

**LAPORAN PENELITIAN
PENGEMBANGAN PROGRAM STUDI
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**PEMETAAN ZONASI BANJIR KOTA GORONTALO
UNTUK MITIGASI BENCANA**

**Yayu Indriati Arifin, S.Pd.,M.Si
Muh. Kasim, M.T**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
2012**

b. Halaman Pengesahan

1. Judul Penelitian : Pemetaan Zonasi Banjir Kota Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana
2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap : Yuyu Indriati Arifin, S.Pd.,M.Si
 - b. Jenis Kelamin : P
 - c. NIP : 197801302001122002
 - d. Jabatan Struktural : Kaprodi Geologi
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor
 - f. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika
 - g. Pusat Penelitian :
 - h. Alamat : Jln Jenderal Sudirman no. 6
 - i. Telepon/Faks : (0435)823454/085241759565
 - j. Alamat rumah : BTN Blok C. No. 5/4 Kelurahan Pulubala Kecamatan Kota Utara Kota Gorontalo
 - k. Telepon/faks/e-mail : yayu_arifin@ung.ac.id
3. Jangka Waktu Penelitian : 8 bulan
4. Pembiayaan
Jumlah Biaya yang disetujui : Rp 13.000.000,-

Gorontalo, September 2012

**Mengetahui,
Dekan**

Ketua Peneliti

Prof.Dr.Hj.Evi Hulukati, M.Pd
196005301986032001

Yayu Indriati Arifin, S.Pd, M.Si
197801302001122002

**Menyetujui,
Keteua Lembaga Penelitian**

Dr. Fitryane Lihawa, M.Si
NIP. 196912091993092001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, yang telah member nikmat kesempatan dan kesehatan kepada kami sehingga penelitian ini dapat kami selesaikan. Tak lupa pula kami haturka nsalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengantar kami sehingga dapat mengenal huruf dan mempelajarinya untuk kemajuan bersama.

Melalui halaman ini kami mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ibu Ketua Lembaga Penelitian UNG yang telah member kesempatan kepada kami untuk meneliti melalui anggaran PNBPN,
2. Ibu Dekan Fakultas MIPA yang telah memberikan dukungan agar para dosen di lingkungan MIPA dapat berkarya salahs atunya melalui penelitian,
3. Bapak Ketua Jurusan Fisika yang selalu memberikan motifasi untuk meneliti,
4. Bapak dan Ibu dosen dan staff penunjang akademik yang telah memberikan bantuan baik langsung maupun tidak langsung,
5. Pemerintah daerah yang telah membantu kami dalam mengumpulkan data
6. Semua pihak yang terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Terima kasih atas segala bantuannya sehingga penelitian kami yang berjudul Pemetaan Zonasi Banjir Kota Gorontalo untuk Mitigasi Bencana dapat kami selesaikan.

Segala saran dan kritikan yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk kesempurnaan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan pemerintah Kota Gorontalo untuk mitigasi bencana banjir.

Wassalam

Gorontalo, September 2012

TIM Penelit

ABSTRAK

Sejak kota Gorontalo tumbuh menjadi ibukota propinsi dan terpusatnya pembangunan di wilayah perkotaan menimbulkan permasalahan tersendiri. Hal ini membutuhkan peningkatan lahan yang berdampak kepada menurunnya kualitas lingkungan. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah banjir. Mengingat begitu besarnya dampak banjir di Kota ini maka diperlukan penelitian untuk menghasilkan informasi tentang tingkat kerawanan banjir di Kota Gorontalo.

