak membawa air yang berlebihan pada waktu puncak memasuki kawasan kawalan. Skim ini berhubung kait dengan pembinaan tetambak dan benteng. Selain itu sistem ini memerlukan kawasan dataran yang luas dan

keadaan ini cenderung menggunakan kawasan pertanian sebagaimana gambarajah 2.16. Walau bagaimanapun kaedah ini lebih sesuai pada waktu kejadian banjir yang kecil dan memerlukan pengurusan sungai yang cekap dean pengawalan sungai secara maksimum. Oleh kerana skim ini melibatkan ruang atau zon yang digunakan untuk kegiatan ekonomi.



Gambarajah 2.16 Mengurangkan kejadian banjir melalui simpanan semula di kawasan basuhan dan membangunkan semula kawasan urban

Sumber: Smith dan Tobin (1979)

2. Skim pengawalan

Kaedah ini adalah tidak melibatkan pengubahsuaian struktur yang bergantung kepada teknologi kejuruteraan. Matlamat utama dalam menjayakan skim ini ialah mengurangkan aliran puncak di kawasan hilir sungai dengan melakukan pengubahsuaian tanah di kawasan hulu sungai. Oleh itu jumlah dan tempoh masa aliran banjir pada kelok hidrograf dapat diubah. Cara yang dicadangkan ini ialah dengan menanam semula pokok-pokok. Kaedah ini bukan sahaja melambatkan proses aliran banjir tersebut tetapi juga menghasilkan proses intersepsi dan transpirasi yang turut membebaskan air ke atmosfera. *Stop the rain where it falls*, telah menjadi slogan kepada kawalan banjir di kawasan hulu sungai (Hewlett 1982).

Pada umumnya kawasan yang ditanam ini akan mengurangkan banjir jika pokok yang ditanam ialah seperti konifer ataupun tanaman pertanian, tetapi kadar banjir akan meningkat sekiranya yang ditanam itu ialah pokok renek ataupun rumput. Melalui kaedah ini penanaman pokok ini boleh membantu dalam mengawal kestabilan tanah dan juga menjadi satu sistem kanopi yang baik bagi membantu mengurangkan jumlah air yang turun ke permukaan bumi.

