

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir, longsor lahan, dan kekeringan kini menjadi bencana alam yang silih berganti, berulang setiap tahun, dan menimpa hampir semua daerah di Indonesia. Setiap tahun terjadi hampir 300 peristiwa banjir, menggenangi 150.000 ha dan merugikan jutaan orang (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002). Kerugian akibat banjir mencapai dua pertiga dari semua bencana alam yang terjadi (Departemen Sosial 1987 dan 1989 dalam Direktorat Sungai, 1994). Kejadian bencana banjir tidak hanya terjadi pada kota-kota di Indonesia, akan tetapi juga sebagian besar kota-kota metropolitan di Asia yang merupakan wilayah sekitar sungai (Huq, *dkk.*, 2007).

Banjir merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang banyak terjadi pada beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Indonesia. Banjir secara sederhana dapat diartikan sebagai aliran atau genangan yang menyebabkan kerugian bagi manusia. Banjir sangat terkait dengan siklus hidrologi, yaitu banjir akan terjadi apabila jumlah air hujan yang masuk melebihi kapasitas air yang keluar sehingga terjadi kelebihan simpanan air (*surplus*). Masalah banjir pada umumnya terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat alamiah maupun beberapa faktor yang merupakan akibat kegiatan manusia (Siswoko, 2007).

Sebab-sebab alami yang dapat menimbulkan banjir diantaranya adalah erosi dan sedimentasi, curah hujan, pengaruh fisiografi/geofisik sungai, kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai, pengaruh air pasang, penurunan tanah dan rob, drainase lahan, dan kerusakan bangunan pengendali banjir. Menurut Huq, *dkk.*, (2007), air pasang dipengaruhi dari faktor perubahan iklim dan berpotensi dapat meningkatkan potensi kenaikan air laut. Adapun tindakan manusia yang dapat menyebabkan banjir adalah perubahan tata guna lahan, pembuangan sampah, kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase, perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat, tidak berfungsinya sistem drainase lahan, bendung dan bangunan air, dan kerusakan bangunan pengendali banjir (Kodoatie dan Sjarief, 2005).

Secara umum faktor-faktor penyebab banjir dikelompokkan menjadi faktor klimatologi, penurunan muka tanah (*land subsidence*), dan perubahan penggunaan lahan dan peningkatan jumlah penduduk. Perubahan penggunaan lahan yang sering terjadi adalah konversi suatu kawasan resapan menjadi kawasan terbangun. Hal ini tidak dapat

dihindari karena sebagian besar daerah dataran banjir mempunyai potensi sebagai tempat/lokasi perkembangan kota, industri, ekonomi, dan permukiman. Adanya peningkatan jumlah penduduk yang memerlukan ruang juga menjadi pemicu peningkatan perubahan ini. Kesemuanya ini akan meningkatkan aliran permukaan yang pada akhirnya dapat menyebabkan banjir karena kapasitas drainase dan infiltrasi yang menurun. Di Indonesia diperkirakan terdapat 1,96 juta Ha luasan banjir (Loebis, 1998), dengan perincian seperti yang terdapat pada Tabel I.1 berikut ini.

TABEL I.1
LUASAN BANJIR DI INDONESIA

Propinsi	Total Luasan Banjir (ha)	Prosentase
Aceh	127.050	6,46%
Sumatra Utara	115.727	5,88%
Sumatra Barat	34.185	1,74%
Riau	94.642	4,81%
Jambi	67.488	3,43%
Sumatra Selatan	4.042	0,21%
Bengkulu	3.815	0,19%
Lampung	8.144	0,41%
DKI Jakarta	10.015	0,51%
Jawa Barat	78.079	3,97%
Jawa Tengah	47.269	2,40%
DI Yogyakarta	4.500	0,23%
Jawa Timur	36.571	1,86%
Bali	1.944	0,10%
NTB	37.587	1,91%
NTT	27.086	1,38%
Kalimantan Barat	130.849	6,65%
Kalimantan Tengah	390.752	19,86%
Kalimantan Selatan	204.287	10,38%
Kalimantan Timur	130.676	6,64%
Sulawesi Selatan	54.830	2,79%
Sulawesi Tenggara	65.445	3,33%
Sulawesi Tengah	39.800	2,02%
Sulawesi Utara	126.405	6,42%
Maluku	12.558	0,64%
Irian Jaya	114.147	5,80%
Indonesia	1.967.893	100,00%

Sumber: Loebis, 1998

Adapun banjir yang sering dialami oleh kawasan perkotaan biasanya berupa genangan. Banjir ini disebabkan oleh peningkatan laju aliran permukaan akibat perubahan penutup lahan dan hilangnya daerah resapan. Menurut Calder (1992a), perubahan guna lahan seperti pengurangan kawasan hutan atau penambahan kawasan hutan berakibat

perubahan aktifitas hidrologi kawasan. Menurut Asdak (2002), aliran permukaan merupakan bagian dari air hujan yang mengalir di permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan. Dengan adanya perubahan penutup lahan dan hilangnya daerah resapan maka kesempatan air hujan untuk tertahan dan meresap ke dalam tanah akan semakin kecil sehingga berakibat pada meningkatnya debit banjir yang pada akhirnya meningkatkan banjir.

Siswoko (2007) menambahkan bahwa sebagian besar daerah perkotaan yang mengalami banjir, adalah daerah-daerah yang memiliki karakteristik topografi datar dan kemiringan yang rendah, mempunyai fisiografi berupa dataran banjir, sistem sungai yang ada pada kawasan tersebut, serta kota-kota pantai. Hal ini terjadi pada beberapa kota di Indonesia, seperti yang terdapat dalam Tabel I.2 berikut ini.

TABEL I.2.
KOTA-KOTA YANG BERADA PADA KAWASAN DATARAN BANJIR

No	Kota	Sungai
1	Jakarta	Karnal, Tanjungan, Angke, Pesanggrahan, Sekretaris, Grogol, Cideng, Krukut, Ciliwung, Cipinang, Sunter, Buaran, Jatikramat
2	Semarang	Kali Garang/Kali Semarang
3	Bandung Selatan	Sungai Citarum Hulu
4	Surabaya	Kali Brantas
5	Palembang	Sungai Musi
6	Padang	Batang Arau, Batang Kuranji, Batang Air Dingin
7	Pekanbaru	Sungai Siak
8	Jambi	Sungai Batanghari
9	Medan	Sungai Belawan, Doli, Percut, Kera
10	Banda Aceh	Krueng Aceh
11	Pontianak	Sungai Kapuas
12	Banjarmasin	Sungai Barito
13	Samarinda	Sungai Mahakam
14	Makassar	Sungai Jenebarang

Sumber: *Siswoko (2007)*

Mendasari kondisi di atas, pengaturan ruang di DAS sesuai dengan peruntukkan ruangnya sangat diperlukan untuk dapat mengendalikan banjir. Untuk mengefektifkan pengendalian banjir, diperlukan suatu konsep yang dapat menjelaskan pola ruang yang optimal dalam pengendalian banjir.

1.2 Perumusan Masalah

Fenomena banjir merupakan indikasi dari adanya kesalahan dalam pemanfaatan lahan DAS. Kondisi penggunaan lahan seringkali masih kurang memperhatikan konservasi lahan, terutama kesesuaiannya terhadap peruntukan lahan. Luas daerah resapan air pelan tapi pasti semakin berkurang disebabkan aktivitas pembangunan oleh manusia, sehingga air hujan yang tidak meresap menjadi limpasan air permukaan dan menyebabkan banjir dengan debit yang lebih besar dan semakin cepat waktu puncak debit terjadi. Hal tersebut juga mengacu pada teori perhitungan debit puncak dengan metode rasional yaitu $Q \text{ (debit puncak)} = 0,278.C.I.A$, dimana Q (debit puncak) berbanding lurus dengan C (Koefisien Aliran Permukaan) yang dipengaruhi oleh penggunaan lahan.

Oleh karena itu, diperlukan penataan kembali pemanfaatan lahan yang ada melalui pemodelan guna lahan yang optimal dalam mitigasi bencana banjir. Akar masalah penatagunaan lahan yang perlu diselesaikan adalah berapa besar proporsi lahan untuk berbagai keperluan seperti hutan, permukiman, industri, waduk/embung/kolam retensi, sawah atau kebun, daerah perairan, tegalan dan penggunaan lainnya agar dapat mengefektifkan upaya mitigasi bencana banjir non-struktural.

Penelitian ini mencakup kajian penggunaan lahan saat ini dengan menggunakan model peruntukkan lahan serta merumuskan letak lokasi (*spasia*) dari pemanfaatan lahan yang sesuai dari aspek hidrologi sehingga efektif dalam upaya mitigasi bencana banjir non-struktural. Dalam merumuskan pemanfaatan lahan yang sesuai dari aspek hidrologi perlu melihat kemampuan lahan sebagai salah satu variabel penting dalam mengukur daya dukung dan daya tampung lahan. Kaitannya dengan evaluasi lahan, analisis tentang pemanfaatan lahan saat ini harus mengarah ke tujuan untuk menetapkan apakah hasil yang ada dapat dipertanggung jawabkan kebenaran dengan kemampuan lahannya. Pemanfaatan dan pendayagunaan lahan untuk kepentingan tertentu harus sesuai dengan karakteristik dan kualitas lahannya, serta mempunyai keserasian antara peruntukkan lahan dengan pola penggunaan lahan yang ada atau yang direncanakan.

Pengoptimalan guna lahan suatu DAS diharapkan mampu meminimalkan debit banjir yang ada, sehingga limpasan debit dapat diperkirakan dan dilakukan penyesuaian terhadap bangunan pengendali sehingga kapasitasnya dapat mencukupi. Rumusan permasalahan (*problem formulation*) yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor apakah yang secara umum berpengaruh besar dalam menentukan terjadinya bencana banjir?
2. Bagaimana kesesuaian guna lahan saat ini dengan peruntukkan lahan?

3. Bagaimana pengaruh guna lahan terhadap peningkatan kerentanan (*vulnerability*) banjir?
4. Bagaimanakah proporsi jenis guna lahan yang optimal untuk mengendalikan banjir?

1.3 Tujuan, Sasaran dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Menyusun suatu pemodelan berupa optimasi guna lahan yang dapat meminimalisir banjir, sekaligus sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan (*Decision Support System*) dalam penentuan alokasi penggunaan lahan.

1.3.2 Sasaran Penelitian

Untuk mencapai hasil yang diharapkan, maka diperlukan langkah-langkah yang menjadi sasaran dari penelitian, yaitu;

1. Menentukan kriteria optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir,
2. Menyusun optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir,
3. Mengaplikasikan pemodelan optimasi guna lahan pada wilayah studi,
4. Validasi untuk menyimpulkan keakuratan,
5. Menyimpulkan hasil aplikasi untuk menentukan parameter peubah yang penting untuk dikaji lebih lanjut.

1.3.3 Manfaat Penelitian

Pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan dapat digunakan untuk;

- menemukan besaran pengaruh faktor-faktor fisik alam terhadap banjir secara keruangan (spasial) yang ditunjukkan dalam nilai angka,
- menemukan jenis-jenis guna lahan yang memiliki dampak paling besar terhadap terjadinya banjir, dan
- menemukan lokasi lahan yang menjadi prioritas untuk dilakukan konversi lahan untuk mengurangi debit banjir.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

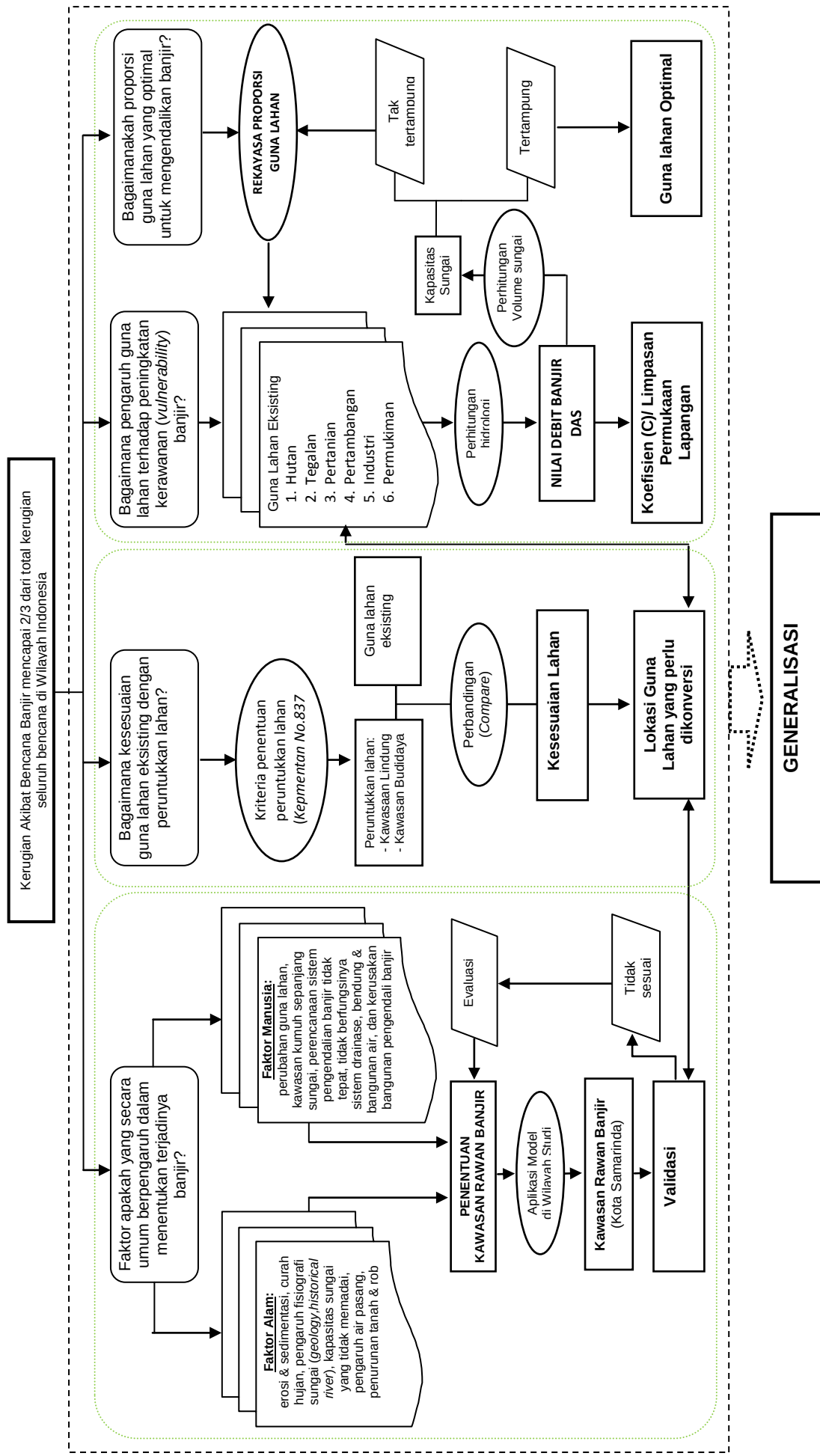
Untuk mempermudah tahapan pengerjaan dan sebagai gambaran besar dari langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini, maka perlu disusun kerangka pikir penelitian. Dalam kerangka pikir penelitian mencakup latar belakang pentingnya

penelitian, kemudian masalah yang muncul, analisis permasalahan, alat analisis yang digunakan, hasil yang diharapkan sampai dengan generalisasi dari kesimpulan yang didapat dan rekomendasi.

Kerangka pikir disusun berdasarkan permasalahan yang muncul sampai dengan solusi permasalahannya. Masing-masing permasalahan memiliki penyelesaian tersendiri yang mana pada tahapan akhirnya akan saling berkesinambungan satu sama lainnya sebagai solusi. Kesenambungan tersebut dapat berupa penggunaan data yang berkaitan, maupun penggunaan output dari analisis model lain sebagai input untuk model berikutnya. Untuk lebih jelas memahami alur pikir penelitian maka dapat dilihat pada Gambar 1.1.

1.5 Justifikasi dan Posisi Penelitian

Penelitian tentang pengendalian banjir yang sudah dilakukan sebelumnya banyak berkaitan dengan penelitian dasar seperti penyebab banjir, lama genangan, luas banjir, pola penyebaran banjir, dan tingkat bahaya dan kerentanan wilayah terhadap banjir (Amenguel dan Romero, 2006; Dibyosaputro, 1984; De Roo, 1993; Kristianto, 1995; Dasanto, 2000; Cheng, *dkk.*, 2008, Dharma, 2003). Sebagian penelitian lainnya lebih fokus pada pola pemanfaatan lahan pada daerah aliran sungai (Suhartanto, 2001; Wijaya, 2006; Senawi, 2007; Pratisto dan Danoedoro, 2004). Penelitian tersebut umumnya bersifat parsial. Pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir, yang bersifat komprehensif dan terpadu belum dilakukan.



Gambar 1.1
Kerangka Pikir Penelitian

Keaslian penelitian ini dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu substansi, metodologi, dan aplikasi penelitian. Secara substansial, penelitian ini merupakan upaya pemecahan masalah pengendalian banjir melalui penatagunaan lahan yang kompleks, komprehensif, sistematis, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan.

Secara metodologis, kajian dimulai dengan pembangunan model penentuan kawasan rawan banjir untuk mengetahui besarnya nilai pengaruh guna lahan terhadap banjir secara spasial. Kemudian dilanjutkan dengan evaluasi penggunaan lahan melalui identifikasi karakteristik biogeofisik bentanglahan pada DAS menggunakan metode tumpang susun (*overlay*), dampak penggunaan lahan terhadap potensi banjir, hingga perhitungan luas lahan optimal berbagai bentuk penggunaan lahan suatu DAS.

Optimasi penggunaan lahan dalam rangka pengendalian banjir dilakukan dengan tiga tingkatan, yaitu secara makro, meso, dan mikro. Pada tingkat makro, optimasi penggunaan lahan dilakukan melalui analisis peruntukkan lahan. Pada tingkat meso, optimalisasi penggunaan lahan dilakukan melalui analisis kemampuan lahan dan kesesuaian lahan. Adapun pada tingkat mikro, optimalisasi penggunaan lahan dilakukan melalui analisis kesesuaian bentuk penggunaan lahan saat ini.

Secara aplikasi, pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan yang merupakan hasil (*output*) dari penelitian ini dapat diadopsi untuk wilayah lain yang hampir sejenis (*upscaling*). Penyesuaian diperlukan untuk mengakomodasi perbedaan situasi dan kondisi dari daerah yang bersangkutan.

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan pengendalian banjir dan penatagunaan lahan DAS sesuai karakteristik hidrologinya telah banyak dilakukan. Amengual dan Romero (2006) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan sebaran spasial daerah hujan untuk identifikasi kawasan rawan banjir. Hasil dan kesimpulan dari penelitian tersebut berupa teridentifikasinya spasial daerah hujan dari kategori rendah sampai dengan tinggi, dimana wilayah dataran sub das dengan kategori hujan tertinggi adalah merupakan dataran dengan tingkat kerawanan banjir tertinggi.

Dibyosaputro (1984) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan satuan pemetaan geomorfologi rinci yang terdapat pada dataran rendah aluvial maupun pantai serta mengkaitkannya dengan tingkat bahaya dan kerentanannya terhadap banjir. Metodenya adalah melakukan interpretasi foto udara inframerah warna semu skala 1 : 30.000 sebagai data primer dan debit banjir ulang, informasi karakteristik banjir, analisis imbalanced air sebagai data sekunder. Hasilnya adalah dapat dikenalnya kenampakan-kenampakan tubuh perairan, bentuk lahan, vegetasi, tata guna lahan dan penyesuaian manusia sebagai akibat banjir. Ditarik kesimpulan bahwa (i) penyebab banjir dan lamanya

genangan bukan hanya disebabkan oleh meluapnya air sungai, melainkan pula oleh kelebihan curah hujan dan fluktuasi muka air laut khususnya dataran aluvial pantai, (ii) unit-unit morfologi seperti daerah rawa, rawa belakang, dataran banjir, pertemuan sungai dan dataran aluvial pantai adalah tempat-tempat yang rentan banjir, dan (iii) foto udara infra merah warna semu baik digunakan untuk menentukan luas dan pola sebaran tempat-tempat yang berpotensi tergenang atas dasar satuan pemetaan geomorfologi.

De Roo (1993) melakukan penelitian tentang pemodelan aliran permukaan dan erosi tanah pada daerah tangkapan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). Tujuannya adalah mengetahui penerapan Model ANSWERS dan tingkat kepercayaan untuk studi limpasan permukaan dan erosi di South Limburg dan Devon (Belanda). Metodenya yang digunakan adalah pengamatan lapangan, menggunakan sampel cluster, berbasis SIG, dan dengan pendekatan satuan lahan. Hasilnya adalah Model ANSWERS layak untuk simulasi aliran permukaan dan erosi pada skala peta.

Penelitian lainnya adalah Kristianto (1995) yang melakukan penelitian terkait dengan Penggunaan Data Digital Landsat TM untuk Estimasi Kerentanan Banjir di Sebagian Dataran Aluvial Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Tujuannya adalah (i) mengkaji kegunaan data digital Landsat TM untuk estimasi kerentanan banjir berdasarkan kondisi kelembaban tanah permukaannya, dan (ii) menentukan jenis transformasi matematis citra terbaik yang dapat memberikan perbedaan tegas tentang perbedaan kelembaban permukaan. Metode yang digunakan adalah menghubungkan data lapangan dengan data digital nilai spektral citra satelit. Hasilnya berupa persamaan linier yang menduga hubungan antara tingkat kerentanan banjir atas dasar kelembaban tanah permukaannya, saluran yang terbaik untuk menduga besarnya kelembaban tanah, dan transformasi indeks kebasahan tanah merupakan yang terbaik untuk menduga kelembaban tanah.

Dasanto (2000) menganalisis kerentanan dan resiko banjir daerah Bojonegoro-Tuban-Lamongan Jawa Timur menggunakan teknik penginderaan jauh. Tujuan penelitiannya adalah (i) mempelajari indikator-indikator banjir yang terdapat pada citra foto udara dan citra Landsat TM untuk menentukan tingkat kerentanan banjir daerah penelitian, (ii) menonjolkan kenampakan daerah yang rentan banjir dan yang tidak dengan transformasi *Tasseled-cap*, (iii) mengevaluasi potensi kerugian atau kehilangan akibat banjir untuk setiap tingkat resiko banjir. Metodenya dengan observasi menggunakan teknik penginderaan jauh untuk mengetahui daerah-daerah yang berpotensi banjir dan kemudian menghubungkannya dengan data pengamatan lapangan dan data sekunder lainnya. Hasilnya adalah (i) satuan bentuk lahan yang rentan banjir adalah bentuk fluvial yaitu dataran aluvial, potongan meander, tanggul alam, rawa belakang, dan

cekungan banjir, (ii) foto udara memberikan informasi yang lebih lengkap daripada peta citra satelit dan transformasi Tasseled-cap daerah sasaran banjir tampak jelas sehingga mudah diidentifikasi.

Cheng, *dkk.*, (2008) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari lapisan jenis tanah dan kelerengan lahan terhadap besarnya aliran permukaan dan sedimentasi yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini adalah semakin tinggi kelerengan dari suatu lahan ($20-30^\circ$), maka semakin tinggi pula limpasan permukaan dan lapisan tanah yang tergerus kemudian menjadi sedimentasi pada daerah muara. Sedangkan kelerengan lahan $0-5^\circ$ masih memberikan dampak yang sedikit terhadap aliran permukaan maupun sedimen yang dihasilkan.

Darma (2003) meneliti tentang Penggunaan Foto Udara dan Citra Landsat MSS untuk Pemetaan Rentan Banjir di Kota Samarinda Kalimantan Timur dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis. Tujuannya adalah untuk menduga tempat rentan banjir dan kaitan antara kelas kelembaban tanah citra satelit dengan kelas kerentanan banjir hasil analisis SIG. Metodologinya dengan pemrosesan citra satelit, interpretasi foto udara. Kesimpulannya adalah indeks kecerahan tanah (SBI) hasil transformasi Tasseled-cap memberikan petunjuk awal dugaan tempat-tempat rentan banjir yang ditandai dengan warna gelap sampai sangat gelap, dimana tempat-tempat yang rentan banjir ditunjukkan citra SBI tutupan vegetasinya tipis atau hampir tidak tertutup dan pada daerah yang tergenang air lebih dari 3 bulan dalam 1 tahun, dan tempat-tempat rentan banjir yang ditunjukkan citra SBI bersesuaian dengan bentuk lahan cekungan fluvial dan dataran banjir.

Suhartanto (2001) meneliti tentang optimasi pengelolaan DAS di Sub DAS Cidana Kabupaten Serang Banten menggunakan Model ANSWERS. Tujuannya untuk mengidentifikasi pengelolaan DAS yang optimal sesuai dengan prinsip konservasi. Metode yang digunakan berupa pengamatan lapangan, menggunakan sampel cluster, berbasis SIG, dengan pendekatan satuan lahan. Hasil temuannya adalah bahwa pengelolaan DAS yang optimal adalah integrasi areal hutan dan rumput. Sedangkan Ulin (2002) melakukan penelitian pengujian Model ANSWERS untuk pendugaan Erosi dan Sedimentasi pada Sub DAS Temon Kabupaten Wonogiri. Tujuannya untuk menguji ketepatan model ANSWERS dalam melakukan pendugaan erosi dan sedimentasi, menduga tingkat erosi dan sedimentasi tahunan, dan merancang teknik konservasi tanah dan air yang optimal. Metode yang digunakan berupa pengamatan lapangan, menggunakan sampel purposive, berbasis SIG, dengan pendekatan satuan lahan. Hasilnya bahwa model ANSWERS dapat digunakan di daerah penelitian, pengelolaan

lahan yang dianjurkan dengan menambah luasan hutan, dan praktek konservasi tanah secara mekanik dapat menurunkan erosi dan sedimentasi.

Wijaya (2005) melakukan penelitian optimasi pemanfaatan lahan di Sub DAS Konto Hulu Kabupaten Malang, Jawa Timur. Tujuannya adalah mengetahui pemanfaatan lahan yang optimum dari aspek hidrologi. Metode yang digunakan berupa pengamatan lapangan, menggunakan sampel *stratified purposive*, berbasis SIG dengan pendekatan satuan lahan. Hasil yang diperoleh berupa pemanfaatan lahan yang optimum dari segi hidrologi.

