



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMODELAN WILAYAH BANJIR DI KOTA JAMBI

SKRIPSI

M. RIDHWAN

0706265636

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN GEOGRAFI

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMODELAN WILAYAH BANJIR DI KOTA JAMBI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

M. RIDHWAN

0706265636

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN GEOGRAFI

DEPOK

JUNI 2012

i

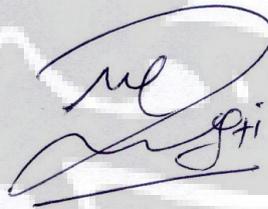
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : M. Ridhwan

NPM : 0706265636

Tanda Tangan :



Tanggal : 19 Juli 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : M. Ridhwan
NPM : 0706265636
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, MS (.....)

Pembimbing : Dr.Ir. Tarsoen Waryono, MS (.....)

Pembimbing : Drs. Sobirin, M.Si (.....)

Penguji : Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si (.....)

Penguji : Adi Wibowo, S.Si, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Juli 2012.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Wr.Wb

Pujian dan rasa syukur tak henti-hentinya dipanjatkan oleh penulis kepada Allah Subhanahuwata'ala, Dzar Esa yang merupakan sebaik-baik Pengatur, Pencipta, dan Maha berkuasa terhadap apa yang ada di langit dan bumi, atas semua yang telah diberikan dan dengan segala kebesaran-Nya. Kenikmatan, keberkahan, pertolongan, kemudahan, begitu banyak diberikan-Nya selama pengerjaan skripsi yang berjudul "Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi" ini.

Penelitian dalam ruang lingkup Hidrologi yang dikembangkan berbasis pemodelan ini belum banyak dikembangkan di Departemen Geografi, maka dari itu penulis sangat mengharapkan akan banyak peneliti-peneliti berikutnya yang akan membahas Hidrologi berbasis pemodelan dengan penelitian yang semakin menarik dan bermanfaat.

Dalam proses pengerjaan tulisan ini, penulis begitu banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada :

1. Bapak Dr.Ir. Tarsoen Waryono, Ms selaku pembimbing 1 yang selalu memberikan dorongan, motivasi, dan semangat dari awal penelitian hingga akhir penelitian.
2. Bapak Drs. Sobirin M.Si selaku pembimbing 2 yang dengan sabar memberikan arahan, ilmu dan dorongan. Tak lupa juga, perhatian perhatian terhadap anak-anak bimbingan yang telah Bapak berikan, menjadikan cambuk bagi kami untuk berusaha melakukan yang terbaik.

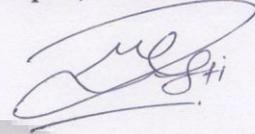
3. Bapak Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, MS selaku penguji 1 dan Bapak Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si selaku penguji 2 yang telah banyak memberikan “pencerahan” dalam penelitian ini, baik dalam bentuk saran maupun kritikan.
4. Seluruh Dosen yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan, semoga ilmu yang penulis dapatkan bisa bermanfaat di kemudian hari.
5. Bapak-ibu tercinta yang selalu memberi tanpa pernah meminta sesuatu pun dari penulis, kakak tersayang Asterlia Fitri yang senantiasa mendukung dan mendoakan. Semoga keluarga kita adalah keluarga yang abadi hingga di syurga nanti.
6. Pemkot Jambi yang membantu penulis dalam perolehan data, tanpa ada kesulitan sedikitpun dan telah banyak membantu penulis mendapatkan data, terima kasih banyak.
7. Teman-teman Geografi 2007, yang telah berjuang bersama, terima kasih atas suasana bahagia dengan gelak tawa dan canda yang telah tercipta. Begitu pun dengan bantuan, do’a, dan dukungan yang sangat terasa, sungguh suatu perjalanan yang sangat berarti.

Khusus untuk sahabat-sahabat tersayang, Dito, Firman, Tiara, Hari, Panja dan Reno, terima kasih untuk semuanya, semoga keakraban ini terus berlanjut tanpa ada batasan apapun.
8. Teman-teman Geografi angkatan 2008 yang telah berjuang bersama dalam proses penelitian ini dan telah banyak membantu hingga selesai.
9. Seluruh keluarga besar Geografi beserta karyawan, terima kasih yang berlipat ganda atas bantuannya.
10. Keluarga besar di Jambi yang telah direpotkan selama penulis melakukan survey, terutama sepupuku Ican yang telah banyak membantu dan menemani, terima kasih banyak.

11. Orang-orang yang selalu memberi do'a, dukungan, dan bantuan tanpa diminta, dan kepada pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, penulis mengucapkan terima kasih atas dukungannya dan semoga Allah SWT dapat membalas kebaikan kalian semua.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Depok, Juni 2012



Penulis



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Ridhwan
NPM : 0706265636
Program Studi : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pemodelan Wilayah banjir di Kota Jambi

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Juli 2012.

Yang Menyatakan



(M. Ridhwan)

ABSTRAK

Nama : M. Ridhwan
Program Studi : Geografi
Judul : Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi

Banjir merupakan salah satu masalah utama yang melanda kota-kota yang berada di pinggir sungai, termasuk Kota Jambi yang berada di hilir Batanghari. Untuk meminimalisasi kerugian akibat banjir, mitigasi bencana banjir melalui pemodelan wilayah banjir menjadi penting. Penelitian ini mengkaji pemodelan spasial di Kota Jambi dengan menggunakan variabel ketinggian tempat, tinggi muka air sungai, curah hujan, koefisien limpasan dan kedalaman banjir. Survei lapang pada 17 lokasi yang hasilnya dikaitkan dengan informasi hasil pengolahan data, selanjutnya dilakukan analisis statistic untuk melihat keterkaitan antar variabel dan pemodelan wilayahg banjir berbasis grid dilakukan dengan menggunakan software ArcGis 9.3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peristiwa banjir di Kota Jambi cenderung meningkat dari tahun 2001 sampai 2005, baik dari segi frekuensi kejadian maupun luas wilayah banjir. Hasil pemodelan banjir di Kota Jambi menunjukkan bahwa wilayah yang sering terendam banjir berada di bagian utara dan timur Kota Jambi dan berada di sepadan sungai. Kota Jambi mulai terendam banjir pada saat tinggi muka air Batanghari mencapai angka 11 m, yang terjadi di Kelurahan Pasir Putih dan Tahtul Yaman. Semakin tinggi muka air Batanghari, semakin luas wilayah yang berpotensi tergenang air.

Kata Kunci : pemodelan spasial, wilayah banjir, Kota Jambi, sistem grid, Batanghari

xiii + 99 halaman; 30 gambar; 17 tabel

Daftar Pustaka :34 (1939-2010)

ABSTRACT

Name : M. Ridhwan
Program Study : Geography
Title : Flood Area Modeling in Jambi City

Floods are one of the main problems that plagued the cities on the shores of the River, including the city of Jambi in Batanghari downstream. To minimize losses due to floods, the disaster mitigation of flooding through the modeling of the region from floods is important. This study examined the spatial modeling in Jambi by using variable high altitude, river water, rainfall, runoff coefficient and depth of flooding. Field surveys at 17 locations that the results related to the information the results of data processing, statistical analysis was then performed to see the relationship between variables and application of grid-based model of flood zones is done using the software ArcGIS. 9.3. Result obtained showed that the incidence of flooding in the city of Jambi is likely to increase from 2001 to 2005, both in terms of frequency of occurrence and level of flooding. The results of modeling of floods in the town of Jambi shows frequently flood areas in northern and eastern cities, and rivers are commensurate Batanghari. Jambi City began under water at high water level reaches 11 m Batanghari, which occurred in the village of Pasir Putih and Tahtul Yaman. If water level of Batanghari showed a high value, the potentially flooded are also larger.

Keywords : spatial modeling, flood area, Jambi City, grid system, Batanghari
xiii + 99 pages; 30 pictures; 17 tables
References : 34 (1939-2010)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PETA	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karakteristik DAS	4
2.2 Struktur Morfologi Sungai	6
2.2.1 Kerapatan Sungai	6
2.2.2 Karakteristik Sistem Sungai	7
2.2.3 Debit Air Sungai	12
2.3 Banjir	12
2.4 Faktor Penyebab Banjir	13
2.5 Pemodelan Spasial	17
2.6 Pemodelan Banjir	18
3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	23
3.2 Pengumpulan Data	23

3.2.1	Jenis Data	23
3.2.2	Teknik Pengumpulan Data	23
3.3	Pengolahan Data	25
3.4	Metode Pendekatan Pengolahan Model Banjir	28
4.	GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN	30
4.1	Luas dan Letak Kota Jambi	30
4.2	Iklim dan Hidrologi	30
4.3	Penggunaan Tanah & Topografi	34
4.4	Sarana dan Prasarana Wilayah	36
4.5	Penduduk Kota Jambi	36
4.6	Banjir di Kota Jambi	37
5.	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1	Kejadian Banjir di Kota Jambi	40
5.1.1	Kejadian Banjir Tahun 2001-2002	40
5.1.2	Kejadian Banjir Tahun 2003	41
5.1.3	Kejadian Banjir Tahun 2004-2005	42
5.1.4	Analisa Kejadian Banjir Berdasarkan Tanggal Kejadian Banjir Pada Stasiun Pantau Banjir	42
5.2	TMA Batanghari Menurut Siklus Banjir	44
5.3	Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi	45
5.4	Wilayah Banjir Menurut TMA Batanghari	48
5.4.1	Banjir Pada TMA Batanghari 11 m	49
5.4.2	Banjir Pada TMA Batanghari 11,5 m	49
5.4.3	Banjir Pada TMA Batanghari 12 m	49
5.4.4	Banjir Pada TMA Batanghari 12,5 m	50
5.4.5	Banjir Pada TMA Batanghari 13 m	51
5.4.6	Banjir Pada TMA Batanghari 13,5 m	51
5.4.7	Banjir Pada TMA Batanghari 14 m	52
5.5	Wilayah Banjir Menurut Curah Hujan Harian	53
5.5.1	Banjir Pada Curah Hujan Harian 100 mm	53
5.5.2	Banjir Pada Curah Hujan Harian 150 mm	53
5.5.3	Banjir Pada Curah Hujan Harian 200 mm	54
5.5.4	Banjir Pada Curah Hujan Harian 250 mm	54
5.5.5	Banjir Pada Curah Hujan Harian 300 mm	55
6.	KESIMPULAN	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Sungai (sungai utama & anak sungai)	7
Gambar 2.2 Profil Das (3D)	9
Gambar 2.3 Turbulensi Arus Sungai	10
Gambar 2.4 Bentuk Sungai Pada Dataran Banjir (flood plain)	11
Gambar 2.5 Dataran Banjir (flood plain)	11
Gambar 2.6 Model Hidrologi dengan Sistem Grid	18
Gambar 3.3 Alur Pikir Penelitian	29

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Koefisien Limpasan	26
Tabel 4.1 Luas Wilayah Kota Jambi Dirinci Perkecamatan	30
Tabel 4.2 Data Iklim Kota Jambi	31
Tabel 4.3 Lokasi Pos Klimatologi (Pasir Putih)	31
Tabel 4.4 Data Temperatur, Kecepatan Angin, Kelembapan dan Penyinaran Sinar Matahari (Pasir Putih)	31
Tabel 4.5 Lokasi Pos Pengamatan Curah Hujan (Sipin Ujung)	32
Tabel 4.6 Data Curah Hujan Bulanan di Pos Pengamatan Sipin Ujung	32
Tabel 4.7 Lokasi Pos Pengamatan Curah Hujan (Pasir Putih)	32
Tabel 4.8 Data Curah Hujan Bulanan di Pos Pengamatan Pasir Putih	33
Tabel 4.9 Nama Sungai di Kota Jambi	33
Tabel 4.10 Nama Danau di Kota Jambi	34
Tabel 4.11 Data Debit Bulanan Kota Jambi	34
Tabel 4.12 Luas Penggunaan Tanah di Kota Jambi	35
Tabel 4.13 Luas Kelas Ketinggian di Kota Jambi	35
Tabel 4.14 Tabel Jumlah, Luas dan Kepadatan Penduduk Tahun 2009	36
Tabel 4.15 Lokasi Banjir di Kota Jambi	38
Tabel 5.1 Kejadian Banjir Tahun 2001-2002 Stasiun Tanggo Rajo	40
Tabel 5.2 Kejadian Banjir Tahun 2003 Stasiun Tanggo Rajo	41
Tabel 5.3 Kejadian Banjir Tahun 2004-2005 Stasiun Tanggo Rajo	42
Tabel 5.4 Analisa Kejadian Banjir Tanggal 23 Januari 2003	43
Tabel 5.5 Analisa Kejadian Banjir Tanggal 31 Desember 2004	43
Tabel 5.6 Tabel Perhitngan Log Pearson	44
Tabel 5.7 Uji Korelasi Bivariate	45
Tabel 5.8 Hasil Regresi Linier	46
Tabel 5.9 Uji Korelasi Bivariate Berdasarkan Curah Hujan dan Tinggi Tempat	47
Tabel 5.10 Hasil Regresi Linier	48
Tabel 5.11 Luas Wilayah Banjir Menurut TMA Batanghari dan Kedalaman Banjir	52
Tabel 5.12 Luas Wilayah Banjir Menurut Curah Hujan Harian dan Kedalaman Banjir	56

DAFTAR PETA

- Peta 1 Peta Administrasi Kota Jambi
- Peta 2 Peta Jaringan Sungai Kota Jambi
- Peta 3 Peta Penggunaan Tanah Kota Jambi
- Peta 4 Peta Lokasi Titik Survei
- Peta 5 Peta Ketinggian Kota Jambi
- Peta 6 Peta Sistem Saluran Drainase Kota Jambi
- Peta 7 Peta Wilayah Genangan Rutin Kota Jambi
- Peta 8 Peta Wilayah Banjir Kota Jambi Tahun 2003
- Peta 9 Peta Wilayah Banjir Kota Jambi Tahun 2006
- Peta 10 Peta Wilayah Banjir Kota Jambi Tahun 2010
- Peta 11 Peta Wilayah Genangan Rutin Tahun 2010
- Peta 12 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 11 Meter
- Peta 13 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 11,5 Meter
- Peta 14 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 12 Meter
- Peta 15 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 12,5 Meter
- Peta 16 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 13 Meter
- Peta 17 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 13,5 Meter
- Peta 18 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Tinggi Muka Air Sungai 14 Meter
- Peta 19 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Curah Hujan Harian 100 mm
- Peta 20 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Curah Hujan Harian 150 mm
- Peta 21 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Curah Hujan Harian 200 mm
- Peta 22 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Curah Hujan Harian 250 mm
- Peta 23 Wilayah Banjir Kota Jambi Saat Curah Hujan Harian 300 mm

LAMPIRAN

- Gambar lampiran data curah hujan Dinas PU tahun 2009
- Gambar lampiran data tinggi muka air sungai stasiun Tanggo Rajo Ancol tahun 2010
- Gambar lampiran data curah hujan stasiun sipin ujung 2010

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan lingkungan yang sering dijumpai di kota-kota besar di Indonesia salah satunya adalah masalah banjir. Setiap tahun masalah banjir selalu terjadi di berbagai kota besar di Indonesia. Hal ini dikarenakan kota-kota besar di Indonesia dilewati oleh sungai-sungai besar, seperti sebagian besar kota-kota di pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan. Kondisi geografis kota yang dilewati sungai besar tersebut pun memicu terjadinya banjir akibat dari meluapnya air sungai.

Banjir adalah fenomena alam sebagai akibat panas matahari dan perputaran bumi yang menggerakkan siklus hidrologi. Pada umumnya kerugian banjir disebabkan karena perbuatan manusia. Banjir sangat dipengaruhi oleh faktor alam berupa curah hujan yang di atas normal. Selain itu faktor manusia juga berperan penting seperti penggunaan lahan yang tidak tepat (pemukiman di daerah bantaran sungai, di daerah resapan, penggundulan hutan, dan sebagainya), pembuangan sampah ke dalam sungai, pembangunan pemukiman di daerah dataran banjir dan sebagainya. Banjir merupakan salah satu masalah utama bagi beberapa kota di Indonesia dan dapat dikatakan sebagai sebuah bencana karena tidak jarang menyebabkan timbul korban.

Secara geomorfologis, Kota Jambi berada di daerah Sub-Cekungan Jambi, yaitu daerah yang sebagian besar wilayahnya berada di dataran rendah. Dilihat dari topografinya, Kota Jambi memiliki ketinggian yang relatif datar, dengan ketinggian antara 2 sampai 80 m dpl. Bagian bergelombang berada di sebelah utara dan selatan Kota Jambi. Sedangkan daerah rawa berada di sepanjang aliran Sungai Batanghari. Batanghari merupakan salah satu sungai terpanjang di Pulau Sumatera. Dengan luas DAS yang mencapai 57.704 Km² dimana memiliki panjang 775 Km dan lebar rata-rata 250 m pada bagian hulu serta 400 m di bagian hilir (*Kepmen PU 39/PRT/1989*). Sungai Batanghari melewati Kota Jambi dan membelah Kota Jambi menjadi dua bagian di sisi utara dan selatan.

Kejadian banjir di Kota Jambi dalam 10 tahun terakhir ini menurut frekuensi dan intensitas kejadian semakin meningkat. Pada tahun 2001 hingga 2005 terjadi kejadian Banjir dengan ketinggian bervariasi antara 1 meter hingga 4 meter. Banjir tersebut terjadi akibat dari meningkatnya volume dan debit air Sungai Batanghari, dengan ketinggian air saat kejadian

banjir mencapai 13,1 meter. Selain kejadian banjir akibat meluapnya Sungai Batanghari, Kota Jambi juga sering dilanda banjir rutin akibat dari tingginya curah hujan. Wilayah-wilayah yang sering dilanda banjir rutin seperti daerah Budiman, Tanjung Sari dan Terminal Pasar (Dinas Pekerjaan Umum Kota Jambi, 2006). Berdasarkan potensi kejadian banjir yang tinggi di kota Jambi maka diperlukan suatu teknologi informasi yang akurat dalam memprediksi kejadian banjir di kota Jambi.

