

ANALISIS DAERAH RAWAN BANJIR KOTA GORONTALO BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Disusun Oleh :

Nurhayati Doda
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Gorontalo (UG)
INDONESIA
yati.doda@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah rawan banjir di wilayah Kota Gorontalo berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Gorontalo. Metode yang digunakan dalam penentuan daerah rawan banjir adalah metode overlay (tumpang susun peta) dengan pembobotan dan skoring terhadap parameter penyebab terjadinya banjir yaitu Debit limpasan permukaan rencana, Topografi, Tekstur tanah dan ketebalan permukaan tanah dengan proses analisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9.3. Sumber-sumber data diperoleh dari instansi terkait. Peta citra digital untuk wilayah Kota Gorontalo diperoleh dari Google Earth pada bulan Mei tahun 2011.

Hasil penelitian dengan pembobotan untuk debit limpasan permukaan 45%, topografi 25%, tekstur tanah 20% dan ketebalan permukaan tanah 10%, menunjukkan bahwa daerah rawan banjir dengan potensi sangat tinggi terjadi di sebagian Kecamatan Kota Tengah dan Kota Selatan, banjir dengan potensi tinggi terjadi di sebagian Kecamatan Kota Selatan dan Duingingi, banjir dengan potensi sedang terjadi di sebagian Kecamatan Kota Utara, dan Kota Tengah. Sedangkan banjir dengan potensi rendah dan sangat rendah di sebagian Kecamatan Kota Utara, Kota Barat dan Selatan.

Kata Kunci : *SIG, Banjir Gorontalo*

PENDAHULUAN

Kota Gorontalo selama lebih dari sepuluh tahun terakhir ini sering dilanda banjir, puncaknya pada tahun 2008 banjir yang terjadi mencapai 12 kali kejadian, Banjir yang melanda Kota Gorontalo ini telah menghambat aktifitas ekonomi dan sosial masyarakat dan tidak jarang menjadi penyebab kerusakan infrastruktur seperti jalan dan jembatan.

Banjir di Kota Gorontalo selain dipengaruhi oleh tingginya curah hujan, topografi yang berbentuk cekungan, taguna lahan dan jenis tanah, juga

dipengaruhi oleh kurang memadainya sistem drainase yang ada

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah: Bagaimana zona banjir di wilayah Kota Gorontalo jika di analisis dengan Sistem Informasi Geografis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah rawan banjir di wilayah Kota Gorontalo berbasis Sistem Informasi Geografis.



Gambar 1. Kondisi Banjir Kota Gorontalo
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2011

RUANG LINGKUP DAN DASAR TEORI

Permasalahan dan Isu Banjir

Banjir didefinisikan dengan kenaikan drastis dari aliran sungai, kolam, danau, dan lainnya dimana kelebihan aliran itu menggenangi keluar dari tubuh air dan menyebabkan kerusakan dari segi sosial ekonomi dari sebuah populasi (Smith et, al., 1998 dalam Marfai, 2003).

Menurut Kodoatie R.J & Sugiyanto banyak faktor menjadi penyebab terjadinya banjir, namun secara umum penyebab terjadinya banjir disebabkan oleh sebab alamiah dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia.

Parameter Kerentanan Banjir

1. Curah hujan
Curah hujan yang tinggi merupakan faktor ekstrim yang akan menyebabkan terjadinya banjir.
2. Tata Guna Lahan
Pengaruh tataguna lahan menentukan nilai koefisien aliran permukaan (C) yang merupakan penentu besar kecilnya aliran.
3. Topografi

Diasumsikan semakin landai kemiringan lereng, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadi genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan akan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut. (Pratomo 2008)

Untuk menghasilkan persentase kemiringan lereng menggunakan rumus yaitu :

$$\text{Slope} = \frac{\text{Beda tinggi}}{\text{Jarak di medan}} \times 100\% \quad (1)$$

4. Infiltrasi dan jenis tanah
Ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanah, tergantung pada kondisi biofisik permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut akan mengalir masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. (Asdak 2010).
Laju infiltrasi ditentukan oleh:
 - a) Jumlah air yang tersedia dipermukaan tanah
 - b) Sifat permukaan tanah
 - c) Kemampuan tanah untuk mengosongkan air di atas permukaan tanah (drainase tanah).