Senawi (2007) melakukan penelitian yang bertujuan untuk (i) mengidentifikasi karakteristik biogeofisik bentang lahan, kesesuaian spasial ekologis bentuk penggunaan lahan saat ini, dampak penggunaan lahan saat ini terhadap erosi tanah dan degradasi lahan, dan menghitung nilai faktor bentuk penggunaan lahan untuk mengestimasi nilai erosi tanah permukaan, serta optimalisasi penggunaan lahan untuk mengkaji kebutuhan luas hutan minimum suatu DAS sehingga mampu mengendalikan erosi permukaan dan tata air dengan baik. Metodologi yang digunakan melalui interpretasi citra landsat menggunakan SIG dan sedangkan optimalisasi penggunaan lahan DAS dilakukan melalui pemodelan kuantitatif dengan Pemrograman Linier (*Linier Programming*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa satuan lahan dengan keseragaman bentuk lahan, kemiringan lahan, jenis tanah, dan bentuk penggunaan lahan secara fisik dapat sebagai model spasial ekologis bentang lahan dan layak digunakan untuk dasar evaluasi dan optimalisasi penggunaan lahan DAS, dimana penggunaan lahan saat ini terbukti banyak yang tidak sesuai karakteristik dan potensi biogeofisik DAS, sehingga menghasilkan erosi tanah yang mengakibatkan terjadinya degradasi lahan, kekeringan di musim kemarau, dan banjir di musim hujan, lahan hutan terbukti memiliki kemampuan pengendalian tata air dan erosi tanah yang paling baik dibanding penggunaan lahan lainnya sehingga keberadaan hutan pada suatu DAS lebih diperlukan untuk fungsi pengaturan tata air daripada fungsi pengendalian erosi tanah dan kebutuhan luas hutan optimal setiap DAS tidak sama, tergantung genesis morfologi bentuk lahan, kepekaan tanah, kemiringan lahan, dan komposisi penggunaan lahan yang lain.

Pratista dan Danoedoro (2007) melakukan penelitian dengan judul Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respons Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo Berdasarkan Citra Landsat TM dan Aster VNIR). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perubahan guna lahan terhadap debit puncak di DAS Gesing. Metode yang digunakan adalah metode rasional sederhana dengan pendekatan piksel dengan perangkat lunak (*tools*) Raster sehingga dihasilkan peta distribusi spasial debit pada setiap piksel. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa

perubahan penutup lahan di DAS Gesing bagian hulu telah terjadi secara signifikan dan hal ini berpengaruh besar terhadap peningkatan koefisien aliran permukaan aliran permukaan serta debit puncak.

Beberapa penelitian diatas berbeda dengan Penelitian Pemodelan Otpimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan, baik secara teori maupun metode yang digunakan. Untuk lebih jelas melihat perbedaannya, maka perbandingan yang ditampilkan dalam Tabel 1.3 berikut ini akan mempermudah dalam memahami.

TABEL 1.3.
POSISI PENELITIAN TERHADAP PENELITIAN LAIN SEBELUMNYA

No.	Peneliti/Tahun/Judul Penelitian/	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Kaitan dengan penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan".
1.	Dibiyosaputro/1984/ <i>Flood Susceptibility and Hazard Survey of The Kudus-Prawata-Welahan Area, Central Java.</i>	Menentukan satuan pemetaan geomorfologi rinci yang terdapat pada dataran rendah aluvial maupun pantai serta mengkaitkannya dengan tingkat bahaya dan kerentanannya terhadap banjir	▪ Dapat dikenalnya kenampakan-kenampakan tubuh perairan, bentuk lahan, vegetasi, tata guna lahan dan penyesuaian manusia sebagai akibat banjir. ▪ Penyebab banjir dan lamanya genangan bukan hanya disebabkan oleh meluapnya air sungai, melainkan juga oleh kelebihan curah hujan dan fluktuasi muka air laut khususnya dataran aluvial pantai ▪ Unit-unit morfologi seperti daerah rawa, rawa belakang, dataran banjir, pertemuan sungai dan dataran aluvial pantai adalah tempat-tempat yang rentan banjir, dan ▪ Foto udara infra merah warna semu baik digunakan untuk menentukan luas dan pola sebaran tempat-tempat yang berpotensi tergenang atas dasar satuan pemetaan geomorfologi detil.	▪ Penelitian <i>Flood Susceptibility and Hazard Survey of The Kudus-Prawata-Welahan Area, Central Java</i> lebih menekankan pada kondisi saat ini banjir di wilayah studi sebagai alat untuk mengidentifikasi kerentanan banjir. ▪ Pembahasan aspek fisik penyebab banjir bersifat parsial, yang mana masih merupakan sebagian dari faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan".
2.	Amengual and R.Romero/2006/ <i>A Hydrometeorological Modeling Study of a Flash-Flood Event over Catalonia, Spain</i>	Menentukan sebaran spasial daerah hujan untuk identifikasi kawasan rawan banjir.	▪ Sebaran spasial daerah hujan dari kategori curah hujan rendah sampai dengan tinggi ▪ Besar curah hujan untuk masing-masing sub das ▪ Wilayah dataran sub das dengan curah hujan tinggi paling beresiko terkena banjir	▪ Penelitian <i>Amengual and R.Romero/2006/A Hydrometeorological Modeling Study of a Flash-Flood Event over Catalonia, Spain</i> lebih menekankan pada 12actor hujan sebagai 12actor12e utama penentuan wilayah banjir yang dibahas secara mendetail yang mana masih merupakan bagian dari 12actor-faktor yang digunakan penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan".
3.	Kristianto/1995/Penggunaan Data Digital Landsat TM untuk Estimasi Kerentanan Banjir di Sebagian Dataran Aluvial Kabupaten Demak Jawa Tengah.	▪ Mengkaji kegunaan data digital Landsat TM untuk estimasi kerentanan banjir berdasarkan kondisi kelembaban tanah permukaannya, ▪ Menentukan jenis transformasi matematis citra terbaik yang dapat memberikan perbedaan tegas tentang perbedaan kelembaban permukaan.	▪ Persamaan linier yang menduga hubungan antara tingkat kerentanan banjir atas dasar kelembaban tanah permukaannya ▪ Saluran yang terbaik untuk menduga besarnya kelembaban tanah ▪ Transformasi indeks kebasahan tanah merupakan yang terbaik untuk menduga kelembaban tanah.	▪ Penelitian "Penggunaan Data Digital Landsat TM untuk Estimasi Kerentanan Banjir di Sebagian Dataran Aluvial Kabupaten Demak Jawa Tengah" menggunakan citra digital sebagai alat untuk mengidentifikasi kelembaban permukaan dimana rentan terjadi banjir. Penelitian tersebut memiliki tujuan identifikasi kawasan banjir yang mana hal itu merupakan salah satu sasaran dalam penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan" namun dengan metode dan cara yang berbeda.

No.	Peneliti/Tahun/Judul Penelitian/	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Kaitan dengan penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan".
4.	Dasanto/2000/Analisis Kerentanan dan Resiko Banjir Daerah Bojonegoro-Tuban-Lamongan Jawa Timur Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh.	- Mempelajari indikator-indikator banjir yang terdapat pada citra foto udara dan citra Landsat TM untuk menentukan tingkat kerentanan banjir daerah penelitian - Menonjolkan kenampakan daerah yang rentan banjir dan yang tidak dengan transformasi Tasseled-cap - Mengevaluasi potensi kerugian atau kehilangan akibat banjir untuk setiap tingkat resiko banjir.	- Satuan bentuk lahan yang rentan banjir adalah bentukan fluvial yaitu dataran aluvial, potongan meander, tanggul alam, rawa belakang, dan cekungan banjir - Foto udara memberikan informasi yang lebih lengkap daripada peta citra satelit dan transformasi Tasseled-cap daerah sasaran banjir tampak jelas sehingga mudah diidentifikasi.	Penelitian "Analisis Kerentanan dan Resiko Banjir Daerah Bojonegoro-Tuban-Lamongan Jawa Timur Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh" lebih menekankan pada data foto udara sebagai data utama untuk dianalisis dengan penginderaan jauh dan menghasilkan output kawasan rentan banjir. Penelitian tersebut memiliki tujuan identifikasi kawasan banjir yang mana hal itu merupakan salah satu sasaran dalam penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan" namun dengan metode dan cara yang berbeda.
5.	Lili Sri Ulina/2002/Model ANSWERS untuk pendugaan Erosi dan Sedimentasi pada Sub DAS Temon Kabupaten Wonogiri.	- Menguji ketepatan model ANSWERS dalam melakukan pendugaan erosi dan sedimentasi - Menduga tingkat erosi dan sedimentasi tahunan - Merancang teknik konservasi tanah dan air yang optimal.	- Model ANSWERS dapat digunakan di daerah penelitian - Pengelolaan lahan yang dianjurkan dengan menambah luasan hutan - Praktek konservasi tanah secara mekanik dapat menurunkan erosi dan sedimentasi.	Penelitian "Model ANSWERS untuk pendugaan Erosi dan Sedimentasi pada Sub DAS Temon Kabupaten Wonogiri" lebih menekankan hasil konservasi tanah yang mana mengarah pada perluasan hutan. Langkah-langkah penentuan konservasi lahan dapat dijadikan pertimbangan dalam proses optimasi lahan pada penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan" namun dengan metode dan cara yang berbeda.
6.	Cheng, Ma, Cai/2008/ <i>The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China. GeoJournal 71:117-125</i> .	Tujuannya adalah mengetahui sejauh mana pengaruh dari lapisan jenis tanah dan kelerengan lahan terhadap besarnya aliran permukaan dan sedimentasi yang dihasilkan	- Hasil dari penelitian ini adalah semakin tinggi kelerengan dari suatu lahan (20-30°), maka semakin tinggi pula aliran permukaan (<i>run off</i>) dan lapisan tanah yang tergerus kemudian menjadi sedimentasi pada daerah muara. - Sedangkan kelerengan lahan 0-5° masih memberikan dampak yang sedikit terhadap aliran permukaan maupun sedimen yang dihasilkan.	Hasil dari penelitian "<i>The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China.</i>" Menjadi acuan dasar pada penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan", terutama sebagai input pada proses perhitungan kapasitas sungai, yang mana memerlukan data input berupa jenis tanah, kelerengan dan guna lahan.
7.	Darma, S./2003/Penggunaan Foto Udara dan Citra Landsat MSS untuk Pemetaan Rentan Banjir di Kota Samarinda Kalimantan Timur dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis.	- Menggunakan citra SBI sebagai pengarah awal untuk menduga tempat rentan banjir - Mengetahui kebenaran dugaan citra SBI terhadap tempat rentan banjir - Mengetahui tingkat ketelitian interpretasi - Menetapkan kelas rentan banjir, sebaran dan luasannya - Mengetahui imbangan air bulanan pada daerah dataran - Mengetahui kaitan antara kelas kelembaban tanah citra satelit dengan kelas kerentanan	- Indeks kecerahan tanah (SBI) hasil transformasi Tasseled-cap memberikan petunjuk awal dugaan tempat-tempat rentan banjir yang ditandai dengan warna gelap sampai sangat gelap - Tempat-tempat yang rentan banjir ditunjukkan citra SBI tutupan vegetasinya tipis atau hampir tidak tertutup dan pada daerah yang tergenang air lebih dari 3 bulan dalam 1 tahun - Tempat-tempat rentan banjir yang ditunjukkan citra SBI bersesuaian dengan bentuk lahan cekungan fluvial dan dataran banjir.	Penelitian "Penggunaan Foto Udara dan Citra Landsat MSS untuk Pemetaan Rentan Banjir di Kota Samarinda Kalimantan Timur dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis" menekankan pada aspek citra foto udara untuk menentukan kawasan rentan banjir berdasarkan tingkat kecerahan tanah (SBI) dimana daerah rentan banjir sebagian besar memiliki tutupan vegetasi yang tipis. Output ini dapat dijadikan acuan dalam penggunaan koefisien limpasan permukaan pada salah satu analisis penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan" dimana pemberian nilai koefisien pada guna lahan yang memiliki tutupan vegetasi tipis lebih tinggi.

No.	Peneliti/Tahun/Judul Penelitian/	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Kaitan dengan penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan".
		banjir hasil analisis SIG.		
8.	Adi Wijaya/2006/Optimasi pemanfaatan lahan di Sub DAS Konto Hulu Kabupaten Malang Jawa Timur.	Mengetahui pemanfaatan lahan yang optimum dari aspek hidrologi.	Pemanfaatan lahan yang optimum dari segi hidrologi.	Penelitian "Optimasi pemanfaatan lahan di Sub DAS Konto Hulu Kabupaten Malang Jawa Timur" memiliki tujuan akhir yang serupa, namun proses pertimbangan kemampuan lahan tidak menjadi pertimbangan utama sebagai konversi lahan seperti pada penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan"
9.	Senawi/2007/Pemodelan Spasial Ekologis untuk Optimalisasi Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai (Kasus di DAS Solo Hulu)	- Mengidentifikasi biogeofisik bentang lahan dan pemodelan spasial ekologis lahan yang representatif untuk evaluasi lahan dalam optimalisasi penggunaan lahan DAS - Mengkaji kesesuaian spasial ekologis bentuk penggunaan lahan - Mengkaji kebutuhan luas hutan minimum suatu DAS sehingga mampu mengendalikan erosi permukaan.	- Satuan lahan dengan keseragaman bentuk lahan, kemiringan lahan, jenis tanah, dan bentuk penggunaan lahan secara fisik dapat sebagai model spasial ekologis bentang lahan dan layak digunakan untuk dasar evaluasi dan optimalisasi penggunaan lahan DAS - Penggunaan lahan aktual terbukti banyak yang tidak sesuai karakteristik dan potensi biogeofisik DAS, sehingga menghasilkan erosi tanah yang mengakibatkan terjadinya degradasi lahan. - Lahan hutan terbukti memiliki kemampuan pengendalian tata air dan erosi tanah yang paling baik dibanding penggunaan lahan lainnya - Keberadaan hutan pada suatu DAS lebih diperlukan untuk fungsi pengaturan tata air daripada fungsi pengendalian erosi tanah - Kebutuhan luas hutan optimal setiap DAS tidak sama, tergantung genesis morfologi bentuk lahan, kepekaan tanah, kemiringan lahan, dan komposisi penggunaan lahan yang lain.	Penelitian "Pemodelan Spasial Ekologis untuk Optimalisasi Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai (Kasus di DAS Solo Hulu)" memiliki tujuan untuk optimalisasi lahan agar sesuai dengan ekologis wilayah. Pertimbangan untuk menekan banjir tidak dikaji dalam penelitian tersebut, sedangkan pada penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan" optimalisasi lahan dilakukan untuk menekan banjir dengan pertimbangan ekologis sebagai acuan dalam melakukan konversi lahan yang diperlukan.
10	Arif Pratisto dan Projo Danoedoro/2008/Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respons Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo berdasarkan Citra Landsat TM dan Aster VNIR)	Mengkaji pengaruh perubahan penutup lahan terhadap debit puncak di DAS Gesing, Purworejo, dan dampaknya terhadap bencana banjir di daerah hilir dari DAS tersebut	- Perubahan penutup lahan di DAS Gesing bagian hulu telah terjadi secara signifikan, - Hal ini berpengaruh besar terhadap peningkatan koefisien aliran permukaan serta debit puncak. Banjir tahun 1992 dan 2003 merupakan dampak langsung dari perubahan tersebut.	Penelitian "Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respons Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo berdasarkan Citra Landsat TM dan Aster VNIR)" lebih fokus pada aspek perubahan nilai limpasan permukaan yang menyebabkan kenaikan debit puncak pada suatu DAS. Penelitian tersebut hanya sebatas mengkaji dampak perubahannya, tidak sampai dengan proses pengoptimalan lahan untuk mengendalikan debit banjir seperti pada penelitian "Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan"

Sumber: Hasil analisis penyusun, 2013

Dari beberapa penelitian yang telah ada, baik penelitian lokal maupun internasional, penelitian model optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan dalam DAS berbeda dengan sebelumnya, karena merupakan penelitian yang bersifat makro dimana

tercakup di dalamnya teori pengendalian banjir dari proses pencegahan hingga proses penanganan yang menjadi satu kesatuan solusi. Penelitian yang telah ada cenderung membahas pada salah satu aspek saja, baik penanganan bencana banjir atau pencegahan bencana banjir. Pada penelitian ini, peneliti mencoba memadukan konsep pengendalian bencana banjir secara terpadu mencakup pencegahan sekaligus penanganan sehingga banjir dapat teratasi.

Bidang ilmu Arsitektur dan Perkotaan merupakan suatu bidang ilmu yang mencakup bidang fisik, ekonomi, sosial dan budaya suatu kawasan perkotaan. Keduanya tidak dapat saling terpisah dalam proses pengambilan keputusan. Dalam perencanaan suatu wilayah, kondisi fisik merupakan dasar atau awal dari rangkaian tahap-tahap perencanaan. Hal tersebut karena kondisi fisik merupakan suatu keadaan yang sudah ada (*given*) dan manusia memiliki keterbatasan dalam perencanaannya. Seperti halnya DAS pada kawasan dataran rendah selalu identik dengan kerawanan banjir.

Kerawanan bencana banjir dapat mengancam semua segi kehidupan terutama masalah fisik maupun sosial di suatu wilayah sehingga dapat pula menghambat proses pembangunan yang sedang dilakukan. Akan tetapi manusia dapat meminimalisir dampak kerugian dari suatu bencana yang terjadi seperti dengan melakukan identifikasi faktor-faktor pendorong bencana banjir untuk kemudian membangun pemodelan. Pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan merupakan upaya untuk meminimalisir resiko bahaya bencana yang diakibatkan banjir, yaitu dengan mengetahui proporsi yang optimal pada masing-masing jenis guna lahannya.

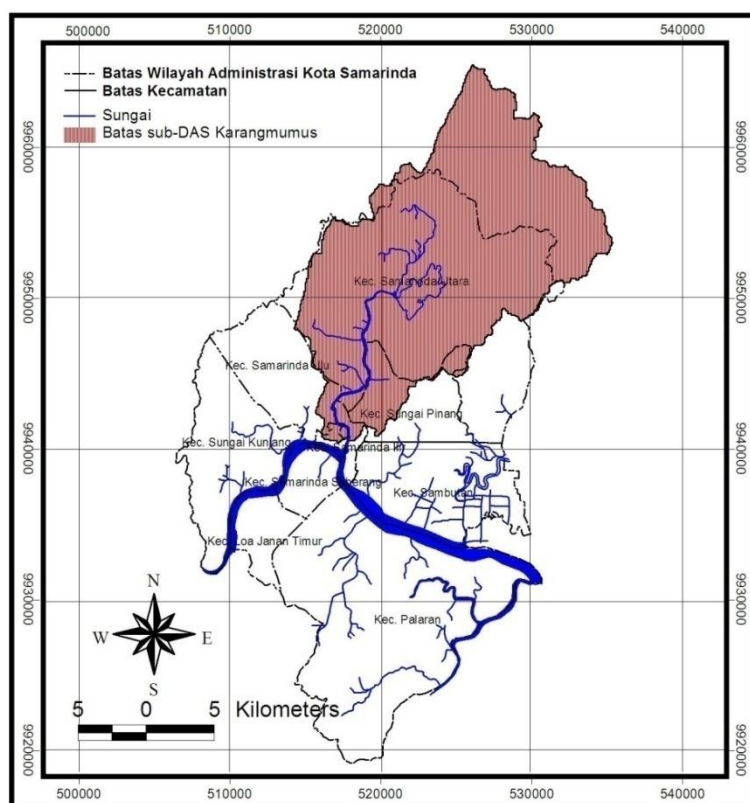
1.6 Lingkup Substansi

Obyek dalam penelitian ini meliputi Kota Samarinda khususnya kawasan perkotaan dan kawasan banjir/genangan pada Sub-DAS Karangmumus anak Sungai Mahakam (Gambar 1.2). Kawasan yang sering terjadi banjir/genangan merupakan kawasan perkotaan, yang memiliki dampak kerugian lebih besar, dimana sebagian besar merupakan wilayah DAS Karangmumus.

Sampel adalah sebagian dari populasi yang diharapkan dapat mewakili sifat-sifat yang ada pada populasi. Dalam penelitian ini sub-DAS akan dibagi ke dalam satuan-satuan lahan berdasarkan kesamaan sifat-sifat lahan (kontur, geologi, tekstur tanah, dan guna lahan untuk memudahkan analisisnya. Guna lahan didefinisikan sebagai bentuk pemanfaatan lahan dalam suatu kawasan dengan pengklasifikasian mengacu pada RTRWN yang disesuaikan pada keadaan di wilayah studi. Pengklasifikasian tersebut dilakukan dengan menyederhanakan beberapa jenis penggunaan lahan yang memiliki

nilai limpasan permukaan sama atau hampir sama, sehingga jumlahnya tidak terlalu banyak dan terlalu mendetail.

Dengan demikian, pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan yang dibuat didasarkan pada data dan informasi dari obyek penelitian dan sampel yang ada di Sub-DAS Karangmumus di Kota Samarinda. Data yang dimaksud dapat berupa data keruangan (*spasial*) maupun data angka (*numerik*) yang mana keduanya memiliki kesinambungan dan dapat mewakili keadaan yang sebenarnya.



GAMBAR 1.2
DAS KARANGMUMUS

1.7 Batasan Masalah (Model yang dibangun)

Pembatasan penelitian dilakukan supaya pembahasan tidak melebar dan fokus pada permasalahan yang dikaji. Adapun beberapa permasalahan terkait dengan tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut;

- Hanya meninjau luasan kawasan rawan banjir/genangan, tidak mengkaji volume dan waktu banjir/genangan.
- Pada analisis kesesuaian lahan tidak meninjau produktifitas lahan, akan tetapi lebih mempertimbangkan aspek fisik kemampuan alam sebagai daya dukung.

- c. Pada analisis pengaruh guna lahan yang bertujuan untuk mencari nilai koefisien limpasan permukaan menggunakan batasan tetapan koefisien yang ada (*Technical Release-55*).
- d. Identifikasi kapasitas sungai dikhususkan pada sub sub-DAS Karangmumus yang rawan banjir.
- e. Identifikasi kapasitas sungai tidak memperhitungkan besarnya sedimentasi dan penambahan limbah kota.
- f. Tidak mengkaji DAS Mahakam (hanya sebagai input).

1.8 Sistematika Penulisan

Disertasi ini terdiri dari beberapa bagian yang meliputi pendahuluan, konsep pemodelan optimasi guna lahan, metodologi penelitian, gambaran umum Kota Samarinda sebagai wilayah studi, aplikasi pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan, validasi dan penutup. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran awal tentang keseluruhan dari disertasi ini yang terdiri dari latar belakang disusunnya penelitian ini, perumusan masalah, tujuan dan sasaran, manfaat penelitian, posisi penelitian, keaslian penelitian, kerangka pikir penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA TENTANG PEMODELAN OPTIMASI GUNA LAHAN DAN PENGENDALIAN BANJIR

Bab ini memaparkan teori-teori tentang konsep pemodelan, banjir dan guna lahan yang menjadi dasar analisis dalam penulisan laporan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah pemodelan dimulai dari tahapan identifikasi, sampai dengan kebutuhan data.

BAB IV GAMBARAN UMUM KOTA SAMARINDA SEBAGAI WILAYAH STUDI KASUS

Bab ini menguraikan karakteristik fisik wilayah Kota Samarinda sebagai wilayah studi yang menjadi aplikasi model. Karakteristik fisik yang dipaparkan adalah terkait dengan daerah banjir dan penggunaan lahan yang ada di Kota Samarinda.

BAB V APLIKASI PEMODELAN OPTIMASI GUNA LAHAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR PERKOTAAN PADA WILAYAH STUDI KASUS

Bab ini menjelaskan aplikasi pemodelan yang dilakukan untuk memperkuat hipotesa pengaruh guna lahan untuk pengendalian banjir. Dari aplikasi ini akan dihasilkan kawasan rawan banjir, kesesuaian lahan, dan proporsi guna lahan yang optimal untuk pengendalian banjir perkotaan.

BAB VI VALIDASI HASIL PEMODELAN OPTIMASI GUNA LAHAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR PERKOTAAN

Validasi dilakukan untuk menguji keakuratan pemodelan yang dibuat, penyesuaian dengan kondisi saat ini pada wilayah studi.

BAB VII PENUTUP

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang telah didapat dari hasil penelitian serta saran yang direkomendasikan baik untuk wilayah studi maupun untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA TENTANG KONSEP PEMODELAN OPTIMASI GUNA LAHAN DAN PENGENDALIAN BANJIR

2.1 Konsep Pemodelan

Model merupakan representasi suatu realitas yang kompleks dari pemodel dan merupakan jembatan antara dunia nyata dengan dunia berfikir untuk memecahkan suatu masalah (Fauzi dan Anna, 2005). Model merupakan representasi abstrak dari dunia nyata yang berguna untuk keperluan berpikir, merencanakan dan membuat suatu keputusan. Mustafa dan Parkhan (2000) mengartikan model sebagai abstraksi atau penyederhanaan realitas sistem yang kompleks (*common understanding simplification*) dimana hanya komponen-komponen yang relevan atau faktor-faktor yang dominan dari masalah yang dianalisis yang diikutsertakan.

Model dapat dikelompokkan menjadi lima jenis, yaitu (i) model ikonik (fisik), (ii) model analog, (iii) model matematik (simbolik), (iv) model simulasi, dan (v) model heuristik (Mustafa dan Parkhan, 2000). Model ikonik adalah penggambaran fisik suatu sistem, baik dalam bentuk yang ideal maupun dalam skala yang berbeda. Sifat model ikonik umumnya spesifik, kongkrit, dan sulit dimanipulasikan buat eksperimentasi. Contohnya adalah foto, maket, dan globe. Model analog yaitu menggunakan sifat sesuatu untuk menggambarkan yang lainnya. Sifat model analog ini kurang spesifik, kurang kongkrit tetapi mudah dimanipulasi apabila dibandingkan dengan model ikonik. Contohnya adalah kurva distribusi frekuensi dan *flow-chart*. Model matematik yaitu menggunakan tulisan, angka, dan simbol lain untuk menggambarkan variabel-variabel dan hubungan antar variabel. Model matematik dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu model deterministik yang dibentuk dalam situasi penuh kepastian dan model probabilistik yang dibentuk dalam situasi ketidakpastian. Model simulasi yaitu model yang meniru tingkah laku sistem dengan mempelajari interaksi komponen-komponennya. Model heuristik yaitu suatu metode pencarian solusi yang didasarkan pada intuisi atau aturan-aturan empiris untuk mendapatkan solusi yang lebih baik dari solusi yang telah dicapai sebelumnya.