Pesatnya perkembangan teknologi informasi memberikan kemudahan untuk melakukan penelitian terhadap kondisi alam. Data-data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian dapat diperoleh dengan lebih mudah. Kemudahan lainnya juga terjadi dalam proses analisis serta pengambilan keputusan. Dengan pemanfaatan teknologi ini diharapkan lebih banyak lagi hasil penelitian yang bermanfaat untuk diterapkan dalam kehidupan manusia. Salah satu pemanfaatan teknologi informasi adalah untuk melakukan prediksi tinggi banjir banjir sehingga dapat memberikan kemudahan dalam mengantisipasi terjadinya banjir. Dengan menganalisis faktor penyebab banjir dan mencari korelasi antara kedalaman banjir dengan sejumlah variabel sehingga dapat diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model wilayah banjir sebagai prediksi dalam penanggulangan masalah banjir yang ada di kota Jambi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dijabarkan pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diangkat adalah sebagai berikut :

Bagaimana pola sebaran wilayah banjir berdasarkan pemodelan di kota Jambi?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui karakteristik wilayah banjir di Kota Jambi
2. Mengetahui sebaran wilayah banjir yang terdapat di kota Jambi berdasarkan model

Manfaat yang dapat diperoleh dari analisis ini adalah dapat memberikan suatu landasan untuk pengembangan tata ruang kota yang lebih baik sehingga kota Jambi dapat terhindar dari kejadian banjir.

1.4 Batasan Penelitian

1. Banjir adalah air yang melimpas dari badan air baik dari selokan, saluran drainase, sungai yang menggenangi bantaran maupun daerah selama kurun waktu tertentu.
2. Kedalaman banjir adalah kedalaman banjir banjir maksimal yang diukur dari tinggi muka tanah sampai ke puncak tinggi banjir.
3. Penggunaan tanah adalah gambaran tingkat orientasi kehidupan masyarakat di suatu wilayah (Sandy, 1996). Dalam penelitian ini, penggunaan tanah dibatasi pada penggunaan tanah permukiman, industri dan tanah tak terbangun.
4. Model merupakan merepresentasikan realita → mengerti, menggambarkan, atau memprediksi bagaimana suatu fenomena bekerja di dunia nyata.
5. Pemodelan adalah penyederhanaan dari fakta lapangan. Pemodelan spasial adalah penyederhanaan fakta lapangan dengan menggambarkan suatu peristiwa di suatu lokasi atau wilayah, yaitu dengan memetakan hal tersebut.
6. Pemodelan banjir yang dimaksud adalah prediksi wilayah banjir dengan menggunakan metode keruangan dan analisis matematis serta analisis overlay peta sehingga menghasilkan wilayah banjir beserta kedalaman banjir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik DAS

Daerah aliran sungai (DAS) dapat diartikan sebagai kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya ke sungai yang akhirnya bermuara ke danau/laut (Manan, 1979). Lebih lanjut Soeryono (1979) mengungkapkan bahwa DAS merupakan ekosistem yang terdiri dari unsur utama vegetasi, tanah, air dan manusia dengan segala upaya yang dilakukan di dalamnya. Sebagai suatu ekosistem, di DAS terjadi interaksi antara faktor biotik dan fisik yang menggambarkan keseimbangan masukan dan keluran berupa erosi dan sedimentasi. Secara singkat dapat disimpulkan bahwa pengertian DAS adalah sebagai berikut :

- a. Suatu wilayah daratan yang menampung, menyimpan kemudian mengalirkan air hujan ke laut atau danau melalui satu sungai utama.
- b. Suatu daerah aliran sungai yang dipisahkan dengan daerah lain oleh pemisah topografis sehingga dapat dikatakan seluruh wilayah daratan terbagi atas beberapa DAS.
- c. Unsur-unsur utama di dalam suatu DAS adalah sumberdaya alam (tanah, vegetasi dan air) yang merupakan sasaran dan manusia yang merupakan pengguna sumberdaya yang ada.
- d. Unsur utama (sumberdaya alam dan manusia) di DAS membentuk suatu ekosistem dimana peristiwa yang terjadi pada suatu unsur akan mempengaruhi unsur lainnya.

Daerah aliran sungai dapat dibedakan berdasarkan bentuk atau pola dimana bentuk ini akan menentukan pola hidrologi yang ada. Corak atau pola DAS dipengaruhi oleh faktor geomorfologi, topografi dan bentuk wilayah DAS. Sosrodarsono dan Takeda (1977) mengklasifikasikan pola aliran sebagai berikut :

- a. Pola aliran bulu burung. Anak sungainya langsung mengalir ke sungai utama. Pola aliran ini mempunyai debit banjir yang relatif kecil karena waktu tiba yang berbeda.

- b. Pola aliran Radial. Anak sungainya memusat di satu titik secara radial sehingga menyerupai bentuk kipas atau lingkaran. Pola aliran ini memiliki banjir yang relatif besar tetapi relatif tidak lama.
- c. Pola aliran Paralel. Pola Aliran ini mempunyai dua jalur yang bersatu.

Mangundikoro (1985) mengemukakan bahwa Sub-DAS merupakan suatu wilayah kesatuan ekosistem yang terbentuk secara alamiah, air hujan meresap atau mengalir melalui sungai. Manusia dengan aktivitasnya dan sumberdaya tanah, air, flora serta fauna merupakan komponen ekosistem di Sub-DAS yang saling berinteraksi dan berinterdependensi.

DAS juga dapat berarti suatu wilayah ekosistem yang dibatasi oleh pemisah topografi dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpanan dan penyalur air, sedimen, unsur hara dalam sistem sungai dan keluar melalui outlet tunggal. DAS sebagai system hidrologis yang terbuka terdiri dari tiga komponen utama dalam sistem tersebut yaitu input berupa hujan, proses yaitu DAS sebagai pengatur dan output yang berupa aliran permukaan, sedimen dan unsur hara. Karakteristik DAS mempengaruhi debit pengeluaran air dalam suatu sistem sungai. Faktor-faktor pengontrol karakteristik DAS antara lain: faktor geologi, faktor hidrologi dan tataguna lahan. Faktor geologi terdiri dari geomorfologi dan litologi. Faktor geomorfologi terdiri dari sistem sungai (segmen sungai, hubungan antar cabang sungai, panjang sungai, *slope* sungai), system cekungan penyaluran (ukuran cekungan, bentuk cekungan, relief cekungan, tekstur cekungan). Faktor litologi berupa pemunculan mataair dan batuan kedap dan lulus air. Faktor hidrologi berupa distribusi hujan pada DAS dan kapasitas infiltrasi dari tanah.

Pengelolaan DAS dapat dianggap sebagai suatu sistem dengan input manajemen dan input alam untuk menghasilkan barang dan jasa yang diperlukan baik di tempat (*on site*) maupun di luar (*off-site*). Secara ekonomi ini berarti bentuk dari proses produksi dengan biaya ekonomi untuk penggunaan input manajemen dan input alam serta hasil ekonomi berupa nilai dari outputnya (Hulfschmidt, 1985).

Karakteristik DAS dapat memberikan gambaran kondisi hidrologi suatu DAS, sehingga dapat dipergunakan untuk suatu perencanaan dan pengembangan yang benar, agar tidak menimbulkan kerusakan pada DAS.

2.2 Struktur Morfologi Sungai

Permukaan bumi, seperti yang diungkapkan oleh Chorley, et al (1984), secara alami mengalami erosi begitu muncul ke permukaan. Salah satu faktor penting penyebab erosi yang bekerja secara terus menerus untuk mengikis permukaan bumi, hingga sama dengan permukaan laut adalah air.

Air adalah benda cair, yang senantiasa bergerak ke arah tempat yang lebih rendah, yang dipengaruhi oleh gradien sungai dan gaya gravitasi bumi. Menurut Sandy (1985), dalam pergerakannya air selain melarutkan material tanah, juga mengikis bumi, sehingga akhirnya terbentuklah cekungan dimana air tertampung melalui saluran kecil dan atau besar, yang disebut dengan istilah alur sungai (badan sungai). Lebih lanjut dikemukakan bahwa aliran sungai di bagian luarnya dibatasi oleh bagian batuan yang keras yang disebut dengan tanggul sungai.

Saluran air kecil dan atau besar yang saling ketemu membentuk pola aliran sungai tertentu, yang dipengaruhi oleh jenis batuan dan bentuk morfologi medan (Thornbury, 1954). Lebih lanjut Sandy (1985) menyatakan bahwa jenis batuan dan morfologi medan badan sungai, selain mempengaruhi kerapatan aliran sungai, juga dapat mencirikan karakteristik sungai yang meliputi perkembangan profil, pola aliran dan genetis sungainya.

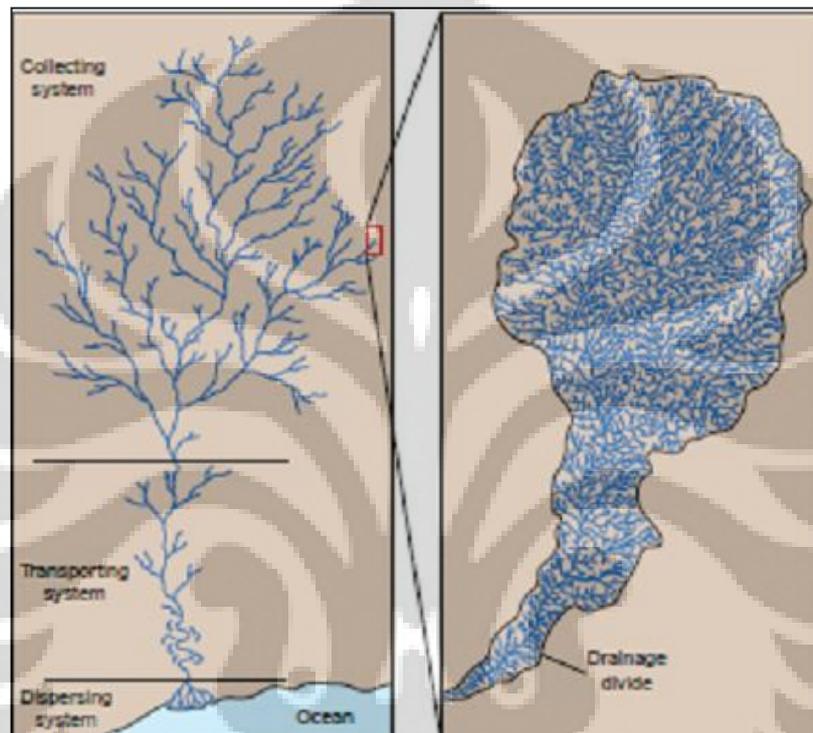
Di daerah yang tersusun oleh batuan intrusif, dengan tekstur kasar, menunjukkan kerapatan aliran sungai yang rendah. Namun sebaliknya pada aliran sungai yang didominasi oleh batuan sedimen, memperlihatkan kerapatan yang tinggi (Sandy, 1985). Struktur morfologi sungai mencakup beberapa bagian salah satunya adalah kerapatan sungai, karakteristik sistem sungai dan debit air sungai.

2.2.1 Kerapatan Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS), seperti yang dikemukakan Sandy (1985) adalah bagian dari muka bumi yang dibatasi oleh topografi dan semua air yang jatuh mengalir kedalam sungai, dan keluar pada satu outlet. Sedangkan kerapatan sungai yang dimaksudkan adalah ratio (perbandingan) jumlah panjang sungai dalam (km) terhadap luas Daerah Aliran Sungai.

2.2.2 Karakteristik Sistem Sungai

Sebuah sistem sungai terdiri dari sungai utama dan anak-anak sungai yang semuanya mengalir ke dalam sungai utama. Hal ini dapat dibagi menjadi tiga subsistem, yaitu (1) sistem pengumpulan, (2) sistem transportasi, (3) dan sistem menyebar/dispersi. Beberapa sungai hanya mengalir ketika musim hujan dan saat hujan berhenti sungai menjadi kering. Sedangkan sungai-sungai di kutub utara beku dalam waktu 2/3 tahun (Hamblin dan Christiansen. 2004).



Sumber : Hamblin dan Christiansen, 2004

Gambar 2.1 Sistem Sungai (Sungai utama & anak sungai)

Karakteristik sungai memberikan gambaran atas profil sungai, pola aliran sungai dan genetis sungai, yang secara rinci diuraikan sebagai berikut;

1. Sistem Pengumpulan

Sungai tidak hanya sebagai saluran alam untuk mengalirkan air tetapi sebagai suatu sistem sungai atau daerah aliran sungai. Sebuah gambaran dari sistem sungai yang digambarkan dalam Gambar menunjukkan bahwa sistem pengumpulan, sistem transportasi, dan sistem menyebar/dispersi dapat diidentifikasi.

2. Sistem Transportasi

Sistem transportasi adalah aliran utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dan sedimen dari hulu DAS ke hilir. Endapan sedimen umumnya terjadi di daerah meander atau sungai yang berkelok-kelok, ketika sungai meluap dan berkumpul maka terjadilah banjir. Erosi, deposisi, dan transportasi terjadi di sebuah sistem DAS tersebut, namun proses utama yang terjadi di sistem DAS tersebut adalah pergerakan air dan sedimen.

3. Sistem Penyebaran

Dalam sistem DAS terjadi proses penyebaran, yaitu sedimen dan air akan tersebar di daerah yang rendah seperti laut, danau atau cekungan kering. Proses utamanya adalah pengendapan sedimen kasar dan penyebaran bahan halus dan air sungai di dalam sebuah area tangkapan (basin).

Keterlibatan dari semua sistem sungai merupakan suatu kesatuan. Dalam sebuah studi mengenai sistem drainase menunjukkan bahwa adanya keterkaitan antara ukuran, gradien, dan profil sungai. Beberapa hubungan yang lebih penting dalam sistem sungai adalah:

1. Jumlah segmen sungai cenderung menurun di daerah hilir;
2. Panjang sungai semakin panjang di daerah hilir;
3. Gradien sungai semakin berkurang di daerah hilir;
4. Saluran sungai semakin meluas di daerah hilir;
5. Ukuran lembah sungai sebanding dengan ukuran dari saluran dan meningkat di daerah hilir;

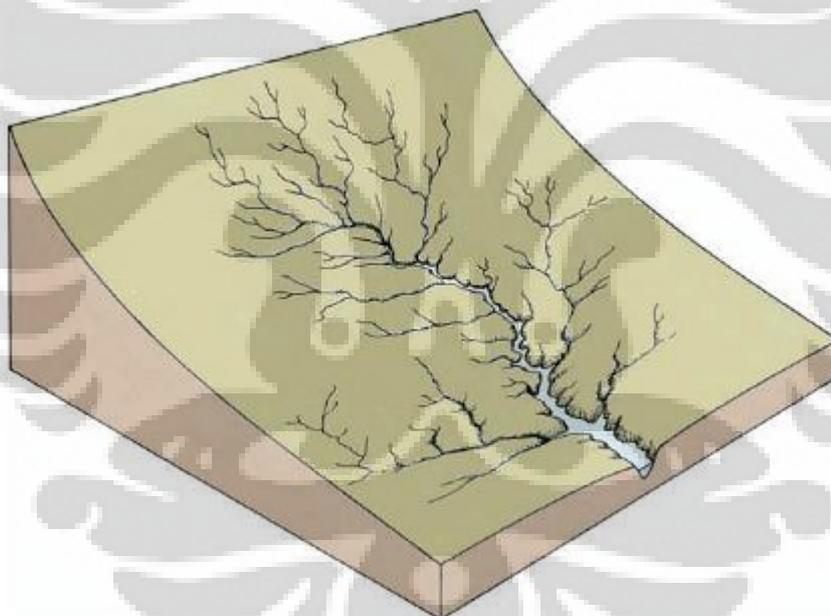
Beberapa faktor yang mempengaruhi arus sungai:

1. Debit, yaitu besarnya jumlah air yang melewati suatu titik tertentu selama selang waktu tertentu (m^3/s).
2. Gradien/ kemiringan sungai. Gradien suatu sungai biasanya curam di bagian hulu dan semakin melandai ke arah hilir. Apabila dibuat penampang melintang

dari hulu ke hilir, maka akan terbentuk sebuah kurva cekung di bagian hulu dan menjadi semakin datar di bagian hilir.

3. Kecepatan aliran sungai. Kecepatan air yang mengalir berbanding lurus dengan gradien sungai, semakin curam gradien maka semakin cepat aliran yang dihasilkan sehingga di daerah pegunungan biasanya memiliki aliran yang cepat. Kecepatan tersebut dapat menurun ketika melewati sebuah danau atau ke laut.

Pada bagian sistem sungai yang lebih rendah memiliki gradien sungai yang sangat landai, hal itu menyebabkan berkurangnya kecepatan aliran sungai dan terkumpulnya sedimen. Akibatnya akan tercipta bentukan-bentukan seperti dataran banjir (floodplain), kipas alluvial, lembah alluvial, dan delta. Berikut ini adalah gambar profil Das menurut Hamblin dan Christiansen, 2004.