Metode penelitian yang digunakan adalah mengkompilasi antara metode kualitatif dan kuantitatif yang dipadukan dengan survey lapangan. Data yang diperlukan dapat bersumber dari data primer yang diperoleh dari hasil survei lapangan maupun data sekunder yang diperoleh dari hasil kepustakaan,

Hasil yang diperoleh adalah daerah penelitian dapat dibagi kedalam 3 satuan geomorfologi yaitu satuan geomorfologi pedaran, bergelombang dan perbukitan bergelombang. Curah hujan rata-rata bulanan berkisar antara 61 – 169.58 mm/bulanan sedangkan curah hujan tahunan adalah 1.461 mm/tahun dengan tipe iklimnya adalah C – D. Geologi daerah penelitian dapat di bagi kedalam 3 satuan batuan yaitu dari tua ke muda adalah satuan batuan granit, breksi vulkanik dan alluvial, struktur geologi yang bekerja berarah barat laut-tenggara. Jenis tanah di daerah ini adalah lempung. Kedalaman muka air tanah berkisar antara 100 – 225 cm termasuk air tanah dangkal. Penggunaan lahan dapat di bagi 5 yaitu persawahan, pemukiman dan perkantoran, tegalan, pertambangan dan hutan jarang.

Zonasi tingkat kerawanan banjir dapat di bagi 3 yaitu zona rawan tinggi, aona rawan rendah dan zona tidak rawan. Upaya mitigasi yang harus dilakukan adalah mengembalikan fungsi lahan sesuai peruntukannya.

Kata Kunci : Kota Gorontalo, banjir, mitigasi bencana, peta zonasi banjir

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstrak	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Foto	ix
Daftar Tabel	xi
Bab I Pendahuluan	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Urgensi Penelitian	3
Bab II Studi Pustaka	
A. Pengertian dan jenis Banjir	4
B. Dampak Banjir	5
C. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerawanan banjir	5
D. Sistem Informasi Geografis	13
E. Upayah penanggulangan banjir	14
Bab III Metode Penelitian	15
A. Metode Penelitian	15

B. Waktu dan Lokasi Penelitian	15
C. Teknik Analisa data	15
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	23
A. Hasil	23
B. Pembahasan	61
Bab V Kesimpulan dan Saran	
DAFTAR PUSTAKA	73
Lampiran 1.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram kerangka Konsep Penelitian	22
Gambar 4.1 Peta administrasi	26
Gambar 4.2 Peta geomorfologi	31
Gambar 4.3 Grafik sebaran curah hujan bulanan di Kota Gorontalo	39
Gambar 4.4 Grafik curah hujan rata-rata tertimbang bulanan di wilayah KotaGorontalo periode tahun 2003 – 2011.....	41
Gambar 4.5 Peta geologi Kota Gorontalo	55
Gambar 4.6 Peta penggunaan lahan Kota Gorontalo	60
Gambar 4.7 Peta zonasi banjir Kota Gorontalo	60

DAFTAR FOTO

Foto 4.1	Satuan bentang alam pedataran yang menunjukkan pemandangan Kota Gorontalo	28
Foto 4.2	Satuan bentang alam bergelombang yang diapit oleh bentang alam pedataran dan perbukitan	30
Foto 4.3	Kenampakan Sungai Bone yang merupakan sungai permanen yang memiliki lembah berbentuk U	32
Foto 4.4	Kenampakan Sungai Bolango yang merupakan sungai permanen yang bermeander	33
Foto 4.5	Singkapen granit di daerah Leato yang memiliki kekar dan berwarna kehitaman pada saat lapuk	48
Foto 4.6	Kenampakan granit berwarna terang dengan komposisi mineral plagioklas, ortoklas, kuarsa dan biotit	49
Foto 4.7	Kenampakan singkapen batuan vulkanik di daerah Botu dengan warna kecoklatan yang telah mengalami pengkekaratan	50
Foto 4.8	Kenampakan singkapen tefra yang merupakan hasil aktivitas vulkanik di daerah Leato yang belum terkompaksi	51
Foto 4.9	Kenampakan singkapen batugamping yang dimanfaatkan penduduk setempat sebagai bahan bangunan	52
Foto 4.10	Kenampakan batugamping koral dengan warna terang dan kecoklatan hingga kehitaman jika lapuk	52
Foto 4.11	Kenampakan endapan alluvial di Sungai Bone dengan penghamparan yang luas	53
Foto 4.12	Kenampakan aktivitas masyarakat sekitar sungai dalam memanfaatkan material alluvial sungai sebagai bahan bangunan	54
Foto 4.13	Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Ipilo Kecamatan Kota Timur dengan kedalaman 225 cm	57