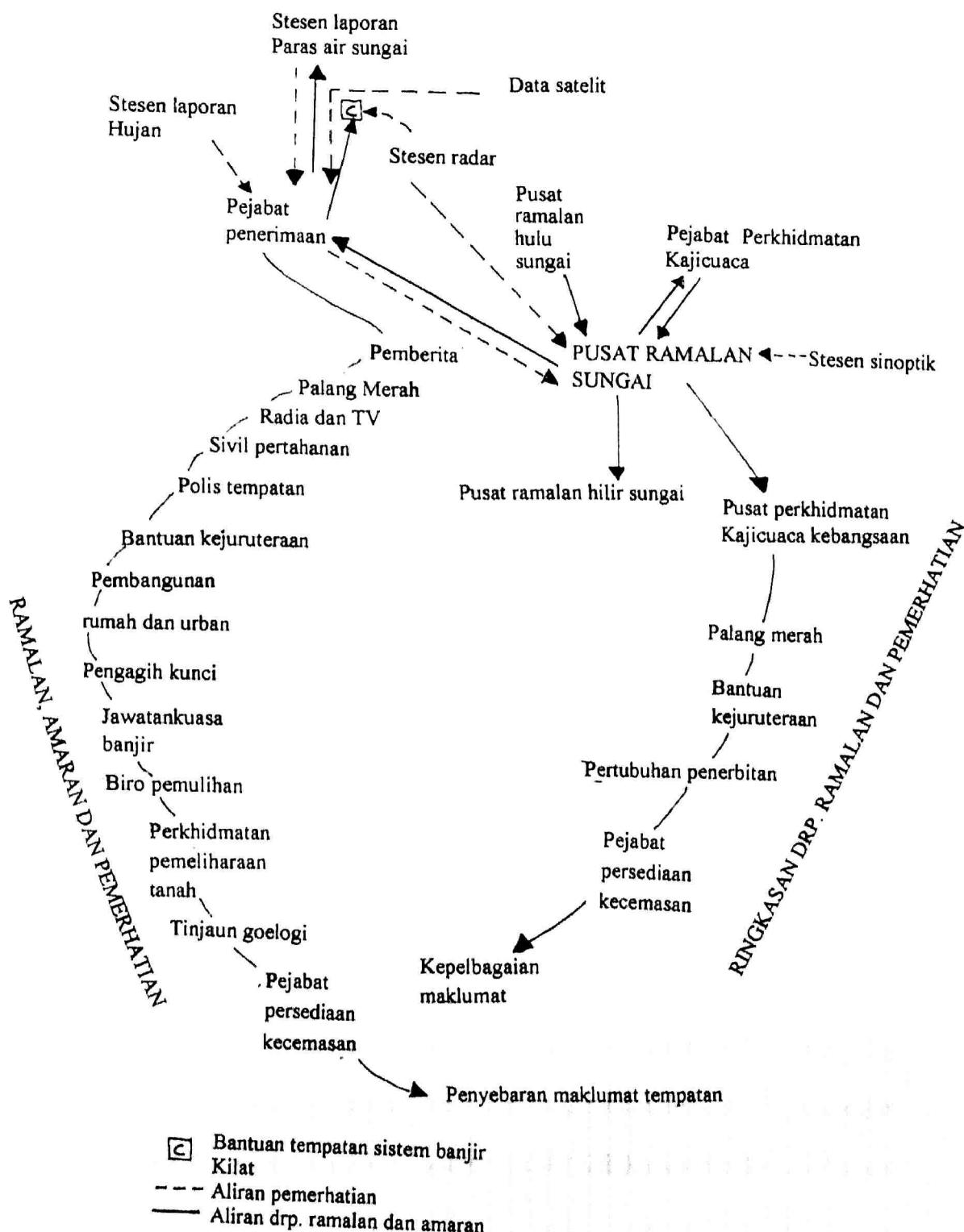
3. Skim tebatan banjir

Kaedah ini melibatkan pengubahsuaian kepada bangunan-bangunan, kandungan binaan tersebut, rekabentuk bangunan bagi mengelakkan banjir. Ini semua samada dalam keadaan kekal ataupun sementara. Binaan sementara ialan seperti membina penghalang yang boleh dipindahkan pada bahagian depan bangunan, penggunaan pintu yang berlapis bagi mengawal pintu-pintu yang lain. Manakala binaan kekal pula ialah seperti pembinaan bangunan itu sendiri yang dibina pada tanah yang tinggi iaitu melebihi takad banjir. Sebagai contoh, kaedah seperti ini diadakan dengan meluas di Amerika Syarikat seperti di bangunan Pittsburg Press serta Manker tennis center di Chattanooga.

Setelah melihat pengawalan banjir secara struktur terdapat juga cara pengawalan bukan struktur yang dilaksanakan seperti ramalan dan amaran banjir , pengesahan kawasan banjir atau zon dataran banjir, kawalan penggunaan tanah dan pemindahan penduduk yang tinggal di kawasan yang sering dilanda banjir ke kawasan selamat serta peta risiko banjir (Jabatan Pengairan dan saliran 1991).

a) Amaran banjir

Amaran banjir ini berkait rapat dengan Jabatan Kaji cuaca. Sebagai contohnya di Amerika Syarikat telah menunjukkan satu peningkatan yang baik di mana ia membantu sesuatu kejadian banjir daripada menjadi lebih teruk dan banyak nyawa serta harta dapat diselamatkan. Skim ini melibatkan tiga sub sistem yang berasingan iaitu mengesan, menyebar dan tindak balas (rajah 2.17). Pada peringkat pertama pengesanan mengenai kejadian hujan ribut yang akan berlaku dibuat berdasarkan kepada pergerakan awan dan angin melalui satelit. Maklumat yang diperolehi ini akan disebarluaskan dengan cepat kepada Pusat Ramalan Sungai yang secara langsung berhubung dengan stesen laporan hujan. Serentak dengan seluruh agensi yang terbabit dengan pengawalan banjir dan pasukan bencana alam telah mula bersiap sedia dan menyebarkan maklumat kepada penduduk setempat melalui radio, televisyen dan juga melalui maklumat-maklumat yang disampaikan oleh petugas-petugas banjir. Apabila hujan ribut mula melanda kesemua penduduk dan pasukan penyelamat telah pun bersiap sedia