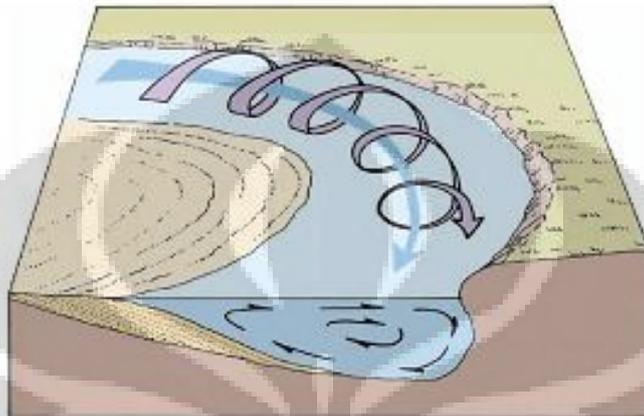


Sumber : Hamblin dan Christiansen, 2004

Gambar 2.2 Profil Das (3D)

Pada daerah rendah cenderung memiliki permukaan datar disebabkan karena sedimen yang mengendap cenderung besar. Terkadang daerah tersebut tertutup oleh air sehingga disebut sebagai dataran banjir. Sungai yang mengalir di dataran banjir memiliki ciri-ciri saluran yang berkeluk-luk atau meander. Bentuk tersebut dapat berubah menjadi semakin berkeluk karena turbulensi di setiap tikungan menghasilkan

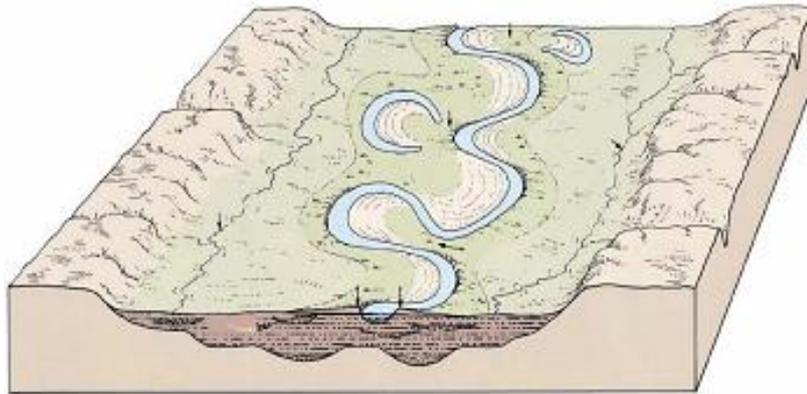
aliran yang lebih deras sehingga menyebabkan pengikisan di bagian luar/pinggir sungai. Apabila kelokan tersebut telah terputus, maka terbentuklah danau seperti bulan sabit yang disebut oxbow lake (Hamblin dan Christiansen, 2004). Berikut ini adalah gambar turbulensi arus sungai dengan oxbow lake menurut Hamblin dan Christiansen, 2004.



Sumber : Hamblin dan Christiansen, 2004

Gambar 2.3 Turbulensi Arus Sungai

Masalah banjir mulai muncul sejak manusia bermukim dan melakukan berbagai kegiatan di kawasan yang berupa dataran banjir (flood plain) suatu sungai. Kondisi lahan di kawasan ini pada umumnya subur serta menyimpan berbagai potensi dan kemudahan sehingga mempunyai daya tarik yang tinggi untuk dibudidayakan. Oleh karena itu, Kota-Kota besar serta pusat-pusat perdagangan dan kegiatan-kegiatan penting lainnya seperti kawasan industri, pariwisata, prasarana perhubungan dan sebagainya sebagian besar tumbuh dan berkembang di kawasan ini. Berikut ini adalah gambar dataran banjir (flood plain) menurut Hamblin dan Christiansen, 2004.



Sumber : Hamblin dan Christiansen. 2004

Gambar 2.4 Bentuk Sungai Pada Dataran Banjir (flood plain)

Dataran banjir (flood plain) adalah lahan / dataran yang berada di kanan kiri sungai yang sewaktu-waktu dapat tergenang banjir. Berdasarkan Peraturan Menteri PU No. 63 / 1993 tentang Garis Sempadan Sungai dan Bekas Sungai, batas dataran banjir ditetapkan berdasarkan debit rencana sekurang-kurangnya untuk periode ulang 50 tahunan. Contoh: kurang lebih 40 – 50 % wilayah DKI Jakarta berada di dataran banjir 13 sungai yang melewatinya. Real estat, hotel mewah, pertokoan, perkantoran, dan perumahan mewah di DKI Jakarta yang terendam banjir pada bulan Januari – Februari 2002 semuanya berada di dataran banjir. (Siswoko, 2007).



Sumber : Siswoko, 2007

Gambar 2.5 Dataran Banjir (flood plain)

2.2.3 Debit Air Sungai

Dalam hidrologi dikemukakan bahwa debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Debit atau aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Pengukurannya dilakukan tiap hari dan pada jam-jam tertentu.

Sungai itu terbentuk dgn adanya aliran air dari satu atau beberapa sumber air yang berada di ketinggian. Misalnya disebuah puncak bukit atau gunung yg tinggi, dimana air hujan sangat banyak jatuh di daerah tersebut. Kemudian terkumpul dibagian yang cekung dan lama kelamaan dikarenakan sudah terlalu penuh, akhirnya mengalir keluar melalui bagian bibir cekungan yang paling mudah tergerus air. Selanjutnya air itu akan mengalir di atas permukaan tanah yang paling rendah, mungkin mula mula merata namun karena ada bagian- bagian dipermukaan tanah yg tidak begitu keras maka mudalah terkikis. Sehingga menjadi alur alur yang tercipta makin hari makin panjang, seiring dengan makin deras dan makin seringnya air mengalir di alur itu, maka semakin panjang dan semakin dalam, alur itu akan berbelok, atau bercabang, apabila air yang mengalir disitu terhalang oleh batu sebesar alur itu, atau batu yang banyak, demikian juga dgn sungai di bawah permukaan tanah, terjadi dari air yang mengalir dari atas, kemudian menemukan bagian-bagan yang dapat di tembus ke bawah permukaan tanah dan mengalir ke arah dataran rendah yg rendah.lama kelamaan sungai itu akan semakin lebar

Faktor utama penentu debit air ada lima yaitu Intensitas hujan di daerah hulu maupun hilir, penggundulan hutan, pengalihan hutan menjadi lahan pertanian, intersepsi serta evaporasi dan transpirasi.

2.3 Banjir

Banjir pada dasarnya merupakan produk dari suatu system daerah aliran sungai yang sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik berupa dari daerah aliran sungai maupun dari hujan sebagai sumbernya. Banjir disebabkan oleh empat faktor yaitu permukiman di dataran banjir, perubahan penggunaan tanah yang mengakibatkan berubahnya fungsi tata guna lahan,

curah hujan yang tinggi serta sungai/saluran yang mengecil akibat adanya pendangkalan. (Linsley, 1979).

Air yang jatuh ke bumi mengalir ke arah yang berbeda-beda, ada yang mengalir ke arah aliran sungai, ataupun ada yang mengalir masuk ke dalam tanah, adapun juga sebagian ditahan oleh vegetasi. Sebagian menguap lagi ke atmosfer dan juga dapat ditahan oleh bagian rawa ataupun cekungan sehingga menyebabkan banjir.

Berdasarkan terjadinya (Master Plan Sistem Drainase, Dinas Pekerjaan Umum Kota Jambi, 2002), banjir dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Banjir banjir, disebabkan oleh hujan yang turun diatas permukaan tanah yang landau dan datar.
2. Banjir luapan sungai, disebabkan oleh sungai-sungai yang airnya meluap karena daya tampungnya sudah melebihi.

Dataran banjir (flood plain) merupakan lahan atau dataran di sisi kanan-kiri aliran sungai yang sewaktu-waktu pada saat hujan akan tergenang banjir (Kadafi, 2005).

Dataran banjir terdiri atas dua jenis yaitu :

1. Dataran banjir berdasarkan hidrologi, dataran banjir yang berbatasan langsung dengan aliran permukaan yang terdapat di tepi sungai. Tidak setiap aliran sungai di Indonesia memiliki dataran banjir hidrologis.
2. Dataran banjir berdasarkan topografi, dataran banjir yang berbatasan dengan aliran sungai yang mencakup dataran banjir hidrologis, dimana tingginya dapat mencapai suatu puncak banjir.

2.4 Faktor Penyebab Banjir

Menurut Sutopo (1996), faktor penyebab banjir dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu berdasarkan faktor kondisi dan peristiwa alam, seperti :

1. Curah hujan yang tinggi sehingga menyebabkan debit air yang lebih sungai dari pada kapasitas alur sungainya sehingga menimbulkan limpasan dan banjir pada dataran banjir.

2. Air hujan yang jatuh ke permukaan sulit untuk berinfiltrasi dan perkolasi Karena lapisan tanah yang mencapai titik jenuh dan kedap air.
3. Kondisi daerah yang berdasarkan topografi merupakan suatu daerah cekungan sehingga air sulit untuk mengalir ke sungai atau laut.
4. Aliran anak sungai tertahan oleh aliran sungai induk sehingga air sungai melimpas.
5. Terjadi penyempitan pada alur sungai
6. Terdapatnya hambatan-hambatan terhadap aliran sungai yang disebabkan oleh karakteristik sungai, yaitu berupa meander dan bentuk muara pada anak sungai.
(Irawati

Dan penyebab banjir kedua merupakan akibat dari aktivitas manusia, yang meliputi :

1. Tumbuhnya daerah permukiman dan kegiatan baru di daerah dataran banjir
2. Alur sungai yang menyempit yang diakibatkan adanya permukiman sepanjang pinggi aliran sungai.
3. Debit air sungai yang lebih besar diakibat adanya perubahan penggunaan tanah baik yang ada di hulu sungai maupun di hilir sungai.
4. Perubahan penggunaan tanah di daerah hulu sungai dapat memperbesar run-off dan memperkecil infiltrasi dan juga dapat memperkecil luas daerah retensi banjir sehingga volume penampungannya semakin berkurang.
5. Kurangnya kesadaran masyarakat yang tinggal di sepanjang aliran sungai seperti kegiatan pemanfaatan sungai dan pembuangan sampah.

Beberapa aspek yang termasuk dalam faktor kondisi alam penyebab banjir adalah kondisi alam (misalnya letak geografis wilayah), kondisi topografi, geometri sungai, (misalnya meandering, penyempitan ruas sungai, sedimentasi dan adanya ambang atau pembendungan alami pada ruas sungai), serta pemanasan global yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Tidak tertutup kemungkinan terjadinya degradasi lahan, sehingga menambah luasan areal dataran rendah juga menjadi faktor terjadinya banjir.

1. Topografi

Daerah-daerah dataran rendah atau cekungan, merupakan salah satu karakteristik wilayah banjir atau banjir.

2. Tingkat Permeabilitas Tanah

Daerah-daerah yang mempunyai tingkat permeabilitas tanah rendah, mempunyai tingkat infiltrasi tanah yang kecil dan runoff yang tinggi. Daerah Pengaliran Sungai (DPS) yang karakteristik di kiri dan kanan alur sungai mempunyai tingkat permeabilitas tanah yang rendah, merupakan daerah potensial banjir.

3. Kondisi Daerah Pengaliran Sungai

Daerah pengaliran sungai (DPS) yang berbentuk ramping mempunyai tingkat kemungkinan banjir yang rendah, sedangkan daerah yang memiliki DPS berbentuk membulat, mempunyai tingkat kemungkinan banjir yang tinggi. Hal ini terjadi karena waktu tiba banjir dari anak-anak sungai (orde yang lebih kecil) yang hampir sama, sehingga bila hujan jatuh merata di seluruh DPS, air akan datang secara bersamaan dan akhirnya bila kapasitas sungai induk tidak dapat menampung debit air yang datang, akan menyebabkan terjadinya banjir di daerah sekitarnya.

4. Kondisi Geometri Sungai

- Gradien Sungai

Pada dasarnya alur sungai yang mempunyai perubahan kemiringan dasar dari terjal ke relatif datar, maka daerah peralihan/pertemuan tersebut merupakan daerah rawan banjir.

- Pola Aliran Sungai

Pada lokasi pertemuan dua sungai besar, dapat menimbulkan arus balik (back water) yang menyebabkan terganggunya aliran air di salah satu sungai, yang mengakibatkan kenaikan muka air (meluap). Pada saat hujan dengan intensitas tinggi, terjadi peningkatan debit aliran sungai sehingga pada tempat pertemuan tersebut debit aliran semakin tinggi, dan kemungkinan terjadi banjir.

- Daerah Dataran Rendah

Pada daerah Meander (belokan) sungai yang debit alirannya cenderung lambat, biasanya merupakan dataran rendah, sehingga termasuk dalam klasifikasi daerah yang potensial atau rawan banjir.

- Penyempitan dan Pendangkalan Alur Sungai

Penyempitan alur sungai dapat menyebabkan aliran air terganggu, yang berakibat pada naiknya muka air di hulu, sehingga daerah di sekitarnya termasuk dalam klasifikasi daerah rawan banjir. Pendangkalan dasar sungai akibat sedimentasi, menyebabkan berkurangnya kapasitas sungai yang menyebabkan naiknya muka air di sekitar daerah tersebut.

Selain itu faktor peristiwa alam yang dapat menyebabkan banjir antara lain:

1. Curah hujan yang tinggi dan lamanya hujan.
2. Air laut pasang yang mengakibatkan pembendungan di muara sungai.
3. Air/arus balik (back water) dari sungai utama.
4. Penurunan muka tanah (land subsidance).
5. Pembendungan aliran sungai akibat longsor, sedimentasi dan aliran lahar dingin.

Salah satu faktor yang lebih sering menyebabkan kejadian banjir di seluruh Indonesia adalah tingginya curah hujan. Wilayah Indonesia yang beriklim Tropis mempunyai curah hujan yang tinggi dan merata sepanjang tahun dengan kelembapan yang tinggi pula. Curah hujan yang tinggi disertai dengan lereng yang curam di daerah hulu dan ditambah dengan perubahan ekosistem dari tanaman keras berakar tahunan menuju ke tanaman musiman berakar dangkal mengakibatkan proses infiltrasi terganggu, berkurangnya kapasitas air dalam tanah, memperbesar aliran permukaan sehingga menyebabkan terjadinya longsor. Tingginya curah hujan dan besarnya koefisien aliran permukaan semakin memicu kawasan rentan terhadap banjir (Irawati, 1998).

Selain faktor alam, yaitu curah hujan yang tinggi, faktor lain yang mendukung terjadinya banjir adalah factor geomorfologi, morfometri DAS, sosial, ekonomi dan budaya penduduk yang mendiami bantaran sungai juga berpengaruh terhadap banjir.

Dalam penelitian, faktor tingginya debit air juga merupakan salah satu factor pemicu terjadinya banjir, faktor curah hujan hanya merupakan pembanding apakah kejadian banjir di kota Jambi lebih disebabkan oleh tingginya atau tingginya curah hujan.

2.5 Pemodelan Spasial

Penggunaan istilah model dapat digunakan dalam tiga pengertian yang berbeda maknanya. Sebagai kata benda yang mengandung makna sebagai sesuatu yang mewakili, sebagai kata sifat mengandung pengertian hal yang ideal, dan sebagai kata benda yang maknanya adalah untuk memeragakan. Model dibuat karena adanya kompleksitas kenyataannya, suatu model adalah gambaran penyederhanaan dari keadaan-keadaan yang sebenarnya (Hagget,2001).

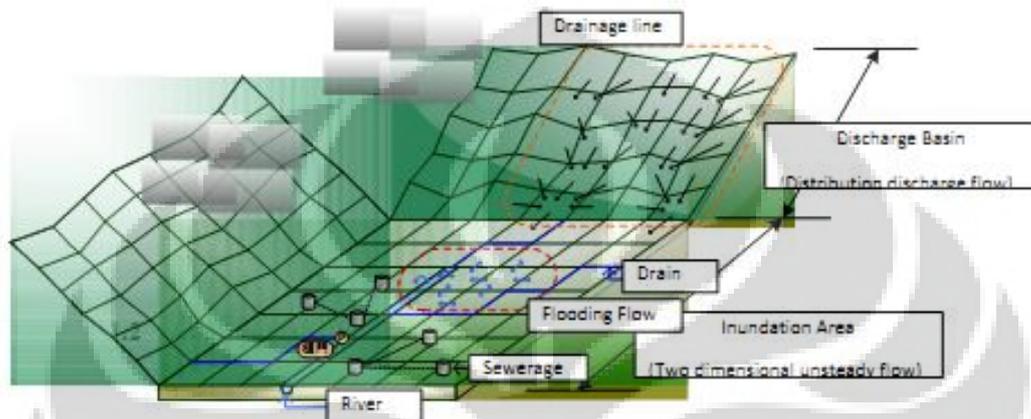
Model merupakan representasi dari realita. Tujuan pembuatan model adalah membantu mengerti, menggambarkan, atau memprediksi bagaimana suatu fenomena bekerja di dunia nyata melalui penyederhanaan bentuk fenomena tersebut. Pemodelan spasial terdiri dari sekumpulan proses yang dilakukan pada data spasial untuk menghasilkan suatu informasi umumnya dalam bentuk peta. Kita dapat menggunakan informasi tersebut untuk pembuatan keputusan, kajian ilmiah, atau sebagai informasi umum (*Arcview Modelling*).

Beberapa jenis model yang dapat digunakan untuk menganalisa kejadian banjir (JICA, 2010) adalah :

1. Kinematic Wave Methode Kinematic Wave Methode, digunakan untuk menghitung aliran di tiap mesh dan tidak dipengaruhi tinggi muka air di daerah hilir. Sebagai model analisa secara keseluruhan, Distribution Model menyesuaikan debit yang terjadi yang menuju ke daerah banjir yang diberikan ke tiap mesh di daerah banjir, dan aliran di tiap mesh dapat di telusuri sepanjang kemiringan dari data topografi.
2. Dynamic Wave Methode Dynamic Wave Methode, dapat menunjukkan perubahan aliran yang datang karena pengaruh topografi dan struktur seperti saluran, digunakan untuk melakukan analisis aliran di daerah banjir.

3. Two Dimensional Un-Steady Flow Model Two Dimensional Un-Steady Flow Model, digunakan untuk seluruh model yang dapat menunjukkan fenomena aliran banjir lebih detail.

Berikut ini adalah salah satu contoh gambar model hidrologi dengan sistem grid yang bersumber dari JICA, 2010.



Sumber :JICA, 2010

Gambar 2.6 Model Hidrologi dengan Sistem Grid

2.6 Pemodelan Banjir

Beberapa model yang dapat digunakan untuk memprediksi kejadian banjir memerlukan data ketinggian yang detail, baik akurasi maupun resolusinya. Kebanyakan model dua dimensi memiliki masalah dengan proses terjadinya banjir ke daerah kering dengan waktu yang cepat. Pemodelan dengan skema numerik yang lebih baru dapat menghilangkan masalah pada penggunaan model aliran dua dimensi. Berikut beberapa jenis model pemodelan banjir.

1. HEC-RAS

Model HEC-RAS dikembangkan oleh pusat pengembangan teknik hidrologi (1981) untuk mensimulasikan DRH akibat curah hujan dengan mewakili DAS yang saling berhubungan antara komponen-komponen hidrologi. Dalam pengembangannya, model ini dapat membuat analisis banjir, simulasi bendungan jebol, dampak ekonomi

dari banjir dan optimalisasi operasional banjir. Model ini dapat digunakan lebih jauh untuk menentukan frekuensi debit keluaran dari tiap-tiap DAS.