Analisa SIG (Sistem Informasi Geografi)

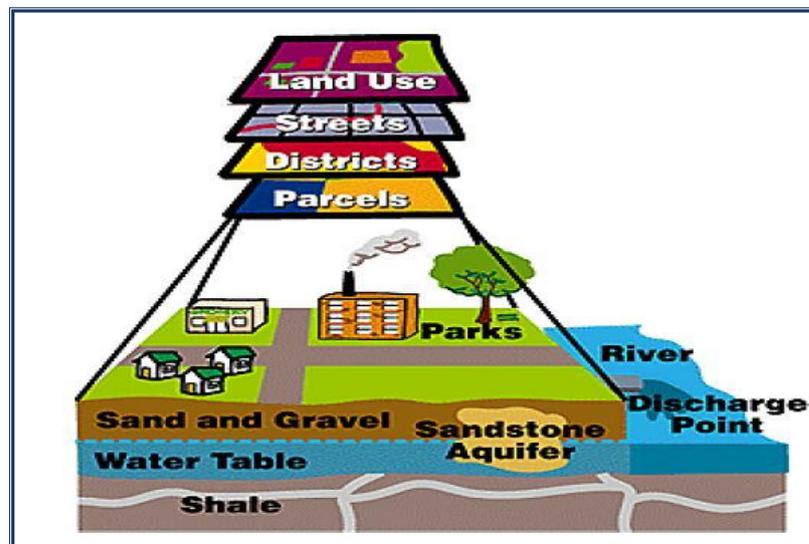
1. Defenisi dan Ruang lingkup

SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi-posisinya di permukaan bumi (Rice20 dalam Prahasta, E 2009). GIS dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem, sebagai berikut:

1. Data *Input*
2. Data *Output*
3. Data *Manipulation*
4. Data *Manajement*

2. Data SIG

- a. Data Spasial berbentuk raster
Data raster merupakan bentuk data digital yang paling sederhana, data raster dari obyek geografis merupakan titik berdimensi bujursangkar yang disimpan dalam bentuk matriks of cell (pixel) yang teratur.
- b. Data Spasial berbentuk vektor.
Data vektor memiliki ketelitian posisi suatu obyek yang baik karena dalam format data vektor obyek geografis dikonversi melalui komunikasi-komunikasi bentuk-bentuk dasar suatu obyek berupa titik, garis, dan luasan/area.



Gambar 2. Ilustrasi Tahapan *Overlay*
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2011

c. Data atribut.

Data atribut merupakan “record” atribut yang menguraikan data spasial baik langsung maupun tidak langsung. Terkait langsung yaitu berupa data fisik seperti data kondisi meteorologi yang terdiri dari data curah hujan, suhu udara rata-rata, suhu udara maksimum, dan kelembaban. Sedangkan tidak langsung yaitu data atribut seperti data atribut penduduk di suatu

wilayah pemukiman. Data atribut dapat berupa numerik (angka) atau *characters*.

Manipulasi dan Analisis Data

- a. Penyuntingan
Penyuntingan data dilakukan untuk *updating* data, misalnya peta penggunaan lahan yang telah dibuat

perlu untuk diperbarui. Hal ini dapat dilakukan tanpa harus membuat peta yang baru.

- b. Interpolasi spasial
Interpolasi spasial merupakan salah satu fasilitas SIG yang sulit dan tidak dapat dilakukan secara manual. Contoh penggunaan interpolasi spasial ini dapat dilihat pada pembuatan peta elevasi dan peta lereng secara cepat, mudah dan akurat, yaitu dengan memasukkan informasi berupa garis kontur atau titik-titik ketinggian.
- c. Tumpang susun peta (Overlay)
Overlay adalah suatu proses penggabungan antara dua atau lebih data grafis untuk memperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan gabungan dari beberapa data grafis tersebut.
Overlay dengan skoring dan pembobotan merupakan teknik analisis yang sering digunakan dalam sistem informasi geografis, skoring adalah proses pemberian bobot atau nilai terhadap poligon-poligon peta yang mempresentasikan fenomena tertentu dalam suatu rangkaian analisis spasial. Skoring dan overlay sering digunakan secara bersama-sama untuk menghasilkan kesimpulan tertentu dalam proses analisis. (Budiyanto 2009:117).
Dalam teknik skoring dan overlay ini biasanya diperlukan beberapa peta tematik dalam proses analisisnya. Fenomena-fenomena spasial yang terkait dengan kasus yang akan diteliti diwujudkan dalam peta-peta tematik. Setiap peta tematik tersebut akan menjadi indikator dalam proses analisis ini. Setiap poligon dalam masing-masing peta tematik dinilai atau diberi skor yang menggambarkan tingkat kedekatan, keterkaitan, atau besarnya pengaruh lokasi tersebut dalam kasus yang diteliti. Beberapa peta tematik yang telah diberi skor selanjutnya akan disatukan dengan proses overlay (Budiyanto : 118, 2009).