Terkait dengan keruangan, sebuah model spasial diartikan sebagai sekumpulan proses spasial yang mengkonversikan data masukan ke dalam peta-peta keluaran dengan menggunakan fungsi-fungsi spasial tertentu seperti halnya jangkauan (*buffer*) atau tumpang susun. Maka dengan memperhitungkan faktor-faktor yang dominan sebuah model dapat merepresentasikan realitas yang lebih sederhana dan dapat dikelola dengan

baik. Dengan model spasial ini maka dapat menilai suatu area-area geografis sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Selain itu juga dapat melakukan prediksi apa yang akan terjadi pada area-area geografis. Model keruangan banjir berperan penting dalam penurunan risiko bencana alam banjir (Zerger dan Wealands, 2003). SIG memegang peranan yang sangat besar dalam analisis risiko bencana, mengingat analisis bencana alam adalah mencakup aspek data spasial yang beragam sebagai data inputnya (Coppock, 1995).

Sebagian besar model bersifat kuantitatif dan berhubungan dengan dinamika dan proses dari lingkungan fisik, sosial dan ekonomi (Brimicombe, 2003). Berapa dari model ini digunakan untuk menjelaskan atau memperkirakan apa yang akan terjadi, tidak hanya pada satu tempat namun juga pada semua tempat dimana model tersebut dapat diterapkan.

Menurut *ESRI (Environmental Systems Research Institute)* (1997), yang merupakan sebuah perusahaan perangkat lunak SIG, menyatakan bahwa tahapan dalam menyusun model spasial antara lain:

a. Menentukan kriteria untuk analisis

Kriteria dilakukan pada tiap-tiap variabel atau faktor yang diduga memiliki keterkaitan dengan masalah.

b. Menentukan kebutuhan data

Kebutuhan data yang diperlukan merupakan data peta spasial tiap-tiap variabel.

c. Menentukan bagaimana operasi analisis akan dilakukan

Menentukan suatu alur proses untuk analisis yang akan dilakukan.

d. Menyiapkan data

Data-data yang relevan dan dapat digunakan diantaranya memiliki syarat georeferensi yang sama.

e. Menyusun model

Model yang akan digunakan merupakan model dinamis, sehingga input data dapat bersifat fleksibel.

f. Menjalankan model

Model yang telah dibuat dapat dieksekusi dan menghasilkan output yang diharapkan.

g. Menganalisis hasil

Output model terlebih dahulu memerlukan identifikasi untuk dapat mengetahui informasi yang terdapat di dalamnya.

h. Memperbaiki model jika diperlukan

Evaluasi model sangat diperlukan untuk menguji apakah model tersebut telah sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Goodchild (1993) dalam Clark (1998) mengungkapkan tiga pendekatan untuk mengintegrasikan antara model hidrologi dan SIG, yaitu;

1. Mengkonversikan data ke suatu format yang dapat digunakan dalam analisis, meliputi skala, sistem koordinat, struktur data, dan data model.
2. Mengarahkan model agar dapat berfungsi untuk analisis, kalibrasi, dan prediksi/perkiraan yang dilakukan dalam SIG itu sendiri.
3. Memproses data melalui perubahan format, perhitungan, pemetaan sampai dengan laporan.

SIG mempunyai tingkat kepentingan dan pencapaian yang memadai sebagai alat pendukung dalam pengambilan keputusan di bidang pertanahan, infrastruktur, sumberdaya alam, manajemen lingkungan, dan analisis keruangan (Sharifi, 2003). Supaya dapat mendukung pengambilan keputusan maka SIG harus dikembangkan dalam fungsi pengambilan kebijakan yang mempunyai tiga fase utama kegiatan (Simon, 1960 dalam Sharifi, 2003) yaitu:

1. Fase Kecerdasan (*Intelligence*), yaitu meneliti lingkungan sekitarnya untuk mengidentifikasi masalah dan kesempatan pengembangan selanjutnya.
2. Fase Desain, yaitu menimbulkan, mengembangkan, dan meneliti berbagai tindakan yang melibatkan aplikasi model pengambilan keputusan yang menghasilkan solusi, menguji kelayakan, dan meneliti berbagai alternatif yang berbeda.
3. Fase Pemilihan, yaitu mengevaluasi pilihan alternatif dan menyeleksi alternatif yang ada untuk dilakukan pengambilan kebijakan.

Dalam perkembangan selanjutnya, SIG digunakan menjadi alat yang sangat penting dalam pengambilan keputusan untuk pembangunan berkelanjutan. Hal ini disebabkan SIG mampu memberikan informasi pada para pengambil keputusan untuk analisis dan penerapan basis data keruangan (Murai, 2004).

Pengambilan keputusan termasuk pembuatan kebijakan, perencanaan dan pengelolaan dapat diimplementasikan secara langsung dengan pertimbangan faktor-faktor penyebabnya melalui suatu konsensus masyarakat. Faktor penyebab itu bisa berupa pertumbuhan populasi, tingkat kesehatan, tingkat kesejahteraan, teknologi, politik, ekonomi, dan sebagainya, yang kemudian ditentukan target dan tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup.

Menurut Fauzi dan Anna (2005), pemodelan adalah proses penjabaran atau merepresentasikan suatu realita yang kompleks melalui sekuen yang logis. Definisi pemodelan dalam penelitian ini adalah proses memodelkan dari beberapa model yang ada sehingga antara model yang satu dengan lainnya saling berkesinambungan dan menjadi satu kesatuan untuk tujuan tertentu.

2.2 Pengertian dan Faktor-faktor Penyebab Banjir

2.2.1. Pengertian Banjir

Banjir merupakan debit sungai yang melebihi debit rata-rata pada sungai tersebut. Banjir secara sederhana dalam pandangan awam dapat diartikan sebagai aliran atau genangan yang menyebabkan kerugian bagi manusia. Banjir yang terjadi akibat meluapnya air dari saluran dan sungai disebut luapan, sedangkan banjir yang terjadi karena tidak lancarnya aliran ke dalam saluran disebut genangan (Asdak, 2002).

Banjir merupakan bencana yang dipengaruhi oleh kegiatan sosial ekonomi dan juga dengan risiko sosial dan ekonomi untuk seluruh wilayah yang terkena dampaknya (Norman, *dkk.*, 2003). Dilihat dari terjadinya banjir dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan manusia. Faktor alam yang menyebabkan terjadinya banjir adalah curah hujan yang relatif tinggi daripada curah hujan rata-rata wilayah di Indonesia, karakteristik fisiografi setempat, sedimentasi, kondisi drainase yang tidak memadai, serta pasang surut. Karakteristik fisiografi berupa kelerengan dan jenis tanah merupakan faktor penting dalam menghasilkan debit puncak dan sedimentasi (Cheng, *dkk.*, 2008). Sedangkan faktor manusia yang menyebabkan terjadinya banjir yang menyebabkan terjadinya banjir adalah perubahan tata guna lahan, pembukaan hutan, sampah, serta kerusakan bangunan pengendali banjir (Siswoko, 2007).

Menurut Suripin (2004), ada tiga macam sumber banjir yaitu banjir kiriman, banjir lokal dan banjir rob. Banjir kiriman adalah banjir yang datang dari daerah hulu di luar kawasan yang tergenang. Banjir akan terjadi apabila curah hujan yang terjadi di daerah hulu melebihi kapasitas tampung sungai sehingga terjadi limpasan. Banjir tipe ini sering dialami oleh Kota Jakarta. Banjir lokal adalah genangan yang timbul akibat hujan yang jatuh di daerah itu yang melebihi kapasitas sistem drainase yang ada. Banjir ini banyak dialami oleh daerah-daerah yang rendah. Banjir Rob adalah banjir yang terjadi akibat aliran langsung dari aktivitas pasang air laut. Banjir ini sering dialami oleh Kota Semarang bagian utara. Berdasarkan sifatnya, menurut Loebis (1998) banjir dapat diklasifikasikan

berdasarkan pada luasannya, yaitu luasan banjir akibat banjir secara lokal, regional dan nasional.

Kodoatie dan Sugiyanto (2002) menyebutkan bahwa banjir terdiri atas dua peristiwa, pertama banjir atau genangan terjadi pada daerah yang biasanya tidak terjadi banjir, dan kedua banjir yang terjadi karena limpasan air banjir dari sungai karena debit banjir tidak mampu dialirkan oleh alur sungai.

Marsh (1978) menyatakan bahwa pada dasarnya banjir dapat dibagi atas dua macam, yaitu (i) banjir yang terjadi karena arus air yang mengalir melebihi dinding saluran atau sungai disebut *outflooding* dan (ii) banjir yang terjadi ketika permukaan air terkumpul di titik yang rendah sebelum mencapai saluran hilir yang disebut *inflooding*. *Outflooding* terjadi pada daerah bagian hilir dan *inflooding* pada daerah bagian hulu sungai. *Inflooding* terjadi dengan formasi kubangan dan mencapai maksimum selama atau segera setelah hujan dengan formasi kolam yang dangkal tetapi luas. Lembah sungai untuk drainase merupakan ciptaan sungai itu sendiri, proses-proses lain dapat merubah karakteristik hidrologis lembah sungai yang dipakai untuk drainase. Perubahan pemanfaatan tanah dapat secara dramatis mengubah pola aliran dari lembah sungai drainase yang pada akhirnya membut jalannya sendiri menuju sungai. Hal itulah yang akan terjadi bila pemanfaatan lahan berubah dari pedesaan menjadi perkotaan.

Penelusuran jejak-jejak banjir di suatu daerah dapat dilacak melalui kenampakan bentuk lahannya, khususnya pada daerah dengan bentukan asal fluvial. Penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa daerah banjir secara fisiografi menampati daerah tertentu, yaitu pada daerah dengan topografi datar hingga cekung dan terletak di dataran yang relatif rendah dibandingkan sekitarnya, sehingga secara fisik daerah yang rentan banjir tersebut dapat diidentifikasi. Banjir yang terjadi secara berulang-ulang akan meninggalkan bekas kenampakan sebagai bentuk lahan hasil bentukan banjir yang mempunyai sifat-sifat khusus, terutama pada material penyusun dan karakteristik hidrologisnya. Bentuk seperti kipas aluvial, dataran banjir, tanggul alam, teras sungai, rawa belakang dan delta merupakan sebagian contoh dari kenampakan satuan bentuk lahan yang dipengaruhi oleh proses banjir yang mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Oleh karena itu, apabila di suatu daerah ditemukan adanya suatu bentuk lahan semacam itu maka dapat diperkirakan karakteristik banjir pada setiap satuan tersebut (Danoedoro, 2004).

Banjir hampir selalu terjadi pada kawasan-kawasan seperti daerah sekitar sungai atau daerah tangkapan air. Kawasan tersebut bisa merupakan daerah perkotaan maupun daerah pedesaan (Ashley, dkk., 2007). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk

mengetahui daerah-daerah yang rawan banjir adalah dengan identifikasi daerah banjir, yaitu melalui pemetaan terhadap daerah rawan genangan serta dengan mengetahui besarnya debit banjir atau aliran permukaan di suatu daerah yang berpotensi menyebabkan terjadinya banjir. Pemetaan daerah rawan genangan dapat dilakukan berdasarkan pada pengharkatan terhadap beberapa parameter bentuklahan, kemiringan lereng, ketinggian, dan liputan lahan (Suwardi,1999).

Selain pengetahuan sebaran daerah-daerah rawan banjir, juga diperlukan informasi lainnya tentang karakteristik banjir yang erat kaitannya dengan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Menurut Kingma (2002) karakteristik banjir yang dimaksud yang berhubungan dengan bahaya yang mungkin timbul adalah:

- Kedalaman genangan. Kedalaman genangan ini akan mempengaruhi stabilitas bangunan yang tergenang, aktifitas penduduk dan kehidupan vegetasi. Toleransi masing-masing elemen terhadap kedalaman genangan sangat bervariasi.
- Durasi/lama penggenangan. Durasi penggenangan akan berpengaruh terhadap keamanan bangunan struktural, terputusnya jalur komunikasi, berhentinya aktifitas ekonomi dan pelayanan umum lainnya serta kehidupan tanaman khususnya tanaman budidaya.
- Kecepatan aliran. Banjir dengan kecepatan yang tinggi mempunyai tenaga perusak dan tekanan hidrodinamik yang besar. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kerusakan bangunan fisik serta apa saja yang dilaluinya.
- Muatan sedimen. Banjir yang terjadi tentunya akan membawa material yang dapat dibawa oleh aliran, salah satunya adalah muatan sedimen seperti lumpur. Hal ini akan mempengaruhi daerah-daerah dimana muatan tersebut akan diendapkan seperti permukiman dan areal budidaya setelah banjir selesai.
- Waktu naik. Waktu naik yang dimaksud di sini adalah perubahan tinggi dan kecepatan berdasarkan waktu. Informasi akan bermanfaat dalam rangka upaya evakuasi dan penyusunan rencana untuk menghadapi banjir.
- Frekuensi kejadian. Hal ini berguna dalam rangka upaya penanggulangan serta perencanaan pengaturan tata ruang di dataran banjir.

Pendapat ini juga diperkuat oleh Bappenas (2004) yang menyebutkan titik kritis bahaya banjir berdasarkan karakteristiknya, yaitu:

- Kedalaman banjir. Kedalaman banjir merupakan parameter utama dalam menentukan tingkat kerusakan yang mungkin timbul. Hubungan kedalaman genangan dengan tingkat kerusakan yang mungkin ditimbulkan digambarkan dengan beberapa tingkat kritis. Titik kritis pertama pada kedalaman 30 cm- 80 cm yang

berpengaruh pada bangunan yang mempunyai lantai di atas permukaan tanah. Titik kritis kedua adalah pada kedalaman 80 cm – 180 cm karena mayoritas bangunan akan terisi air, sarana transportasi darat akan terganggu. Titik kritis ketiga adalah 180 cm – 300 cm yang menyebabkan bangunan runtuh dan hanyut.

- Kecepatan aliran. Air banjir yang mempunyai kecepatan rendah (≤ 1 m/detik) tidak menimbulkan kerusakan yang serius, sedangkan pada kecepatan yang lebih besar dapat menimbulkan kerusakan yang besar.
- Lama genangan. Genangan yang lama akan menyebabkan kerusakan yang besar. Untuk bangunan dan infrastruktur, lama genangan lebih dari 5 jam dapat menimbulkan kerusakan. Lama genangan 5-12 jam akan menyebabkan kerusakan yang serius. Untuk sektor pertanian, secara umum lama genangan kritis adalah 5 hari.

Pada dasarnya banjir adalah genangan air yang terjadi pada daerah yang tidak diinginkan. Banjir merupakan salah satu konsekuensi dari perubahan tata guna lahan. Oleh karena itu, upaya pengendalian banjir dalam suatu kawasan sangat terkait dengan perencanaan penggunaan lahan pada bentanglahan yang ada pada kawasan tersebut.

Resiko banjir adalah intensitas kemungkinan kejadian bencana dikalikan dengan dampak kerugiannya. Sedangkan prosedur untuk penilaian resiko banjir terdiri atas tiga komponen utama (Ashley, *dkk.*, 2007) yaitu:

1. Penentuan area genangan
2. Identifikasi kerentanan
3. Identifikasi kemungkinan kerusakan/kerugian.

Penentuan area genangan meliputi suatu analisis hidrologi terlebih dahulu, seperti menentukan hidrograf banjir, analisis hujan dan model limpasan permukaan. Kemudian digunakan untuk penentuan daerah dataran banjir. Namun di dalam suatu model hidrologi masih terdapat kemungkinan penyimpangan atau kesalahan tidak sesuai dengan data lapangan, sehingga perlu kalibrasi dengan menggunakan data time series. Pemahaman yang baik tentang distribusi hujan rencana keterkaitannya dengan spasial diperlukan untuk hasil yang baik atas penentuan area genangan. Identifikasi kerentanan dapat dilakukan pada daerah rawan genangan, meliputi kategori rentan, sedang dan tidak rentan. Pada daerah yang rentan dapat diidentifikasi resiko kerusakan/kerugian baik yang bersifat materi maupun non-materi. Ketiganya dipadukan untuk menentukan penilaian atas resiko banjir.

Perencanaan penggunaan lahan suatu bentanglahan merupakan upaya memanfaatkan sumberdaya alam secara efektif dan efisien, sesuai karakteristik biogeofisik lahan yang ada. Penggunaan lahan suatu bentanglahan mencakup pembuatan kebijakan mengenai ragam bentuk penggunaan lahan, luas lahan, dan lokasi penggunaan lahan. Dalam merencanakan penggunaan lahan memerlukan dukungan data dan informasi biogeofisik lahan yang akurat, rinci, lengkap, dan jelas secara spasial untuk membuat keputusan mengenai proporsi yang paling memungkinkan dari bentuk penggunaan lahan dan penentuan pola pemanfaatan lahannya dalam kerangka pengendalian banjir.

Dalam konteks pengendalian banjir, tujuan teknis perencanaan penggunaan lahan secara optimal adalah terwujudnya kondisi tata air yang baik sehingga tidak terjadi banjir dan kekeringan; terkendalinya erosi tanah sehingga kesuburan tanah terjaga dan produktivitas lahan meningkat; meningkatnya kesejahteraan masyarakat; dan terwujudnya pengembangan wilayah berwawasan lingkungan. Penilaian layak tidaknya penggunaan lahan di dalam mendukung pengendalian banjir dapat dievaluasi berdasarkan kesesuaian bentuk penggunaan lahan terhadap kondisi karakteristik bentanglahan dan dampaknya terhadap ketersediaan air, besarnya erosi tanah, dan potensi banjir.

Identifikasi karakteristik biogeofisik bentanglahan menggunakan SIG dan permasalahan saat ini yang terkait dengan bentuk penggunaan lahan saat ini merupakan tahap awal dalam optimalisasi penggunaan lahan dalam pengendalian banjir. Data sebaran karakteristik biogeofisik lahan secara spasial sangat penting untuk mendukung keputusan bentuk penggunaan lahan. Karakteristik biogeofisik bentanglahan yang sangat beragam dan kompleks, secara normatif dapat disederhanakan, diidentifikasi, dan direpresentasikan melalui pemodelan.

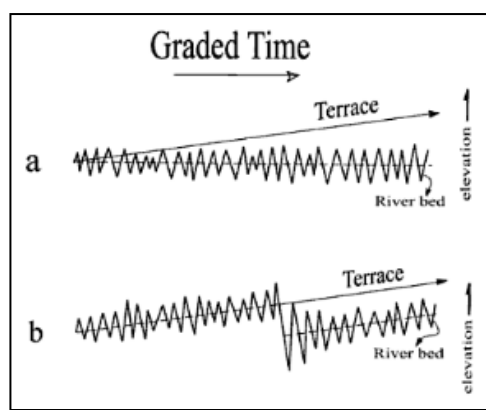
2.2.2. Faktor-faktor Penyebab Banjir

Beberapa permasalahan banjir atau genangan yang terjadi di perkotaan saat ini pada umumnya adalah akibat:

1. Hujan lokal, karena kurang berfungsinya sarana dan prasarana drainase yang ada.
2. Pengaruh pasang air laut, banjir genangan ini terutama terjadi pada "daerah kota bawah" (*depressi area*) sebagai akibat dari menurunnya poros muka tanah dan perubahan garis pantai yang mendesak ke laut.
3. Banjir atau luapan sungai

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan air yang berpotensi menimbulkan banjir pada suatu bentang lahan adalah geologi, geomorfologi, tanah,

topografi, penggunaan lahan dan kondisi vegetasi penutup lahan, serta kondisi iklim. Schumm (2000) mengungkapkan bahwa adanya pengaruh aktifitas tektonik terhadap sungai khususnya sungai alluvial. Hal tersebut berdasarkan pada sejarah terbentuknya sungai (*historical river*). Pada sungai-sungai alluvial, tektonik aktif mempengaruhi pada proses sedimentasi sungai secara tidak langsung. Peristiwa pergeseran tektonik dengan skala kecil yang terjadi secara terus menerus mengakibatkan terjadinya erosi tanah pada bagian hilir sungai yang merupakan daerah berlereng. Erosi tersebut kemudian terbawa aliran sungai yang mengakibatkan sedimentasi pada DAS yang merupakan dataran rendah. Selain itu aktifitas tektonik menyebabkan dasar sungai (*river bed*) menjadi tidak rata. Sehingga aliran terganggu dan mengalami genangan lebih pada bagian tertentu yang lebih dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



GAMBAR 2.1
PENGARUH AKTIFITAS TEKTONIK TERHADAP DASAR SUNGAI (*RIVER BED*)
 (Sumber: Schumm, 2000)

Aktifitas tektonik juga dapat menyatukan beberapa sungai, apabila arah aliran sungai bersilangan dengan arah pergerakan tektonik. Faktor aktifitas tektonik terhadap aktifitas sungai merupakan faktor alam yang terjadi sejak awal pembentukan sungai (*hystorical river*). Faktor tersebut secara tidak langsung turut mempengaruhi terjadinya banjir. Keberadaan lekukan/belokan sungai (*meander*) sungai juga turut berpengaruh besar terhadap proses sedimentasi sungai. *Meander* dapat menghambat laju aliran karena aliran air dibelokkan, sehingga pada waktu terjadinya pembelokan aliran beberapa material yang terbawa aliran sungai mengendap pada bagian *meander* tersebut.

Geologi dan geomorfologi yang terekspresikan dalam bentuklahan serta kondisi iklim merupakan faktor lahan yang bersifat alamiah dan tidak dibawah kontrol manusia. Jenis tanah dan kelerengan adalah faktor penting yang berperan dalam menghasilkan limpasan permukaan dan sedimentasi (Cheng, dkk., 2008). Faktor kemiringan lahan dan

panjang lereng merupakan faktor semi alamiah. Faktor penggunaan lahan beserta kondisi vegetasi merupakan faktor yang dapat direkayasa manusia. Dengan demikian, manipulasi penggunaan lahan dan kondisi vegetasi dapat dijadikan fokus perencanaan tata guna lahan untuk pengendalian banjir.

Setiap satuan lahan memiliki kualitas dan karakteristik biogeofisik lahan yang spesifik dan berbeda dengan satuan lahan yang lain. Satuan lahan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan optimasi tata guna lahan melalui penentuan kemampuan lahan terhadap suatu penggunaan lahan, penentuan arahan fungsi kawasan, evaluasi kesesuaian bentuk penggunaan lahan, serta analisis dampak terhadap peningkatan potensi banjir akibat penggunaan lahan yang ada.

Dampak perubahan bentuk penggunaan lahan suatu wilayah terhadap peningkatan potensi banjir dapat dievaluasi dari besarnya aliran permukaan, ketersediaan air dan erosi tanah yang dihasilkan. Sebaliknya, upaya pengendalian banjir melalui pengendalian besarnya aliran permukaan, ketersediaan air, dan erosi tanah dapat dilakukan melalui perubahan bentuk penggunaan lahan.

Menurut Kodoatie dan Sjarief (2005), perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir dibandingkan dengan yang lainnya. Penyebab banjir dan prioritasnya dapat dilihat pada Tabel II.1 berikut ini.

TABEL II.1
PENYEBAB BANJIR DAN PRIORITASNYA

No	Penyebab Banjir	Alasan Mengapa Prioritas	Penyebab
1	Perubahan Tata Guna Lahan	Debit puncak naik dari 5 sampai 35 kali karena DAS tidak ada yang menahan maka limpasan permukaan menjadi besar, sehingga berakibat debit di sungai menjadi besar dan terjadi erosi lahan yang berakibat sedimentasi di sungai sehingga kapasitas sungai menjadi turun	Manusia
2	Sampah	Sungai atau drainase tersumbat sampah, jika air melimpah akan keluar dari sungai karena daya tampung saluran berkurang	Manusia
3	Erosi dan Sedimentasi	Akibat perubahan tata guna lahan, terjadi erosi yang berakibat sedimentasi masuk ke sungai sehingga daya tampung sungai berkurang. Penutup lahan vegetatif yang rapat (misalnya semak-semak, rumput) merupakan penahan laju erosi paling tinggi.	Manusia dan Alam
4	Kawasan Kumuh di sepanjang Sungai/drainase	Dapat merupakan penghambat aliran, maupun daya tampung sungai. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor penting terhadap masalah banjir di perkotaan.	Manusia
5	Perencanaan Sistem Pengendalian Banjir tidak tepat	Sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir yang besar. Limpasan pada tanggul waktu banjir melebihi banjir rencana menyebabkan keruntuhan tanggul, kecepatan air sangat besar mengakibatkan bobolnya tanggul	Manusia

No	Penyebab Banjir	Alasan Mengapa Prioritas	Penyebab
		sehingga menimbulkan banjir.	
6	Curah Hujan	Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan air/banjir.	Alam
7	Pengaruh Fisiografi	Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan Daerah Aliran Sungai, kemiringan sungai, geometrik hidrolik (bentuk penampang seperti lebar kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dan lain-lain	Alam
8	Kapasitas Sungai	Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh Pengendapan berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai itu karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat.	Manusia dan Alam
9	Kapasitas Drainase yang tidak memadai	Karena perubahan tata guna lahan maupun berkurangnya tanaman /vegetasi serta tindakan manusia mengakibatkan pengurangan kapasitas saluran/sungai sesuai perencanaan yang dibuat.	Manusia
10	Drainase Lahan	Drainase perkotaan dan pengembangan pertanian pada daerah bantaran banjir akan mengurangi kemampuan bantaran dalam menampung debit air yang tinggi.	Manusia
11	Bendung dan Bangunan Air	Bendungan dan bangunan lain seperti pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (<i>backwater</i>)	Manusia
12	Kerusakan Bangunan Pengendalian Banjir	Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir.	Manusia dan Alam
13	Pengaruh Air pasang	Air pasang memperlambat arus aliran sungai ke laut. Waktu banjir bersamaan dengan air pasang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (<i>backwater</i>)	Alam

Sumber: Kodoatie dan Sjarief, 2005

2.2.3. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Menurut Marlia (2009) sungai adalah salah satu sumber air yang sangat mendasar bagi kehidupan. Sungai berfungsi sebagai sumber air baku, irigasi, pengendali banjir dan saluran makro perkotaan. Namun yang terjadi sekarang adalah penurunan fungsi sungai karena sungai menjadi tempat sampah besar, tidak menjadi beranda depan (*waterfront*) tetapi halaman belakang. Keadaan tersebut menjadi akar permasalahan, oleh karena itu sempadan sungai perlu ditata dan dilindungi.