DRH dihitung berdasarkan dari metode unit hidrograf dan metode kinematic wave. Dalam metode tersebut digunakan cadangan air tanah normal dan keluar, metode modified puls digunakan untuk menentukan aliran air. Metode univariate digunakan untuk mengetahui seberapa besar optimalisasi model. Model HEC-RAS ini banyak digunakan di Amerika Serikat dan digunakan dalam pengembangan analisis hidrologi dalam berbagai macam kondisi.

2. Soil Conservation Service Technical Report-20 (SCS TR-20) Model

SCS TR-20 model dikembangkan oleh SCS pada tahun 1973 untuk membuat penyelesaian masalah dari proses hidrologi dalam suatu formula. Sasaran utamanya adalah untuk meningkatkan kualitas proyek-proyek di daerah aliran sungai dan dalam waktu yang sama untuk mengurangi biaya keseluruhan dalam penyediaan sarana untuk menganalisis system secara structural. Model ini menggunakan metode dimensionless hydrograph system untuk memperkirakan limpasan permukaan akibat dari curah hujan baik secara alami maupun buatan, yang kemudian disalurkan melalui saluran aliran menggunakan metode convex dan melalui reservoir menggunakan metode storage indication. Kedua metode itu digabungkan dalam penentuan pengalihan rute dari anak sungai lainnya dan menghasilkan debit, waktu kejadian dan permukaan air dari tiap-tiap elevasi yang berbeda dan dari tiap-tiap bagian struktur yang diinginkan. Model ini menghasilkan analisis secara kontinu dari sembilan semburan/limpasan yang berbeda dalam suatu DAS dan dalam kondisi yang berbeda pula. Dan dengan berbagai kombinasi perawatan tanah dalam memperlambat struktur aliran banjir dan perbaikan saluran. Rute ini dapat dilakukan sebanyak 120 dan jangkauannya dalam 60 struktur dalam 1 kali pelaksanaan secara terus menerus. Model ini memiliki fleksibilitas untuk mengakomodasi aspek lain dari perencanaan daerah aliran sungai, penyediaan data masukan dan teknik pengambilan keputusan.

3. USGS Model

Model ini dikembangkan oleh Dawdy et al (1972), dimana parametric rainfall-run off simulation model untuk mengestimasi volume banjir dan rata-rata puncak dari

runoff pada Sub-DAS yang kecil, rata-rata curah hujan harian dan data evapotranspirasi digunakan sebagai variabel input dalam model. Jika ada alat pengukur curah hujan yang digunakan banyak, maka data tersebut dapat digabungkan dengan metode polygon Thiessen untuk menghasilkan rata-rata daerah tangkapan hujan. Perhitungan kelembapan tanah, tergantung dengan infiltrasi, akresi tanah, dan penipisan, untuk mengetahui pengaruh kondisi tanah akibat infiltrasi. Metode penentuan arah banjir dikembangkan pada tiap-tiap sub-DAS dalam unit hidrologi. Model ini mempunyai 8 parameter, dimana yang dijelaskan oleh Rosenbrock's optimization method (1960). Jumlah kuadrat hasil kesalahan dalam logaritma dari aliran permukaan digunakan sebagai suatu fungsi. Kesalahan hasil prediksi dari data curah hujan dan perkiraan model dapat dihitung. Kemudian kesalahan dari data curah hujan memiliki besaran efek yang besar pada debit aliran permukaan pada suatu DAS kurang dari 10 mil. Kesalahan estimasi debit tersebut berhubungan linier dengan kesalahan data curah hujan. Batas atas prediksi banjir dengan menggunakan satu stasiun curah hujan mencapai angka 25%. Model ini telah dimodifikasi untuk keperluan DAS dalam suatu perkotaan.

4. Storm Water Management Model

SWMM dikembangkan oleh Metcalf dan Eddy, Inc. dibuat untuk merepresentasikan limpasan air permukaan pada daerah perkotaan untuk kepentingan teknik perencanaan, evaluasi dan manajemen penanggulangan banjir. Model ini sudah dimodifikasi untuk mengakomodir DAS perkotaan. Model ini mewakili limpasan air permukaan dan banjir, baik secara kuantitas maupun kualitas, baik dari permulaan presipitasi pada suatu DAS, pengangkutan dan system pemeliharaan dan penampungan. Kuantitas dari submodel tersebut merepresentasikan banjir pada daerah pedesaan, yang digunakan pada system saluran drainase, menerima air dari sungai maupun dari danau. Zaghoul (1983) mempelajari sensitivitas parameter model ini. Kualitas dari submodel untuk kualitas runoff, dry weather flow quality, receiving water quality dan lain lain. Biaya efektifitas model juga merupakan bagian dari SWMM. Input data yang digunakan dapat berupa data curah hujan, karakteristik DAS, penggunaan tanah, karakteristik system drainase, fasilitas penampungan air, inlet (ceruk) karakteristik. Dalam DAS yang besar, model ini kurang dapat digunakan dengan baik terkait dengan hasil yang lebih detail.

5. Rainfall Runoff Routing (RORB) model

Model ini dikembangkan oleh Laurenson dan Mein, dimana model ini membuat program arah aliran permukaan untuk keperluan estimasi kejadian banjir, di desain pada katup dan penahan pada DAS dan arah banjir. Model ini dapat digunakan di daerah perkotaan, pedesaan, atau daerah penggabungan pedesaan maupun perkotaan. Selvalingram mengaplikasikan model ini pada DAS di Singapura. Dengan sedikit modifikasi, model ini dapat digunakan untuk memprediksi banjir. Banjir dapat dicegah dengan satu atau beberapa pendekatan, jaringan sungai, dan percabangan debit yg masuk maupun yang keluar. Model ini dapat menghitung DAS yang hilang dan statistic hydrograph aliran permukaan didapat dari kejadian hujan dan dari debit yang masuk pada tiap percabangan. A watershed storage model dapat digunakan secara efektif untuk menghitung efektifitas dari curah hujan. Model ini dapat dihitung baik secara linier maupun non-linier. Hal itu dapat digunakan untuk menghitung waktu varian yang hilang dalam parameter dan juga pada tiap-tiap stasiun curah hujan. Model ini simple dan efisien. Setiap data dapat digunakan untuk dijadikan variabel yang cocok dalam suatu penyelesaian masalah khususnya masalah banjir.

6. Robust Flow Model

Pemodelan ini telah berhasil diterapkan di lokasi muara seperti San Francisco. Pengujian (Jones dan Fulford, 2002). Keunggulan dari metode ini memungkinkan simulasi dalam waktu yang panjang dan tetap stabil ketika menstimulasikan hidrograf yang ekstrim, selain itu tidak perlu percobaan untuk melakukan pemodelan ini. Model yang diterapkan untuk studi percontohan TrimR2D dapat menangani perubahan rezim aliran. Pemodelan ini juga mampu melakukan ruting arus pada sistem sungai yang curam dan dapat menampilkan simulasi ketika daerah mulai tergenang dan mulai surut.

7. Pemodelan Banjir Menggunakan TRMM (Tropical Rainfall Measuring Missions)

Produk curah hujan dari NASA diperoleh dari satelit TRMM dan memiliki resolusi temporal 6-10 jam. Teramati bahwa penyesuaian bias hujan pada data satelit dapat diaplikasikan dalam memprediksi banjir dengan batasan tertentu. Data curah hujan tersebut dapat dihubungkan dengan dengan kejadian banjir sehingga dapat

dimodelkan. Pemodelan ini menggunakan software HEC-HMS. Data yang diperlukan dalam software tersebut adalah topografi didapatkan dari data DEM dengan resolusi 10 m serta menggunakan algoritma dari Quinn. Dalam aplikasinya TRMM membutuhkan data lain untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi yaitu kesalahan rezim, musim (waktu), dan lokasi banjir.

8. Flood Modelling menggunakan Digital Terrain Models (DTM)

Langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis frekuensi kejadian banjir dengan Flood Frequency Analysis (FFA), kemudian mendesain curah hujan dengan menggunakan URBS Model untuk menentukan distribusi curah hujan dan intensitasnya. Setelah itu mengaplikasikannya ke dalam peta topografi yang didapat dari Digital Terrain Models.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Daerah wilayah kajian penelitian kali ini berada di kota Jambi dengan koordinat $01^{\circ}30'2.98'' - 01^{\circ}7'1.07''$ lintang selatan dan $103^{\circ}40'1.67'' - 103^{\circ}40'0.23''$

Waktu penelitian berlangsung antara tanggal 13 Mei 2011 hingga 24 Mei 2011

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Jenis Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Wilayah banjir time series di Kota Jambi
2. Wilayah kedalaman banjir di Kota Jambi
3. Penggunaan tanah di Kota Jambi
4. Topografi di Kota Jambi
5. Curah hujan di Kota Jambi antara tahun 2000 hingga tahun 2010
6. Debit air sungai Batanghari di kota Jambi
7. Tinggi muka air sungai Batanghari di Kota Jambi antara tahun 2000 hingga tahun 2010

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Wilayah banjir kota Jambi

Data wilayah banjir diperoleh dari Suku Dinas Pekerjaan Umum Kota Jambi, cakupannya meliputi satu kota Jambi. Data berbentuk spasial (peta).

Dengan melakukan wawancara kepada warga di daerah penelitian yang mengalami banjir, didapat batas wilayah yang tergenang oleh banjir, sehingga kemudian data tersebut di plot dalam peta kerja dan membuat peta hasil wilayah banjir Kota Jambi.

2. Wilayah kedalaman banjir kota Jambi

Data tinggi banjir bersumber dari Dinas PU Kota Jambi. Tinggi banjir ini merupakan pemantauan pada stasiun pantau muka air di Tanggo Rajo, Ancol. Data yang di dapat berupa data tabular. Survei yang telah dilakukan adalah bertanya kepada warga dan pejabat pemerintah kelurahan mengenai peristiwa banjir yang terjadi di daerah tersebut. Survei telah dilakukan di beberapa daerah yang menurut data dari Dinas PU Kota Jambi sering terjadi banjir (terutama daerah bantaran sungai) seperti kelurahan Pasir Panjang, Olak Kemang, Ulu Gedong, Jelm, Mudung Laut dan Penyengat Rendah.

3. Penggunaan tanah Kota Jambi

Data penggunaan tanah di kota Jambi bersumber dari Badan Pertanahan Nasional kota Jambi. Data tersebut digunakan untuk mengetahui penggunaan tanah di Kota Jambi dan mencari nilai koefisien limpasan sebagai variabel dalam perhitungan model banjir.

4. Topografi Kota Jambi

Data topografi di Kota Jambi bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum Daerah Kota Jambi dengan skala 1:15.000 dengan interval kontur 10 m. Data topografi juga didapat dari data citra Aster-GDEM series 2 wilayah Kota Jambi dengan resolusi interval kontur 15 meter. Dari dua data tersebut kemudian di gabungkan dan dihasilkan peta kontur Kota Jambi dengan interval hingga 1 meter.

5. Curah hujan

Curah hujan pada kejadian banjir di kota Jambi bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika dalam bentuk tabel curah hujan harian sepanjang 10 tahun terakhir (minimal). Data diambil berdasarkan dari dua stasiun pemantau curah hujan yaitu stasiun Pasir Putih dan stasiun Sipin Ujung. Data yang diambil kemudian diklasifikasikan dengan mengambil data curah hujan yang terjadi pada kejadian banjir.

6. Debit Air

Data debit air di Kota Jambi bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai, berupa data tabular selama kurun waktu 10 tahun terakhir (2000-2010). Data debit digunakan untuk membantu menganalisis kejadian banjir yang ada di kota Jambi serta sebagai variabel dalam pemodelan banjir

7. Tinggi muka air sungai (TMA)

Data tinggi muka air sungai bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai, data berupa data tabular dari stasiun pemantau tinggi muka air sungai di sungai Batanghari. Data yang dikumpulkan merupakan data dari tahun 2000 hingga tahun 2010. Data tersebut digunakan sebagai variabel dalam pemodelan banjir Kota Jambi

3.3 Pengolahan Data

1. Peta wilayah penelitian, menampilkan peta administrasi Kota Jambi yang diperoleh dari Badan Pembangunan Daerah Kota Jambi dengan skala 1:25.000.
2. Konversi vektor ke grid, dengan peta wilayah penelitian berupa data vektor dikonversikan ke dalam grid dengan ukuran 100x100 m dengan menggunakan spatial join analyst pada ArcGIS. Kemudian dari tiap-tiap grid tersebut mewakili nilai-nilai seperti nilai ketinggian, nilai koefisien limpasan, nilai TMA dan nilai curah hujan.
3. Peta sistem drainase atau jaringan sungai yang diperoleh dari Badan Pembangunan Daerah Kota Jambi.
4. Peta wilayah ketinggian, diperoleh dengan cara mendigitasi kontur yang berlandaskan pada peta topografi yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai VI PU Provinsi Jambi dan hasil citra ASTER-GDEM series 2. Peta topografi PU berinterval kontur 10 meter digabungkan dengan peta topografi hasil dari ASTER-GDEM dengan interval kontur 15 meter digeneralisasikan hingga 1 meter sehingga didapatkan hasil peta wilayah ketinggian Kota Jambi 1 meter.

5. Peta penggunaan tanah, diperoleh dari BAPEDA Kota Jambi yang kelas penggunaan tanahnya terdiri atas Belukar, Hutan, Kolam, Kebun, Ladang, Lapangan, Pemukiman, Parit, Sawah, Tanah Kosong dan Taman.
6. Menghitung nilai dan mengklasifikasikan nilai koefisien limpasan berdasarkan penggunaan tanah dan memasukkan nilai tersebut ke tiap-tiap grid. Nilai koefisien tersebut untuk mewakili tiap-tiap grid. Berikut adalah nilai koefisien limpasan berdasarkan sumber dari Rencanan Tata Ruang Wilayah Kota Jambi, Badan Pembangunan Daerah Kota Jambi tahun 2010.

Tabel 3.1 Nilai Koefisien Limpasan

No	Penggunaan tanah	Nilai koefisien limpasan
1	Jalan beraspal	0,95
2	Industri, terminal induk, pergudangan umum, perusahaan	0,90
3	Perdagangan	0,80
4	Pemukiman	0,65
5	Sarana pendidikan dan jasa	0,50
6	Area terbuka, jalur hijau, kuburan	0,25

Sumber : Badan Pembangunan Daerah Kota Jambi 2010

7. Membuat pemodelan matematis banjir

Dari variabel tinggi tempat, tinggi muka air sungai, curah hujan, koefisien limpasan dan kedalaman banjir dilakukan perhitungan korelasi dan membuat pemodelan matematis banjir menggunakan regresi linier berganda dengan kedalaman banjir sebagai variabel terikat (dipengaruhi/dependent). Sedangkan variabel tinggi tempat sebagai variabel pengontrol, dan variabel tinggi muka air sungai, curah hujan dan koefisien limpasan sebagai variabel bebas (independent). Pengkorelasiannya dilakukan dengan melihat faktor spasial dan temporal sehingga perhitungan korelasi yang dilakukan berdasarkan 21 titik survei dan ada yang dilakukan berdasarkan waktu kejadian :

- Koefisien limpasan dengan kedalaman banjir : 21 titik
- Curah hujan dengan kedalaman banjir : 21 titik

- Tinggi muka air sungai dengan kedalaman banjir : 1 titik (berdasarkan waktu/temporal)
- Tinggi tempat dengan kedalaman banjir : 1 titik (berdasarkan waktu/temporal)
- Koefisien limpasan dengan curah hujan : 21 titik
- Koefisien limpasan dengan tinggi muka air sungai : 21 titik
- Koefisien limpasan dengan tinggi tempat : 21 titik
- Koefisien limpasan dengan kedalaman banjir : 21 titik
- Tinggi muka air sungai dengan ketinggian tempat : 21 titik
- Tinggi muka air sungai dengan curah hujan : 1 titik (berdasarkan waktu/temporal)
- Curah hujan dengan tinggi tempat : 21 titik

Model matematis dihitung dengan metode analisis regresi linier berganda yang memiliki koefisien tinggi tempat, tinggi muka air sungai, curah hujan dan koefisien limpasan penggunaan tanah sehingga menghasilkan variabel y (tinggi banjir) dengan variabel x_1 (ketinggian), x_2 (TMA), x_3 (curah hujan) dan x_4 (koefisien limpasan).

Langkah-langkah dalam menghitung model statistik antara lain :

- Memasukkan data sekunder yang meliputi variabel y, x_1 , x_2 , x_3 ke dalam bentuk .xls (*Excel*).
- Membuka software SPSS 17 kemudian membuka data hasil survey untuk dilakukan analisis.
- Melakukan analisis regresi linier berganda dengan persamaan dasar :

$$y = a + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$$

dengan keterangan :

y = variable independen (wilayah banjir)

a	= konstanta
a_1, a_2, a_3, a_4	= koefisien untuk variable x_1, x_2, x_3, x_4
x_1	= tinggi tempat (Kota Jambi)
x_2	= tinggi muka air sungai (Sungai Batanghari)
x_3	= curah hujan (rata-rata harian 2001-2010)
x_4	= koefisien limpasan

8. Dari hasil analisis statistik tersebut akan menghasilkan perhitungan analisis regresi linier yang kemudian akan dimasukkan dalam penentuan pemodelan wilayah banjir dan dioverlay dengan peta sebaran banjir sehingga akan didapat peta pemodelan wilayah banjir.