Proses selanjutnya adalah proses penjumlahan skor. Setiap skor yang dimiliki oleh peta indikator akan masuk pada peta hasil overlay akhir. Seluruh skor ini akan dijumlahkan dan nilai hasil penjumlahannya disimpan pada *field* total skor. Budiyanto (2009:131)

$$Skoring = \frac{Kelas}{\Sigma Kelas} \cdot Bobot \quad (2)$$

Dimana :

- Kelas : Nilai dari beberapa indikator tiap parameter
 Σ Kelas : Jumlah seluruh kelas
Bobot : Nilai bobot dari parameter
Skoring : Scoring dari tiap indikator

d. Kalkulasi Peta

Kalkulasi peta merupakan sekumpulan operasi untuk memanipulasi data spasial, baik berupa peta tunggal maupun beberapa peta sekaligus. Operasi ini dapat berupa penjumlahan, pengurangan ataupun perkalian antar peta, atau dapat juga melalui pengkaitan dengan suatu basis data tertentu. Hasil utama dari proses ini adalah informasi spasial baru berupa peta turunan.

Analisis debit limpasan permukaan rencana

1. Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana digunakan untuk menghitung debit dalam setiap periode ulang yang diinginkan. Curah hujan rencana ini dihasilkan dari hasil analisis frekuensi dan Probabilitas.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal

- c. Distribusi Log-Person III dan
- d. Distribusi Gumbel.

2. Intensitas curah hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Intensitas hujan biasanya dimanfaatkan untuk perhitungan-perhitungan prakiraan besarnya erosi, debit puncak (debit banjir), perencanaan drainase dan bangunan air lainnya.

Data hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan dengan berbagai periode ulang (curah hujan rencana) adalah hujan harian maksimum rata-rata, hal ini

3. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai tempat keluaran (titik kontrol). Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah formula yang dikembangkan oleh Kirpich 1940 (Suripin 2004).

$$t_c = \left(\frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0,385} \quad (4)$$

4. Koefisien Limpasan permukaan

Limpasan permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan.

Pada suatu daerah dengan tataguna lahan yang berbeda-beda, besarnya koefisien limpasan ditetapkan dengan mengambil rata-rata berdasarkan bobot luas, sebagai berikut:

mengakibatkan curah hujan yang diperoleh adalah curah hujan per 24 jam, maka untuk menghitung intensitas curah hujan berdasarkan data hujan harian, dapat dihitung dengan Rumus Mononobe (Suripin 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (3)$$

$$C_r = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad (5)$$

5. Penentuan Debit Limpasan Permukaan Rencana ($Q_{rencana}$)

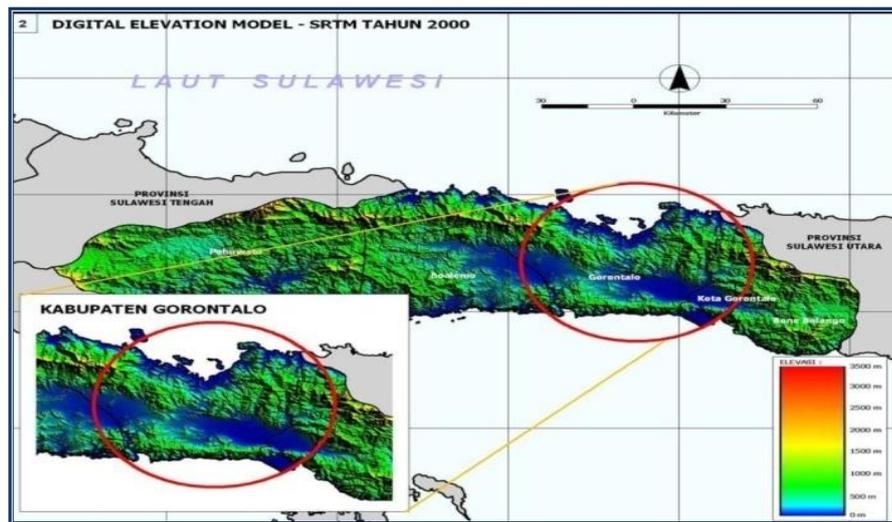
Debit limpasan permukaan rencana atau debit banjir dihitung berdasarkan hubungan antara hujan dan aliran.

$$Q = 0,278 \cdot C.I.A \quad (6)$$

METODE PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Gorontalo provinsi Gorontalo dengan waktu penelitian selama 3 bulan, mulai bulan Maret sampai dengan Juni 2011.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth, 2011