Menurut Kodoatie dan Sugianto (2002), menyebutkan bahwa sungai dapat dikelompokkan menjadi tiga daerah yang menunjukkan sifat dan karakteristik dari sistem sungai yang berbeda. Pada daerah hulu (pegunungan) sungai-sungai memiliki kemiringan yang terjal (*steep slope*). Kemiringan terjal ini dan curah hujan yang tinggi akan menimbulkan arus kuat (*stream power*), sehingga debit aliran sungai sungai di daerah ini menjadi cukup besar. Periode waktu debit aliran umumnya berlangsung cepat. Pada

bagian hulu ditandai dengan adanya erosi di Daerah Pengairan Sungai (DPS) maupun erosi akibat penggerusan dasar sungai dan longsor tebing. Proses sedimentasi tebing sungai disebut degradasi. Material dasar sungai dapat berbentuk *boulder*/batu besar, krakal, krikil dan pasir. Bentuk sungai di daerah ini adalah *braider* (selempit/kepeng). Alur bagian atas hulu merupakan rangkaian jeram-jeram aliran yang deras. Penampang lintang sungai umumnya berbentuk V.

Pada daerah transisi batas pegunungan bagian sampai ke daerah pantai, kemiringan dasar sungai umumnya berkurang dari 2%, karena kemiringan memanjang dasar sungai berangsur-angsur menjadi landai (*mild*). Pada daerah ini proses sedimentasi meningkat yang menyebabkan endapan sedimen mulai timbul, sehingga berpengaruh terhadap mengecilnya kapasitas sungai (pengurangan tampang lintang sungai). Proses *degradasi* (penggerusan) dan *agradasi* (penumpukan sedimen) terjadi, akibatnya banjir dapat terjadi dalam waktu yang relatif lama dibandingkan dengan daerah hulu. Material dasarnya relative lebih halus dibandingkan pada daerah pegunungan. Penampang melintang sungai umumnya berangsur-angsur berubah dari huruf V ke huruf U.

Pada daerah hilir; sungai mulai batas transisi, daerah pantai, dan berakhir di laut (mulut sungai/ *estuary*). Kemiringan di daerah hilir dari landai menjadi sangat landai bahkan ada bagian-bagian sungai, terutama yang mendekati laut kemiringan dasar sungai hampir mendekati 0 (nol). Umumnya bentuk sungai menunjukkan pola yang berbentuk meander sehingga akan menghambat aliran banjir. Proses penumpukan sedimen (*agradasi*) lebih dominan terjadi. Material dasar sungai lebih halus dibandingkan di daerah transisi atau daerah hulu. Apabila terjadi banjir, periodenya lebih lama dibandingkan daerah transisi maupun daerah hulu.

Pengertian daerah aliran sungai (DAS) menurut PP Nomor 44 Tahun 2004 tentang Perencanaan Kehutanan Pasal 1 ayat 17, adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Pengelolaan sumber daya air meliputi upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Pola pengelolaan sumber daya air menjadi kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Rencana pengelolaan sumber daya air merupakan hasil perencanaan secara menyeluruh

dan terpadu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pengelolaan sumber daya air. Adapun pendayagunaan sumber daya air adalah upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan sumber daya air secara optimal agar berhasil guna dan berdaya guna.

Banjir yang terjadi sangat erat kaitannya dengan kondisi dan kualitas DAS. Sriharto (1993) menyatakan bahwa DAS merupakan daerah yang semua air mengalir ke dalam suatu sistem sungai, daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi ditetapkan berdasarkan aliran permukaan. Seyhan (1977) memberikan pengertian bahwa DAS merupakan suatu wilayah daratan dibatasi oleh pemisah topografi berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh di atasnya menuju ke sistem sungai terdekat dan bermuara ke waduk, danau atau laut. Berdasarkan pengertian tersebut maka suatu DAS dapat dipandang sebagai suatu unit hidrologi, artinya suatu DAS berfungsi sebagai pengalihragaman hujan menjadi aliran dalam bentuk keluaran seperti sedimen, unsur-unsur hara, dan sebagainya.

DAS merupakan wilayah tata air yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu input, struktur sistem, dan output. Inputnya adalah air hujan yang jatuh pada wilayah DAS, sedangkan outputnya dapat berupa aliran permukaan, erosi, dan transpor unsur-unsur kimia. Struktur sistem merupakan respon dari sistem DAS yang mengubah air hujan menjadi aliran permukaan. Variasi besarnya aliran permukaan tergantung pada hasil interaksi antar faktor yang terdapat pada DAS, yaitu iklim, lahan (topografi, tanah, geologi, dan geomorfologi), vegetasi dan penggunaan lahan (Seyhan, 1977). Besarnya aliran sangat tergantung pada kedalaman tanah dan derajat kejenuhan. Lapisan tanah yang tipis menghasilkan aliran yang cepat (FAO & CIFOR, 2005).

DAS mempunyai karakteristik yang spesifik berkaitan dengan kondisi faktor-faktor fisik-biologis seperti curah hujan, evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, aliran bawah permukaan, aliran air bawah tanah, dan aliran sungai. Faktor-faktor tersebut sangat erat kaitannya dengan faktor utama seperti sifat tanah, tipe vegetasi penutup, luasan dan posisi, topografi dan pengelolaan lahan, memperlihatkan respon hidrologi yang berbeda dari ekosistem DAS lainnya. Tolak ukur kondisi hidrologi suatu DAS ditentukan dengan kemampuan penyediaan air baik kualitas maupun kuantitas dan distribusi menurut waktu.

Martopo (1984) menyatakan bahwa jumlah air yang tersedia di suatu wilayah dapat ditentukan atas dasar luas daerah, presipitasi, dan perkiraan air yang hilang dari wilayah yang bersangkutan. Pada dasarnya ada tiga sumber utama air, yaitu presipitasi, air

permukaan, dan air tanah. Ketersediaan air tanah sendiri sangat dipengaruhi geologi, geomorfologi, tanah, topografi, vegetasi, dan kondisi iklim.

Ketersediaan air, sifat, dan distribusi air di suatu wilayah akan mengikuti siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi pada air yang jatuh ke bumi sampai diuapkan kembali, kemudian jatuh ke bumi lagi. Dalam siklus hidrologi terdapat beberapa proses kejadian alami yang saling terkait, yaitu proses presipitasi, evaporasi, transpirasi, intersepsi, infiltrasi, perkolasi, air limpasan, dan aliran bawah tanah.

Curah hujan yang diperhitungkan dalam menyusun rancangan pemanfaatan air dan pengendalian banjir adalah curah hujan rerata di seluruh wilayah DAS, bukan curah hujan pada satu stasiun tertentu. Perhitungan curah hujan rerata dari beberapa stasiun pengamatan curah hujan dapat menggunakan rumus aritmatik, poligon *Thiessen*, atau metode isohyet, disesuaikan tujuan dan kelengkapan data (Setyowati, 1996).

Vegetasi memiliki peran penting dalam siklus hidrologi. Proses yang terjadi pada vegetasi meliputi intersepsi dan evapotranspirasi. Faktor yang mempengaruhi intersepsi adalah (i) kemampuan menyimpan air oleh permukaan daun, tergantung dari jenis vegetasi, tipe hutan, dan umur vegetasi; (ii) kecepatan evapotranspirasi dan (iii) intensitas hujan. Evapotranspirasi yang berasal dari istilah evaporasi dan transpirasi dipengaruhi oleh faktor iklim, tanah, dan vegetasi di atasnya. Pengaruh vegetasi terhadap evapotranspirasi sering dinyatakan dengan koefisien tanaman (Setyowati, 1996).

Tanah memiliki peran penting dalam ekosistem DAS. Pada semua DAS, tanah sebagai pengatur tata air dan erosi (Wiersum, 1979). Ada kaitan antara tata air dengan jenis tanaman. Tanah yang tidak ditanami akan mempunyai tata air yang jelek, sebaliknya tanah yang ditanami dengan vegetasi yang lebat akan mempunyai tata air yang baik (Setyowati, 1996). Sifat fisik tanah yang paling menentukan dan berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap pengaturan tata air dan erosi pada suatu DAS adalah tekstur kedalaman tanah, bahan organik, lengas tanah, kandungan air tanah, dan permeabilitas.

Penggunaan lahan merupakan elemen DAS yang sangat menentukan besar kecilnya koefisien aliran (Setyowati, 1996). Semua perubahan penggunaan lahan hutan dianggap akan berdampak negatif terhadap kualitas dan kuantitas air (Farida dan Noordwijk, 2004). Dampak langsung yang timbul dari perubahan penggunaan lahan hutan secara tipikal tecermin dalam meningkatnya volume dan rerata limpasan permukaan, berkurangnya sumber dan turunnya aliran dasar air tanah (Tang, *dkk.*, 2005) dan sering mengakibatkan banjir lokal lebih besar dengan frekuensi kejadian yang meningkat (Hall,

1984). Perubahan penggunaan lahan hutan berarti mengurangi daerah tangkapan air hujan untuk wilayah permukiman dan perkotaan serta menurunkan aliran dasar yang masuk ke sungai selama musim kemarau (Harbor, 1994).

Jika daerah hutan dijadikan daerah dengan bangunan dan dikosongkan terlebih dahulu dengan menebang hutan maka kapasitas infiltrasinya akan turun karena adanya pemampatan permukaan tanah. Akibatnya aliran hujan akan mudah terkumpul ke sungai-sungai dengan kecepatan tinggi yang akhirnya dapat menyebabkan banjir.

Dengan demikian, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan air dan terjadinya banjir pada suatu wilayah geologi dan geomorfologi, tanah, topografi, penggunaan lahan dan kondisi vegetasi penutup lahan. Kondisi geologi dan geomorfologi dapat dipetakan melalui pendekatan bentuk lahan. Topografi dapat direpresentasikan dalam kelas kemiringan dan panjang lereng. Sifat fisik tanah dapat dirinci berdasarkan tekstur, kedalaman tanah, bahan organik, lensa tanah, kandungan air tanah, dan permeabilitas.

Upaya untuk menjaga kualitas dan kuantitas air dalam suatu DAS perlu adanya kegiatan pengelolaan DAS. Secara konseptual, pengelolaan DAS sebagai suatu sistem perencanaan dari 1) aktivitas pengelolaan sumberdaya lahan, praktek pengelolaan dan pemanfaatannya, 2) alat implementasi untuk menempatkan usaha pengelolaan DAS seefektif mungkin melalui elemen-elemen masyarakat dan perorangan, dan 3) pengaturan organisasi dan kelembagaan. Seyhan (1977) menyatakan bahwa DAS merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi oleh topografi serta memberikan sumbangan terhadap debit sungai pada suatu irisan melintang. Faktor-faktor iklim, tanah (topografi, geologi, geomorfologi), dan tata guna lahan membentuk sub sistem dan bertindak sebagai operator dalam mengubah urutan waktu terjadi hujan secara alami menjadi urutan waktu limpasan yang dihasilkan. Proses distribusi hujan menjadi aliran bersifat sangat kompleks karena melibatkan beberapa komponen fisik DAS seperti tanah, fisiografis, dan sifat hujan sendiri.

Berdasarkan rumus rasional $Q=C.I.A$, maka faktor yang berpengaruh dalam banjir ada 3 (tiga) macam, yaitu (i) nilai koefisien limpasan permukaan (C), merupakan nilai yang tergantung dari jenis penggunaan lahan DAS. (ii) Intensitas hujan (I), merupakan besaran hujan yang terjadi dalam mm. (iii) luas DAS (A), merupakan luas kawasan Daerah Aliran Sungai yang masih mempengaruhi kawasan banjir. Sedangkan berdasarkan perhitungan hidrologi untuk kawasan yang kompleks (memiliki luasan >100ha dan guna lahan bermacam jenisnya), maka faktor yang berpengaruh terhadap debit banjir (Q) meliputi ketinggian (topografi), kelerengan, curah hujan, jenis tanah, dan

guna lahan. Adapun perhitungan volume kapasitas sungai memerlukan penampang sungai sebagai input untuk proses analisisnya, dimana output pada nantinya berupa terjadinya luapan ke kawasan sekitar sungai atau keberadaan sungai yang sudah dapat menampung. Sehingga pada keadaan tersebut, kawasan sekitar sungai menjadi fokus utama zona rawan luapan sungai.

Dari hasil kajian terhadap teori dan studi kasus yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai bentuk penyederhanaan dan lebih terstruktur atas faktor-faktor yang memiliki keterkaitan terhadap banjir, yaitu;

1. Ketinggian (topografi)

Faktor ketinggian suatu kawasan sangat berpengaruh terhadap genangan banjir. Ketinggian kawasan yang lebih rendah dari kawasan disekitarnya seringkali menjadi penghambat laju limpasan permukaan menuju sungai. Aliran permukaan tertahan manakala pada kawasan tersebut memiliki ketinggian yang rendah daripada sungai atau drainase yang ada, sehingga gaya gravitasi aliran air tidak berjalan. Pada wilayah studi Kota Samarinda, kawasan yang masih bisa dijangkau akibat dari pasang Sungai Mahakam adalah kawasan dengan ketinggian $<1,68$ mdpl. Karena titik air pasang tertinggi yang pernah tercatat di Kota Samarinda adalah hingga mencapai 1,68 mdpl.

2. Kelerengan

Semakin landai suatu kawasan ($<2\%$) maka semakin lambat limpasan permukaannya, sehingga terjadi akumulasi aliran permukaan dan menjadi banjir. Terlebih lagi apabila kawasan dengan kelerengan $< 2\%$ tersebut adalah kawasan dengan guna lahan yang sulit menyerap air, seperti kawasan permukiman (perumahan, lahan dengan perkerasan, pertokoan) maka semakin rawan terjadinya banjir.

3. Curah hujan

Curah hujan adalah jumlah hujan yang jatuh yang ditangkap oleh alat pendeteksi hujan dalam mm. Contoh; pada tanggal 9 Juni 1998 terjadi hujan dengan besar curah hujan 85 mm. Sedangkan intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008). Contoh; intensitas curah hujan pada tanggal 9 Juni 1998 (hujan terjadi selama 10 menit) adalah 97,57 mm/jam, dengan perhitungan sebagai berikut;

Metode Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)$$

dimana :

I	:	Intensitas curah hujan (mm/jam)
t	:	Lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)
R_{24}	:	Curah hujan dalam 24 jam (mm/hari)

t (waktu) :

$$10/60 = 0,17$$

$$\begin{aligned} I &= (85/24) \times (24/0,17)^{2/3} \\ &= 3,54 \times 141,18^{2/3} \\ &= \mathbf{97,57 \text{ mm/jam}} \end{aligned}$$

Sumber: Loebis, 1992

Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Suroso, 2006).

Klasifikasi curah hujan belum memiliki tetapan yang baku, namun pendekatan yang dilakukan untuk mengklasifikasikan besarnya curah hujan dapat dilakukan dengan curah hujan rencana (kala ulang 2 tahunan hingga 100 tahunan) yang dihasilkan dari analisis frekuensi. Perhitungan analisis frekuensi ini dilakukan untuk menghitung curah hujan rencana, yaitu hujan harian daerah maksimum yang mungkin terjadi yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana (*design flood*).

4. Guna lahan

Penggunaan lahan sangat berpengaruh terhadap penentuan kawasan rentan banjir, seperti lahan dengan perkerasan lebih beresiko jika dibandingkan dengan lahan yang memiliki penutup berupa tanaman. Guna lahan berkaitan dengan besar kecilnya limpasan permukaan. Guna lahan dengan nilai koefisien $< 0,5$ memiliki daya serap yang masih baik, dimana air yang lewat di atasnya masih dapat diserap 50% ke dalam tanah dan sisanya dialirkan. Sedangkan guna lahan dengan nilai $C > 0,5$ berarti semakin sedikit air yang dapat disimpan ke dalam

tanah, atau dapat dikatakan sebagian besar air langsung dialirkan ke kawasan yang lebih rendah. Untuk mempermudah analisis, maka guna lahan diklasifikasikan ke dalam 6 (enam) macam yaitu hutan, tegalan, permukiman, industri, pertanian, dan pertambangan. Pengklasifikasian tersebut disesuaikan dengan klasifikasi dalam RTRWN dan juga pendekatan wilayah studi, dimana pada wilayah studi terdapat guna lahan pertambangan batu bara.

5. Zona rawan luapan sungai

Pada dasarnya, kawasan di pinggiran sungai merupakan kawasan yang paling rawan banjir apabila terjadi luapan sungai. Terlebih lagi manakala kawasan tersebut memiliki ketinggian yang rendah (dapat dijangkau oleh pasang tertinggi). Oleh sebab itu kawasan yang merupakan sempadan sungai dimana diatur dalam PP 47 Tahun 1997 tentang Tata Ruang Wilayah Nasional dan Keputusan Menteri PU No.63 Tahun 1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai, merupakan kawasan yang rawan terjadinya luapan air sungai.

6. Jenis tanah

Jenis tanah berpengaruh terhadap kapasitas penyimpan air dalam tanah, yang selanjutnya berpengaruh terhadap karakteristik limpasan permukaan. Tanah bertekstur geluh (kasar) lebih tinggi infiltrasinya dibanding tekstur lempung. Menurut Siradz, *dkk.*, (2007), jenis tanah yang memiliki laju infiltrasi tercepat (permeabilitas tinggi) sampai dengan paling lambat (permeabilitas rendah) secara berurutan yaitu alluvial (cepat), Litosol (cepat), Latosol-Litosol (sedang), Mediteran (sedang), dan Grumosol (lambat).

Untuk keperluan analisis spasial penentuan kawasan rawan banjir, maka masing-masing faktor diatas diberikan skor berdasarkan kriteria yang dimiliki kaitannya dengan banjir. Sedangkan pembobotan belum dapat dilakukan hingga pada tahapan uji coba model. Untuk lebih jelas memahami faktor-faktor yang secara umum berpengaruh terhadap banjir, maka disajikan dalam Tabel II.2 berikut ini.

TABEL II.2
MODEL PENENTUAN KAWASAN RAWAN BANJIR

No	Jenis Variabel	Kriteria	Keterangan	Skor
1	Topografi/Ketinggian	< 1,68m	Pengaruh pasang S. Mahakam	5

No	Jenis Variabel	Kriteria	Keterangan	Skor
	(DEM) (sumber: Pendekatan Wilayah Studi)	1,68-25m	Beberapa kawasan terjadi banjir	4
		25-50m	Sudah tidak terdapat kawasan banjir	3
		50-100m	Kawasan bergelombang	2
		>100m	Kawasan perbukitan sd curam	1
2	Kelerengan (sumber: kepmentan no.837 th 1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung) yang disesuaikan	<2%	Datar	5
		2-15%	Landai	4
		15-25%	Agak curam	3
		25-45%	Curam	2
		>45%	Sangat curam	1
3	Curah Hujan (sumber: Pendekatan Wilayah Studi)	> 149,79 mm/hari	Kala ulang 100 tahun	5
		139,52 - 149,79 mm/hari	Kala ulang 50 tahun	4
		125,25 – 139,52 mm/hari	Kala ulang 10 tahun	3
		113,49 – 125,25 mm/hari	Kala ulang 5 tahun	2
		<113,49 mm/hari	Kala ulang 2 tahun	1
4	Guna Lahan (sumber: PP no.47 th 97 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional)	Pertambangan, Industri	c = 0,8 s/d 0,9	5
		Permukiman	c = 0,75	4
		Tegalan	c = 0,5	3
		Pertanian	c = 0,3	2
		Hutan	c = 0,05	1
5	Zona rawan luapan (sumber: PP 47 th 97 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional dan MENPU No.63 Th 1993 tentang Garis Sempadan Sungai)	Dalam kawasan sungai besar (lebar sungai >30m) dan dalam kawasan sungai kecil (lebar sungai <30m)	Lebar sempadan 0-100m	5
		Di luar kawasan sungai kecil/besar	Tidak terjangkau luapan	1
6	Jenis tanah (sumber: Siradz, dkk., 2007)	Organosol	Infiltrasi sangat rendah	5
		Grumosol, Podsolik, Planosol, Mediteran	Infiltrasi rendah	4
		Latosol-Litosol	Infiltrasi sedang	3
		Regosol, Litosol	Infiltrasi tinggi	2
		Alluvial	Infiltrasi sangat tinggi	1

Sumber: *hasil analisis penyusun*

2.2.4. Kawasan Perkotaan

Kawasan perkotaan (*urban*) adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi (PP No.34 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Perkotaan). Sedangkan Menurut Hart dan Sailor (2007), kawasan perkotaan adalah kawasan yang memiliki kompleksitas pada guna lahan.

Didalam UU No.22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah disebutkan bahwa kawasan perkotaan dapat dibedakan atas 4 (empat) hal, yakni :

- a kawasan perkotaan yang berstatus administratif kota,
- b kawasan perkotaan yang merupakan bagian dari daerah kabupaten,
- c kawasan perkotaan baru yang merupakan hasil pembangunan yang mengubah kawasan perdesaan menjadi kawasan perkotaan, dan
- d kawasan perkotaan yang menjadi bagian dari 2 (dua) atau lebih daerah yang berbatasan sebagai satu kesatuan sosial, ekonomi dan fisik perkotaan.

Menurut Frey dan Zimmer (2001), terdapat tiga elemen penting dalam suatu kota, yaitu lingkungan, ekonomi dan sosial. Ketiga elemen tersebut sering tidak selaras pertumbuhannya. Pertumbuhan sosial seringkali mendorong pertumbuhan ekonomi, namun pertumbuhan keduanya justru semakin menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Akibatnya terjadi penurunan kualitas lingkungan yang mendorong ketidakstabilan lingkungan.

Pertumbuhan kota-kota akan diikuti dengan tekanan-tekanan (*urban development pressures*) yang antara lain beralihfungsinya lahan-lahan pertanian yang subur di sekitar kota-kota menjadi lahan-lahan non pertanian, makin kritisnya cadangan air tanah dan air permukaan, meningkatnya inefisiensi dalam pelayanan prasarana dan sarana perkotaan karena wilayah perkotaan yang makin melebar ke segala arah. Proses urbanisasi menyebabkan perubahan pada guna lahan, dimana biasanya terjadi percampuran dengan kawasan pertanian. (Malaque and Yokohari, 2007).

Menurut Mardiansyah (1999), timbulnya berbagai masalah seperti bencana banjir, tanah longsor, kemacetan lalu lintas, dan perumahan kumuh, diakibatkan karena semakin berkurangnya ruang publik dan ruang terbuka hijau, serta tekanan jumlah penduduk pada kawasan metropolitan. Proses pembangunan kota yang bertujuan untuk meningkatkan aktivitas kota mengakibatkan banyak terjadi perubahan pada lingkungan fisik.

Peningkatan jumlah penduduk kawasan perkotaan yang pesat dari waktu ke waktu akan menyebabkan pengelolaannya semakin berat. Penurunan kualitas lingkungan menyebabkan kawasan perkotaan berada dalam kondisi yang mencemaskan sehingga mengancam kelanjutan pembangunan kota-kota tersebut. Hal ini disebabkan oleh visi pembangunan kota yang tidak jelas dan cenderung untuk memenuhi tujuan berjangka pendek saja dan mengabaikan pencapaian tujuan jangka panjang (*development sustainability*).

Tingkat kerentanan kota-kota di Indonesia dapat ditinjau dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial kependudukan, dan ekonomi. Kerentanan fisik menggambarkan perkiraan tingkat kerusakan terhadap infrastruktur bila ada faktor berbahaya tertentu. Dengan melihat dari berbagai indikator seperti kawasan terbangun, kepadatan bangunan, jaringan listrik, jalan, jaringan telekomunikasi, jaringan PDAM, dan rel KA, maka perkotaan Indonesia dapat dikatakan berada pada kondisi yang sangat rentan karena resiko kerusakan tinggi.

Berdasarkan potensi bencana dan tingkat kerentanan yang ada, maka dapat diperkirakan resiko bencana yang akan terjadi di perkotaan Indonesia tergolong tinggi. Resiko bencana pada wilayah perkotaan Indonesia yang tinggi tersebut disebabkan oleh potensi bencana yang dimiliki wilayah-wilayah tersebut yang memang sudah tinggi, ditambah dengan tingkat kerentanan yang sangat tinggi pula. Mitigasi bencana perkotaan diperlukan sebagai suatu titik tolak utama dari manajemen bencana sesuai dengan tujuan utamanya yaitu mengurangi dan/atau meniadakan korban dan kerugian yang mungkin timbul.

Kasus banjir pada sejumlah kota-kota penting di Indonesia pada awal tahun 2002 silam, yang kemudian diikuti dengan kelangkaan air bersih dan kekeringan saat ini merupakan hal yang menjadi ancaman serius bagi kawasan perkotaan pada masa mendatang. Hal ini antara lain disebabkan oleh tingginya alih fungsi (*konversi*) lahan pertanian produktif menjadi lahan non produktif seperti industri, permukiman, prasarana umum dan lain sebagainya. Rata-rata setiap tahun konversi lahan pertanian produktif mencapai 40.000 hektar, bahkan beberapa sumber menyebutkan angka berkisar antara 80.000 – 100.000 hektar. Konversi lahan untuk tujuan pemukiman dan prasarana sosial ekonomi khususnya di wilayah perkotaan tidak dapat dihindari baik di Jawa maupun di luar Jawa, bahkan di luar Jawa kecenderungannya meningkat (Rusastra,1997).

Kawasan perkotaan yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada ruang atau wilayah yang masih dalam pengaruh DAS. Sebagian besar DAS yang memiliki masalah dengan besarnya debit banjir hingga meluap dan menyebabkan banjir lebih sering terjadi

pada kawasan perkotaan. Kawasan perkotaan ini cenderung mendapatkan banjir kiriman akibat limpasan permukaan yang tinggi pada kawasan hulu maupun daya serap air yang rendah pada kawasan perkotaan itu sendiri.

2.3 Guna Lahan dan Pengendalian Banjir

Lahan merupakan sumber daya alam menyangkut kebutuhan hidup setiap orang, maka perlu diatur dan direncanakan penggunaannya. Pola penggunaan lahan ini diatur atau direncanakan ke dalam rencana tata guna lahan. Tata guna lahan sangat dipengaruhi oleh berbagai kepentingan masyarakat, badan perorangan, yang disebut juga determinan (unsur penentu), yang pada umumnya saling pengaruh-mempengaruhi (*interrelated*), yaitu antara unsur-unsur ekonomi, sosial, dan umum. Terdapat hubungan yang sangat erat antara aktifitas sosial, ekonomi dengan tata guna lahan (Krausmann, 2001). Unsur yang terkuat biasanya menjadi penentu penggunaan lahan. Perencanaan tata guna lahan juga sangat bergantung pada pengertian atau penguasaan (pengetahuan, pemahaman yang mendalam) akan interrelasi antara seluruh jenis penggunaan lahan (Soefaat, 1999).