Foto 4.14	Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Huangobotu Kecamatan Duingi dengan kedalaman 165 cm	58
Foto 4.15	Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Paguyaman Kecamatan Kota Tengah dengan kedalaman 120 cm	58
Foto 4.16	Pertemuan dua sungai yaitu Sungai Bolango dan Sungai Bone dan mengalir ke Teluk Gorontalo	64
Foto 4.17	Salah satu upaya pemerintah dalam menanggulangi banjir adalah dengan membangun tanggul di daerah Kampung Bugis	65
Foto 4.18	Alih fungsi lahan oleh masyarakat yang dulunya hutan menjadi areal pertambangan batu	68
Foto 4.19	Alih fungsi lahan oleh masyarakat menjadi kebun dan areal pertambangan seperti yang ditunjukkan anak panah	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Klasifikasi morfologi berdasarkan kemiringan lereng (van Zuidam, 1985)	6
Tabel 4.1	Kelas kemiringan lereng Kota Gorontalo	25
Tabel 4.2	Luas wilayah pengaruh curah hujan setiap stasiun dengan menggunakan poligon Thiessen	36
Tabel 4.3	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Jalaluddin	36
Tabel 4.4	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Tapa	37
Tabel 4.5	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Tilongkabila	37
Tabel 4.6	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Suwawa	38
Tabel 4.7	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan di 4 (empat) Stasiun Pengamatan Kota Gorontalo Tahun 2003-2011	38
Tabel 4.8	Hasil perhitungan curah hujan bulanan Kota Gorontalo dengan menggunakan Metode Poligon Thiesen	39
Tabel 4.9	Faktor Pembobot Perhitungan Curah Hujan Kota Gorontalo	40
Tabel 4.10	Curah hujan rata-rata timbang Kota Gorontalo tahun 2003-2011	41
Tabel 4.11	Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Jalaluddin	44
Tabel 4.12	Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Tapa	45
Tabel 4.13	Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Tilongkabila	46

Tabel 4.14 Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Suwawa	47
Tabel 4.15 Harga-harga permeabilitas (k) untuk jenis-jenis tanah (Hardiyatmo, H. C., 1994)	56
Tabel 4.16 Kedalaman Muka Air Tanah (M.A.T) Kota Gorontalo berdasarkan pengukuran lapangan	57
Tabel 4.17 Luas total sebaran penggunaan lahan di Kota Gorontalo ..	59
Tabel 4.18 Benerapa Parameter dalam analisis tingkat kekritisan lahan terhadap banjir	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejak kota Gorontalo tumbuh menjadi ibukota propinsi dan terpusatnya pembangunan di wilayah perkotaan menimbulkan permasalahan tersendiri. Hal ini seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat. Jumlah penduduk selama kurun waktu 5 tahun terakhir, memperlihatkan trend pertumbuhan yang naik (BPS Kota Gorontalo, 2009). Hal ini membawa dampak kepada peningkatan kebutuhan lahan dan permintaan akan pemenuhan kebutuhan pelayanan dan prasarana kota yang dapat berdampak menurunnya kualitas lingkungan seperti degradasi lingkungan dan bencana alam. Salah satu permasalahan yang sering terjadi setiap tahunnya adalah bencana alam banjir.

Secara umum ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Faktor-faktor tersebut adalah kondisi alam (letak geografis wilayah, kondisi topografi, geometri sungai dan sedimentasi), peristiwa alam (curah hujan dan lamanya hujan, pasang, arus balik dari sungai utama, penurunan muka, pembendungan aliran sungai akibat longsor, sedimentasi dan aliran lahar dingin), dan aktifitas manusia (pembudidayaan daerah dataran banjir, peruntukan tata ruang di dataran banjir yang tidak sesuai, belum adanya pola pengelolaan dan pengembangan dataran banjir, permukiman di bantaran sungai, sistem

drainase yang tidak memadai, terbatasnya tindakan mitigasi banjir, kurangnya kesadaran masyarakat di sepanjang alur sungai, penggundulan hutan di daerah hulu, terbatasnya upaya pemeliharaan bangunan pengendali banjir).