2. Rancangan Survey Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan proses dan pengolahan data menggunakan Sistem Informasi Geografis, dengan tahapan rancangan penelitian sebagai berikut:

a. Persiapan penelitian

Dalam tahapan persiapan ini meliputi beberapa kegiatan diantaranya mengumpulkan informasi awal mengenai kejadian banjir di Kota Gorontalo serta lokasi-lokasi yang lebih sering terjadi banjir, kemudian mengumpulkan literatur-literatur yang berkaitan dengan tujuan penelitian.

b. Studi pendahuluan

Tahapan ini merupakan studi pustaka (kajian terhadap studi terdahulu) yang berkaitan dengan permasalahan banjir.

c. Teknik Pengumpulan data

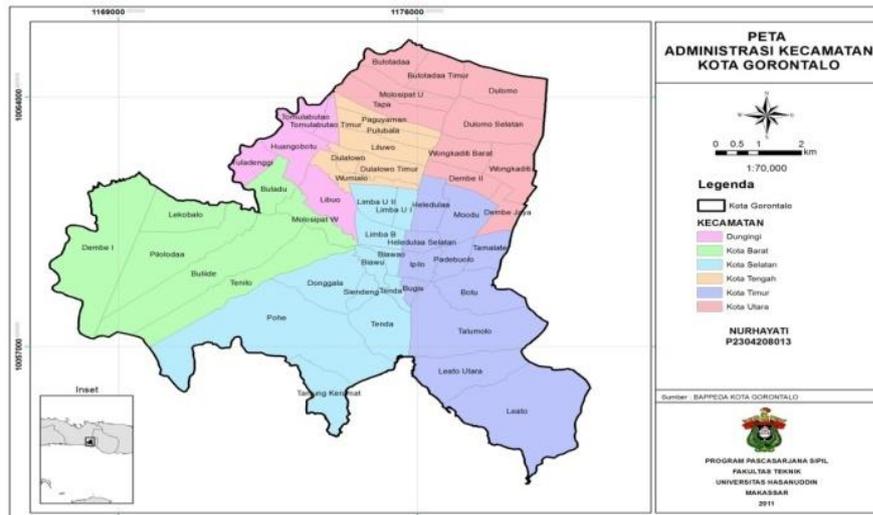
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Sumber-sumber data sekunder meliputi :

- 1) Data curah hujan dari BMG untuk 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2001 – 2010.

- 2) Peta Citra Kota Gorontalo 2010 (Google Earth)
- 3) Peta RBI Gorontalo (Bakosurtanal edisi 1991)
- 4) Peta Kemampuan Tanah (Dinas Pertanian Kota Gorontalo)
- 5) Peta Administrasi Kota Gorontalo (BAPPEDA Kota Gorontalo)

3. Teknik Analisis Data

- a. Analisis data curah hujan dengan menggunakan analisis frekuensi dan probabilitas.
- b. Analisis data untuk identifikasi zona banjir menggunakan perangkat lunak *ArcGis 9,3* dengan metode overlay, skoring dan pembobotan. Overlay dilakukan pada peta:



Gambar 4. Peta Administrasi Kota Gorontalo
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

1) Debit limpasan permukaan rencana ($Q_{rencana}$).

Untuk mendapatkan peta debit limpasan permukaan dilakukan overlay pada peta tataguna lahan dengan nilai attribute koefisien limpasan (C), curah hujan dan luas wilayah yang telah dibagi dalam setiap grid, dimana setiap grid memiliki luasan sebesar 0,01 km², kemudian ketiga peta tersebut dikalkulasi berdasarkan metode rasional sehingga menghasilkan nilai $Q_{rencana}$.

2) Kemiringan lereng

Untuk peta kemiringan lereng didapatkan dari peta topografi. Dengan menggunakan persamaan 1 akan didapat nilai kemiringan lereng pada setiap luasan grid.

3) Tekstur tanah

Untuk peta tekstur tanah dilakukan digitasi pada layer baru berdasarkan data jenis tanah.

4) Ketebalan permukaan tanah

Untuk mendapatkan peta ketebalan permukaan tanah dilakukan hal yang sama seperti pada peta tekstur tanah.

Pada keempat peta tersebut dioverlay selanjutnya dikalkulasi yang menghasilkan jumlah total yang akan diklasifikasi berdasarkan kelas rawan banjir.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Wilayah Studi

Kota Gorontalo dibagi menjadi 6 kecamatan dan terdiri dari 49 Kelurahan. Kota Gorontalo adalah ibu kota Provinsi Gorontalo merupakan salah satu wilayah yang berbatasan dengan daerah Kabupaten Gorontalo dan Bone Bolango yang secara geografis terletak pada koordinat $00^{\circ} 28' 17''$ - $00^{\circ} 35' 56''$ Lintang Utara $122^{\circ} 59' 44''$ - $123^{\circ} 05' 59''$ Bujur Timur.