Menurut Worosuprojo (1997), guna lahan merupakan wujud dari pemanfaatan atau penggunaan suatu lahan yang terkait dengan kebutuhan hidup, sehingga tujuan penggunaan lahan adalah untuk memperoleh manfaat terbaik sekaligus menjaga kelestarian sumberdaya lahan itu sendiri. Penggunaan lahan merupakan pencerminan dari pemanfaatan sumberdaya alam yang paling optimal dan seharusnya penggunaan lahan yang ada dijaga agar tidak menurunkan potensi lahan itu sendiri. Menurut Notohadiningrat (1996) tujuan penggunaan lahan adalah untuk memperoleh manfaat total dari kemampuan lahan secara berkesinambungan. Hal ini mengisyaratkan bahwa; 1) untuk memperoleh manfaat terbaik dari segi kegiatan penggunaan lahan untuk kegiatan manusia harus sesuai dengan kemampuan lahan; 2) tidak diperuntukan semata-mata bagi individu tetapi bagi masyarakat secara berimbang bagi keduanya; 3) pelestarian sumberdaya lahan untuk waktu yang akan datang bagi generasi penerus. Sehingga dalam pemanfaatannya, dilakukan perencanaan meliputi perlindungan terhadap proses ekologis dan mendukung kehidupan, pelestarian keanekaragaman jenis dan plasma nutfah, dan pemanfaatan sumberdaya alam yang berwawasan lingkungan.

Menurut Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, tata ruang mencakup wujud struktur ruang dan pola ruang. Struktur ruang adalah susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki

hubungan fungsional. Sedangkan pola ruang adalah distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budidaya. Berdasarkan PP No.47 Tahun 1997 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, kawasan lindung terdiri dari kawasan yang memberi perlindungan kawasan bawahannya, kawasan perlindungan setempat, kawasan suaka alam dan cagar budaya, kawasan rawan bencana alam, dan kawasan lindung lainnya. Adapun kawasan budidaya terdiri dari kawasan peruntukan hutan produksi, kawasan peruntukan hutan rakyat, kawasan peruntukan pertanian, kawasan peruntukan perikanan, kawasan peruntukan pertambangan, kawasan peruntukan permukiman, kawasan peruntukan industri, kawasan peruntukan pariwisata, kawasan tempat beribadah, kawasan pendidikan, dan kawasan pertahanan keamanan.

Penggunaan lahan yang sesuai akan memberikan produk yang optimal dalam arti juga mampu memberikan perlindungan terhadap lahan. Perlindungan lahan (*land conservation*) menurut *Soil Conservation Society of America* (1970) dalam Ritohardoyo, (2002) menjadi keharusan, karena penggunaan dan perlindungan terhadap sumber-sumber produksi lahan yang perlu sejalan dengan beberapa prinsip, agar dapat menjamin bukan saja kelestarian tanah dan air tetapi juga adanya tingkat manfaat di bidang sosial dan ekonomi. Menurut Soefaat (1999) penggunaan lahan dapat merupakan proyeksi dari fungsi ruang, yaitu distribusi ruang dan masing-masing ruang menunjukkan fungsi atau kegiatan kota atau daerah yang bersangkutan. Dalam perencanaan tata guna lahan wilayah/kota, terutama dekat pantai perlu diantisipasi perubahan tata guna lahan. Guna lahan memiliki pengaruh terhadap besarnya daya serap air permukaan atau infiltrasi. Besarnya nilai limpasan permukaan semakin tinggi pada kawasan yang memiliki perkerasan seperti paving, semen, aspal, dan beton.

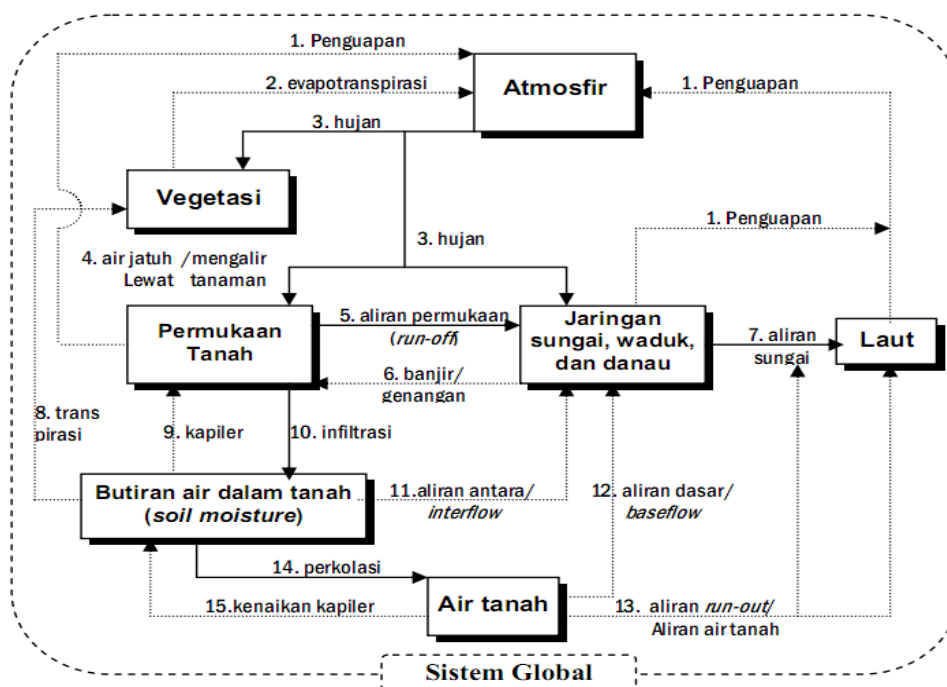
Menurut Kemur (2011), ketika hujan jatuh di kawasan yang lahannya tertutup vegetasi seperti pepohonan, alang-alang dan rumput, hutan atau perkebunan, maka hujan tersebut pada awalnya hanya membasahi dedaunan (*canopy storage*) dan setelah itu ranting pohon yang mulai dibasahi kemudian cabang lalu batang pohon (*stemflow*). Setelah itu maka dedaunan kering telah jatuh dibasahi lalu rerumputan dan setelah semua relatif sudah basah baru permukaan tanahnya mulai dibasahi. Setelah tanah mulai basah kemudian meresap kedalam tanah sampai menjadi jenuh air tanahnya. Kemudian aliran/limpasan permukaan mulai terjadi.

Meskipun tentunya terdapat juga curah hujan yang langsung ke tanah tanpa terlebih dahulu menyentuh daun, maupun dari daun jatuh ke tanah (*throughfall*), namun air hujan yang diserap lebih besar daripada yang menjadi limpasan permukaan sehingga guna

lahan dengan vegetasi dominan hanya menghasilkan sedikit limpasan permukaan. Sebagian yang tersimpan didedaunan (*canopy storage capacity*) akan menguap sebagai air yang hilang (*interception loss*). Vegetasi berupa hutan memiliki nilai *impervious* sebesar 5%. Dengan nilai *impervious* 5% dapat diartikan bahwa tingkat kededapan air sangat rendah, karena dari hujan yang jatuh, hanya 5% yang menjadi limpasan permukaan.

Apabila hujan berhenti maka aliran permukaan tanah tidak terjadi tapi kalau hujan masih berlangsung maka aliran permukaan tanah akan terjadi dan mengalir secara perlahan ke sungai. Jadi proses dari hujan menjadi aliran permukaan dan akhirnya masuk ke sistem sungai memerlukan waktu yang cukup lama, tergantung jenis tanaman, jenis tanah dan kemiringan tanah.

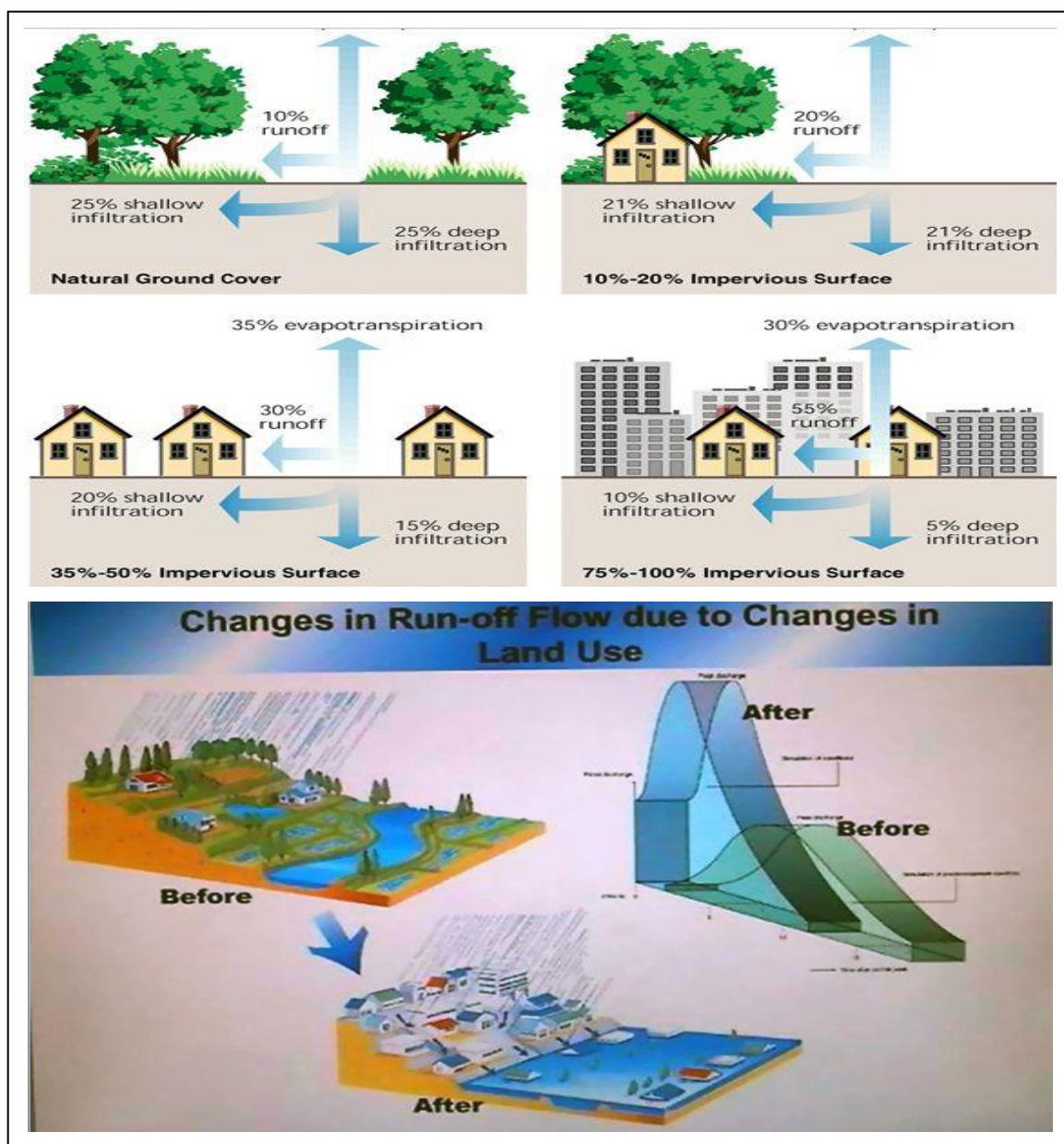
Kalaupun sebagian pepohonan ditebang maka hujan langsung jatuh ke tanah atau rerumputan ditanah dan setelah tanahnya jenuh air maka akan terjadi aliran permukaan dan masih relatif lama mengalir ke hilir (Kemur, 2011). Penjelasan tersebut sesuai dengan alur siklus hidrologi tertutup yang mengurai perputaran air di alam mulai dari penguapan air permukaan sampai dengan jatuhnya hujan yang diserap tanah dan menjadi limpasan permukaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



GAMBAR 2.2
SIKLUS HIDROLOGI TERTUTUP

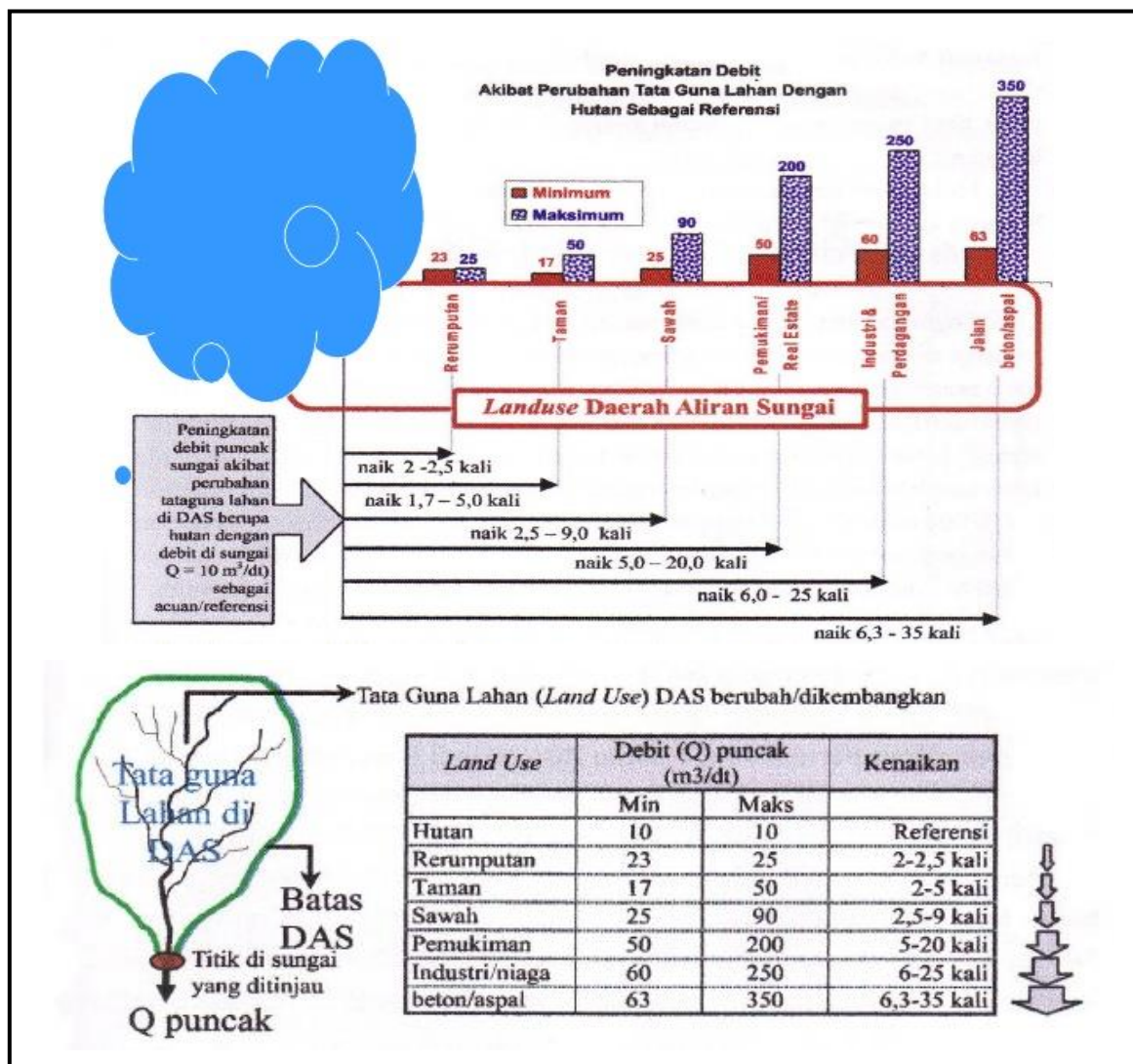
(Sumber: Thornthwaite, 1990; Chow dkk., 1988 dalam Kodoatie dan Sjarief, 2008)

Apabila vegetasi diganti dengan perumahan, maka hujan yang sama akan jatuh langsung ke permukaan atap rumah lalu mengalir ke talang dan dari talang langsung masuk ke saluran drainase rumah kemudian langsung mengalir ke drainase perkotaan/jalan dan akan langsung menuju anak sungai atau sungai. Keadaan tersebut menyebabkan limpasan permukaan makin besar sehingga waktu konsentrasi air ke sungai semakin cepat yang menyebabkan terjadinya luapan sungai. Gambar 2.3 berikut ini memperlihatkan ilustrasi perubahan limpasan permukaan akibat perubahan guna lahan.



GAMBAR 2.3
MENINGKATNYA LIMPASAN PERMUKAAN KARENA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
(Sumber: EPA, 1993; FISRWG, 1998)

Dengan demikian maka aliran yang masuk ke saluran atau sungai relatif jauh lebih besar dan lebih cepat. Kalau cukup banyak daerah yang dikonversi menjadi perumahan maka limpasan permukaannya menjadi semakin besar dan akan mengakibatkan debit aliran air di sungai melebihi kapasitas aliran saluran sungai sehingga terjadi limpasan. Gambar 2.4 berikut ini memperlihatkan hubungan peningkatan debit dengan perubahan guna lahan.



GAMBAR 2.4
GRAFIK PENINGKATAN DEBIT PUNCAK KARENA PERUBAHAN GUNA LAHAN
 (Sumber: Raudkivi, 1979; Subarkah, 1980; Schwab dkk, 1981; Loebis, 1984 dalam Kodoatie dan Sjarief, 2005)

Nilai limpasan permukaan (C) terdapat dalam beberapa versi, namun pada dasarnya memiliki kesamaan konsep dimana semakin tinggi nilainya berarti suatu guna lahan

tertentu memiliki tingkat daya serap air yang sedikit. Berikut nilai koefisien (C) menurut Asdak (1995) yang ditampilkan dalam Tabel II.3.

TABEL II.3
NILAI KOEFISIEN LIMPASAN PERMUKAAN (C) UNTUK PERSAMAAN RASIONAL

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Perkantoran		Tanah lapang	
Daerah pusat kota	0.70-0.95	Berpasir, datar 2%	0.05-0.10
Daerah sekitar kota	0.50-0.70	Berpasir, agak rata, 2-7%	0.10-0.15
Perumahan		Berpasir, miring, 7%	0.15-0.20
Rumah tinggal	0.30-0.50	Tanah berat, datar, 2%	0.13-0.17
Rumah susun, terpisah	0.40-0.60	Tanah berat, agak rata, 2-7%	0.18-0.22
Rumah susun bersambung	0.50-0.75	Tanah berat, miring, 7%	0.25-0.35
Pinggiran kota	0.25-0.40	Tanah pertanian, 0-3%	
Daerah industri		Tanah kosong	
Kurang padat industri	0.50-0.80	Rata	0.30-0.60
Padat industri	0.60-0.90	Kasar	0.20-0.50
Taman kuburan	0.10-0.25	Tanah berat, tanpa vegetasi	0.30-0.60
Tempat bermain	0.20-0.35	Tanah berat, dengan vegetasi	0.20-0.50
Daerah stasiun KA	0.20-0.40	Berpasir, tanpa vegetasi	0.20-0.25
Daerah tak berkembang	0.10-0.30	Berpasir, dengan vegetasi	0.10-0.25
Jalan raya		Padang rumput	
Beraspal	0.70-0.95	Tanah berat	0.15-0.45
Berbeton	0.80-0.95	Berpasir	0.05-0.25
Berbatu bata	0.70-0.85	Hutan/bervegetasi	0.05-0.25
Trotoar	0.75-0.85	Tanah tidak produktif, >3%	
Daerah beratap	0.75-0.95	Rata, kedap air	0.70-0.90
		Kasar	0.50-0.70

Sumber: Asdak, 1995

Sedangkan menurut TR (*Technical Release*)-55 (1986) besarnya nilai limpasan permukaan yang dinyatakan dalam bilangan kurva (*curve number*) digolongkan sesuai dengan jenis tanahnya. Berikut tetapan nilai koefisien limpasan permukaan TR-55 yang disajikan dalam Tabel II.4 dengan proporsi guna lahan yang telah disesuaikan dengan PP No.47 Tahun 1997 dan pendekatan wilayah studi untuk menyederhanakan klasifikasi.

TABEL II.4
BILANGAN KURVA (CURVE NUMBER) AIR LARIAN TR-55

Landuse	Impervious /Tingkat Kecedapan (%)	Curve Number (CN)			
		A	B	C	D
Tegalan					
• Belukar		68	79	86	89
• Perkebunan		45	66	77	83
Hutan	5	45	66	77	83

Industri	72	81	88	91	93
Permukiman					
• Komersil	85	89	92	94	95
• Permukiman	65	77	85	90	92
• Pariwisata		49	69	79	84
Pertanian					
• Sawah		68	79	86	89
• Peternakan		59	74	82	86
Tambang	75	77	86	91	94
Perairan	100	71	80	87	88

Sumber: TR-55, 1986

2.4 Alat Analisis Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan

Pemodelan optimasi guna lahan yang mencakup 2 (dua) model yaitu model spasial dan model hidrologi, tentunya membutuhkan alat analisis (*tools*) untuk menjalankan simulasinya sehingga menghasilkan output yang diharapkan. Model spasial dan model hidrologi adalah dua model yang berbeda dalam proses analisisnya.

Model spasial adalah model yang menganalisis keruangan (wilayah, kawasan atau zonasi). Analisis keruangan tersebut seperti melakukan tumpang susun beberapa peta untuk mendapatkan informasi baru. Selain itu juga dapat berupa penentuan zonasi atau batasan kawasan tertentu, misalnya menentukan batasan radius bahaya letusan gunung berapi, atau dapat juga menentukan DAS. Alat analisis untuk model spasial diantaranya Arc Info, Map Info, Global Mapper, Arc View GIS dan lainnya. Untuk model spasial dalam pemodelan optimasi guna lahan lebih cocok dengan menggunakan alat analisis Arc View GIS, dikarenakan Arc View GIS merupakan alat analisis yang di dalamnya mencakup fungsi analisis khusus spasial (*spatial analyst*), dengan kemampuan tumpang susun dan kompleksitas data yang dapat dianalisis dengan cepat dan mudah untuk merubah input data. Dalam penelitian ini, fungsi tumpang susun adalah untuk mengidentifikasi data spasial kawasan rawan banjir dan kawasan peruntukkan lahan dengan menggunakan data dasar karakteristik fisik alam.

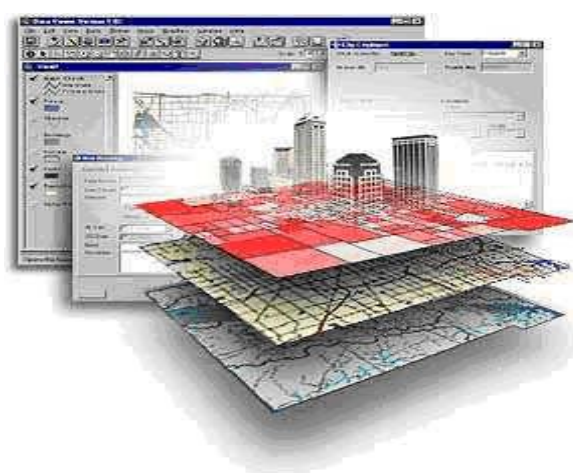
Model hidrologi merupakan model yang menganalisis hitungan matematis yang ada dalam suatu ruang. Alat analisis untuk model hidrologi diantaranya HEC-HMS, Win TR-55, SMS, Epanet, HEC-RAS dan lainnya. Untuk model hidrologi dalam pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir menggunakan 2 (dua) alat analisis yaitu HEC-HMS dan HEC-RAS, dikarenakan keduanya merupakan tools yang saling berhubungan sehingga proses input datanya lebih mudah, dimana hasil dari HEC-HMS menjadi input data untuk HEC-RAS. Program HEC-HMS digunakan manakala suatu DAS

memiliki luasan yang lebih dari 100 hektar, karena apabila luasnya kurang dari 100 hektar masih dapat menggunakan rumus rasional $Q=C.I.A$. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa HEC-HMS digunakan untuk menghitung debit banjir pada suatu DAS dengan guna lahan yang ada, sedangkan HEC-RAS digunakan untuk menghitung kapasitas tampung sungai atas debit banjir yang dihasilkan guna lahan tersebut.

2.4.1. Arc View GIS (Geographic Information System)

Data yang dapat diolah dengan Arc View GIS adalah data spasial. Data spasial terdiri atas tiga bagian yaitu titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*). Contoh data bentuk point berupa simbol lokasi fasilitas, bentuk line berupa jalan, sungai, batas administrasi, dll. Sedangkan bentuk poligon berupa area luasan guna lahan seperti hutan, permukiman, industri, dll. Data spasial mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi dan informasi atribut. Informasi lokasi contohnya adalah informasi lintang dan bujur. Sedangkan informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial contohnya adalah contohnya jenis vegetasi, populasi, pendapatan pertahun, dan lainnya.

Salah satu kemampuan Arc View GIS adalah dalam hal tumpang susun data spasial (peta). Dari beberapa peta tematik digabungkan untuk mendapatkan peta baru dengan informasi yang baru sesuai dengan yang diharapkan dari analisisnya. Hasil dari tumpang susun peta tersebut mencakup dua informasi baru yaitu informasi gambar dan informasi data deskriptif. Gambaran proses tumpang susun dapat dilihat pada gambar berikut.



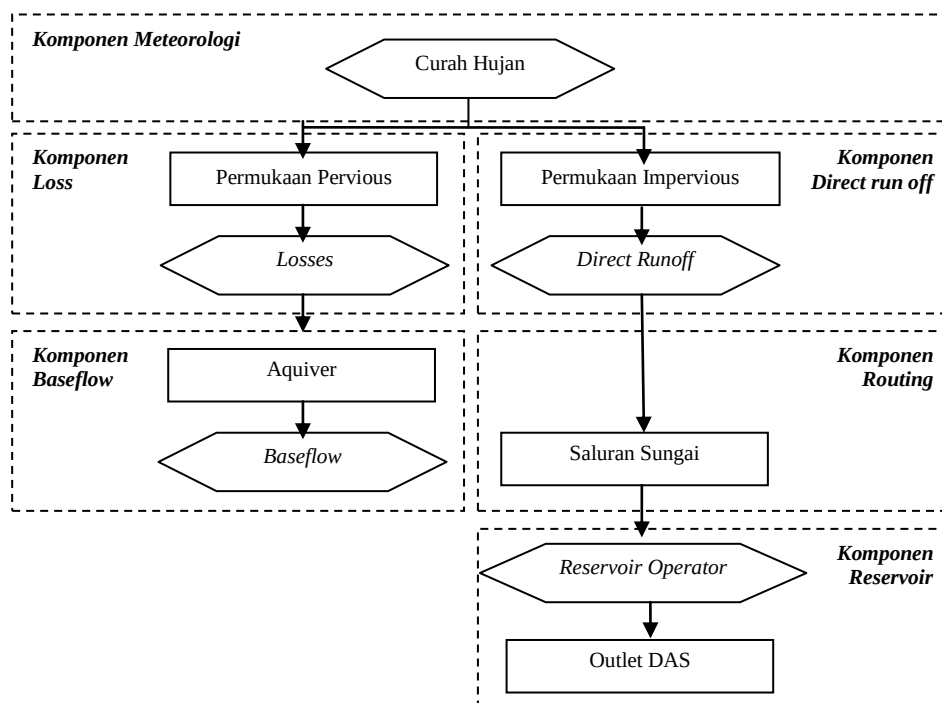
GAMBAR 2.5 PROSES TUMPANG SUSUN (OVERLAY) DALAM GIS

(Sumber: ESRI 1997)

2.4.2. HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*)

HEC-HMS merupakan program yang digunakan untuk simulasi limpasan permukaan dalam suatu DAS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. Salah satu fungsi utama model ini adalah dapat digunakan untuk menghitung volume limpasan permukaan. Hidrograf satuan yang dihasilkan dapat digunakan langsung ataupun digabungkan dengan *software* lain yang digunakan dalam ketersediaan air, drainase perkotaan, ramalan dampak urbanisasi, desain pelimpah, pengurangan kerusakan banjir, regulasi penanganan banjir, dan sistem operasi hidrologi. HEC-HMS didesain untuk dapat digunakan pada suatu DAS yang sangat luas sehingga dapat menyelesaikan masalah, seperti suplai air daerah pengaliran sungai, hidrologi banjir dan limpasan air di daerah kota kecil, ataupun kawasan tangkapan air alami. (HEC-HMS User's Manual, 2010).