Mengingat begitu besarnya dampak banjir terhadap pelaksanaan pembangunan di Kota Gorontalo maka diperlukan survei dan pemetaan untuk menentukan zona tingkat kerawanan banjir berdasarkan atas faktor curah hujan, geomorfologi, geologi, jenis tanah, muka air tanah, topografi, dan penggunaan lahan.

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan di atas, maka hal ini menarik minat dan mendorong penulis untuk mengadakan penelitian dengan judul “Penentuan Zonasi Daerah Tingkat Kerawanan Banjir di Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sebaran tingkat kerawanan banjir yang ada di Kota Gorontalo
2. Menentukan tipe/jenis banjir dan metode penanggulangan yang tepat di kota gorontalo

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah memetakan zonasi daerah tingkat kerawanan banjir Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan upaya penanggulangan yang tepat berdasarkan jenis/tipe banjirnya.

D. Urgensi Penelitian

Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan guna tersedianya data dan informasi tentang sebaran tingkat kerawanan banjir sehingga diharapkan dapat bermanfaat bagi para perencana dan pengambil kebijakan dalam menetapkan program pembangunan dan pengelolaan daerah – daerah rawan banjir. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat yang berdiam di daerah rawan banjir sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap banjir ataupun penyesuaian penggunaan lahan yang tepat.

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil upaya-upaya mitigasi bencana sebagaimana tertuang dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana dan PP nomor 21 tahun 2008 tentang penyelenggaraan penanggulangan bencana.

Bagi ilmu pengetahuan, penelitian ini dapat memberikan informasi tentang faktor-faktor yang dapat menyebabkan banjir dan juga informasi tentang pemetaan daerah yang rawan terhadap banjir dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis.

BAB II

STUDI PUSTAKA

A. Pengertian dan jenis Banjir

Menurut Raharjo, P.D. (2009) banjir merupakan suatu keluaran (*output*) dari hujan (*input*) yang mengalami proses dalam sistem lahan yang berupa luapan air yang berlebih. Kejadian atau fenomena alam berupa banjir yang terjadi ahir-akhir ini di Indonesia memberikan dampak yang amat besar bagi korban dari segi material.

Menurut Eko,T.P. (2003) beberapa jenis banjir terdiri atas :

a. Banjir genangan

Banjir genangan didefenisikan sebagai banjir yang terjadi hanya dalam waktu 6 jam setelah hujan lebat mulai turun. Biasanya juga dihubungkan dengan banyaknya awan kumulus yang menggumpal di angkasa, kilat atau petir yang keras dan badai tropis atau cuaca dingin. Umumnya terjadi akibat meluapnya air hujan yang sangat deras, khususnya bila tanah bantaran sungai tak mampu menahan banyak air.

b. Banjir luapan sungai

Banjir ini terjadi setelah proses yang cukup lama. meskipun proses itu bisa jadi lolos dari pengamatan sehingga datangnya banjir terasa mendadak dan mengejutkan, karena hal tersebut maka banjir ini juga biasa disebut sebagai banjir kiriman. Selain itu banjir luapan sungai kebanyakan bersifat musiman atau tahunan dan biasanya berlangsung selama sehari - hari atau berminggu - minggu tanpa henti.

c. Banjir pantai

Banjir ini dikaitkan dengan terjadinya badai tropis. Banjir yang membawa bencana dari luapan air hujan sering makin parah akibat badai yang dipicu oleh angin kencang sepanjang pantai. Akibat perpaduan dampak gelombang pasang, badai atau tsunami, sehingga banjir ini juga biasa disebut sebagai banjir pasang surut.

B. Dampak Banjir

Banjir yang terjadi dapat menimbulkan beberapa kerugian (Eko, 2003), diantaranya adalah :

- a. Bangunan akan rusak atau hancur akibat daya terjang air banjir, terseret arus, terkikis genangan air, longsornya tanah di seputar / di bawah pondasi.
- b. Hilangnya harta benda dan korban nyawa.
- c. Rusaknya tanaman pangan karena genangan air.
- d. Pencemaran tanah dan air karena arus air membawa lumpur, minyak dan bahan - bahan lainnya.

C. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kerawanan banjir

1. Geomorfologi

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bentangalam (*landform*) atau bentuklahan, proses-proses yang mempengaruhinya, asal mula pembentukannya (genesis), dan kaitannya dengan lingkungan dalam ruang dan waktu. Menurut Thornbury (1969), faktor-faktor yang

mempengaruhi pembentukan bentangalam adalah proses, stadia, jenis batuan dan struktur geologi yang terdapat pada daerah tersebut.

Pembagian bentangalam juga telah dikemukakan oleh beberapa pakar geomorfologi sesuai dengan penggunaan atau aplikasinya antara lain adalah klasifikasi yang dibuat oleh van Zuidam (1985). Klasifikasi ini merupakan pembagian morfologi yang berdasarkan pada presentase kemiringan lereng dan beda tinggi dan simbol pewarnaan dalam klasifikasi tersebut.

Tabel 1.1 Klasifikasi morfologi berdasarkan kemiringan lereng dan beda tinggi serta simbol pewarnaan satuan bentangalam (van Zuidam, 1985)

Satuan Bentangalam	Sudut lereng (%)	Beda tinggi (m)	Simbol warna
Datar atau hampir datar	0 – 2	< 5	Hijau gelap
Bergelombang / miring landai	3 – 7	5 – 50	Hijau terang
Bergelombang / miring	8 – 13	25 – 75	Kuning terang
Berbukit bergelombang/ miring	14 – 20	75 – 200	Orange
Berbukit tersayat tajam/ terjal	21 – 55	200 – 500	Merah terang
Pegunungan tersayat tajam/ sangat terjal	55 – 140	500 – 1000	Hijau gelap
Pegunungan / sangat curam	> 140	> 1000	Ungu

2. Curah hujan dan Iklim

Menurut Kadarsah (2007), iklim adalah rata-rata cuaca dalam periode yang panjang. Sedangkan cuaca merupakan keadaan atmosfer pada suatu saat. Ilmu yang mempelajari iklim adalah klimatologi yang

mempelajari proses fisis dan gejala cuaca yang terjadi didalam atmosfer terutama pada lapisan bawah (troposfer).

Tujuan klasifikasi iklim adalah menetapkan pembagian jenis iklim ditinjau dari segi unsur yang benar-benar aktif terutama presipitasi dan suhu. Unsur lain seperti angin, sinar matahari, atau perubahan tekanan ada kemungkinan merupakan unsur aktif untuk tujuan khusus.

Menurut Hidayati (2001) karena Indonesia berada di wilayah tropis maka selisih suhu siang dan suhu malam hari lebih besar dari pada selisih suhu musiman (antara musim kemarau dan musim hujan), sedangkan di daerah sub tropis hingga kutub selisih suhu musim panas dan musim dingin lebih besar dari pada suhu harian. Kadaan suhu yang demikian tersebut membuat para ahli membagi klasifikasi suhu di Indonesia berdasarkan ketinggian tempat.

Beberapa sistem klasifikasi iklim yang sampai sekarang masih digunakan dan pernah digunakan di Indonesia antara lain adalah sistem klasifikasi Mohr dan sistem klasifikasi Schmidt-Ferguson.

a. Sistem Klasifikasi Mohr

Klasifikasi Mohr didasarkan pada hubungan antara penguapan dan besarnya curah hujan, dari hubungan ini didapatkan tiga jenis pembagian bulan dalam kurun waktu satu tahun dimana keadaan yang disebut bulan basah apabila curah hujan >100 mm per bulan, bulan lembab bila curah hujan bulan berkisar antara $100 - 60$ mm dan bulan kering bila curah hujan < 60 mm per bulan.

b. Sistem Klasifikasi Schmidt-Ferguson

Sistem iklim ini sangat terkenal di Indonesia penyusunan peta iklim menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson lebih banyak digunakan untuk iklim hutan. Pengklasifikasian iklim menurut Schmidt-Ferguson ini didasarkan pada nisbah bulan basah dan bulan kering seperti kriteria bulan basah dan bulan kering dalam klasifikasi iklim Mohr. Pencarian rata-rata bulan kering atau bulan basah (X) dalam klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson dilakukan dengan membandingkan jumlah/frekwensi bulan kering atau bulan basah selama tahun pengamatan dengan banyaknya tahun pengamatan.