Gambarajah 2.17 Menunjukkan struktur ramalan dan amaran banjir
 Sumber : Smith dan Tobin (1979)

b) Zon dataran banjir

Zon ini sememangnya berada di bawah kawalan banjir tetapi kawasan ini beransur-ansur digunakan untuk kegiatan pembangunan. Kebanyakan negara telah menyalahgunakan zon dataran banjir sehingga ia disedari oleh pihak pentadbir apabila kejadian banjir sering melanda kawasan berkenaan.

c) Pemindahan penduduk ke kawasan selamat

Pemindahan penduduk ini dilaksanakan oleh pihak kerajaan bertujuan untuk membantu penduduk terbabit daripada terus mengalami kejadian banjir yang sememangnya mendatangkan masalah.

d) Peta risiko banjir

Sebagai salah satu langkah bukan struktur ialah pendekatan menyeluruh bagi mencegah dan mengawal kerugian akibat banjir. Bagi situasi di Malaysia, satu kajian perintis sedang dijalankan dengan kerjasama ESCAP untuk menyediakan analisa dan

peta-peta risiko banjir di Lembangan Sungai Hulu Kelang, Wilayah Persekutuan. Analisa dan peta-peta tersebut akan menjadi garis panduan untuk tebatan banjir bagi ahli-ahli perancang dalam perancangan di kawasan yang boleh dilanda banjir (Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan 1995).

f) Undang-undang

Undang-undang merupakan satu alat yang penting dalam usaha mengawal hakisan dan kesan banjir akibat daripada aktiviti pembangunan. Walaupun air disentuh di dalam undang-undang berkenaan, sebahagian besar undang-undang tersebut bukanlah digubal untuk mengawal dan mengurus penggunaan air, tetapi adalah untuk sektor-sektor berkenaan sahaja. Akta Perlindungan Tanah 3/1960, Enakmen Air Bab 146, Enakmen Perlombongan Bab 147, Enakmen Hutan Bab 153 dan Kanun Tanah Negara 56/1965 merupakan undang-undang yang berkaitan dengan kegiatan mengawal kesan banjir dan permeliharaan tanah dan air (Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan 1989).

Di samping itu terdapat juga insuran banjir yang diwujudkan, tetapi ini bukanlah sebagai kawalan tetapi sebagai bayaran akibat kehilangan atau kerosakan yang

berlaku akibat banjir. Akta insuran banjir kebangsaan telah diwujudkan pada tahun 1968. Tidak ada syarikat insuran swasta yang menawarkan insuran banjir kerana kadar harta benda yang terlibat dalam masalah ini jika dilihat secara random adalah tidak memadai bagi pihak tersebut untuk menawarkan insuran ini (Hewlett 1982).

Namun begitu terdapat pengubahaian yang boleh dilakukan sendiri oleh penghuni yang mengalami kejadian banjir ini. Ubahaian yang dibuat ini adalah tindakan behavioral ataupun tingkah laku manusia seperti meninggikan rumah yang mereka duduki, meninggikan tapak rumah dengan menimbunkannya dengan pasir, membuat benteng sendiri seperti meletakkan beg-beg kain atau plastik yang berisi pasir bagi menghalang air daripada memasuki kawasan rumah dan juga rumah yang mereka tinggal juga penggunaan tayar-tayar kereta untuk menghalang kemasukan air. Kaedah-kaedah yang dilakukan ini semuanya tidak memerlukan belanja yang terlalu besar dan boleh dilakukan secara bergotong-royong.

2.9 Kesimpulan

Pembangunan yang pesat di dalam sesebuah lembangan saliran telah memberi kesan yang buruk serta masalah kepada sistem sungai. Masalah yang wujud akibat daripada

keseimbangan semulajadi sungai yang terganggu ini ialah kejadian banjir kilat. Banjir kilat yang berlaku sebaliknya telah menimbulkan masalah kepada manusia. Bagi ahli geomorfologi dan hidrologi banjir yang biasa berlaku seperti banjir yang melanda apabila tiba musim tengkujuh adalah satu proses semulajadi (Cooke dan Doornkamp 1974). Namun bagi kejadian banjir kilat ia merupakan bencana yang perlu diatasi dan mengawal punca-punca yang telah dikenal pasti membawa kepada kejadian banjir kilat tersebut. Keharmonian alam sekitar akan terpelihara sekiranya masalah alam sekitar seperti banjir kilat dapat diatasi.