Program HEC-HMS terdiri dari 3 (tiga) komponen yaitu model basin (model daerah tangkapan air), model hidrologi dan kontrol spesifikasi. Keluaran model ini didapat berupa hidrograf limpasan dalam suatu sistem hidrologi DAS yang dilengkapi dengan hidrograf limpasan pada setiap Sub-DAS pada sistem hidrologi. Gambar 2.5 berikut ini memperlihatkan 3 (tiga) komponen dalam HEC-HMS.



GAMBAR 2.6
KOMPONEN HUJAN-LIMPASAN YANG DIREPRESENTASIKAN MODEL HEC-HMS
 (Sumber: Cunderlik & Simonovic 2004)

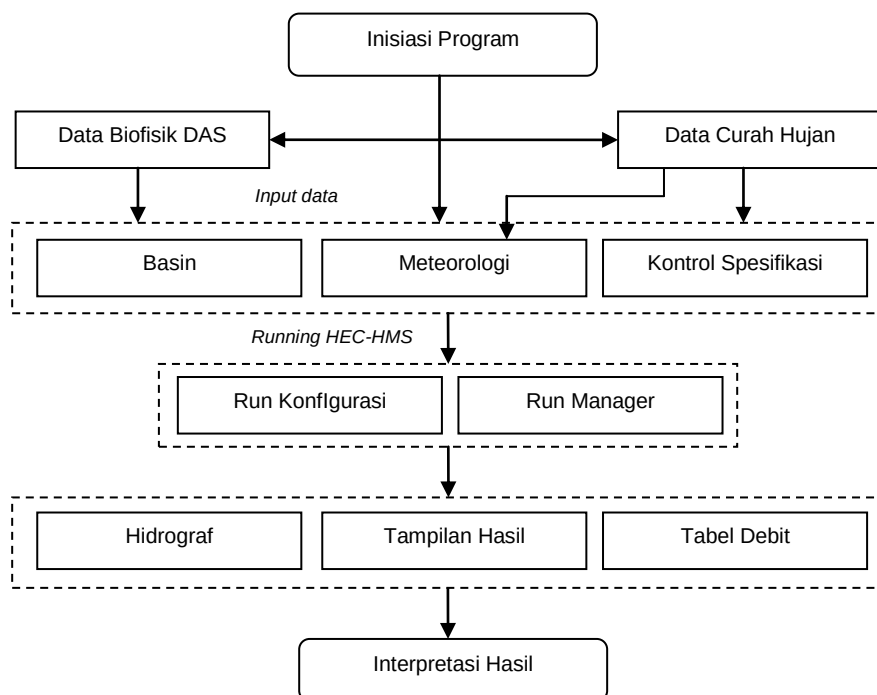
Model HEC – HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS. Model HEC-HMS mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisa hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan.

Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi, digunakan hidrograf satuan sintetik dari SCS (*Soil Conservation Service*) dengan menganalisa beberapa parameternya. Metode ini memberikan variasi komponen biofisik terlengkap, karena merupakan fungsi dari bilangan kurva atau curve number (CN) yang ditentukan berdasarkan kelompok hidrologi tanah, penggunaan lahan dan kondisi pengelolaan lahan tersebut. Disisi lain permasalahan banjir merupakan permasalahan yang kompleks sehingga diperlukan metoda yang mempunyai keragaman variasi komponen biofisik. Metode SCS merupakan metode yang dikembangkan oleh Dinas Konservasi Tanah Amerika Serikat (US SCS, 1973) dan digunakan untuk menentukan laju puncak aliran permukaan terhadap curah yang seragam.

Adapun langkah-langkah dalam analisis debit banjir rencana (Q) suatu kawasan adalah sebagai berikut: (HEC-HMS User's Manual, 2010)

- a. Menentukan daerah tangkapan air (*model basin*)
 - Menentukan batasan DAS beserta luasnya
 - Menentukan proses kehilangan air (*sub basin loss*)
 - Transformasi hidrograf satuan limpasan (*sub basin transform*)
 - Menentukan proses aliran dasar (*sub basin baseflow*)
- b. Menentukan model data curah hujan (*meteorologic model*)
 - Menentukan luas pengaruh daerah stasiun hujan.
 - Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
 - Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
 - Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana di atas pada periode ulang T tahun.
- c. Konfigurasi eksekusi data (*run configuration*)

Penyatuan basin model dan meteorologic model untuk dapat mengeksekusi (*running*) model sehingga didapatkan debit banjir untuk periode ulang 2-100 tahunan. Gambar 2.6 berikut ini memperlihatkan alur proses analisis debit banjir rencana pada suatu DAS (Daerah Aliran Sungai).

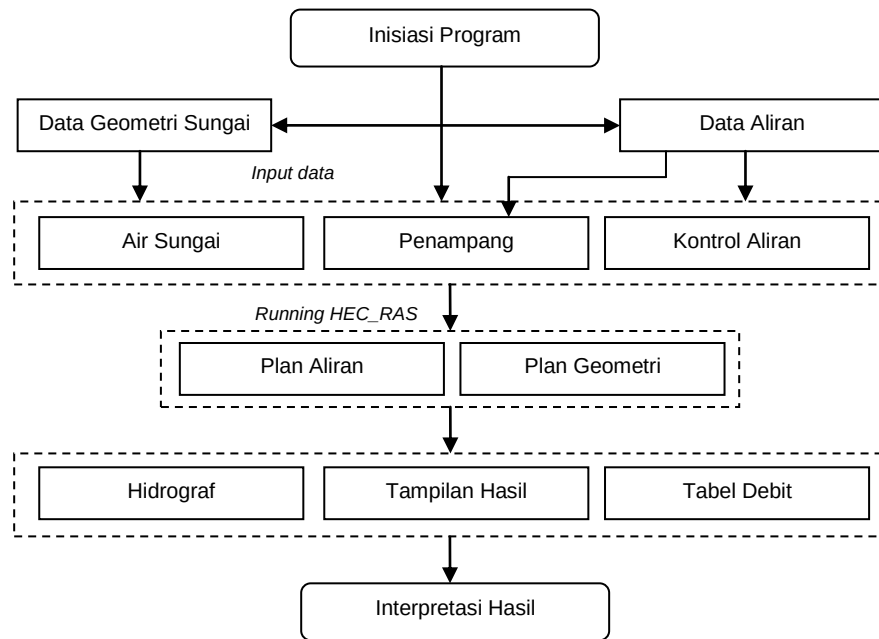


GAMBAR 2.7
BAGAN ALIR MODEL HIDROLOGI HEC-HMS
 (Sumber: Risyanto, 2007)

2.4.3. HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*)

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. Program HEC-RAS didalamnya terintegrasi analisa hidrolika, dimana pengguna program dapat berinteraksi dengan sistem menggunakan fungsi *Graphical User Interface (GUI)*.

Studi tentang bencana banjir di sebagian besar negara menggunakan integrasi model hidrolik HEC-RAS dan SIG untuk memberikan hasil yang representatif dari keadaan sebenarnya di lapangan. Program HEC-RAS dapat menunjukkan perhitungan profil permukaan aliran permanen (*steady*), termasuk juga aliran tak permanen (*unsteady*), pergerakan sedimen dan beberapa hitungan desain hidrolika. Dalam terminologi HEC-RAS, sebuah pengaturan file data akan berhubungan dengan sistem sungai. Data file dapat dikategorikan plan data, *geometric* data, *steadyflow* data, *unsteady flow* data, *sediment* data dan *hidralic design* data. (HEC-RAS User's Manual, 2010). Bagan alir model hidrolika HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



GAMBAR 2.8
BAGAN ALIR MODEL HIDROLIKA HEC-RAS
(Sumber: Risyanto, 2007)

Program HEC-RAS berkemampuan untuk melakukan simulasi mengenai (a) model aliran steady (permanen); (b) model aliran unsteady (tak permanen); (c) sedimentasi; (d) analisis kualitas air sungai.

2.5 Optimasi Guna Lahan dengan HEC-HMS Dan HEC-RAS

Perhitungan debit banjir (Q) pada suatu DAS dapat dilakukan dengan menggunakan alat analisis (*tools*) HEC-HMS. Pentingnya perhitungan debit banjir (Q) adalah untuk mengetahui seberapa besar aliran permukaan ketika terjadi hujan pada suatu DAS. Variabel yang berpengaruh dalam perhitungan debit banjir adalah sebagai berikut;

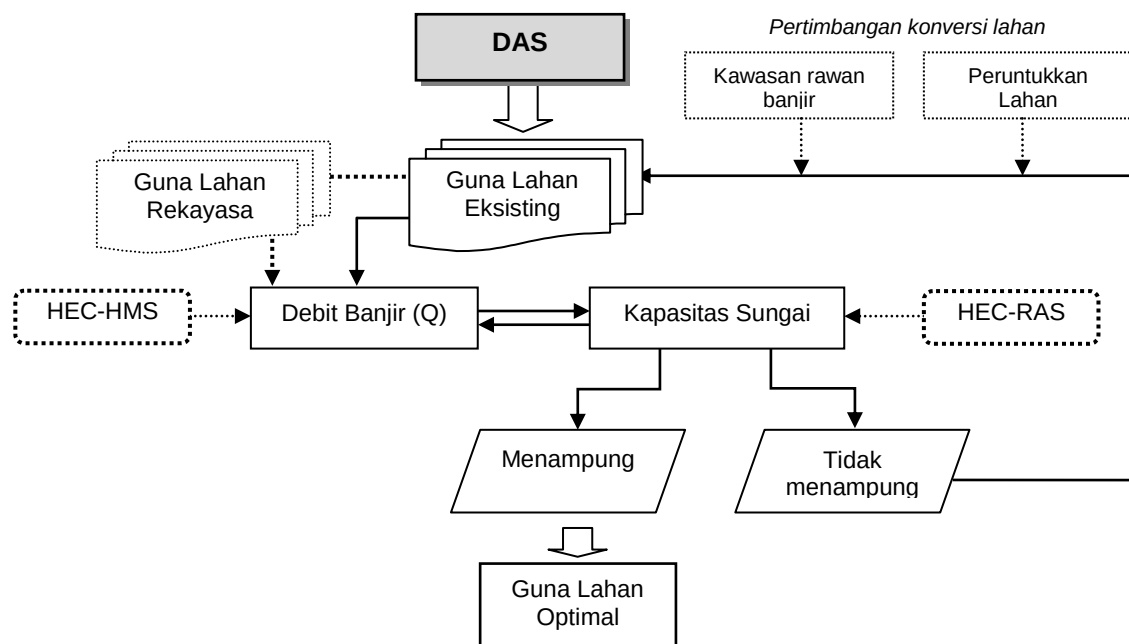
- Luas masing-masing sub sub-DAS,
- Panjang anak sungai ke outlet,
- Kelerengan masing-masing sub sub-DAS,
- Jenis dan luasan guna lahan pada masing-masing sub sub-DAS,
- Klasifikasi jenis tanah menurut HSG (*Hydrologic Soil Group*)
- Intensitas hujan rata-rata tahunan

Debit banjir (Q) yang dihasilkan suatu guna lahan DAS tidak semuanya dapat ditampung oleh sungai atau drainase. Kelebihan dari debit yang tidak tertampung tersebut

pada akhirnya menjadi banjir. Untuk dapat mengetahui apakah kapasitas sungai dapat menampung debit banjir (Q) atau tidak, maka diperlukan *tools* HEC-RAS untuk menghitung dengan cepat.

Proses perhitungan dengan HEC-RAS memerlukan titik penampang sungai di tiap-tiap pertemuan (*junction*) anak sungai dengan sungai utama. Ketika kapasitas sungai masih bisa menampung, maka level permukaan air tidak melebihi bibir tanggul sungai. Apabila kapasitas sungai tidak lagi dapat menampung seluruh debit banjir (Q), maka air sungai akan meluap dan menggenangi kawasan pinggiran sungai yang memiliki ketinggian kawasan rendah.

Dalam pemodelan optimasi guna lahan untuk pengendalian banjir perkotaan yang akan disusun, memanfaatkan kedua alat analisis (*tools*) diatas untuk mempermudah analisisnya. Ketika pada suatu wilayah studi memiliki guna lahan tertentu dan menghasilkan debit banjir (Q) yang sudah tidak tertampung lagi oleh sungai, maka pemodelan ini dapat digunakan untuk merekayasa guna lahan melalui proses konversi lahan yang ada untuk mengecilkan nilai limpasan permukaan. Konversi guna lahan tentunya tidak bisa dilakukan tanpa pedoman atau acuan yang dapat dipertanggungjawabkan, sehingga menggunakan pertimbangan kawasan rawan banjir dan peruntukkan lahan. Untuk lebih mudah memahami alur model yang akan disusun, maka dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.



GAMBAR 2.9
BAGAN ALIR KONSEP MODEL

Dari Gambar 2.9 diatas dapat dijelaskan bahwa pada suatu DAS selalu tidak terlepas dari pengaruh guna lahan. Ketika terjadi hujan, maka guna lahan saat ini akan menghasilkan volume debit banjir (Q) sebesar tertentu. Volume tersebut kemungkinan masih dapat ditampung oleh kapasitas sungai, bisa juga tidak (meluap). Ketika debit banjir tersebut tertampung, maka tidak timbul masalah banjir. Namun ketika kapasitas sungai tak lagi dapat menampung, maka yang terjadi adalah banjir.

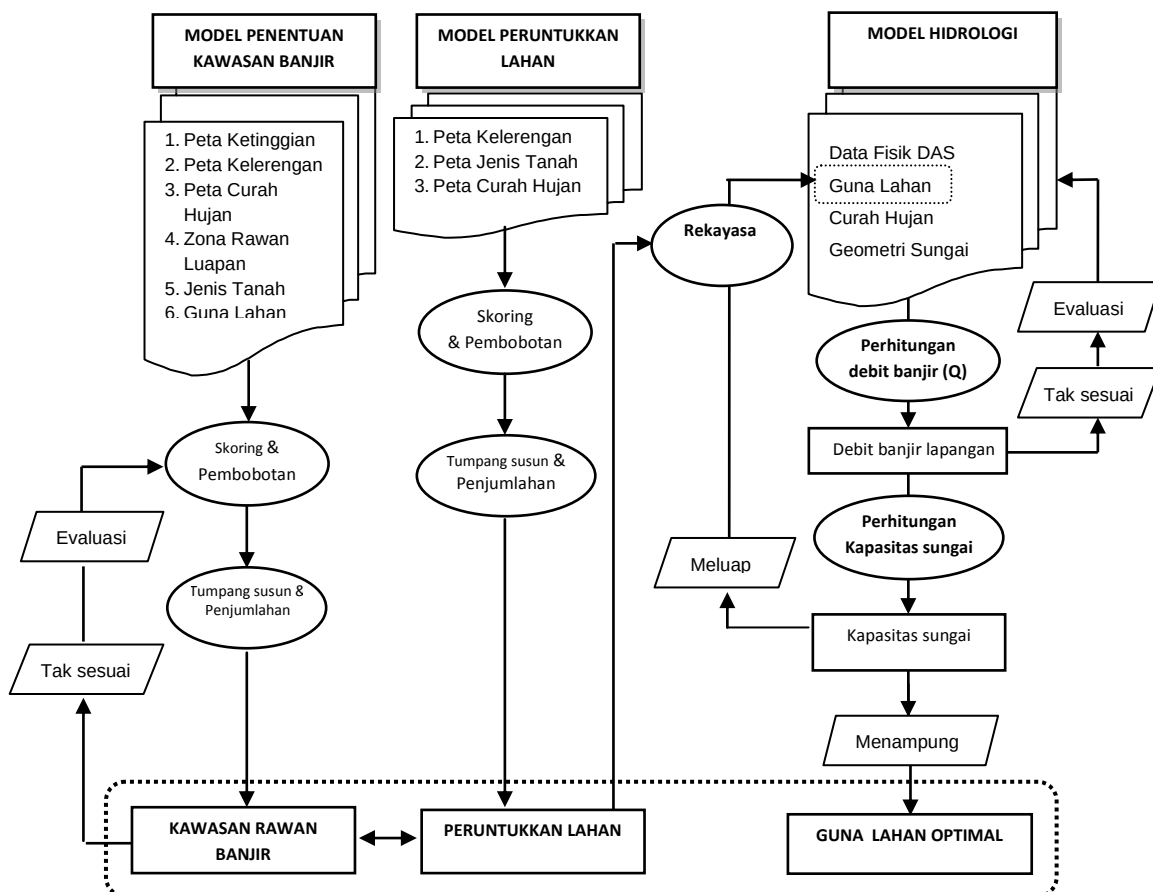
Sehingga dapat dikatakan bahwa proporsi guna lahan eksisting yang ada, menghasilkan debit banjir (Q) yang lebih besar daripada kapasitas sungai atau drainase yang ada. Hal yang perlu dilakukan sebagai solusi pencegahan adalah mengubah kondisi guna lahan melalui konversi guna lahan eksisting untuk mengurangi debit banjir (Q). Proses konversi tersebut mempertimbangkan aspek kawasan rawan banjir dan peruntukkan lahan sebagai masukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Pemodelan

Pemodelan dikembangkan dengan mensinergikan 3 (tiga) model yaitu model penentuan kawasan rawan banjir, model penentuan peruntukkan lahan, dan model hidrologi untuk penentuan optimasi lahan. Pengembangan model dilakukan dengan tahapan yang berurutan.

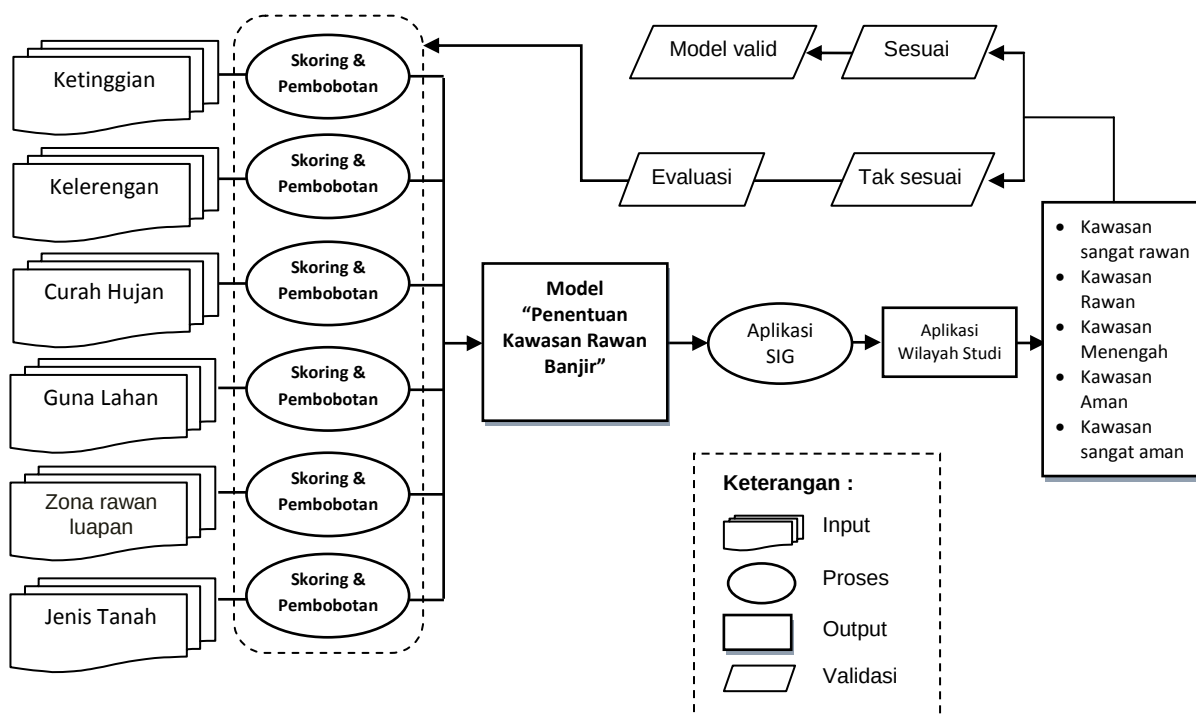
Untuk mengetahui alur proses pemodelan dalam penelitian, maka disusun masing-masing kerangka model yang kemudian disatukan sesuai dengan keterkaitannya satu sama lain. Alur proses pemodelan optimasi guna lahan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



GAMBAR 3.1
PEMODELAN OPTIMASI GUNA LAHAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR PERKOTAAN

3.1.1 Model Penentuan Kawasan Rawan Banjir

Model penentuan kawasan rawan banjir dikembangkan untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab banjir secara umum. Besaran pengaruh masing-masing faktor dinyatakan dalam bentuk angka desimal dengan total jumlah 1. Adapun alur metodologi pengembangan model dapat digambarkan dalam Gambar 3.2 Kerangka Model Penentuan Kawasan Rawan Banjir berikut ini.



GAMBAR 3.2
KERANGKA MODEL PENENTUAN KAWASAN RAWAN BANJIR

- a. Komponen lahan utama yang dipertimbangkan adalah bentuk lahan dan penggunaan lahan. Identifikasi karakteristik biogeofisik bentuk lahan didasarkan pada kelas ketinggian, kelerengan, curah hujan, Zona rawan luapan, dan jenis tanah.
- b. Pemetaan dilakukan melalui teknik tumpang susun peta-peta tematik komponen lahan utama dengan SIG.
- c. Kelas kerentanan banjir pada suatu kawasan dihasilkan melalui proses penilaian total skor dari ke-6 faktor, dimana total skor dengan rata-rata 5 adalah kawasan yang paling rawan, sedangkan rata-rata skor 1 adalah kawasan paling aman.
- d. Output yang dihasilkan dari analisis ini adalah (1) Faktor-faktor pendorong banjir dan besarnya pengaruh dalam menentukan kerawanan banjir (2) peta sebaran dan kelas

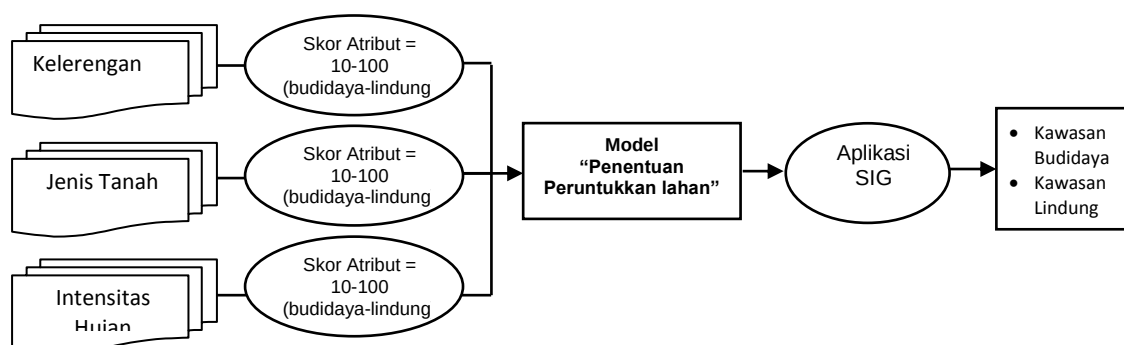
rawan banjir berdasarkan karakteristik geofisik komponen lahan utama dan (2) tabel luasan masing-masing kelas rawan banjir.

3.1.2 Model Penentuan Peruntukkan Lahan

Model penentuan peruntukkan lahan yang digunakan adalah model baku yang sudah ada (*given*), yaitu model penentuan peruntukkan lahan dari *SK Menteri Pertanian Nomor 837/Kpts/Um/11/1980*. Peruntukkan lahan tersebut mempertimbangkan aspek fisik alam sebagai faktor utama untuk merekomendasikan arahan pemanfaatan lahan pada suatu kawasan.

Adapun alur metodologi penentuan peruntukkan lahan adalah sebagai berikut;

- a. Analisis peruntukkan lahan mencakup faktor kelerengan lahan, jenis tanah dan intensitas hujan.
 - Peruntukkan lahan terbagi menjadi dua kawasan yaitu kawasan budidaya dan kawasan lindung.
 - Masing-masing peta tematik (kelerengan, jenis tanah, dan curah hujan) ditentukan nilai skor per kawasan. Kemudian dilakukan proses tumpang susun untuk menentukan jumlah nilai skornya. Apabila jumlah nilai skornya ≥ 175 , maka kawasan tersebut masuk ke dalam kriteria kawasan hutan lindung. Skor 125 – 175 merupakan peruntukkan lahan konservasi atau cadangan hutan lindung. Sedangkan total skor < 125 merupakan peruntukan kawasan budidaya.
 - Output yang dihasilkan dari analisis ini adalah peruntukkan lahan yang digunakan untuk mengetahui guna lahan eksisting yang tidak sesuai, sehingga dipertimbangkan sebagai kawasan yang akan dilakukan konversi. Gambar 3.2 berikut ini memperlihatkan alur penentuan peruntukkan lahan.