Schmidt-Ferguson membagi tipe-tipe iklim dan jenis vegetasi yang tumbuh di tipe iklim tersebut adalah sebagai berikut; tipe iklim A (sangat basah) jenis vegetasinya adalah hutan hujan tropis, tipe iklim B (basah) jenis vegetasinya adalah hutan hujan tropis, tipe iklim C (agak basah) jenis vegetasinya adalah hutan dengan jenis tanaman yang mampu menggugurkan daunnya dimusim kemarau, tipe iklim D (sedang) jenis vegetasi adalah hutan musim, tipe iklim E (agak kering) jenis vegetasinya hutan savana, tipe iklim F (kering) jenis vegetasinya hutan savana, tipe iklim G (sangat kering) jenis vegetasinya padang ilalang dan tipe iklim H (ekstrim kering) jenis vegetasinya adalah padang ilalang.

3. Geologi

Batuan yang ada di alam secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan

batuan malihan atau metamorfis. Penelitian-penelitian yang dilakukan oleh para ahli Geologi terhadap batuan, menyimpulkan bahwa antara ketiga kelompok tersebut terdapat hubungan yang erat satu dengan lainnya. Dari sejarah pembentukan Bumi, diperoleh gambaran bahwa pada awalnya seluruh bagian luar dari Bumi ini terdiri dari batuan beku. Seiring dengan perjalanan waktu serta perubahan lingkungan, maka terjadilah perubahan-perubahan yang disertai dengan pembentukan kelompok-kelompok batuan yang lainnya. Proses perubahan dari satu kelompok batuan ke kelompok lainnya, merupakan suatu siklus yang dinamakan “daur batuan. Konsep daur batuan ini merupakan landasan utama dari Geologi yang diutarakan oleh James Hutton (1970) dalam Djauhari, N (2006).

Menurut Said. H.D. (2005) berdasarkan atas sifat fisiknya terhadap air, batuan yang ada di alam dapat dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu :

- a. Akuifer, adalah batuan yang dapat mengalirkan air. Sebagai contoh adalah pasir, kerikil, batugamping berongga, lava berkekar.
- b. Akuitard, adalah batuan yang dapat menyimpan air, tetapi tidak dapat mengalirkan airnya kecuali dalam jumlah yang terbatas. Sebagai contoh adalah lempung pasiran, lanau pasiran, napal pasiran, dan tufa pasiran.
- c. Akuiklud, adalah batuan kedap air. Batuan tersebut walaupun dapat menyimpan air, tetapi tidak dapat mengalirkan air. Sebagai contoh adalah lempung, serpih, dan tufa halus.

- d. Akuifug, adalah batuan yang tidak dapat menyimpan air dan mengalirkan air, sebagai contoh adalah batuan beku, dan batuan metamorf.

Tetapi secara hidrogeologis, pengelompokan batuan menurut jenis akuifer yang dimiliki ada 3 kelompok, yaitu :

- a. Batuan memiliki akuifer ruang antar butir

Batuan yang mempunyai akuifer jenis ruang antar butir adalah batuan sedimen lepas, seperti dijumpai pada endapan aluvial, batuan sedimen biasanya berumur geologi muda seperti sedimen kwarter. Penyebaran akuifernya lateral.

- b. Batuan memiliki celah, rekah dan rongga

Batuan yang mempunyai akuifer jenis ini adalah batuan padu yang banyak rekah seperti pada batuan beku, metamorf ataupun batugamping.

- c. Batuan memiliki akuifer celah, rekah, rongga sekaligus juga ruang antar butir

Batuan jenis ini adalah batuan vulkanik strato. Batuan vulkanik strato biasanya merupakan perselingan antara lava dengan lapisan piroklastik (tufa).