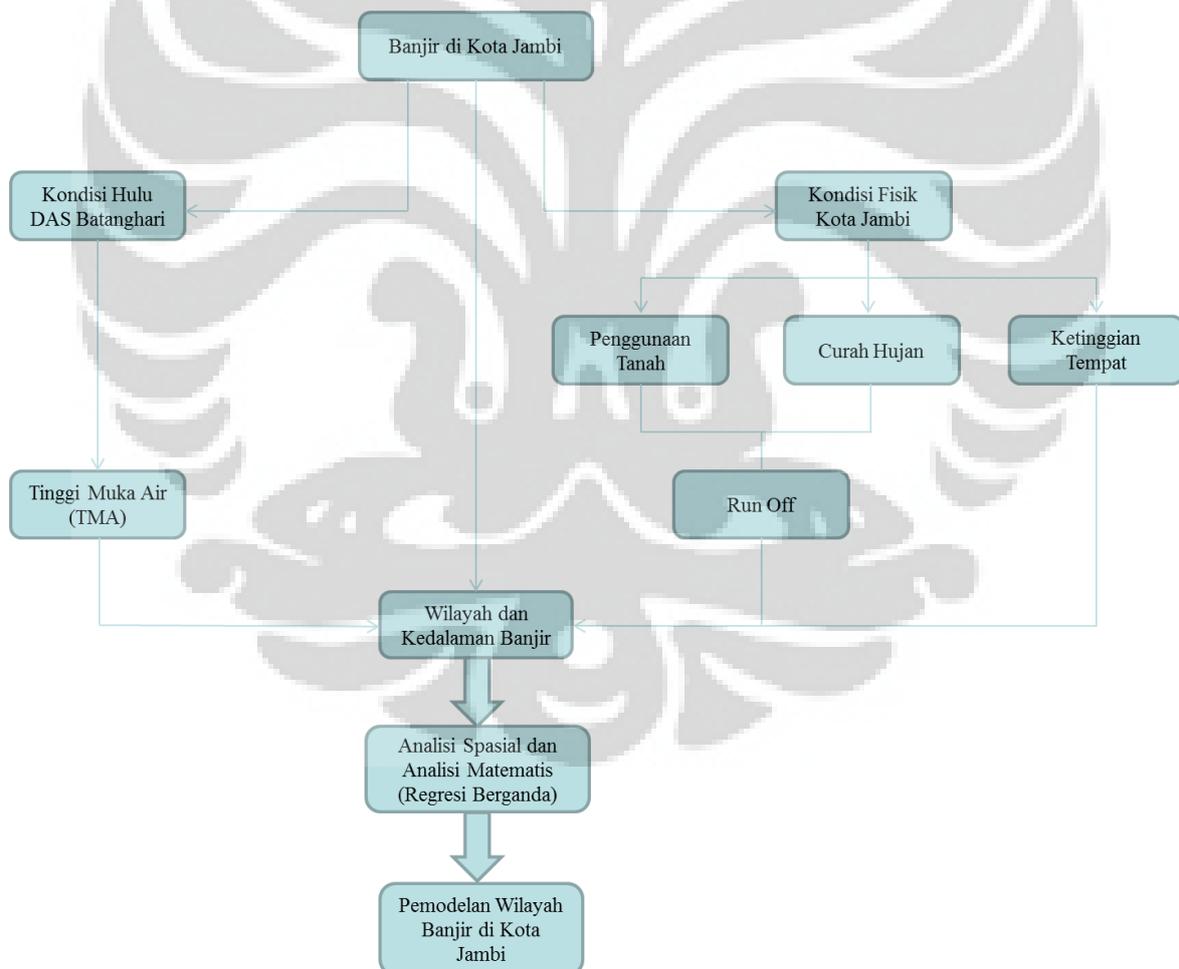
3.4 Metode Pendekatan Pengolahan Model Banjir

Metode pendekatan Pengolahan Model Banjir yang dilakukan dalam penelitian ini didasarkan pada acuan penggunaan model yang dipilih. Pemodelan banjir dengan metode Tropical Rainfall Measuring Missions (TRMM) dijadikan acuan karena variabel yang digunakan dalam pemodelan tersebut lebih sesuai untuk digunakan. Hal ini juga didasarkan pada penggunaan data DEM dan ketersediaan data pada tiap-tiap variabel yang digunakan. Selain itu, model juga menggunakan metode statistik yang menggunakan regresi untuk membuat hasil pemodelan. Kemudian pemodelan tersebut akan dispasialkan dengan menggunakan metode unit grid sehingga menjadi pemodelan spasial. Selain itu dalam penelitian ini dilakukan pula pendekatan analisis deskriptif dengan mengkorelasikan peta dan survey lapang untuk verifikasi data yang telah diperoleh. Analisis deskriptif juga digunakan untuk menjelaskan hasil pemodelan dengan data yang telah diolah. Dalam penelitian ini, digunakan beberapa variabel untuk pemodelan, diantaranya adalah :

1. Tinggi muka air sungai Batanghari (TMA)
2. Ketinggian tempat (elevasi dari laut, dengan m dpl)
3. Penggunaan tanah
4. Curah hujan

5. Kedalaman banjir

Variabel tersebut diperlukan dalam proses pembuatan pemodelan banjir, hal ini dikarenakan variabel-variabel tersebut merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir yang ada di Kota Jambi. Dalam alur penelitian digambarkan bahwa banjir yang terjadi di Kota Jambi disebabkan oleh faktor eksternal maupun faktor internal. Faktor eksternal adalah DAS Batanghari bagian hulu (lebih tinggi dari Kota Jambi) dan faktor internal adalah kondisi fisik Kota Jambi yang dapat mempengaruhi kedalaman banjir yaitu curah hujan, penggunaan tanah dan ketinggian wilayah. Penggunaan tanah yang memiliki koefisien limpasan dan besarnya curah hujan merupakan penentu seberapa besar run off yang terjadi. Kedalaman banjir dipengaruhi oleh ketinggian, run off, dan tinggi muka air sungai. Seluruh variabel tersebut dimodelkan secara statistik lalu di spasialkan dengan membentuk wilayah banjir.



Gambar 3.3 Alur Pikir Penelitian

BAB IV

GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN

4.1 Luas dan Letak Kota Jambi

Berdasarkan PP No.6 tahun 1986, Kota Jambi memiliki luas sebesar $\pm 205,38 \text{ km}^2$ dan terdiri dari 8 kecamatan, dengan pusat administrasi di Kecamatan Kota Baru. Kota Jambi terletak pada kordinat:

01°30'2,98" – 01°7'1,07" Lintang Selatan dan 103°40'1,67" – 103°40'0,23" Bujur Timur

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kota Jambi Dirinci Perkecamatan

No	Kecamatan	Luas Wilayah (ha)	Jumlah Kelurahan
1	Kota Baru	7.780	10
2	Jambi Selatan	3.407	9
3	Jelutung	792	7
4	Pasar Jambi	402	4
5	Telanaipura	3.039	11
6	Danau Teluk	1.570	5
7	Pelayangan	1.529	6
8	Jambi Timur	2.021	10
	Jumlah	20.538	62

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Jambi, 2009

4.2 Iklim dan Hidrologi

Kota Jambi beriklim tropis dengan suhu rata-rata minimum berkisar antara 22,1 – 23,3 °C dan suhu maksimum antara 30,8-32,6°C. Kelembapan udara berkisar antara 82-87 %. Hujan terjadi sepanjang tahun dengan musim penghujan terjadi antara Oktober-Maret dengan rata-rata 20 hari hujan/bulan, sedangkan musim kemarau terjadi antara April-September dengan rata-rata 16 hari hujan/bulan. Curah hujan sebesar 2.296,1 mm/tahun (rata-rata 191,34 mm/bulan). Kecepatan angin tertinggi yang tercatat berkisar antara 7 – 9 knot. (Sumber : Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003)

Tabel 4.2 Data Iklim Kota Jambi

Data Iklim Kota Jambi												
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Rata-rata tertinggi (°C)	30	30	31	31	31	31	31	31	32	31	31	30
Rata-rata terendah (°C)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Presipitasi (mm)	204	183	247	266	183	120	109	122	140	191	249	241

Sumber: *Weatherbase.com, 2011*

Tabel 4.3. Lokasi Pos Klimatologi (Pasir Putih)

Lokasi			Data Teknis			
Administrasi		Sungai	Satuan Wilayah Sungai	Berdiri	BT	LS
Kecamatan	Kabupaten					
Jambi Selatan	Kota Jambi	Batanghari	Batanghari	1981	103° 39' 00"	01° 37' 00"

Sumber: *Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003*

Tabel 4.4 Data Temperatur, Kecepatan Angin, Kelembapan dan Penyinaran Sinar Matahari (Pasir Putih)

Data													
No	Tahun	Temperatur (°C)			Kecepatan Angin (m/s)			Kelembapan (%)			Penyinaran Matahari (%)		
		Max	Min	Rata-rata	Max	Min	Rata-rata	Max	Min	Rata-rata	Max	Min	Rata-rata
1	2000				123,7	0,1	27,57	100	38	94,58	173	1.5	43,75
2	2001	39	26	22,86	89,2	0,4	21,75	100	52	96,42			
3	2002	39	22	25,48	89,2	0,9	22,35	100	41	93,06			
4	2003	60	26	28,94	89,2	0,3	20,29	100	62	28,64			

Sumber: *Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003*

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa temperatur rata-rata Kota Jambi dari tahun 2000 hingga 2003 antara 22 hingga 28°C. Sedangkan Kecepatan rata-rata Kota Jambi antara 20 hingga 27 m/s. Kelembapan rata-rata Kota Jambi dari tahun 2000 hingga 2003 antara 90 hingga 98.

Tabel 4.5 Lokasi Pos Pengamatan Curah Hujan (Sipin Ujung)

Lokasi			Data Teknis				
Administrasi			Sungai	Jenis	Berdiri	BT	LS
Desa	Kecamatan	Kabupaten					
Sipin Ujung	Telanaipura	Kota Jambi	Batanghari	Automatik Rain Record	1974	103° 35' 00"	01° 37' 00"

Sumber: Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003

Tabel 4.6 Data Curah Hujan Bulanan di Pos Pengamatan Sipin Ujung

No	Tahun	Bulan (satuan dalam mm)												Jumlah	CH Max (mm)
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des		
1	2001	296,81	270,43	204,8	186,42	206,6	156,6	66,1	161,84	184,11	292,9	398,56	275,51	2.700,68	91,8
2	2002	292,5	306,55	265,52	259,8	174,4	107,18	85,4	67,44	187,45	271,85	274,3	342,79	2.635,18	61,3
3	2003	275	251,4	162,5	370,8	193,86	24,8	98,3	111,1	325,96	300,6	295,6	538,21	2.948,13	99
4	2004	340,3	286,2	376	281,4	153,2	92,2	98,8	53,6	45,1	220,2	294,1	318,3	2.559,4	73,5
5	2005	195,45	267,5	315,2	207,7	178,1	141,7	132,2	194,8	285,6	159,5	237,7	272,6	2.585,05	86,6
6	2006	289,31	345,21	289,7	205,8	157,8	100,98	96,2	78,1	108,89	206,2	278,1	367,12	2.523,41	81,2
7	2007	239	280,9	202	296,7	152,3	179,8	250	145,8	148,8	130,8	251,3	269,9	2.546,8	73,6
8	2008	162,4	164,2	478,2	317,97	125,9	89,4	116,3	212,3	178,7	324,8	274,4	308,9	2.753,47	99,3
9	2009	102,2	428,9	172,5	173,35	243,1	267,1	84,8	249,2	75,5	279	459,6	355,31	2.890,66	160,1
10	2010	258	109,5	250,05	194,4	204,5	251,42	473,3	246,8	228,7	306	522,43	284,09	3.329,19	131,8

Sumber: Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003

Dilihat dari tabel tersebut, rata-rata curah hujan tahunan tahun 1999 sebesar 4,21. Sedangkan rata-rata curah hujan tahunan tahun 2000 sebesar 12,43. Rata-rata tahunan 2001 hingga tahun 2003 bervariasi antara 20 hingga 26 mm.

Tabel 4.7 Lokasi Pos Pengamatan Curah Hujan (Pasir Putih)

Lokasi			Data Teknis				
Administrasi			Sungai	Jenis	Berdiri	BT	LS
Desa	Kecamatan	Kabupaten					
Pasir Putih	Jambi Selatan	Kota Jambi	Batanghari	Automatik Rain Record	1974	103° 35' 00"	01° 37' 00"

Sumber: Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003

Tabel 4.8 Data Curah Hujan Bulanan di Pos Pengamatan Pasir Putih

No	Tahun	Bulan (satuan dalam mm)												Jumlah	CH Max (mm)
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des		
1	2001	311,98	290,79	305,7	157,9	153,2	100,98	87,65	157,2	207,6	289,31	367,21	345,2	2.774,72	75,3
2	2002	356,76	308,76	287,12	200,87	187,2	123,2	100,6	78,2	100,78	209,5	287,2	300,1	2.539,74	69,21
3	2003	389,21	350,21	308,9	370,8	206,31	150,9	87,9	167,2	208,21	307,1	350,1	308,21	3.205,54	105,7
4	2004	356,21	300,9	329,1	250,1	200,3	106,2	67,2	109,2	167,2	259,9	209,1	235,2	2.590,61	89,2
5	2005	201,8	287,1	306,2	275,2	178,2	100,56	89,1	67,2	167,2	254,2	289,1	302,1	2.517,96	76,4
6	2006	289,1	278,1	207,1	189,2	150,6	109,2	67,2	107,2	176,2	245,1	289,6	406,29	2.514,89	108,9
7	2007	354,21	299,1	254,2	208,21	152,1	100,87	198,2	115,2	167,2	209,87	278,21	301,27	2.638,64	84,2
8	2008	267,12	209,12	378,21	287,1	209,1	109,89	102,8	78,1	153,2	207,21	309,21	409,21	2.720,27	103,8
9	2009	209,8	308,12	278,1	201,28	206,21	251,2	126,2	198,21	106,2	265,2	398,1	409,2	2.957,82	11,2
10	2010	312,89	219,1	289,1	200,12	178,2	133,2	209,21	289,2	208,2	376,2	498,2	417,29	3.330,91	132,1

Sumber: Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003

Batanghari mengalir dari timur ke barat wilayah kota Jambi, membentang dan membelah ibukota Propinsi Jambi ini menjadi 2 (dua) bagian wilayah kota. Sungai yang merupakan sumber air utama di Kota Jambi ini berasal dari pegunungan Bukit Barisan di Propinsi Sumatera Barat yang mengalir terus melintasi kota kearah barat dan bermuara di Selat Berkala. Selain dilalui Sungai Batanghari, Kota Jambi juga dilalui anak-anak sungai yang bermuara di Sungai Batanghari. Berikut adalah daftar tabel sungai-sungai yang ada di Kota Jambi.

Tabel 4.9 Nama Sungai di Kota Jambi

No	Nama Sungai	Panjang (km)	Luas Daerah Aliran (km ²)
1	Tembuku	5	7,2
2	Selincih	7,7	29,2
3	Asam	11,4	35,6
4	Telanai	2,1	1,13
5	Srisudewi	1,6	1,33
6	Kambang	5,2	8,4
7	Kenali Kecil	22,8	97,4
8	Kenali Besar	10,8	24,8
9	Batanghari	28	58.69

Sumber: Dinas PU Kota Jambi 2006

Selain sungai, Kota Jambi juga memiliki 4 Danau yaitu Danau Teluk, Danau Sipin, Danau Kenali dan Danau Kiambang. Berikut adalah daftar tabel Danau yang ada di Kota Jambi.

Tabel 4.10 Nama Danau di Kota Jambi

No	Nama Danau	Luas (m ²)	Volume Rata-rata (m ³)
1	Sipin	100	6.000
2	Kenali	75	4.500
3	Kiambang	25	1.500
4	Teluk	100	7.500

Sumber: Dinas PU Kota Jambi 2006

Dan berikut ini adalah data Sungai Batanghari dengan debit rata-rata bulanan berdasarkan pengambilan data antara tahun 1999 hingga tahun 2003

Tabel 4.11 Data Debit Bulanan Kota Jambi

No	Tahun	Bulan (m ³ /s)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	1999	1.968,8	2.653,8	1.624,1	1.098,2	763,9	964,7	1.762,8	2.351,9	1.934,5	2.762,8	2.967,4	3.872,8
2	2000	2.768,6	5.060,6	1.296,5	1.768,2	1.643,8	1.306,6	875,3	299,3	1.534,2	3.314,6	3.871,7	1.734,8
3	2001	1.852,5	2.432,5	2.548,7	1.689,2	1.362,6	1.887,13	942,8	583,7	1.256,9	2.273,0	3.875,8	6.399,0
4	2002	4.621,5	3.652,1	2.452,2	1.763,5	1.234,8	1.222,0	833,7	1.002,9	1.543,0	1.893,8	2.313,0	2.967,3
5	2003	3.587,6	4.876,1	2.568,3	1.867,7	1.333,0	1.763,2	1.992,0	2.076,4	1.789,8	2.549,8	3.045,6	4.078,9

Sumber: Laporan Akhir Pengendalian Banjir, PU Provinsi Jambi, 2003

4.3 Penggunaan Tanah dan Topografi

Penggunaan tanah Kota Jambi didominasi oleh klasifikasi tanah tidak terbangun dan tanah permukiman, seperti kebun, lapangan dan hutan. Sedangkan klasifikasi tanah industri seperti industri memiliki luasan paling kecil. Penggunaan tanah untuk hutan cenderung tersebar di daerah pinggiran Kota Jambi. Sedangkan penggunaan tanah untuk permukiman cenderung terkonsentrasi di tengah Kota Jambi. Peta penggunaan tanah dapat dilihat pada peta 3 (peta terlampir). Berikut adalah tabel luasan penggunaan tanah Kota Jambi.

Tabel 4.12 Luas Penggunaan Tanah di Kota Jambi

No	Penggunaan Tanah	Luas	
		ha	%
1	Perkantoran dan Perdagangan	757,78	3,67
2	Semak Belukar	4.657,67	22,52
3	Badan Air	1.240,68	6
4	Hutan	3.217,77	15,58
5	Industri	101,51	0,5
6	Jalan	889,67	4,3
7	Kebun	5.014,81	24,48
8	Pertambangan	5,25	0,04
9	Perkampungan	3.115,67	15,08
10	Tanah Kosong	1.657,89	8,03
Total		20.658,7	100

Sumber: Pengolahan data 2012

Kota Jambi memiliki bentuk medan relatif datar. Bagian bergelombang terdapat di utara dan selatan Kota Jambi, sedangkan daerah rawa cenderung berada di daerah sepanjang aliran Sungai Batanghari. Sebelah utara Sungai Batanghari merupakan daerah yang bergelombang dengan ketinggian relatif antara 0 hingga 30 m dpl. Sedangkan bagian selatan dari Sungai Batanghari memiliki ketinggian relatif antara 0 hingga 80 m dpl. Peta ketinggian Kota Jambi dapat dilihat pada peta 4 (peta terlampir). Berikut ini adalah tabel luasan berdasarkan kelas ketinggian.