2. Pemetaan Zona Banjir

Pemetaan zona banjir merupakan salah satu cara untuk merepresentasikan daerah

yang rentan terhadap banjir agar dalam hal perencanaan pengendalian banjir bisa mempertimbangkan metode perencanaan yang lebih spesifik dan terarah. Ketepatan pemetaan tergantung pada presentase pemberian bobot dan klasifikasi terhadap parameter kerentananbanjir

Untuk mengetahui kondisi terkini dari daerah penelitian digunakan citra satelit tahun 2011 untuk daerah Kota Gorontalo.

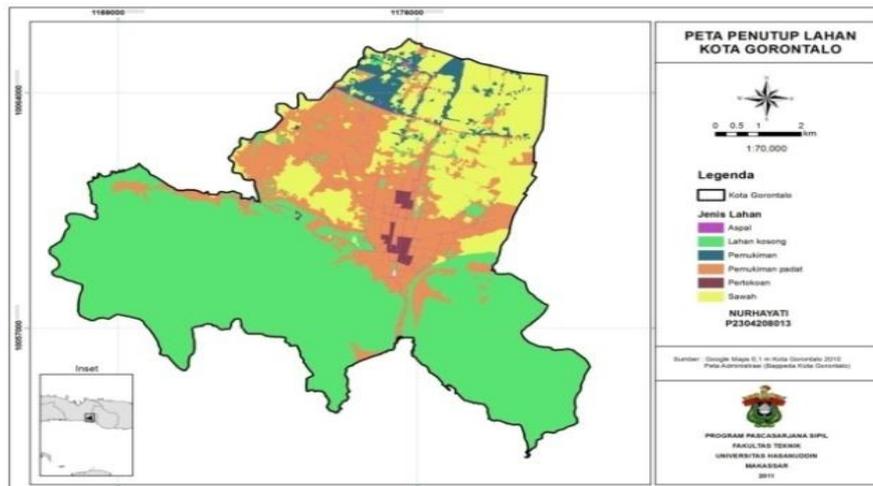
Peta debit banjir rencana

Peta debit diperoleh dari hasil overlay dari peta:

- Peta Intensitas hujan rencana
- Peta tataguna lahan.

Dari citra yang telah terkoreksi dapat digunakan menjadi acuan untuk pembuatan peta penggunaan lahan atau penutup lahan daerah penelitian.

Kemudian dilakukan penginputan nilai koefisien limpasan (C) berdasarkan Metode Rasional pada setiap grid dari hasil penyeleksian penutup lahan.



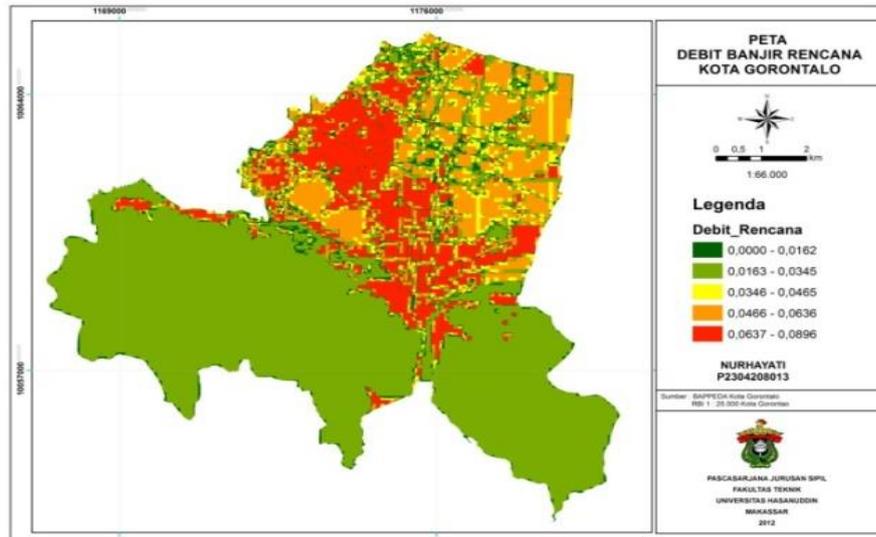
Gambar 5. Peta Penutup Lahan
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

Tabel 1. Hasil Seleksi Penutup Tanah

Penutup lahan	C
Aspal	0,95
Pertokoan	0,90
Pemukiman padat	0,80
Pemukiman	0,70
Lahan kosong	0,30
Sawah	0,20