GAMBAR 3.3
KERANGKA MODEL PENENTUAN PERUNTUKKAN LAHAN

3.1.3 Model Hidrologi Untuk Mengkaji Pengaruh Guna Lahan Terhadap Kerentanan Banjir

Pengaruh guna lahan dinyatakan dalam nilai koefisien limpasan permukaan dengan ketentuan < 0.5 atau $< 50\%$ merupakan kategori limpasan permukaan kecil, sedangkan > 0.5 atau $> 50\%$ adalah kategori nilai limpasan permukaan besar. Penggunaan nilai limpasan permukaan tersebut diuji dalam perhitungan nilai debit (Q) suatu DAS, sehingga debit yang dihasilkan adalah sesuai dengan keadaan di lapangan. Adapun alur metodologi kajian penggunaan lahan pada kawasan rawan banjir adalah sebagai berikut.

- a. Dampak penggunaan lahan eksisting terhadap potensi banjir suatu wilayah dilihat dari nilai debit yang dihasilkan oleh proporsi guna lahan yang ada, dengan input data kelerengan, jenis tanah, panjang sungai dan intensitas hujan rata-rata.
- b. Debit banjir suatu guna lahan DAS dapat diperoleh dari hasil analisis hidrologi. Faktor penggunaan lahan memiliki peran penting dalam perhitungan analisis hidrologi, termasuk untuk menghitung koefisien limpasan permukaan (C).
- c. Menghitung debit puncak (Q) masing-masing sub sub-DAS Karangmumus dengan menggunakan bantuan program HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre – Hydrologic Modeling System*)
- d. Output yang dihasilkan dari analisis ini adalah (1) debit banjir yang didasarkan pada besaran koefisien aliran permukaan dan (2) koefisien lapangan (wilayah studi) yang menjadi input dalam model.

3.1.4 Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir

Proporsi guna lahan yang optimal dapat meminimalisir banjir yang terjadi. Optimalisasi lahan tersebut dapat dilakukan dengan mengaplikasikan *software* HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centre – River Analyst System*) sebagai alat untuk mempermudah prosesnya. Adapun alur kajian proporsi bentuk penggunaan lahan yang optimal untuk pengendalian banjir adalah sebagai berikut;

- a. Mengkaji nilai debit (Q) yang dihasilkan oleh guna lahan eksisting.
- b. Mengidentifikasi kapasitas sungai, apakah kapasitasnya dapat menampung debit banjir yang dihasilkan oleh guna lahan eksisting.
- c. Merekayasa proporsi guna lahan agar debit yang dihasilkan tidak lebih atau sama dengan kapasitas penampung banjir yang ada.
- d. Identifikasi lahan yang perlu dikonversi ke bentuk guna lahan yang memiliki nilai limpasan permukaan kecil jika memungkinkan dengan mempertimbangkan kawasan rawan banjir dan arahan peruntukkan lahan.

- e. Hasil yang ingin dicapai berupa optimasi guna lahan yaitu dengan diketahuinya proporsi masing-masing jenis penggunaan lahan secara optimal untuk pengendalian banjir. Konversi lahan untuk menekan debit banjir tersebut mempertimbangkan peruntukkan lahan, sehingga dapat diketahui pula apakah peruntukkan lahan yang ideal sesuai kemampuan fisik alam dapat mengendalikan banjir.

3.2 Kebutuhan Data Model

3.2.1 Teknik Survei

Survei dilakukan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam proses analisis dan validasi. Pengumpulan data untuk analisis lebih bersifat pada data skunder, sedangkan data primer lebih bersifat sebagai alat untuk validasi (*cross check*) antara data skunder dengan kondisi sebenarnya. Secara tekniknya, survei dibagi menjadi survei primer dan survei skunder.

a. Survei primer

Survei primer dilakukan dengan observasi visual, meliputi pengambilan gambar foto pada lokasi objek studi yang meliputi foto kondisi sungai, DAS, Sub-DAS, kondisi fisik lahan dan pemanfaatan lahan yang ada. Selain secara visual juga pengambilan titik lokasi banjir dengan GPS sebagai bahan untuk evaluasi.

b. Survei Sekunder

Survei sekunder meliputi pengumpulan data berupa literatur melalui instansi-instansi yang terkait dengan faktor banjir, yaitu BAPPEDA. Adapun data yang dibutuhkan meliputi peta dan deskripsi mengenai pemanfaatan lahan yang ada di Kota Samarinda.

3.2.2 Data Spasial dan Non-Spasial

Untuk mempermudah pengumpulan data, maka disusun Tabel III.1, baik data spasial maupun non-spasial. Tujuan dari dibuatnya tabel kebutuhan data adalah agar data yang didapatkan lebih terstruktur dan sistematis sehingga sesuai dengan yang diharapkan dan dapat dipergunakan untuk input analisis. Selain itu juga untuk mempermudah identifikasi data manakala terjadi kekurangan data (data yang dicari tidak tersedia). Kekurangan data yang ada dipenuhi dengan menganalisis sendiri untuk mendapatkan data yang dibutuhkan, dengan memperhatikan kondisi lapangan.

TABEL III.1
KEBUTUHAN DATA

NO	URAIAN	VARIABEL	ATRIBUT	JENIS DATA	SUMBER
1	Fisik Dasar Lahan				
	▪ Identifikasi kondisi fisik dasar lahan	Topografi (kelerengan)	• Datar • Landai • Agak curam • Curam • Sangat curam	Peta Deskripsi	BAPPEDA
		Klimatologi (curah hujan)	• <2000 mm/th • 2000-3000 mm/th • >3000 mm/th	Peta Deskripsi	
		Jenis tanah	• Alluvial • Latosol • Grumosol • Regosol • Podsolik	Peta Deskripsi	
		Kontur / ketinggian	• Titik ketinggian	Peta	
		Sungai	• Di dalam buffer • Di luar buffer	Peta Deskripsi	
2	Penggunaan Lahan Eksisting				
	▪ Identifikasi kondisi penggunaan lahan	Guna lahan eksisting (luas lahan menurut jenis penggunaan)	• Permukiman • Industri • Pertanian • Hutan • Tegalan • Pertambangan	Peta Deskripsi	BAPPEDA

3.2.3 Bahan Penelitian

Bahan penelitian berupa data peta dan angka yang digunakan yaitu;

a. Citra penginderaan jauh digital (Ikonos)

Citra/foto udara Wilayah Samarinda digunakan untuk *cross check* data sekunder yang ada. Data citra yang digunakan adalah kondisi terkini yang mampu merepresentasikan keadaan eksisting.

b. Peta Rupa Bumi Indonesia

Peta rupa bumi digunakan untuk identifikasi peta dasar seperti morfologi dan geologi wilayah. Data elevasi/ketinggian sangat diperlukan sebagai dasar untuk pembuatan peta morfologi wilayah.

c. Peta Guna Lahan

Peta guna lahan merupakan data yang sifatnya dinamis, karena terus mengalami perkembangan sehingga keberadaanya harus selalu diperbarui. Klasifikasi guna lahan yang diperlukan sebagai input model adalah hutan, tegalan, pertanian, pertambangan, industri dan permukiman (rumah-pekarangan, pertokoan, perdagangan dan pariwisata).

d. Data fisik sungai, hujan, dan stasiun hujan

Data fisik sungai seperti jumlah sungai, panjang sungai, lebar sungai dan waktu pasang surut sungai sangat diperlukan untuk analisis kebutuhan model. Sedangkan data hujan dan stasiun hujan diperlukan dalam analisis hidrologi sebagai input untuk model matematis maupun spasial.

3.2.4 Alat Penelitian

Alat utama yang digunakan adalah:

- a. Komputer yang mendukung, untuk proses pengolahan citra, digitasi, dan analisis data dalam sistem informasi geografis dengan program *ArcView 3.3*, *HEC-HMS* dan *HEC-RAS*. *Arc View 3.3* digunakan untuk model spasial yang mencakup data peta dan tabel informasinya, sedangkan *HEC-HMS* digunakan untuk analisis hidrologi untuk menentukan pengaruh guna lahan dalam bentuk nilai limpasan permukaan (koefisien) dan selanjutnya menjadi input *HEC-RAS* untuk menentukan kapasitas sungai terhadap debit (Q) yang dihasilkan guna lahan.
- b. GPS (*Global Positioning System*) untuk *cross check* data di lapangan mengambil titik-titik koordinat lokasi banjir dan ketinggian kawasan sebagai evaluasi model jika terjadi ketidaksesuaian dengan lapangan.

BAB IV

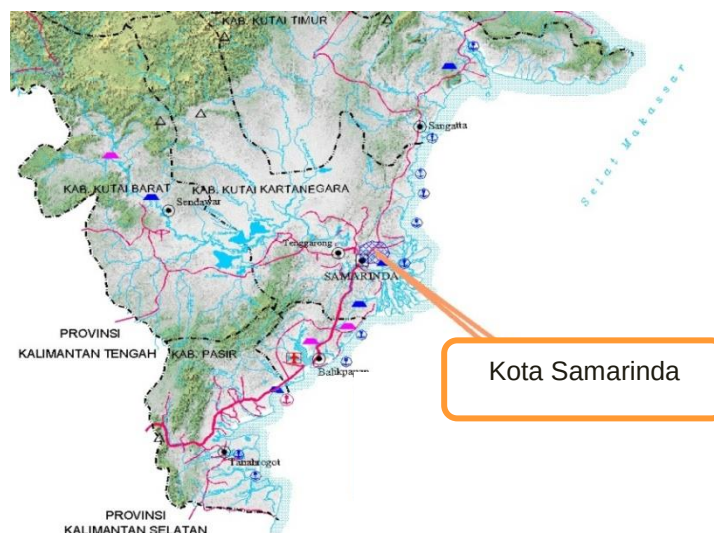
GAMBARAN UMUM

KOTA SAMARINDA DALAM DAS KARANGMUMUS

SEBAGAI WILAYAH STUDI

4.1 Justifikasi Studi Kasus Kota Samarinda

Banjir yang terjadi di Wilayah Indonesia sebagian besar terjadi di Pulau Kalimantan yang mencapai 43% dari luas total banjir keseluruhan di Indonesia. Dapat diartikan bahwa hampir setengah genangan banjir di Indonesia adalah berada di Wilayah Kalimantan. Adapun daerah yang biasa mengalami banjir di Pulau Kalimantan seperti Pontianak, Palangkaraya, Banjarmasin, dan Samarinda. Kota Samarinda merupakan salah satu kota di Propinsi Kalimantan Timur dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



GAMBAR 4.1
KOTA SAMARINDA, PROPINSI KALIMATAN TIMUR

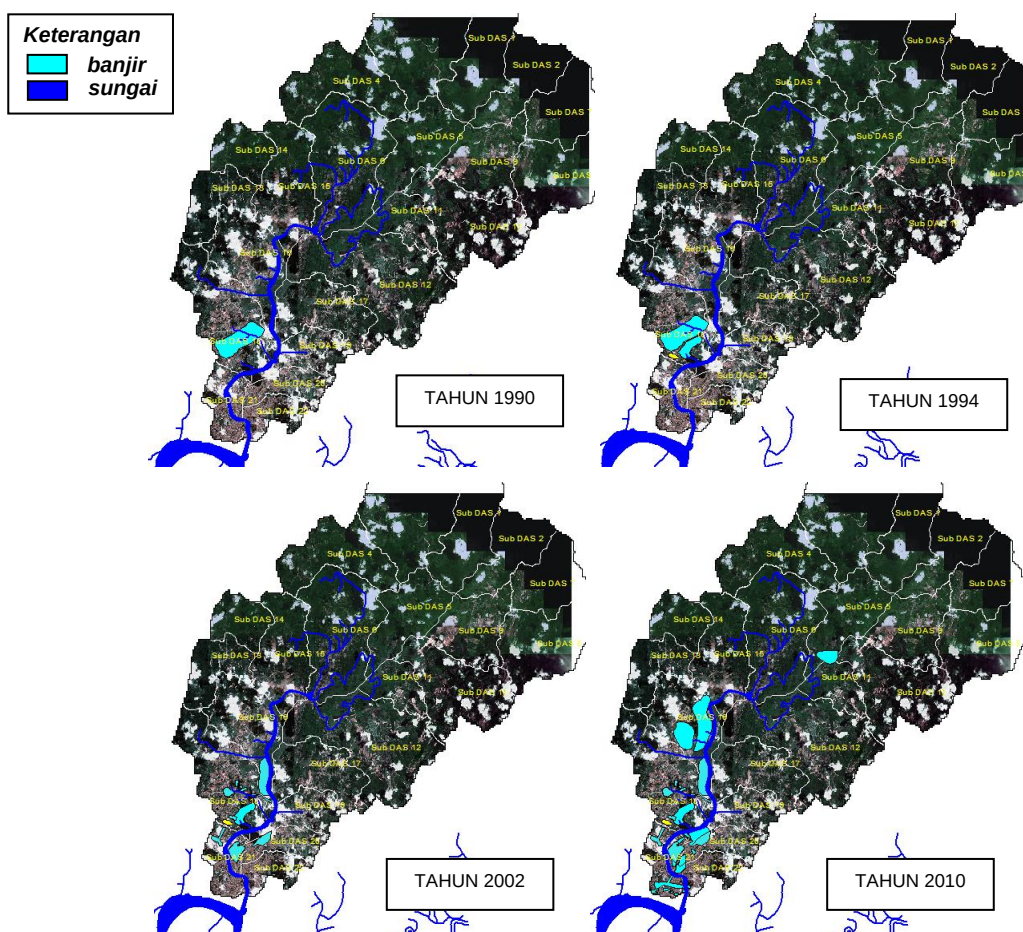
Kejadian banjir di tahun 1998 adalah banjir terbesar terjadi di Samarinda. Tercatat oleh stasiun hujan tertentu, pada waktu itu curah hujan tertinggi tanggal 9 Juni 1998 sebesar 85,0 mm; 26 Desember 1998 sebesar 74,3 mm. Awal November 2008, terjadi banjir di berbagai lokasi Kota Samarinda, pada saat itu tercatat curah hujan 57,5 - 70 mm/hari, dan hujan terjadi sehari-hari (Utomo, 2008).

Kota Samarinda juga dihadapkan pada persoalan perubahan penggunaan lahan karena adanya aktivitas manusia antara lain melalui kegiatan eksploitasi hutan, kegiatan

perladangan berpindah oleh petani tradisional, pertumbuhan industri serta perkembangan penduduk yang sangat cepat.

Penyebab banjir secara alami sulit dilakukan pengendalian, namun penyebab oleh tindakan manusia masih mungkin dilakukan pengendalian. Namun demikian dari sebab tindakan manusia faktor yang paling dominan adalah perubahan tataguna lahan terutama di DAS sebagai penyebab utama banjir dibandingkan dengan faktor lainnya (Kodoatie, 2003).

Luas kawasan genangan/banjir di Kota Samarinda semakin meningkat. Sebagai gambaran kondisi perkembangan kawasan genangan banjir Kota Samarinda (DAS Karangmumus) dari tahun 1990 – 2002 dapat dicermati pada beberapa peta berikut.



GAMBAR 4.2
PERKEMBANGAN SEBARAN KAWASAN BANJIR EKSISTING
DI KOTA SAMARINDA

(Sumber : Dinas Binamarga & Pengairan Kota Samarinda, 2010 yang telah diolah)

Dari beberapa Gambar 4.2 di atas menunjukkan telah terjadi peningkatan luas genangan banjir dalam kurun waktu 12 tahun yang cukup signifikan. Pada Tahun 1990 genangan seluas 81 ha hanya terjadi di seberah utara sungai namun pada Tahun 2002 genangan terjadi baik di utara dan selatan sungai dengan total luasnya mencapai 1.101,40 ha. Dari data Tabel IV.1 dapat diketahui bahwa tingkat (*rate*) pertumbuhan luas genangan air selama 12 tahun adalah 211 % per tahun. Sedangkan lokasi kawasan rawan banjir dapat dilihat pada Tabel IV.2.

TABEL IV.1
PROSENTASE PENINGKATAN GENANGAN BANJIR DI KOTA SAMARINDA

Tahun	Luas Genangan (Ha)	Naik/turun
1990	81,00	-
1994	508,32	528%
1995	563,90	11%
2002	1.101,40	95%
2010	2.200,07	99,7%

Sumber: Dinas Bina Marga dan Pengairan Kota Samarinda, 2007 yang telah diolah

TABEL IV.2
LOKASI BANJIR DI KOTA SAMARINDA

No	Lokasi	Parameter			
		Dalam (m)	Luas (Ha)	Durasi (Jam)	Frekuensi (kali/thn)
1	Vorvo/Jl. Dr. Sutomo	0,40	1,50	2	10
2	Jl. P. Antasari dan Air Putih	0,50	20,00	24	10
3	Simpang 4 Jl. Agus Salim dan Jl. Basuki Rahmat	0,30	0,40	2	10
4	Simpang 4 Jl. Batur dan Jl. Niaga Barat	0,30	0,40	2	10
5	Jl. Mulawarman	0,20	0,50	1	6
6	Komplek Perum Nusantara (Kel. Sei Pinang	0,30	5,00	4	10
7	Komplek Pemuda (Kel. Termindung Permai)	0,60	50,00	36	10
8	Komplek Sentosa (Kel. Sei Pinang Dalam)	0,50	3,00	4	10
9	Simpang 4 Jl. Awang Long BPD	0,60	2,50	4	10
10	Jl. Pemuda - Jl. Remaja (Kel. Sei Pinang Dalam)	0,30	3,00	4	10
11	Kelurahan Air Hitam Simpang4	0,40	5,00	3	10
12	Kelurahan Sempaja Simpang 4	0,65	4,00	10	10
13	Kelurahan Sempaja	0,50	3,00	12	10
14	Perum Pinang Mas (Kelurahan Sempaja)	0,50	3,00	10	10
15	Kelurahan Sempaja	0,30	1,00	6	10
16	Kelurahan Pelita	0,50	5,00	5	10
17	Kelurahan Pelita	0,55	10,00	5	10
18	Kelurahan Sidomulyo	0,45	3,00	2	10
19	Kelurahan Sidomulyo	0,40	6,00	2	10

20	Kelurahan Sidodamai	0,30	2,00	2	10
21	Kelurahan Sidodamai	0,20	0,50	1	10
22	Kelurahan Lempake	1,00	15,00	8	10
23	Kelurahan Sungai Siring	0,50	15,00	4	10
24	Kelurahan Sungai Siring	0,45	150,00	72	10
25	Kelurahan Loa Bahu	0,40	50,00	54	10
26	Kelurahan Loa Bahu	0,20	10,00	4	10
27	Kelurahan Karang Asam	0,40	5,00	4	10
28	Kelurahan Loa Bakung	0,80	100,00	5	10
29	Kelurahan Loa Bakung	0,45	50,00	4	10
30	Jl. Pramuka (Kelurahan G. Kelua)	0,15	6,00	3	10
	JUMLAH	-	529,80	-	-

Sumber: Dinas Bina Marga & Pengairan Kota Samarinda, 2007

4.2 Faktor Alamiah Penyebab Banjir di Kota Samarinda

Banjir secara alamiah dapat terjadi karena pengaruh dari iklim, pengaruh fisiografi, geologi, sedimentasi sungai, drainase dataran banjir yang tidak memadai serta pengaruh pasang surut. Kondisi sungai-sungai khususnya di Pulau Kalimantan berbeda dengan kondisi di Pulau Jawa. Menurut Kodoatie dan Sjarief (2008), luas DAS yang mencapai puluhan ribu km² menyebabkan pemecahan atau solusi penanganan banjir lebih sulit daripada di Jawa, dan bahkan tidak mungkin selama eksploitasi hutan terus dilakukan. Berikut ini akan dijelaskan penyebab banjir secara alamiah di Kota Samarinda.

4.2.1 Iklim

Kota Samarinda merupakan salah satu kota yang mempunyai posisi dekat dengan garis ekuator/khatulistiwa sehingga kondisi musim yang terjadi tidak berbeda dengan daerah lain di Indonesia. Berdasarkan Schmidh dan Fergusson, tipe hujan di Kota Samarinda dan sekitarnya adalah tipe Af yang berarti tropika basah. Berdasarkan kondisi yang ada tersebut di atas terindikasi bahwa wilayah Kota Samarinda mempunyai rerata hujan yang cukup tinggi. Kota Samarinda dan sekitarnya memiliki curah hujan yang tinggi dan hampir merata sepanjang tahun dengan rerata tahunan sebesar 2120 mm/th atau rerata bulanan 176,7 mm (data curah hujan stasiun meteorologi Temindung Samarinda 1978-2000, 2001 dalam Darma, 2003).

Dari hasil penelitian Darma (2003) diketahui bahwa curah hujan tinggi mulai bulan November, tetapi sebagian besar dari hujan digunakan untuk menaikkan kekurangan kelembaban tanah yang terjadi pada bulan-bulan sebelumnya (Juli, Agustus, September, dan Oktober). Setelah itu baru pada bulan berikutnya (Desember) setelah kekurangan kelembaban tanah terpenuhi barulah ada kelebihan air tanah sebesar 66,6 mm. Pori-pori

[illegible]

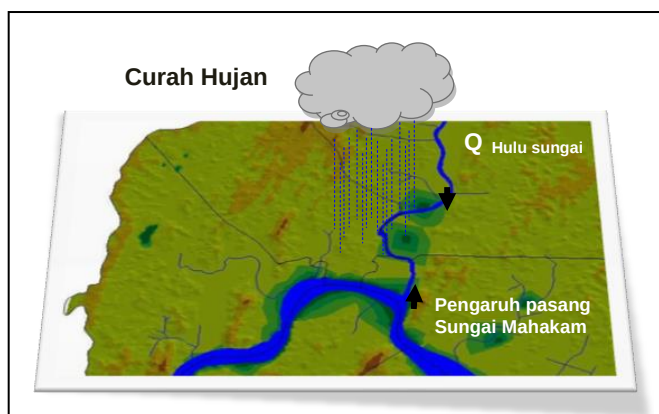
GAMBAR 4.3
PETA ISOHYET RERATA CURAH HUJAN KOTA SAMARINDA
(Sumber : Hasil Analisis, 2012)

Peta isohyet rerata curah hujan dibuat dengan menggunakan metode interpolasi titik-titik stasiun hujan yang mencakup nilai curah hujan di dalamnya. Tiap stasiun hujan memiliki data hujan yang beragam, mulai dari 90 mm/hari sampai dengan 150 mm/hari. Data curah hujan tersebut merupakan data curah hujan maksimum pada stasiun hujan yang dirata-ratakan dari tahun 1995 sampai dengan 2009.

Di lain sisi, kapasitas beberapa anak sungai seperti Sungai Karangmumus itu sendiri sudah semakin berkurang akibat dari adanya sedimentasi. Sedimentasi tersebut terjadi baik secara alamiah, maupun akibat perbuatan manusia seperti pembuatan rumah-rumah di bantaran sungai dan aktifitas penambangan. Sebagian besar bantaran Sungai Karangmumus sudah merupakan kawasan permukiman dan bangunan lainnya dan prosentasenya terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut jelas mengurangi kapasitas sungai yang pada dasarnya memang sudah tidak lagi dapat menampung debit air hujan DAS maupun saat terjadi pasang Sungai Mahakam.

Akibat dari kapasitas Sungai Karangmumus yang semakin berkurang, maka pada saat terjadi hujan di daerah hulu, beberapa kawasan di dataran rendah sekitar sungai berpotensi tergenang luapan air sungai. Terlebih lagi bila terjadi hujan besar, maka debit puncak yang ada semakin tak tertampung oleh kapasitas sungai dan berpotensi menimbulkan genangan dalam waktu cukup lama.

Banjir/genangan di Kota Samarinda berasal dari 3 (tiga) sumber, yaitu curah hujan setempat, debit aliran dari hulu sungai, dan air pasang Sungai Mahakam. Ketiga faktor tersebut akan digunakan dalam menentukan debit puncak (Q), sebagai variabel dalam menentukan optimasi tata guna lahan. Gambaran dari ketiga faktor hidrologi tersebut dapat dilihat dalam Gambar 4.4 berikut ini.

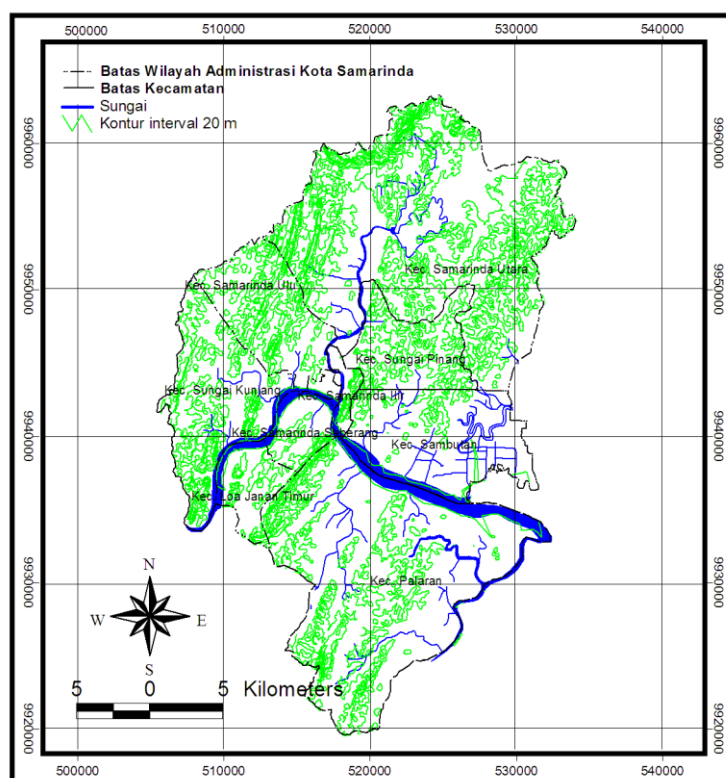


GAMBAR 4.4
SUMBER BANJIR/GENANGAN DI KOTA SAMARINDA
 (Sumber: Hasil analisis penyusun)

4.2.2 Pengaruh Fisiografi

Fisiografi digunakan untuk menunjukkan bentuk permukaan bumi berdasarkan faktor dan proses pembentukkannya. Proses ini dianggap sebagai pemberi ciri suatu satuan fisiografi. Berdasarkan kondisi fisiografinya, kelompok daerah rawa di Kota Samarinda, yakni daerah dataran rendah yang selalu dipengaruhi air hujan akan mengalami banjir dengan bentuk wilayah datar yang variasi ketinggiannya ± 1 meter.