Tabel 4.13 Luas Wilayah Ketinggian di Kota Jambi

No	Wilayah Ketinggian (m dpl)	Luas (ha)
1	< 10	4.257
2	10 – 20	4.548
3	20 - 30	4.700
4	30 - 40	3.128
5	40 - 50	972
6	50 - 60	1.012
7	60 - 70	87
8	70 - 80	601

Sumber : Pengolahan data spasial 2012

4.4 Sarana dan Prasarana Wilayah

Sarana Prasarana Wilayah di Kota Jambi berupa sistem drainase. Menurut Dinas PU Kota Jambi tahun 2006 bahwa Drainase adalah utilitas/pelayanan perkotaan untuk penyaluran air hujan sehingga Kota Jambi terhindar dari adanya wilayah banjir baik periodik maupun temporer. Pembuatan sistem drainase untuk mengurangi dampak banjir akibat dari meluapnya Sungai Batanghari sehingga luas daerah banjir menjadi berkurang. Sistem drainase di Kota Jambi dibedakan menjadi tiga, yaitu sistem drainase primer, sekunder dan tersier. Saluran-saluran primer terdiri dari sungai-sungai yang bermuara ke Sungai Batanghari, seperti Sungai Kenali Kecil, Sungai Kenali Besar, Sungai Asam (Bagian Tengah Kota), Sungai Lubuk Raman, Sungai Talang Goyang dan Sungai Pasir Putih (Bagian Timur Kota). Sedangkan saluran tersier merupakan penampungan aliran dari buangan dan daerah-daerah lainnya. Sedangkan sistem sekunder akan menampung aliran dari saluran sistem tersier dan daerah lainnya. Peta sistem drainase Kota Jambi dapat dilihat pada peta 6 (peta terlampir).

4.5 Penduduk Kota Jambi

Jumlah penduduk Kota Jambi pada tahun 2009 adalah sebesar 532.743 jiwa, dengan laju pertumbuhan rata-rata selama 5 tahun (2005-2009) adalah sebesar 3,08%. Penjabaran jumlah penduduk untuk masing-masing kecamatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.14 Tabel Jumlah, Luas dan Kepadatan Penduduk Tahun 2009

No	Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Jumlah Penduduk (satuan dalam jiwa)					Pertumbuhan Penduduk (%)
			2005	2006	2007	2008	2009	
1	Kota Baru	10	96.835	100.663	104.805	127.606	141.684	8,89
2	Jambi Selatan	9	97.516	98.507	106.328	120.797	122.026	5,34
3	Jelutung	7	60.381	60.791	59.963	63.191	69.008	3,21
4	Pasar Jambi	4	14.000	13.964	16.344	15.294	15.623	2,39
5	Telanai Pura	11	75.889	76.045	76.224	76.513	77.089	0,39
6	Danau Teluk	5	12.079	12.119	12.291	13.584	13.863	3,31
7	Pelayangan	6	12.396	12.312	13.603	13.637	12.909	0,85
8	Jambi Timur	10	77.776	78.159	78.778	92.954	80.553	0,28
Jumlah		62	446.872	452.565	470.902	523.572	532.743	3,08

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Jambi 2009

4.6 Banjir di Kota Jambi

Berdasarkan informasi dari Dinas PU kota Jambi dan dari beberapa penduduk melalui survey lapang, didapatkan bahwa kejadian banjir yang terjadi di Kota Jambi cenderung disebabkan oleh meluapnya air sungai. Meluapnya air sungai disebabkan oleh debit aliran yang melampaui daya tampung sungai sehingga membanjiri wilayah sepanjang bantaran sungai. Tingginya curah hujan harian juga merupakan salah satu penyebab terjadinya banjir rutin di sebagian wilayah di Kota Jambi.

Lokasi yang sering terkena banjir rutin di Kota Jambi antara lain Kecamatan Budiman dan Tambaksari. Ketika hujan mengguyur sebagian wilayah Kota Jambi, daerah tersebut menjadi langganan terjadinya banjir. Banjir setinggi kurang lebih 30-70 cm selalu terjadi saat hujan mengguyur kedua wilayah tersebut. Selain dari kedua tempat tersebut, daerah-daerah lain seperti Terminal, Pasir Jambi dan SMA 3 Jelutung juga sering mengalami banjir. Tak kurang dari 50 cm banjir terjadi di wilayah tersebut. Hal ini dikarenakan sistem drainase yang kurang baik sehingga air hujan tidak mampu tertampung seluruhnya dan menimbulkan banjir di sepanjang wilayah tersebut.

Luas banjir mencapai 4.515 Ha. Wilayah yang terendam mencakup 6 (enam) kecamatan yaitu Kecamatan Jambi, Jelutung, Telanaipura, Jambi Timur, Danau Teluk dan Kecamatan Pelayangan. Tinggi banjir berkisar antara 1-4 m dengan waktu banjir selama 4-30 hari. Lokasi dan kondisi banjir di tiap kecamatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Lokasi Banjir di Kota Jambi

No	Lokasi/Kecamatan	Besaran		Waktu		Penyebab Banjir
		Luas (ha)	Tinggi (m)	Waktu (hari)	Frekuensi (kali/tahun)	
A	Banjir karena Luapan Sungai Batanghari					
1	Jambi	120	0,5-2	4-20	2	Luapan S. Batanghari, kapasitas saluran tidak memadai
2	Jelutung	157	12	4-20	2	Luapan S. Batanghari, kap gorong2 terlalu kecil
3	Telanaipura	900	12	4-20	2	Luapan S. Batanghari
4	Jambi Timur, Sungai Tembuku	140	13	4-20	2	Luapan S. Batanghari
5	Jambi Timur, Sungai Selincih	750	14	4-20	2	Luapan S. Batanghari
6	Danau Teluk	1450	13	4-20	2	Luapan S. Batanghari, kondisi sal/gorong2 tdk memadai
7	Pelayangan	998	13	4-20	2	Luapan S. Batanghari
B	Banjir karena Genangan Rutin					
8	Tanjung Sari	2	0,2-0,4	3	5	Dimensi saluran relatif kurang, banyak sedimen
9	Budiman	3,28	0,4-0,6	3	6	Dimensi saluran relatif kurang, gorong2 terlalu kecil
10	Terminal Pasar	1,54	0,2-0,4	5	10	Saluran tersumbat sampah, outlet tertutup, kesulitan O&M
11	Pasar Jambi	1,24	0,2-0,4	5	10	Saluran rusak, banyak sampah, outlet tersumbat sampah
12	SMA 3 Jelutung	6,84	0,3-0,5	6	6	Kapasitas Sungai Jelutung relatif terlalu kecil
13	Ktr. Kecamatan Jelutung	3,1	0,3-0,7	6	10	Gorong2 menyempit, kapasitas saluran di hilir menyempit
14	Tambak Sari TheHok	2,48	0,3-0,4	5	5	Daerah relatif lebih rendah dari muka air sungai Sungai Jelutung
15	Jalan Siswa	1,5	0,4-0,6	5	5	Kapasitas Sungai Asam kurang memadai
16	Jalan Metu	1,6	0,3-0,5	6	9	Kapasitas Sungai Asam kurang memadai
17	Hotel Aini	3,25	0,5-0,7	6	9	Kapasitas saluran sekunder Selamat relatif kurang
18	Jl Cokro Arminoto, Serunai Malam	2,08	0,6-1	4	7	Dimensi saluran dan gorong2 menyempit
19	Jalan Sri Sudewi	1	1-1.5	8	17	Gorong2 dan Saluran Telanai tersumbat sampah
20	Jalan Sungai Putri	1,42	0,3-0,6	5	10	Saluran banyak endapan dan sampah
21	Jalan Halmahera	4,65	1	5	15	Dimensi saluran belum memadai

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Kota Jambi 2010

Untuk menjelaskan lokasi wilayah banjir pada tabel diatas dibuatlah peta banjir rutin berdasarkan lokasi yang terdapat pada peta 9 (peta terlampir).

Selain data tabular mengenai lokasi dan kedalaman banjir, didapat pula data berupa wilayah sebaran banjir dan banjir rutin dari Dinas PU Kota Jambi tahun 2006. Peta tersebut diolah dan kemudian menghasilkan Peta wilayah banjir dan banjir rutin di Kota Jambi. Peta tersebut memperlihatkan wilayah banjir di Kota Jambi dan wilayah banjir rutin di Kota Jambi. Peta wilayah banjir rutin terdapat pada peta 7 (peta terlampir).

Dari peta banjir rutin, dapat dilihat bahwa beberapa lokasi di wilayah kota Jambi mengalami banjir rutin akibat tingginya curah hujan dan sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik. Luas wilayah yang mengalami banjir rutin mencapai 2.856 ha. Untuk lokasi absolut terjadinya banjir rutin dapat dilihat secara lebih rinci pada bagian banjir dan permasalahannya.

Untuk wilayah banjir Kota Jambi menurut data Dinas PU Kota Jambi, didapat data wilayah banjir antara tahun 2003, 2006 dan 2010. Wilayah banjir tersebut dapat dilihat pada peta 8, peta 9 dan peta 10 (peta terlampir). Dari peta 8 wilayah banjir tahun 2003, dapat dilihat bahwa wilayah kota Jambi yang tergenang oleh banjir luasnya mencapai 5.102 ha. Sedangkan wilayah banjir pada tahun 2006 yang terdapat pada peta 9, didapat wilayah yang tergenang oleh banjir luasannya mencapai 5.909 ha. Dari penjelasan peta wilayah banjir tahun 2010, dapat dilihat bahwa sebagian besar wilayah Kota Jambi di sebelah utara mengalami kejadian banjir. Hal ini dikarenakan sebagian besar wilayah tersebut memiliki topografi yang landai dengan ketinggian antara 0 hingga 20 m dpl. Luas wilayah banjir yang menggenangi Kota Jambi mencapai 6.221 ha.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kejadian Banjir di Kota Jambi

Hampir setiap tahun Kota Jambi selalu mengalami kejadian banjir. Hal ini dikarenakan topografi wilayah Kota Jambi yang berada di daerah cekungan dengan ketinggian antara 3-80 mdpl. Kota Jambi juga dilalui oleh sungai besar yaitu sungai Batanghari yang membelah kota Jambi menjadi dua bagian yaitu utara dan selatan.

Kejadian banjir di kota jambi yang akan dijelaskan berikut ini terjadi antara rentang waktu tahun 2001 hingga 2005.

5.1.1 Kejadian Banjir Tahun 2001-2002

Pada kurun waktu tahun 2001 hingga 2002 kota jambi mengalami kejadian banjir dalam beberapa kali, yaitu terjadi tanggal 27,28 dan 29 Desember 2001. Kedalaman banjir pada titik pantau banjir stasiun Tanggo Rajo mencapai angka 1 hingga 2 meter. Banjir kembali terjadi pada awal tahun 2002, yaitu tanggal 3 sampai 4 januari dengan kedalaman banjir antara 1 hingga 3 meter. Banjir kemudian surut namun kembali meninggi pada tanggal 6 hingga 9 januari 2002.

Berikut adalah tabel kejadian banjir beserta data ketinggian muka air sungai dan tinggi banjir pada titik pantau banjir stasiun Tanggo Rajo.

Tabel 5.1 Kejadian Banjir Tahun 2001-2002 Stasiun Tanggo Rajo

No	Tanggal	Curah Hujan (mm)	TMA (m)	Tinggi Genangan (m)	Daerah Tergenang
1	27/12/2001	14,5	12,5	1,3598	Kelurahan Tanjung Raden, Tanjung Pasir, Ulu Gedong, Mudung Laut, Sijenjang, Pasir Panjang, Teluk Tenali dan Legok
2	28/12/2001	11,3	12,6	1,8095	
3	29/12/2001	21,1	12,8	2,1268	
4	3/1/2002	18,5	13,2	3,1435	
5	4/1/2002	19,7	13,2	3,2362	
6	6/1/2002	12,4	13,2	3,0124	
7	9/1/2002	29,1	12,4	2,4385	
8	10/1/2002	36,5	11,82	1,2595	
9	11/1/2002	66,3	11,4	1,1467	

Sumber : *Survei dan Data Pu Kota Jambi 2006*

Wilayah yang terendam oleh banjir meliputi beberapa kelurahan yang berada di sepanjang bantaran sungai Batanghari. Kelurahan tersebut antara lain yaitu Kelurahan Tanjung Raden, Tanjung Pasir, Ulu Gedong, Mudung Laut, Sijenjang, Pasir Panjang, Teluk Tenali dan Legok.

5.1.2 Kejadian Banjir Tahun 2003

Pada tahun 2003 terjadi kejadian banjir dengan kedalaman banjir di titik pantau banjir mencapai hingga 3 meter. Kejadian banjir tersebut terjadi pada tanggal 19 hingga 25 Januari dengan kedalaman banjir maksimal pada tanggal 22 Januari. Banjir kemudian surut namun kembali terjadi banjir pada tanggal 24 Februari hingga 25 Februari dengan kedalaman banjir diatas 3 meter.

Berikut ini adalah data kejadian banjir dengan beserta data ketinggian muka air sungai dan tinggi banjir pada titik pantau banjir stasiun Tanggo Rajo.

Tabel 5.2 Kejadian Banjir Tahun 2003 Stasiun Tanggo Rajo

No	Tanggal	Curah Hujan (mm)	TMA (m)	Tinggi Genangan (m)	Daerah Tergenang
1	19/01/2003	28,1	13	1,8712	Kelurahan Pasir Panjang, Tanjung Raden, Tanjung Pasir, Olak Kemang, Ulu Gedong, Tengah, Jelmu, Mudung Laut, Arab Melayu, Tahtul Yaman, Tanjung Johor
2	20/01/2003	43,5	13,1	2,4015	
3	21/01/2003	17,8	13,1	3,1246	
4	22/01/2003	36,7	13,2	3,5498	
5	25/01/2003	12,6	13,07	3,0317	
6	24/02/2003	14,2	13,8	3,4968	
7	25/02/2003	9,4	13,78	3,7436	
8	26/02/2003	38,2	13,73	3,5798	
9	25/04/2003	12	13,65	3,5436	
10	26/04/2003	22,3	13,67	3,1569	
11	27/04/2003	13,7	13,67	2,8736	
12	28/04/2003	17,2	13,66	2,5079	

Sumber : Survei dan Data PU Kota Jambi 2006

Banjir yang terjadi pada tahun ini diakibatkan oleh kenaikan tinggi muka air sungai Batanghari secara signifikan sehingga menyebabkan air sungai meluap keluar dari sungai dan membanjiri daerah sepanjang aliran sungai. Kedalaman banjir tertinggi terjadi pada tanggal 25 februari dimana fluktuasi kejadian banjir mencapai titik tertinggi pada ketinggian 3.74 meter.

Banjir tahun ini cukup besar dan hampir menenggelamkan sebagian dari wilayah kota Jambi dimana ada sekitar 7 kelurahan yang mengalami banjir terparah dengan kedalaman banjir lebih dari 1 meter.

5.1.3 Kejadian Banjir Tahun 2004-2005

Pada selang waktu tahun 2004 hingga tahun 2005 kota Jambi mengalami kejadian banjir hingga lebih dari 12 kali kejadian banjir, dimana kejadian banjir tersebut terjadi akibat dari meningkatnya debit dan tinggi muka air sungai Batanghari secara signifikan sehingga terjadilah banjir dengan cepat dan membanjiri seluruh wilayah di sepanjang aliran sungai Batanghari. Berikut adalah tabel kejadian banjir yang terjadi tahun 2004 hingga tahun 2005.

Tabel 5.3 Kejadian Banjir Tahun 2004-2005 Stasiun Tango Rajo

No	Tanggal	Curah Hujan (mm)	TMA (m)	Tinggi Genangan (m)	Daerah Tergenang
1	28/12/2004	56,5	13,8	2,5764	Kelurahan Pasir Panjang, Tanjung Raden, Tanjung Pasir, Olak Kemang, Ulu Gedong, Tengah, Jelmu
2	29/12/2004	16,1	13,8	3,2198	
3	30/12/2004	26,1	13,72	3,1129	
4	17/01/2005	28,8	13,02	2,3978	
5	18/01/2005	18,3	13,05	2,6756	
6	19/01/2005	12,5	13,1	2,9765	
7	20/01/2005	7,5	13,6	3,6458	
8	3/4/2005	8,67	13,99	3,8331	
9	4/4/2005	25,6	14	4,1267	
10	5/4/2005	56,4	14	4,3635	
11	6/4/2005	13,6	13,99	4,0239	
12	7/4/2005	36,4	13,78	3,5915	

Sumber : Survei dan Data PU Kota Jambi 2006

Banjir tertinggi terjadi pada tanggal 5 April 2005 dimana kedalaman banjir saat itu mencapai lebih dari 4 meter sehingga banyak dari warga mengungsi ke tempat yang lebih tinggi. Banjir juga merendam sebagian dari wilayah kota Jambi, terutama di sepanjang aliran sungai Batanghari dan wilayah sebelah utara kota Jambi.

5.1.4 Analisa Kejadian Banjir Berdasarkan Tanggal Kejadian Banjir Pada Stasiun Pantau Banjir

Berikut ini adalah tabel analisa kejadian banjir berdasarkan tanggal kejadian banjir di beberapa lokasi survey.