- Pengolahan luas wilayah.
 Dalam pengolahan ini telah dilakukan secara otomatis luas tiap grid wilayah yang diteliti dengan menggunakan *field calculator* yang ada pada *software ArcGIS*. Luas wilayah menggunakan luas tiap grid sehingga dalam perhitungan debit data dapat diolah dengan mudah.
 Pengolahan debit banjir (limpasan permukaan) rencana yang akan di

analisis menggunakan Metode Rasional dengan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas yang seragam dan merata diseluruh daerah pengaliran dengan lamanya hujan 2 jam. Setelah nilai debit limpasan permukaan rencana ($Q_{rencana}$) diperoleh selanjutnya diberikan pembobotan.



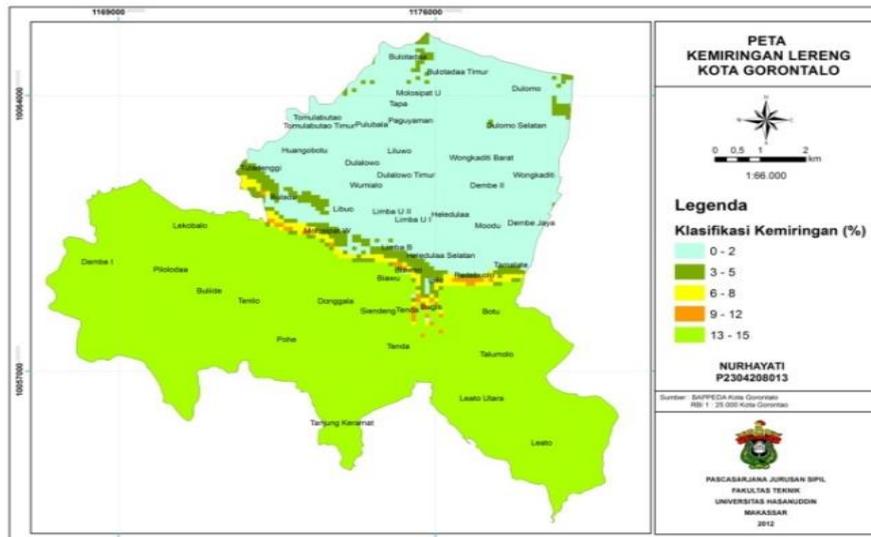
Gambar 6. Peta Klasifikasi Debit Banjir
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

Tabel 2. Pembobotan Debit Banjir

Debit (m ³)	Bobot	Kelas	Skor	Keterangan
0,000 - 0,229	45	1	3,000	Sangat Rendah
0,230 - 0,457	45	2	6,000	Rendah
0,458 - 1,107	45	3	9,000	Sedang
1,107 - 1,302	45	4	12,000	Tinggi
1,303 - 1,448	45	5	15,000	Sangat Tinggi

Pengolahan Peta Kemiringan Lereng

Peta kemiringan lereng kota gorontalo diturunkan dari peta topografi dengan interfal 1 m. Peta kemiringan lereng dibuat berdasarkan grid yang telah ditentukan, dalam satuan persen (%). Penentuan kemiringan lereng didasarkan pada jumlah garis yang memiliki jarak 100 m dengan menggunakan persamaan 1.



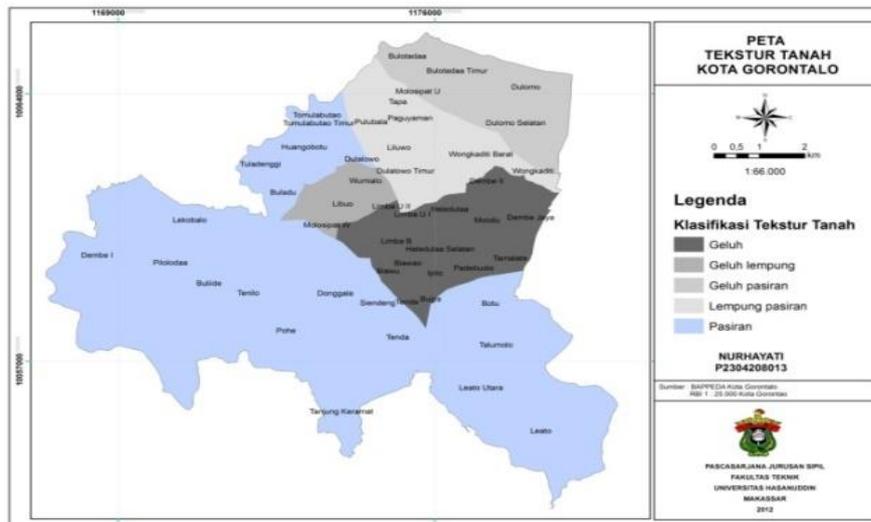
Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