Pada umumnya perkembangan wilayah di Pulau Kalimantan berada di tepian sungai, dimana daerah ini relatif datar. Kondisi morfologi setiap sungai di Pulau Kalimantan pada umumnya mempunyai kemiringan dasar sungai cukup landai, sungai-sungainya lebih panjang dan daerah pengalirannya lebih luas. Beberapa sungai yang mengalir di tengah Kota Samarinda adalah sungai yang mempunyai kemiringan dasar landai dan banyak terjadi meandering. Selain kondisi morfologi sungai yang demikian secara topografi wilayah Kota Samarinda terutama daerah yang berkembang berada pada dataran (*plain*) dimana daerah-daerah ini berada diantara perbukitan, sehingga limpasan air dari perbukitan tersebut akan terkonsentrasi mengalir pada daerah datar tersebut.



GAMBAR 4.5
PETA KONTUR KOTA SAMARINDA
 (Sumber: Interpretasi Citra Ikonos, 2010)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan kontur Kota Samarinda dengan interval 50m yang dapat diartikan bahwa jarak antar masing-masing garis kontur adalah sebesar 50m pada kondisi sebenarnya di lapangan. Berdasarkan peta kontur dengan interval 50m Kota Samarinda, dapat diketahui bahwa Kota Samarinda memiliki jarak kontur yang renggang. Jarak kontur yang renggang tersebut dapat diartikan memiliki kelerengan yang rata-rata datar sampai dengan landai. Pada sepanjang koridor Sungai Mahakam dan sub-DAS Karangmumus memiliki jarak kontur yang renggang (rata-rata datar) dimana memiliki potensi untuk terjadinya genangan. Sedangkan kawasan yang memiliki kontur rapat (bergelombang sampai dengan curam) hanya sedikit yaitu pada wilayah bagian utara Kota Samarinda. Pada kawasan tersebut relatif aman dari potensi terjadinya genangan banjir.

4.2.3 Jenis Tanah

Sebagian besar jenis-jenis tanah di Kota Samarinda terdiri dari podsolik (ultisol) dan alluvial (entisol). Luas jenis tanah dan penyebarannya di Kota Samarinda dapat disajikan pada Tabel IV.3 berikut ini.

TABEL IV.3
JENIS TANAH DI KOTA SAMARINDA

No	Jenis Tanah	Luas (Ha)	(%)
1	Alluvial	23.799,19	33,15%
2	Podsolik	48.000,81	66,85%
	Jumlah	71.800	100%

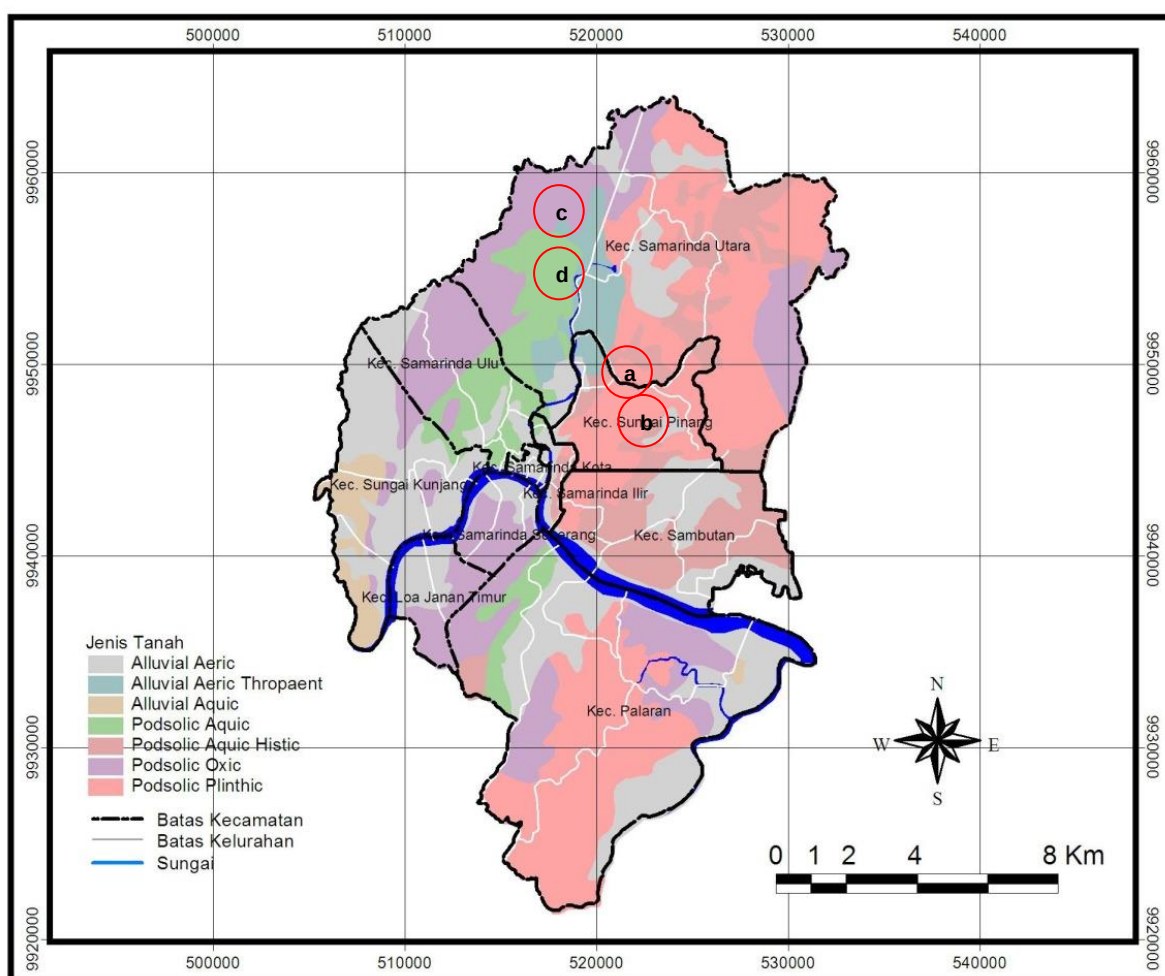
Sumber: BPN Kota Samarinda

Tanah Podsolik (Ultisol) merupakan jenis tanah yang arealnya terluas di Kota Samarinda dan masih tersedia untuk dikembangkan sebagai daerah pertanian. Tanah podsolik bersifat agak sukar menyerap air sehingga bersifat melimpahkan air permukaan apabila merupakan kawasan dataran tinggi, warnanya kuning, merah sampai dengan cokelat serta memiliki tekstur lempung. Pada umumnya tanah ini memiliki iklim basah dan berada di daerah pegunungan atau dataran dengan kelerengan tinggi.

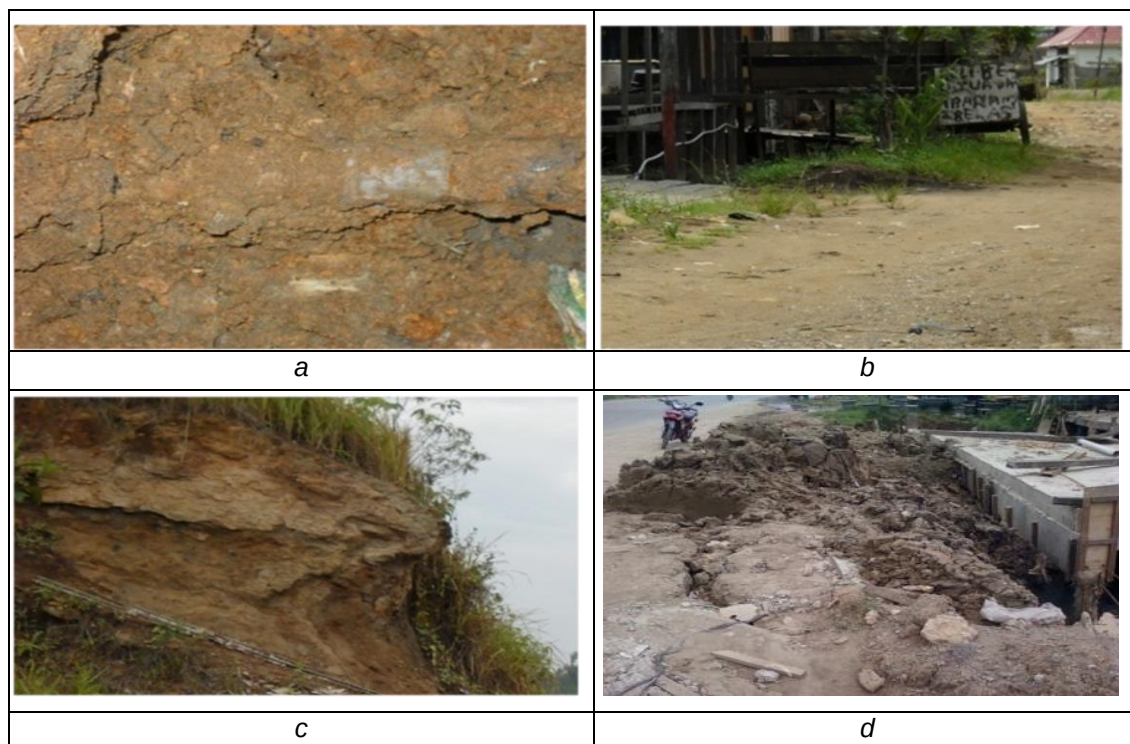
Jenis tanah Aluvial juga mendominasi sebagian wilayah Kota Samarinda. Sarief (1987) menyatakan bahwa tanah Aluvial berwarna kelabu sampai kecoklat-coklatan. Tekstur tanahnya liat atau liat berpasir, mempunyai konsistensi keras waktu kering dan teguh pada waktu lembab. Jenis tanah ini biasanya berada pada kawasan muara sungai

karena merupakan hasil endapan. Tanah aluvial memiliki sifat mudah menyerap air jika dibandingkan dengan tanah Podsolik.

Terkait dengan permasalahan banjir, akibat sifatnya yang mudah menyerap air, maka keberadaan jenis tanah Aluvial pada yang biasanya terdapat pada kawasan dataran rendah dapat mengurangi potensi rawan banjir/genangan. Selain itu juga dapat mengurangi lamanya waktu banjir/genangan karena daya serap tanah tinggi dengan ketentuan tanah belum jenuh air. Sebaran wilayah Kota Samarinda berdasarkan jenis tanah dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 4.6, sedangkan foto permukaan tanah yang diambil pada beberapa lokasi di Kota Samarinda dapat dilihat pada Gambar 4.7



GAMBAR 4.6
PETA JENIS TANAH KOTA SAMARINDA
 (Sumber: BPN Kota Samarinda)



GAMBAR 4.7
FOTO PERMUKAAN TANAH DI KOTA SAMARINDA

4.2.4 Pengaruh Air Pasang

Aspek lainnya yang menyebabkan banjir di Kota Samarinda adalah pasang surut air laut dan naik turunnya permukaan air Sungai Mahakam. Pasang surut air laut dan naiknya permukaan air Sungai Mahakam dapat terjadi bersamaan sehingga banjir yang ditimbulkannya lebih luas sebarannya, lebih dalam genangannya dan lebih lama waktunya (Darma, 2003).

Pasang air laut juga mempunyai efek yang berarti pada masalah banjir, khususnya jika puncak banjir bersamaan dengan air pasang tinggi. Pasang Sungai Mahakam sangat berpengaruh terhadap kelancaran aliran anak-anak sungainya dimana terdapat beberapa anak Sungai Mahakam yang berada di Kota Samarinda seperti Sungai Karangmumus Sungai Karang Asam Besar dan Karang Asam Kecil, Sungai Loa Bakung, Sungai Sambutan dan sungai-sungai yang lain. Elevasi pasang naik Sungai Mahakam tertinggi mencapai 1,68 mdpl. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kelancaran anak Sungai Mahakam dan saluran-saluran drainase yang pada umumnya di wilayah Samarinda mempunyai kemiringan dasar saluran yang landai. Kondisi ini mempunyai efek pada masalah banjir Kota Samarinda.

4.3 Faktor Tindakan Manusia

Tindakan manusia dalam memenuhi kebutuhan untuk aktifitasnya seringkali menyebabkan permasalahan lingkungan. Permasalahan ini muncul sebagai akibat dari pesatnya perkembangan kota sebagai dampak dari urbanisasi yang dialami Kota Samarinda yaitu:

4.3.1 Perubahan Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Di tengah kota Samarinda melintas sebuah sungai yang sangat besar yaitu Sungai Mahakam yang mempunyai daerah aliran sungai $\pm 72.000 \text{ Km}^2$. Sungai Mahakam ini membentang dari barat sampai ke timur dan bermuara di Selat Makasar. Aliran Sungai Mahakam sampai dengan wilayah Kota Samarinda sangat dipengaruhi oleh adanya pasang surut air laut Selat Makasar.

Seperti umumnya kota yang berada di dekat pantai dimana terdapat sungai yang melintasi kota, permasalahan banjir merupakan permasalahan utama yang perlu mendapatkan penanganan segera. Terpengaruhnya aliran sungai akibat pasang surut air laut ini akan sangat mengganggu kelancaran sistem drainase kota yang ada. Beberapa anak Sungai Mahakam yang berada di Kota Samarinda dan terganggu kelancarannya akibat pasang surut Sungai Mahakam antara lain:

- a. Sungai Karangmumus dengan luas DAS 320 km^2
- b. Sungai Karangasam Kecil dengan luas DAS $16,9 \text{ km}^2$
- c. Sungai Karangasam Besar dengan luas DAS $58,7 \text{ km}^2$
- d. Sungai Loa Bakung dengan luas DAS 14 km^2

Banyak pemukiman yang didirikan penduduk di bibir sungai bahkan sudah masuk pada daerah alur sungai. Secara umum kondisi alur Sungai Karangmumus, Karangasam Kecil, Karangasam Besar, dan Loa Bakung banyak yang berkelok-kelok (*Meander*). Selain itu juga banyak anak sungai yang dangkal akibat sedimentasi sehingga mengurangi kemiringan dasar sungai. Karakteristik alur sungai yang berkelok-kelok dan dangkal ini sangat tidak menguntungkan secara hidrolika dalam penanganan permasalahan banjir.

Perubahan DAS seperti penggundulan hutan, pembukaan lahan untuk penyediaan lahan usaha (pertanian, perkebunan, pertambangan dan penyediaan lahan untuk pemukiman dapat memperburuk masalah banjir yang ditandai dengan meningkatnya debit banjir. Perubahan dari hutan menjadi lahan pertanian dapat menimbulkan sedimentasi dan hilangnya daya resap lahan akibat tidak adanya vegetasi penutup lahan. Pembukaan lahan pertambangan batubara di beberapa lokasi perbukitan juga menyebabkan hilangnya vegetasi penutup lahan. Selain terjadi limpasan sesaat yang cukup tinggi bila

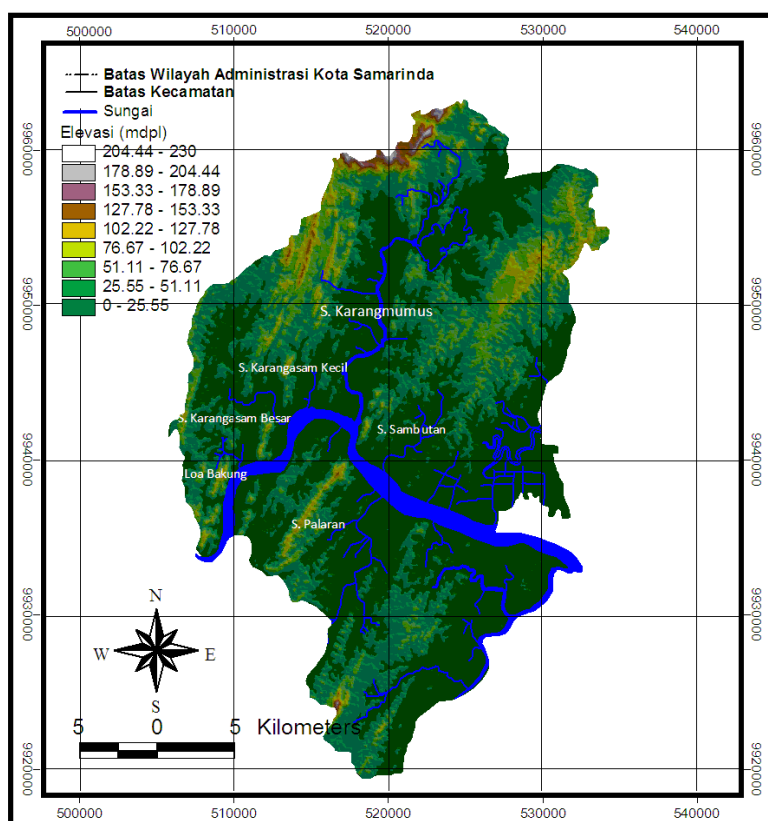
hujan turun juga sedimentasi akibat pembukaan lahan (*land clearing*), sehingga akan menambah beban sedimen baik di sungai maupun pada saluran drainase.

Sebagai contoh, luas badan air yang berupa rawa telah mengalami penurunan. Pada tahun 1998 luas rawa adalah 730,00 ha, namun pada tahun 1998 mengalami penyusutan menjadi 675,66 ha. Berarti dalam terjadi penurunan luas sebesar 8,04% selama 6 tahun atau 1.34% per tahun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel IV.4 berikut ini.

TABEL IV.4
PERUBAHAN LUAS PERAIRAN DI KOTA SAMARINDA

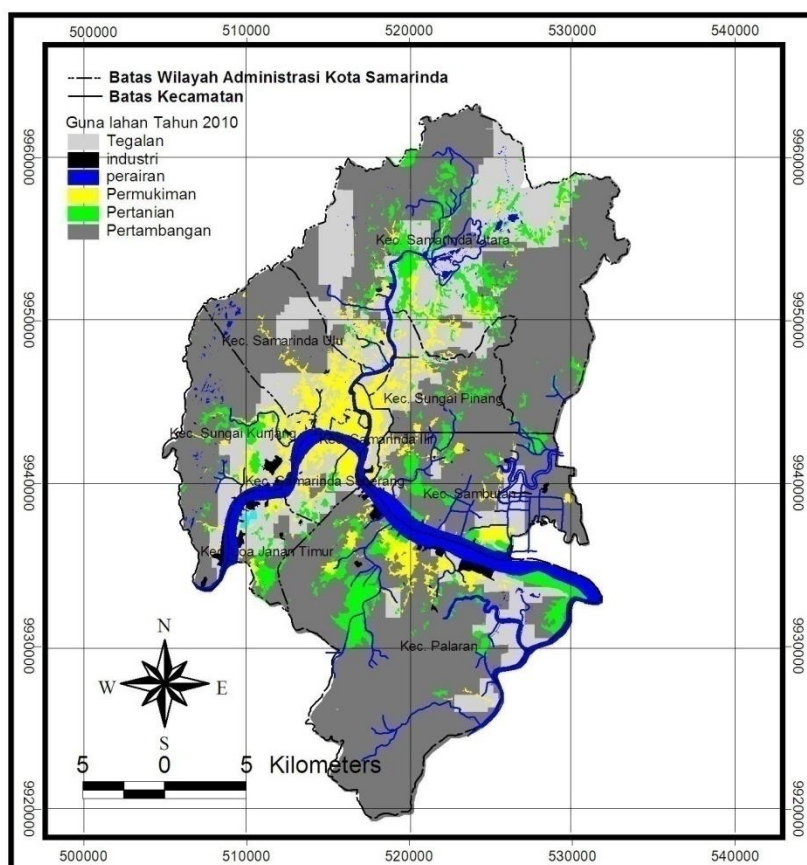
Guna Lahan	Luas (Ha) Th 2002	Luas (Ha) Th 2005	Luas Perubahan
Danau/Waduk	198,33	249,29	50,96
Sungai	3715,14	2952,75	-762,39

Sumber: Hasil analisis penyusun, 2012



GAMBAR 4.8
PETA SEBARAN SUNGAI DI KOTA SAMARINDA
(Sumber: BAPPEDA Kota Samarinda, 2010)

Pada Gambar 4.8 diatas dapat dilihat sebaran sungai di Kota Samarinda. Untuk wilayah Kota Samarinda memiliki 4 (empat) sub DAS yaitu Sub DAS Karangmumus, Sub DAS Karang Asam Besar, sub DAS Karangasam Kecil dan sub DAS Loa Bakung. Beberapa lokasi DAS di Kota Samarinda telah mengalami perubahan. Di daerah hulu DAS Karangmumus, telah dilakukan penambangan batubara. Penambangan ini telah merubah daerah peruntukkan DAS yang semula sebagai perkebunan/ladang menjadi daerah terbuka, sehingga akan sangat mempengaruhi nilai koefisien resapan DAS. Penyediaan lahan untuk permukiman, industri, perkantoran yang tidak terkontrol akan meningkatkan nilai limpasan permukaan dan juga menurunkan daya tampung air di lahan tersebut. Banyak lokasi dalam Kota Samarinda yang pada awal perkembangan kota (tahun 1980-an) merupakan daerah tampungan air sementara saat ini karena tuntutan perluasan kota dan penyediaan lahan untuk pemukiman dan industri menjadi daerah berkembang. Perkembangan penggunaan lahan di Kota Samarinda, dari waktu ke waktu mengalami perubahan, disebabkan karena adanya aktivitas manusia. Berikut dapat dilihat sebaran guna lahan tahun 2010 pada Gambar 4.9 di bawah ini.



GAMBAR 4.9
PETA GUNA LAHAN KOTA SAMARINDA TAHUN 2010
 (Sumber: BAPPEDA dan DISTAMBEN Kota Samarinda, 2010)

Peta kuasa pertambangan yang mencakup kapling-kapling daerah tambang dijadikan sebagai pembaruan untuk peta guna lahan Kota Samarinda, dikarenakan dalam peta guna lahan yang ada belum mencakup daerah-daerah pertambangan dimana pada kondisi di lapangan sudah berjalan penambangan-penambangan batu bara. Namun tidak sepenuhnya daerah kapling merupakan daerah penambangan, karena bisa jadi belum dilakukan aktifitas penambangan walaupun pada nantinya tetap akan dilakukan penggalian. Penambangan dilakukan pada kawasan selain permukiman, pertanian, perkebunan dan kawasan budidaya lainnya.

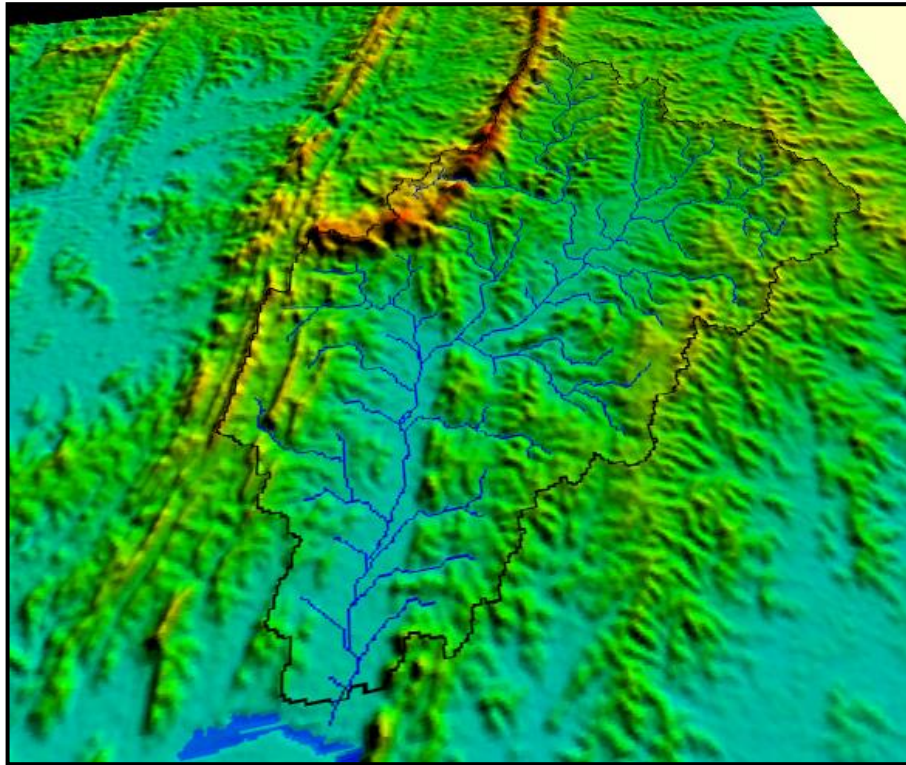
4.3.2 Permukiman dan Kawasan Kumuh

Perumahan kumuh sepanjang alur sungai dapat menjadi penghambat aliran. Rumah-rumah panggung di tepian sungai akan menghambat aliran air di sungai dan mempersempit alur sungai. Sungai Karangmumus, Sungai Karangasam Kecil dan Sungai Karangasam Besar merupakan tiga sungai penting yang memberi kontribusi banjir di wilayah Kota Samarinda. Banyak rumah-rumah panggung di bantaran sungai ini dan ada kecenderungan bertambah. Letak permukiman dengan kepadatan tinggi cenderung memusat di sekitar titik tengah di Kota Samarinda. Rumah-rumah panggung di tepian sungai akan menghambat aliran air di sungai selain mempersempit alur sungai. Banyak rumah panggung di bantaran Sungai Karangmumus, Karangasam Kecil dan Karangasam Besar. Sungai ini memberi kontribusi besar banjir di wilayah Kota Samarinda.

4.4 Profil Sungai Karangmumus

Secara administratif, DAS Karangmumus melintasi kecamatan Samarinda Ulu, Samarinda Utara dan Samarinda Ilir, Kota Samarinda. Secara umum kondisi topografi daerah pengaliran Sungai Karangmumus bergelombang hingga berbukit-bukit dan juga terdapat daerah datar khususnya di alur Sungai Karangmumus yang merupakan daerah perkotaan.

Sungai Karangmumus merupakan anak Sungai Mahakam yang terbesar, dengan memiliki luas DAS sekitar 320 km². Panjang Alur utama Sungai Karangmumus sekitar 40 km dengan dimensi rata-rata lebar 22 m, kedalaman 3-4 m dan level ketinggian muka air 1.40 mdpl. Pada kawasan hulu sungai merupakan kawasan dengan dominasi ketinggian > 100 mdpl, sedangkan pada kawasan muara sungai memiliki ketinggian 0-25 mdpl. Untuk lebih jelas mengenai sebaran sungai dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



GAMBAR 4.10
PETA SEBARAN ANAK SUNGAI KARANGMUMUS

DAS Karangmumus merupakan kawasan DAS kritis di Propinsi Kalimantan Timur. Menurut BPDAS Mahakam Berau (2004), menyatakan bahwa luas lahan kritis di Kota Samarinda mencapai 32.705 ha, sedangkan yang potensial kritis mencapai luasan 9.141 ha. Luas lahan kritis tersebut yang terluas berada pada kawasan Samarinda Utara sebesar 9.106 ha yang merupakan kawasan DAS Karangmumus.