Tabel 5.4 Analisa Kejadian Banjir Tanggal 23 Januari 2003

No	Lokasi	Elevasi	Kedalaman Genangan	Selisih Elevasi dari Titik Pantau Banjir	Selisih Kedalaman Genangan dari Titik Pantau Banjir
1	Titik Pantau Banjir	2,05	3,9824	0	0
2	342843.31;9824614.57	4,29	2,0334	2,24	-1,949
3	343905.68;9824747.37	5,81	1,9536	3,76	-2,0288
4	345056.57;9824282.58	6,69	1,2438	4,64	-2,7386
5	345720.54;9824105.52	7,54	1,0598	5,49	-2,9226
6	346495.18;9823862.07	8,14	0,8539	6,09	-3,1285
7	347114.89;9824902.3	9,36	0,7539	7,31	-3,2285
8	349837.19;9825853.99	10,25	0,5748	8,2	-3,4076
9	345587.75;9823773.54	11,14	0,3569	9,09	-3,6255
10	344481.12;9825167.89	12,09	0,2167	10,04	-3,7657

Sumber : Survey & Pengolahan data 2012

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa pada tanggal 23 Januari terjadi kejadian banjir di berbagai tempat dengan kedalaman banjir yang bervariasi. Pada stasiun pantau banjir kedalaman banjir menunjukkan angka hampir 4 meter. Sedangkan banjir pada wilayah lain memiliki kedalaman yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman banjir pada stasiun pantau banjir.

Berikut ini adalah analisa kejadian banjir pada tanggal 31 Desember 2004

Tabel 5.5 Analisa Kejadian Banjir Tanggal 31 Desember 2004

No	Lokasi	Elevasi	Kedalaman Genangan	Selisih Elevasi dari Titik Pantau Banjir	Selisih Kedalaman Genangan dari Titik Pantau Banjir
1	Titik Pantau Banjir	2,05	3,1458	0	0
2	342843.31;9824614.57	4,59	2,0168	-1,129	-1,949
3	343905.68;9824747.37	5,81	1,9159	-1,2299	-2,0288
4	345056.57;9824282.58	6,69	1,2438	-1,902	-2,7386
5	345720.54;9824105.52	7,54	0,9314	-2,2144	-2,9226
6	346495.18;9823862.07	8,14	0,8487	-2,2971	-3,1285
7	347114.89;9824902.3	9,36	0,6836	-2,4622	-3,2285
8	349837.19;9825853.99	10,25	0,5598	-2,586	-3,4076
9	345587.75;9823773.54	11,14	0,3156	-2,8302	-3,6255
10	344481.12;9825167.89	12,09	0,2546	-2,8912	-3,7657

Sumber : Survey & Pengolahan data 2012

5.2 TMA Batanghari Menurut Siklus Banjir

Dalam penentuan prediksi banjir di Kota Jambi, dapat dilihat dengan menghitung TMA Batanghari dengan menghitung dari siklus banjir yang ada. Siklus banjir didapat dari pendekatan dengan berbagai metode, salah satunya dengan model banjir yang didapat dari perhitungan tinggi muka air sungai rencana/rancangan. Perhitungan tinggi muka air sungai rencana dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Log Pearson Tipe II. Rumus tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan curah hujan dan debit rencana/rancangan, dengan rumus :

$$\text{Log } X = \text{Log } X \text{ rata-rata} + G \cdot Sd$$

$$Sd = \sqrt{\sum(\text{Log}Xi - \text{Log } X \text{ rata-rata})^2 / n-1}$$

$$\text{Log } X \text{ rata-rata} = \sum \text{Log}Xi / n$$

Bedasarkan data tinggi muka air Batanghari dari tahun 2001 sampai 2010 diperoleh hasil perhitungan prediksi tinggi muka air sebagai berikut.

Tabel 5.6 Tabel Perhitungan Log Pearson

No	Periode Ulang (Tahun)	G Tabel	Tinggi muka air prediksi (m)
1	2	-0,054	14,32
2	5	0,978	14,67
3	10	1,489	14,98
4	25	1,981	15,35
5	50	2,234	15,76
6	100	2,768	16,01

Sumber : Pengolahan data 2012

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan prediksi tinggi muka air dengan menggunakan rumus Log Pearson. Terlihat pada tabel, tinggi muka air menunjukkan angka 13,58 m dalam periode 2 tahun dan dalam periode 5 tahun tinggi muka air bertambah menjadi 14,03 m. Dalam perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa periode ulang 2 dan 5 tahunan termasuk dalam perhitungan model TMA. Perhitungan prediksi TMA dengan periode ulang 10 hingga 100 tahun tidak termasuk dalam perhitungan model. Hal ini dikarenakan nilai prediksi TMA tersebut melampaui nilai tinggi muka air dalam periode 10 tahun sebesar 11,43 m.

5.3 Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi

Pemodelan banjir diawali dengan melakukan pengolahan data statistik menggunakan rumus regresi linier berganda lalu dispasialkan dengan memasukkan rumus regresi pada tiap grid Kota Jambi. Sebelum dilakukan perumusan regresi perlu dilakukan uji korelasi terlebih dahulu. Uji korelasi yang dilakukan menggunakan sistem bivariate dengan menggunakan lebih dari 2 jenis data yang diuji.

Tabel 5.7 Uji Korelasi Bivariate

		Kedalaman Banjir	TMAS	Tinggi Tempat	Curah Hujan	Koefisien Limpasan
Kedalaman Banjir	Pearson Correlation	1	0.872	-0.843	0.531	0.239
	Sig. (2-tailed)		0.000	0.000	0.018	0.203
TMAS	Pearson Correlation	0.872	1	0.319	0.587	-0.011
	Sig. (2-tailed)	0.000		0.121	0.080	0.954
Tinggi Tempat	Pearson Correlation	-0.843	0.319	1	0.543	-0.256
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.121		0.012	0.201
Curah Hujan	Pearson Correlation	0.531	0.587	0.543	1	0.152
	Sig. (2-tailed)	0.018	0.080	0.012		0.424
Koefisien Limpasan	Pearson Correlation	0.239	-0.011	-0.256	0.152	1
	Sig. (2-tailed)	0.203	0.954	0.201	0.424	

Sumber : Pengolahan data 2012

Berdasarkan tabel korelasi antara kedalaman banjir dan tinggi muka air sungai didapatkan bahwa derajat hubungan antar koefisien tersebut memiliki nilai korelasi (r) sebesar 0,872. Sedangkan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,754. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan dua variabel tersebut memiliki nilai variasi sebesar 75,4 % dengan tingkat kepercayaan sebesar 99% (0,01).

Berdasarkan tabel korelasi antara kedalaman banjir dan tinggi tempat didapatkan bahwa derajat hubungan antar koefisien tersebut memiliki nilai korelasi (r) sebesar 0,843. Sedangkan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,714. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan dua variabel tersebut memiliki nilai variasi sebesar 71,4 % dengan tingkat kepercayaan sebesar 99% (0,01). Sedangkan tanda negatif (-) pada nilai korelasi memiliki arti kedalaman banjir berbanding terbalik dengan tinggi tempat.

Berdasarkan tabel korelasi antara kedalaman banjir dan curah hujan didapatkan bahwa derajat hubungan antar koefisien tersebut memiliki nilai korelasi (r)

sebesar 0,531. Sedangkan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,412. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan dua variabel tersebut memiliki nilai variasi sebesar 41,2 % dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% (0,05). Sedangkan tanda positif (+) pada nilai korelasi memiliki arti kedalaman banjir berbanding lurus dengan curah hujan.

Dari penjelasan diatas, dapat dilihat bahwa nilai keterkaitan antar variabel bebas memiliki variasi yang berbeda-beda. Derajat hubungan yang berbeda-beda ini dikarenakan sifat dan karakter peubah yang berbeda satu sama lain. Hal ini juga bisa disebabkan karena keberartian koefisien korelasi dan maksud penggunaannya. Dalam hal ini, penggunaan variabel tersebut untuk mencari seberapa kuat hubungan antar variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat. Ukuran jumlah sampling juga ikut mempengaruhi derajat ketergantungan. Sehingga dalam pendugaan korelasi, diperlukan analisa yang lebih mendalam untuk menentukan hasil dari koefisien korelasi yang digunakan dalam perhitungan. Dalam kasus ini, koefisien korelasi curah hujan lebih kecil dibandingkan dengan tinggi muka air sungai dan tinggi tempat. Pemodelan banjir lebih dipengaruhi oleh besaran tinggi muka air sungai dan tinggi tempat dibandingkan dengan curah hujan. Hal ini disebabkan oleh kedalaman banjir lebih dipengaruhi oleh tingginya debit air di wilayah hulu sehingga menyebabkan kenaikan tinggi muka air sungai dan berpengaruh terhadap kedalaman banjir. Sehingga dalam perhitungan variabel curah hujan tidak diikutsertakan.

Tabel 5.8 Hasil Regresi Linier

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-5,962	1,173		-5,084	0,000
Tinggi Muka Air Sungai	0,657	0,085	0,567	7,710	0,000
Tinggi Tempat	-0,144	0,022	-0,492	-6,686	0,000

a. Dependent Variabel: kedalaman banjir

Sumber : Pengolahan data 2012

Koefisien dari tinggi muka air sungai dan ketinggian tempat adalah sebesar 0,657 dan -0,144 dan konstanta sebesar -5,962, sehingga didapat persamaan analisis regresi linier yaitu :

$$\text{Kedalaman Banjir} = -5.962 + 0.657 * \text{Tinggi Muka Air Sungai} - 0.144 * \text{Tinggi tempat}$$

Apabila model regresi dimasukkan ke dalam tiap grid maka dapat terbentuk wilayah banjir serta kedalamannya. Kondisi banjir di Kota Jambi mulai terjadi saat tinggi muka air sungai 11 m. Selanjutnya akan diteruskan dengan penggambaran kedalaman banjir dengan interval tinggi muka air sungai sebesar 0,5 m.

Sedangkan perhitungan pemodelan banjir dengan variabel curah hujan dan ketinggian tempat menggunakan uji korelasi berikut ini digunakan tanpa memperhitungkan variabel tinggi muka air sungai dan koefisien limpasan. Perhitungan ini didapat melalui data-data kejadian banjir yang diakibatkan oleh curah hujan yang terjadi di Kota Jambi. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan uji korelasi antara tinggi banjir, curah hujan dan ketinggian tempat.

Tabel 5.9 Uji Korelasi Bivariate Berdasarkan Curah Hujan dan Tinggi Tempat

		Kedalaman Banjir	Curah Hujan	Tinggi Tempat
Kedalaman Banjir	Pearson Correlation	1	0.769	-0.768
	Sig. (2-tailed)		0.01	0.000
Curah Hujan	Pearson Correlation	0.769	1	0.311
	Sig. (2-tailed)	0.01		0.094
Tinggi Tempat	Pearson Correlation	-0.768	0.311	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.094	

Sumber : Pengolahan data 2012

Berdasarkan tabel korelasi antara kedalaman banjir dan curah hujan didapatkan bahwa derajat hubungan antar koefisien tersebut memiliki nilai korelasi (r) sebesar 0,769. Sedangkan nilai koefisien determinasi (r²) sebesar 0,643. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan dua variabel tersebut memiliki nilai variasi sebesar 64,3 % dengan tingkat kepercayaan sebesar 99% (0,01).

Berdasarkan tabel korelasi antara kedalaman banjir dan tinggi tempat didapatkan bahwa derajat hubungan antar koefisien tersebut memiliki nilai korelasi (r) sebesar 0,768. Sedangkan nilai koefisien determinasi (r²) sebesar 0,638. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan dua variabel tersebut memiliki nilai variasi sebesar 63,8 % dengan tingkat kepercayaan sebesar 99% (0,01). Sedangkan tanda negatif (-) pada nilai korelasi memiliki arti kedalaman banjir berbanding terbalik dengan tinggi tempat.

Dari penjelasan diatas, dapat dilihat bahwa derajat hubungan tiap-tiap variabel bebas memiliki nilai kecenderungan yang berbeda-beda. Seperti yang dijelaskan diatas, bahwa hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor. Hubungan keterkaitan antara kedalaman banjir dengan variabel curah hujan dan tinggi tempat lebih dipengaruhi oleh penyebab dari banjir itu sendiri. Dalam hal ini, banjir rutin yang sering terjadi di Kota Jambi juga diakibatkan oleh curah hujan harian lokal yang tinggi. Sehingga dalam penelitian ini, menggunakan dua pendekatan model yang berbeda. Hal ini diharapkan dapat memberikan penjelasan tentang model banjir yang ada dipandang dari dua sudut yang berbeda.

Tabel 5.10 Hasil Regresi Linier

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	4,168	8,396		2,588	0,015
Curah Hujan	0,377	0,083	0,366	3,352	0,002
Tinggi Tempat	-2,084	0,348	-0,654	-5,994	0

a. Dependent Variabel: kedalaman banjir

Sumber : Pengolahan data 2012

Koefisien dari curah hujan dan ketinggian tempat adalah sebesar 0.377 dan -2.084 dan konstanta sebesar 4.168, sehingga didapat persamaan analisis regresi linier yaitu :

$$\text{Kedalaman Banjir} = 4.168 + 0.377 * \text{Curah Hujan} - 2.084 * \text{Tinggi tempat}$$

Apabila model regresi dimasukkan ke dalam tiap grid maka dapat terbentuk wilayah banjir serta kedalamannya. Kondisi banjir di Kota Jambi mulai terjadi curah hujan harian 100 mm. Selanjutnya akan diteruskan dengan penggambaran kedalaman banjir dengan interval tinggi curah hujan harian sebesar 50 mm.

5.4 Wilayah Banjir Menurut TMA Batanghari

Berdasarkan hasil perhitungan matematis didapatkan suatu model statistic yang dikonversikan ke dalam analisis spasial yaitu berupa model wilayah dan kedalaman banjir. Pemodelan wilayah banjir menurut tinggi muka air Batanghari menggunakan dua variabel yaitu tinggi muka air dan elevasi. Tinggi muka air yang digunakan didasarkan pada kedalaman air yang tercatat pada stasiun pemantau banjir. Dari data tersebut kemudian digunakan dalam pemodelan banjir. Tinggi normal pada stasiun pemantau banjir (Tangga Rajo) pada titik 8,5 meter. Sedangkan banjir mulai menggenangi wilayah Kota Jambi pada

titik 11 meter hingga titik 14 meter. Titik 14 meter merupakan titik maksimal tinggi muka air berdasarkan data kejadian banjir di Kota Jambi.

Berikut ini adalah hasil model dengan menggunakan hasil uji regresi.

5.4.1 Banjir Pada TMA Batanghari 11m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 11 meter, wilayah yang tergenang banjir berada di Kelurahan Sijenjang, Olak Kemang dan Tahtul Yaman dengan kedalaman banjir diatas 50 cm. Sedangkan di kelurahan Payo Silincih, Tengah, Legok dan Rajawali tergenang banjir dengan kedalaman banjir kurang dari 50 cm.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir memiliki persentase luasan sebesar 1,91 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.2 Banjir Pada TMA Batanghari 11,5 m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 11,5 meter, terjadi perluasan banjir yang signifikan. Banjir terjadi beberapa kelurahan seperti Kelurahan Sijenjang, Olak Kemang, Tahtul Yaman, Sijenjang, Pasir Putih, dan Ulu Gedong. Kedalaman banjir diatas 1 meter terjadi di Kelurahan Tahtul Yaman dan Pasir Putih. Sedangkan di beberapa kelurahan seperti Kelurahan Tahtul Yaman, Sijenjang dan Olak Kemang tergenang banjir dengan kedalaman antara 50 cm hingga 1 meter. Di beberapa kelurahan lain seperti Kelurahan Tengah, Kasang, Kasang Jaya dan Tanjung sari tergenang banjir dengan kedalaman kurang dari 50 cm.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,9 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 7,48 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.3 Banjir Pada TMA Batanghari 12 m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 12 meter, terjadi perluasan wilayah banjir di Kota Jambi. Banjir meluas hingga ke wilayah sebelah barat daya dari Batanghari. Di beberapa Kelurahan seperti Kelurahan Penyengat Rendah, Teluk Kenali, Buluran Kenali dan Kenali Besar mengalami perluasan wilayah banjir yang signifikan. Banjir tertinggi dengan kedalaman banjir mencapai 1,3 meter terjadi di Kelurahan Tahtul Yaman dan Sijenjang. Di kedua Kelurahan

tersebut rata-rata kedalaman banjir mencapai lebih dari 1 meter. Sedangkan di beberapa wilayah lain di Kota Jambi, seperti di sebelah utara dan timur Batanghari rata-rata mengalami banjir dengan kedalaman lebih dari 50 cm hingga 1 meter. Kelurahan-kelurahan tersebut antara lain seperti Kelurahan Olak Kemang, Tanjung Johor, Ulu Gedong, Jelm, Mudung Laut dan Tahtul Yaman.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,3 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 3,3 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 11,03 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.4 Banjir Pada TMA Batanghari 12,5 m

Pada Kondisi Muka air Batanghari menunjukkan tinggi 12,5 meter, terjadi banjir dengan kedalaman banjir hingga mencapai lebih dari 1,5 meter. Banjir tertinggi tersebut terjadi di Kelurahan Pasir Putih, Tahtul Yaman, Olak Kemang dan Sijenjang. Sedangkan kedalaman banjir antara 1 meter hingga 1,5 meter terjadi di beberapa Kelurahan seperti Kelurahan Pasir Putih dan Sijenjang yang hampir keseluruhan wilayahnya terendam banjir. Untuk Kelurahan di sebelah utara Batanghari seperti Kelurahan Ulu Gedong, Tahtul Yaman, Olak Kemang, Tanjung Johor dan Tengah juga mengalami banjir dengan kedalaman banjir yang serupa. Untuk kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter juga terjadi pada Kelurahan tersebut. Selain itu di Kelurahan yang berada di sebelah selatan Batanghari juga mengalami banjir dengan kedalaman banjir yang sama.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,09 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 1 meter hingga 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 1,82 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 9,52 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Dan kelas Kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 10,09 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.5 Banjir Pada TMA Batanghari 13 m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 13 meter, kedalaman banjir tertinggi terjadi di Kelurahan Tahtul Yaman dan Pasir Putih. Di kedua Kelurahan tersebut kedalaman banjir tertinggi mencapai 2 meter. Secara keseluruhan, kedalaman banjir meningkat secara signifikan. Di beberapa Kelurahan di sebelah tenggara Kota Jambi mulai tergenang oleh Banjir. Kelurahan tersebut antara lain Kelurahan Lingkar Selatan, Paal Merah dan Paal V. Pada Kelurahan tersebut mulai tergenang banjir dengan kedalaman rata-rata 50 cm. Untuk Kelurahan yang berada di sebelah Utara maupun timur Kota Jambi tergenang banjir dengan kedalaman banjir rata-rata 1 hingga 2 meter.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir antara 1,5 hingga 2 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,53 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 1 meter hingga 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 4,89 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 12,17 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Dan untuk kelas Kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 10,18 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.6 Banjir Pada TMA Batanghari 13,5 m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 13,5 meter, kedalaman banjir lebih dari 2 meter terjadi di beberapa Kelurahan yang berada di sebelah Utara, Timur dan Selatan Batanghari. Kelurahan tersebut antara lain seperti Kelurahan Tahtul Yaman, Pasir Putih, Sijenjang, Sungai Asam, Legok, Teluk Kenali dan Payo Silincah. Banjir meluas secara signifikan hingga ke sebelah selatan Kota Jambi. Di beberapa Kelurahan tersebut antara lain seperti Kelurahan Suka Karya, Simpang III Sipin, Paal, Mayang Mangurai dan Kenali Asam Bawah. Rata-rata wilayah tersebut mengalami banjir dengan kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter. Kedalaman banjir secara keseluruhan meningkat secara signifikan di beberapa Kelurahan yang berbatasan langsung dengan Batanghari.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 2 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,3 % dari keseluruhan luas

wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 1,5 meter hingga 2 meter memiliki persentase luasan sebesar 3,3 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Untuk kelas kedalaman antara 1 meter hingga 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 11,04 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 10,27 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Dan kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 12,45 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.4.7 Banjir Pada TMA Batanghari 14 m