Tabel 3. Pembobotan Kemiringan Lereng

Debit (m ³)	Bobot	Kelas	Skor	Keterangan
0,000 - 0,229	45	1	3,000	Sangat Rendah
0,230 - 0,457	45	2	6,000	Rendah
0,458 - 1,107	45	3	9,000	Sedang
1,107 - 1,302	45	4	12,000	Tinggi
1,303 - 1,448	45	5	15,000	Sangat Tinggi

Pengolahan Peta Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah salah satu penentu dalam mempercepat proses masuknya air ke dalam tanah atau infiltrasi, Infiltrasi tanah adalah perjalanan air ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler dan gravitasi. Sehingga dalam penelitian ini tekstur tanah merupakan salah satu parameter dalam mengidentifikasi zona banjir.



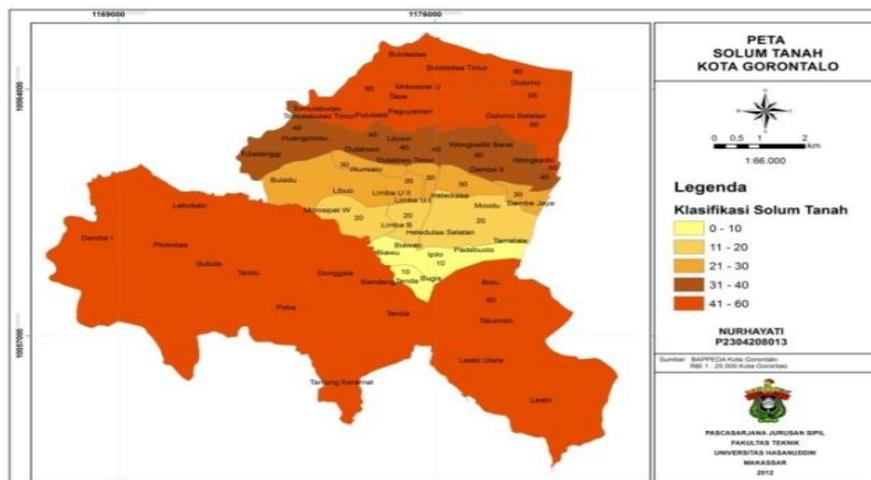
Gambar 8. Peta Klasifikasi Tekstur Tanah
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

Tabel 4. Pembobotan Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	Bobot	Kelas	Skor
Liat Berpasir	20	5	6,667
Lempung Berliat	20	4	5,333
L. pasirian halus	20	3	4,000
Lempung pasirian	20	2	2,667
Pasiran	20	1	1,333

Pengolahan peta ketebalan tanah

Ketebalan permukaan tanah (Solum) adalah keadaan penampang tanah berdasarkan keadaan drainase tanah.



Gambar 9. Peta Klasifikasi Ketebalan Tanah
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

Tabel 5. Pembobotan Ketebalan Tanah

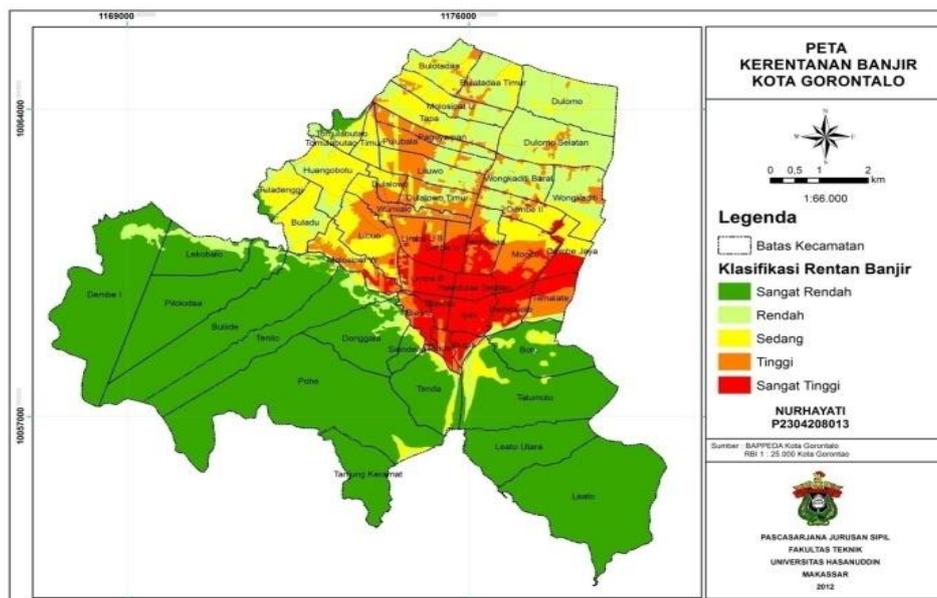
Ketebalan	Bobot	Kelas	Skoring	Ket.
< 12	10	5	0,333	Sangat Terhambat
13 - 24	10	4	0,267	Terhambat
25 - 36	10	3	0,200	Agak terhambat
37 - 48	10	2	0,133	Agak Baik
49 - 60	10	1	0,067	Baik