Pada kondisi muka air Batanghari menunjukkan tinggi 14 meter, kedalaman banjir tertinggi mencapai lebih dari 2,5 meter. Banjir dengan kedalaman tersebut terjadi di beberapa Kelurahan, yaitu Kelurahan Olak Kemang, Tahtul Yaman, Sijenjang, Legok, Teluk Kenali dan Pasir Putih. Secara keseluruhan wilayah Kota Jambi mengalami banjir dengan kedalaman bervariasi antara 50 cm hingga lebih dari 2 meter. Perluasan wilayah banjir juga terjadi namun tidak terlalu signifikan. Banjir meluas hingga ke wilayah sebelah selatan Kota Jambi. Berikut ini adalah tabel luas wilayah banjir beserta kedalaman banjir berdasarkan tinggi muka air Batanghari

Tabel 5.11 Luas Wilayah Banjir Menurut TMA Batanghari dan Kedalaman Banjir

No	TMA	Kedalaman Genangan										Total	
		<50 cm		50-100 cm		100-150 cm		150-200 cm		>200 cm			
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
1	11 m	374	1,82	19	0,09	-	-	-	-	-	-	393	1,9
2	11,5 m	1.542	7,48	187	0,9	3	0,01	-	-	-	-	1.732	8,4
3	12 m	2.273	11,03	681	3,3	62	0,3	-	-	-	-	3.016	14,64
4	12,5 m	2.079	10,09	1.961	9,52	374	1,82	19	0,09	-	-	4.433	21,52
5	13 m	2.097	10,18	2.507	12,17	1.009	4,89	109	0,53	-	-	5.722	27,78
6	13,5 m	2.564	12,45	2.116	10,27	2.273	11,04	681	3,3	62	0,3	7.696	37,36
7	14 m	1.512	7,34	2.048	9,94	2.079	10,09	1.961	9,52	393	1,9	7.993	38,8

Sumber : Pengolahan Data 2012

Kedalaman banjir di Kota Jambi dipengaruhi oleh tinggi muka air Batanghari dan Elevasi. Kedalaman banjir berhenti pada elevasi tertentu. Pada tabel 5.11 di kelas kedalaman banjir maksimal (>200 cm) berhenti pada elevasi 21 m dpl. Banjir di Kota

Jambi mulai tergenang pada ketinggian 2 m dpl. Sedangkan banjir dimulai pada saat tinggi muka air Batanghari menunjukkan angka 11 meter.

5.5 Wilayah Banjir Menurut Curah Hujan

Wilayah Banjir menurut pemodelan berdasarkan curah hujan dimulai saat curah hujan sebesar 100 mm/hari hingga 300 mm/hari. Pengambilan keputusan dengan memasukkan curah hujan harian antara 100 mm hingga 300 mm terkait dalam prediksi banjir dengan kondisi perubahan iklim yang ada. Perubahan iklim akibat dari global warming berdampak pada dampak perubahan cuaca yang ekstrim seperti perubahan kenaikan suhu udara dan perubahan siklon yang meningkat. Hal ini juga akan berakibat pada kenaikan curah hujan yang tinggi. Oleh karena itu kemudian pemodelan ini dilakukan untuk memberikan prediksi pada kondisi yang ekstrim tersebut. Berikut adalah hasil pemodelan banjir berdasarkan curah hujan tersebut.

5.5.1 Banjir Saat Curah Hujan Harian Kota Jambi 100 mm

Pada kondisi curah hujan harian Kota Jambi menunjukkan angka 100 mm, terjadi banjir dengan kedalaman banjir tertinggi di beberapa Kelurahan seperti Kelurahan Tahtul Yaman, Olak Kemang dan Sijenjang. Pada Kelurahan tersebut rata-rata mengalami banjir dengan kedalaman banjir 50 cm. Sedangkan kelurahan lain yang mengalami banjir dengan kedalaman banjir kurang dari 50 cm antara lain Kelurahan Pasir Putih, Payo Silincah, Olak Kemang, Penyengat Rendah, Legok dan Kasang Jaya.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 0,14 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 2,25 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.5.2 Banjir Saat Curah Hujan Harian Kota Jambi 150 mm

Pada kondisi curah hujan harian Kota Jambi menunjukkan angka 150 mm, terjadi banjir dengan kedalaman banjir tertinggi hingga lebih dari 1 meter. Banjir dengan kedalaman tersebut terjadi di Kelurahan Pasir Putih dan Tahtul Yaman. Secara keseluruhan Kota Jambi terendam banjir dengan kedalaman banjir antara 50 cm

hingga 1 meter. Kelurahan yang terendam banjir tersebut antara lain Kelurahan Sijenjang, Payo Silincih, Olak Kemang, Ulu Gedong, Kasang Jaya, Tanjung Johor dan Tengah. Sedangkan untuk kedalaman banjir kurang dari 50 cm juga terjadi pada Kelurahan-kelurahan tersebut.

Secara keseluruhan wilayah yang tergenang banjir dengan kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,29 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 3,3 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.5.3 Banjir Saat Curah Hujan Harian Kota Jambi 200 mm

Pada kondisi curah hujan harian Kota Jambi menunjukkan angka 200 mm, terjadi banjir dengan kedalaman banjir tertinggi hingga 1,3 meter. Banjir tersebut terjadi di Kelurahan Pasir Putih dan Tahtul Yaman. Secara keseluruhan wilayah Kota Jambi tergenang banjir dengan kedalaman antara 50 cm hingga 1 meter. Dimana kedalaman banjir lebih dari 1 meter melanda beberapa Kelurahan yaitu Kelurahan Sijenjang, Olak Kemang, Pasir Putih, Teluk Kenali dan Legok. Sedangkan Kelurahan lain seperti Kelurahan Sungai Asam, Tanjung Pasir, Tanjung Raden, Pasir Panjang, Tanjung Johor, Jelmu, Mudung Laut, Tengah dan Arab Melayu terjadi banjir dengan kedalaman banjir rata-rata dibawah 50 cm.

Secara keseluruhan luas wilayah yang terendam banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,09 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,93 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. dan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 4,9 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.5.4 Banjir Saat Curah Hujan Harian Kota Jambi 250 mm

Pada kondisi curah hujan harian Kota Jambi menunjukkan angka 250 mm, terjadi banjir dengan kedalaman banjir tertinggi hingga mencapai 1,5 meter. Banjir dengan kedalaman tersebut terjadi di Kelurahan Pasir Putih dan Tahtuk Yaman. Di kedua kelurahan tersebut juga mengalami banjir dengan kedalaman banjir rata-rata

lebih dari 50 cm. Selain dari kelurahan tersebut, wilayah lain juga mengalami banjir dengan kedalaman banjir yang serupa. Secara keseluruhan kelurahan yang berada di sebelah utara, timur dan barat Kota Jambi tergenang banjir dengan Kedalaman banjir rata-rata 50 cm. Kelurahan tersebut antara lain seperti Kelurahan Olak Kemang, Ulu Gedong, Tanjung Johor, Sijenjang, Payo Silincah, Penyengat Rendah, Kasang Jaya, Tengah dan Sungai Asam.

Secara keseluruhan luas wilayah yang terendam banjir dengan kedalaman banjir antara 1 hingga 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,3 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 1,6 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Dan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 6,5 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

5.5.5 Banjir Saat Curah Hujan Harian Kota Jambi 300 mm

Pada kondisi curah hujan harian Kota Jambi menunjukkan angka 300 mm, terjadi banjir dengan kedalaman banjir tertinggi hampir mencapai 2 meter. Banjir tersebut terjadi di beberapa kelurahan seperti Kelurahan Ulu Gedong, Tahtul Yaman, Pasir Putih, Sijenjang, Legok dan Teluk Kenali. Banjir di kelurahan tersebut memiliki kedalaman banjir rata-rata diatas 1,5 meter. Sedangkan kelurahan lain yang mengalami banjir dengan kedalaman diatas 1 meter antara lain Kelurahan Tengah, Tanjung Pasir, Tanjung Raden, Pasir Panjang, Penyengat Rendah, Sungai Asam, Arab Melayu dan Tanjung Johor. Pada titik curah hujan harian 300 mm, rata-rata secara keseluruhan Kota Jambi terendam banjir dengan kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter.

Secara keseluruhan luas wilayah yang terendam banjir dengan kedalaman banjir lebih dari 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,09 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Sedangkan untuk kelas kedalaman banjir antara 1 hingga 1,5 meter memiliki persentase luasan sebesar 0,8 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Kelas kedalaman banjir antara 50 cm hingga 1 meter memiliki persentase luasan sebesar 4,8 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi. Dan untuk kelas kedalaman banjir kurang dari 50 cm memiliki persentase luasan sebesar 5,6 % dari keseluruhan luas wilayah Kota Jambi.

Dari data-data yang diolah dalam pemodelan banjir dengan indikator curah hujan harian, maka didapatkan data-data luas wilayah banjir Kota Jambi beserta kedalaman banjir yang kemudian dirangkum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5.12 Luas Wilayah Banjir Menurut Curah Hujan Harian dan Kedalaman Banjir

No	CH	Kedalaman Banjir										Total	
		<50 cm		50-100 cm		100-150 cm		150-200 cm		>200 cm			
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
1	100 mm	464	2,25	29	0,14	-	-	-	-	-	-	493	2,39
2	150 mm	681	3,3	59	0,29	3	0,01	-	-	-	-	743	3,6
3	200 mm	1.009	4,9	171	0,93	19	0,09	-	-	-	-	1.199	5,82
4	250 mm	1.339	6,5	331	1,6	59	0,3	3	0,01	-	-	1.732	8,4
5	300 mm	1.155	5,6	1.009	4,8	171	0,8	19	0,09	-	-	2.354	11,43

Sumber : Pengolahan Data 2012

Kedalaman banjir di Kota Jambi dipengaruhi oleh curah hujan harian dan elevasi. Kedalaman banjir berhenti pada elevasi tertentu. Pada tabel 5.12 di kelas kedalaman banjir maksimal (200 cm) berhenti pada elevasi 11 m dpl. Banjir di Kota Jambi mulai tergenang pada ketinggian 2 m dpl. Sedangkan banjir dimulai pada saat curah hujan hari di Kota Jambi menunjukkan angka 100 mm.

BAB VI

KESIMPULAN

Kejadian banjir di Kota Jambi terjadi antara tahun 2001 hingga tahun 2005 dengan kedalaman banjir berkisar antara 1 hingga 4 meter. Banjir tertinggi terjadi pada tahun 2003 dengan ketinggian lebih dari 4 meter dan hampir merendam seluruh wilayah yang berada di sepanjang aliran sungai Batanghari.

Pemodelan banjir di Kota Jambi berdasarkan TMA didapatkan keterkaitan antara pengaruh tinggi muka air sungai dan ketinggian tempat. Pemodelan tersebut memperlihatkan wilayah yang paling sering terendam banjir, yaitu sebelah utara kota Jambi dan sepanjang aliran sungai Batanghari. Kota Jambi mulai terendam saat tinggi muka air sungai mulai dari 11 m hingga 14 m di titik pantau banjir, kondisi tersebut melanda di beberapa kelurahan (Pasir Panjang, Tanjung Duren dan Tanjung Pasir) dengan kedalaman banjir mulai dari 15 cm. Semakin tinggi muka air Batanghari maka semakin tinggi luas wilayah yang terendam oleh banjir. Pemodelan banjir berdasarkan curah hujan harian keterkaitan antara curah hujan harian dan ketinggian tempat menghasilkan wilayah banjir di Kota Jambi. Kota tersebut mulai terendam saat curah hujan harian sebesar 100 mm hingga 300 mm dengan kedalaman banjir antara 0 hingga 69 cm. Semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi luas wilayah yang terendam dan semakin tinggi pula kedalaman banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityo M, H. (2008). *Karakteristik Fisik Lokasi Banjir di Pulau Batam*. Depok: Skripsi Jurusan Geografi FMIPA UI.
- Ali, A.S.H. (2008). *Wilayah Banjir di Hilir Kali Angke Tahun 2002, 2007 dan 2008*. Depok: Skripsi Jurusan Geografi FMIPA UI.
- BAPPEDA Kota Jambi. 2010. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Jambi* . Jambi.
- Badan Pusat Statistik Kota Jambi. (2009). *Jambi Dalam Angka Tahun 2009*. Jambi.
- Barstra, G.J. (1978). *The Riverlaid Strata Near Trinil, Sife of Homo Erectus*, Java. Indonesia. Mod.Quat.Res. In SE Asia, Vol 7.
- Chorley, R.J. (1984). *Geomorphology*, Methunsen &Co. Ltd. London
- Cotton, C. A. (1940). *Classification and correlation of River Terrasces. Jour Geomorphology, Vol 3*. New York: Grw Hill.
- Damodar, N. G. (2006). *Dasar-dasar Ekonometrika Jilid I*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum Kota Jambi. (2006). *Master Plan Saluran Drainase Kota Jambi*. Jambi.
- Departemen Pekerjaan Umum Provinsi Jambi. (2003). *Laporan Akhir Pengendalian Banjir*. Jambi.
- Departemen Pekerjaan Umum Kota Jambi. (2010). *Laporan Akhir Pengendalian Banjir*. Jambi.
- Forman, R & Michel Gordon. (1983). *Landscape Ecology*. John Willey & Son; New York.
- Hamblin, W. K. & Christiansen. (2004). *Earth's Dynamic Systems : Chapter River System*. Prentice Hall. London.
- Hagget, P. (2001). *Geography a Global Synthesis*. London : Prentice Hall
- Hulfschmidt, M. (1985). *A Conceptual Framework for Analysis of Watershed Management Activities*. Environmetn and Policy Institute. East West Center. Honolulu.
- Irawati, N. (1998). *Faktor Dominan yang mempengaruhi Banjir (Studi Kasus di Wilayah Aliran Barat Jakarta)*. Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan UI. Jakarta.
- JICA – MPW Technical Cooperation Project. (2010). *Draft Panduan Pembuatan Peta Rawan Banjir*. Jakarta
- Kadafi, M.N. (2005). *Dataran Banjir Ci Liwung di DKI Jakarta*. Skripsi Sarjana Jurusan Geografi FMIPA UI. Depok.
- Kartono, H. Rahardjo, S. I M, Sandy. (1989). *Esensi Pembangunan Wilayah dan Penggunaan Tanah Berencana*. Depok.: Geografi FMIPA UI.

- Linsley, R. K. & J.L.H. Paulus. (1979). *Applied Hydrology*. Mc.Graw Hill Book Comp. Inc, New York.
- Lobeck, A.K. (1939). *Geomorphology. An Introduction to The Study of Landscapes*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Ludiro, D. Armawiasan, S. I M, Sandy. (1985). *Geomorfologi Terapan*. Jakarta : Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Manan, S. (1979). *Pengaruh Hutan dan Manajemen Daerah Aliran Sungai*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Indonesia
- Mangundikoro, A. (1985). *Dasar-Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Prosiding Pengelolaan DAS Terpadu*. Jakarta : Kerjasama Departemen Kehutanan-UGM.
- Mather, A.S. (1986). *Land Use*. Hongkong: Longman Group (FE) Limited.
- Nugroho, H. (2004). *Wilayah Penggerak Banjir di DAS Brantas*. Skripsi Sarjana Jurusan Geografi FMIPA UI. Depok.
- Sawono, Jonathan. (2008). *Teori Analisis Regresi Linier*. Erlangga. Jakarta.
- Sandy, I.M. (1996). *Republik Indonesia, Geografi Regional*. Jakarta: Jurusan Geografi FMIPA. Universitas Indonesia.
- Sandy, I.M. (1977). *Penggunaan Tanah (Landuse) di Indonesia Pub. No.75*, Direktorat Tata Guna Tanah, Ditjen Agraria, Departemen Dalam Negeri. Jakarta.
- Seyhan, E. (1990). *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta : UGM Press.
- Siswoko. (2007). *Banjir, Masalah banjir dan Upaya Mengatasinya*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Soeryono, R. (1979). *Kegiatan dan Masalah Kehutanan Dalam DAS*. Dalam Proceedings Pertemuan Diskusi Pengelolaan DAS DITSI. Departemen Kehutanan. Jakarta
- Suyono, S. & K, Takeda. (1977). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sutopo, N. P. (1996). *Mengkaji Bencana Banjir Besari di Wilayah Indonesia Tahun 1991-1995*. Alami, Jurnal Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana. Vol. 1, Nomor 3. BPPT, Jakarta.
- Thornbury, W. D. (1954). *Principle of Geomorphology*. New York; Grw Hill.
- Waryono, T. (2001). *Bentuk Struktur dan Lingkungan Bio-Fisik Sungai Makalah Sidang II-Seminar dan Kongres Geografi Nasional*, Bandung.



LAMPIRAN