Setelah dilakukan pembobotan maka dilakukan penjumlahan total skor tiap indikator yang disajikan sebagai berikut :

$$\text{Total Skor} = \text{Debit} + \text{Slope} + \text{Ketebalan Tanah} + \text{Tekstur Tanah}$$

Dari empat parameter diatas yaitu debit (Q), Kemiringan lahan (topografi), ketebalan tanah dan tekstur tanah daerah penelitian maka dapat diidentifikasi daerah lokal yang berpotensi untuk tergenang dengan klasifikasi hasil overlay diambil dari

penjumlahan total skor dari tiap parameter sedangkan peta hasil Identifikasi Zona banjir dapat dilihat pada gambar 10. Dari hasil analisis dengan bantuan *Software ArcGis* didapat daerah-daerah yang berpotensi banjir.



Gambar 10. Hasil Identifikasi Zona Banjir dengan SIG
 Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2012

No	Klasifikasi Rentan Banjir	Daerah Banjir (Kelurahan)	Kecamatan
1	Sangat Tinggi	Limba U1 Limba U2 Heledulaa Heledulaa Selatan Biawao Biawu Bugis Ipilo Padebuolo Tamalate	Kota Selatan, Kota Timur
2	Tinggi	Paguyaman Pulubala Libuo Molosifat W Limba U2	Kota Selatan dan Duingingi
3	Sedang	Dembe 2 Huangobotu Tomulabutao Bulotadaa Tapa	Kota Utara, Kota Tengah
4	Rendah	Dulomo Dulomo Selatan Wongkaditi Timur Wongkaditi Barat Dembe Jaya	Kota Utara
5	Sangat Rendah (tidak tergenang)	Dembe 1 Lekobalo Buliide Pilolodaa Tenilo	Kota Utara, Kota Barat dan Kota Selatan

KESIMPULAN

Dari hasil identifikasi zona banjir berbasis SIG (Sistem Informasi Geografi), dengan parameter pengaruh debit banjir 45%, Topografi 25%, Tekstur tanah 20% dan ketebalan (Soulum) 10%, didapatkan daerah-daerah rentan banjir, yaitu:

- 1) Zona banjir dengan potensi sangat tinggi ada dibagian Kecamatan Kota Selatan dan Kota Timur
- 2) Zona banjir dengan potensi tinggi yaitu ada di sebagian Kecamatan Kota Selatan Dan Duingingi
- 3) Zona banjir dengan potensi sedang ada di sebagian Kota Utara dan Kota Tengah.
- 4) Zona banjir dengan potensi rendah ada di sebagian Kecamatan Kota Utara.
- 5) Zona banjir dengan potensi sangat rendah, daerah ini tidak pernah terjadi banjir karena daerah ini merupakan dataran tinggi atau daerah pegunungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak Chay 2010 *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press
- Eko Buniyanto 2009 *Sistim Informasi Geografis dengan ArcView GIS*, Penerbit ANDI Yogyakarta
- Haryono S. (1999) *Drinase Perkotaan PT. Mediatama Saptakarya*, Jakarta
- Marfai, Muh. Aris, 2003, *GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards* www.itc.nl/library/papers_2003/msc/er/eg/marfai.pdf (diakses 12 Desember 2010)
- Prahasta E 2009 *Konsep-konsep dasar Sistem Informasi Geografis*, edisi revisi , informatika Bandung
- Prahasta E 2011 *Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi & Geomatika*
- Projo D., 1996, *Pengolahan Citra Digital, Teori dan Aplikasinya Dalam Bidang Penginderaan Jauh*, Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada
- Robert J.Kodoatie. Sugiyanto. Banjir, Penyebab dan Metode Pengendaliannya, Pustaka Pelajar, Jokjakarta 2002
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi, Yogyakarta. [www.earth. Google.com](http://www.earth.google.com) (di akses 2 juli 2011)