4. Tanah

Tanah adalah kumpulan benda alam di permukaan bumi setempat-setempat, dimodifikasikan atau bahkan dibuat oleh manusia dari bahan

bumi, mengandung gejala-gejala kehidupan dan menopang pertumbuhan tanaman di luar rumah (Hardjowigeno, S. 1993).

Tanah adalah suatu benda alami yang terdapat di permukaan kulit bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik, sebagai hasil pelapukan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor iklim, bahan induk, jasad hidup, dan bentuk wilayah, lamanya waktu pembentukan (Saifuddin, S. 1989). Ditambahkan oleh Foth, H.D. dan Turk, L.M. (1951), tanah adalah bahan mineral yang tidak pepat pada permukaan tanah yang telah dan akan selalu digunakan untuk percobaan, serta dipengaruhi oleh faktor-faktor genetik dan lingkungan yang semuanya berlangsung pada suatu periode waktu tertentu dan menghasilkan produk tanah yang berbeda dari bahan asalnya pada banyak sifat fisika, kimia dan biologi serta ciri-cirinya.

5. Muka Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat di dalam tanah atau di bawah permukaan yang tersimpan dalam suatu batuan atau tanah yang mempunyai kemampuan menyimpan dan meloloskan air yang selanjutnya disebut lapisan permeabel (*permeables*). Air tanah dapat terbentuk dari kumpulan air yang berasal dari air hujan, air terjebak dan air yang berasal dari larutan magma (*magmatic water*).

Keberadaan air tanah di bawah permukaan sangat ditentukan oleh adanya batuan yang dapat berfungsi sebagai wadah untuk menampung air yang berasal dari permukaan meresap ke dalam tanah. Batuan yang dapat menyimpan dan meloloskan air disebut sebagai lapisan akuifer. Letak lapisan akuifer di bawah permukaan bervariasi tergantung dari proses pembentukannya dan proses – proses geologi yang terjadi pada suatu daerah, sehingga dalam kegiatan eksplorasi air tanah dikenal istilah air tanah dangkal dan air tanah dalam.

Letak dan besarnya lapisan akuifer akan mempengaruhi kuantitas air yang akan meresap ke dalam tanah, sehingga keberadaan air tanah di suatu wilayah akan berpengaruh terhadap potensi banjir, karena air yang tidak terserap dan tidak mengalir, akan membentuk genangan yang jika volumenya semakin besar, dapat menimbulkan banjir.

6. Tata Guna Lahan

Meningkatnya kebutuhan dan persaingan dalam penggunaan lahan, baik untuk kepentingan produksi pertanian maupun untuk keperluan lainnya memerlukan pemikiran yang seksama dalam mengambil keputusan pemanfaatan yang paling menguntungkan dari sumberdaya lahan yang terbatas, sementara itu juga melakukan tindakan konservasi untuk penggunaan di masa mendatang.

Penataan kembali penggunaan lahan bagi daerah – daerah yang telah berpenduduk dan perencanaan penggunaan lahan bagi daerah – daerah yang belum atau jarang penduduknya, akan menyangkut berbagai

pihak dan masyarakat luas, sehingga kegiatan ini sering mengundang munculnya berbagai permasalahan.

Selain dari hal – hal yang dikemukakan di atas, juga tidak kalah pentingnya adalah kurangnya informasi tentang potensi lahan, kesesuaian penggunaan lahan dan tindakan pengelolaan yang diperlukan bagi setiap areal lahan, yang dapat digunakan sebagai pegangan dalam pemanfaatan areal tersebut.

Untuk dapat melakukan perencanaan secara menyeluruh, salah satu hal pokok yang diperlukan adalah tersedianya informasi faktor fisik lingkungan yang meliputi sifat dan potensi lahan. Keterangan ini dapat diperoleh antara lain melalui kegiatan survei tanah yang diikuti dengan pengevaluasian lahan. Dari kedua kegiatan tersebut saling berkaitan satu dengan lainnya.

D. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengimput data, manajemen data, menganalisis atau manipulasi data dan menghasilkan output dalam bentuk peta.

Dalam analisis tingkat kerawanan banjir digunakan beberapa parameter yang menggambarkan kondisi lahan. Gambaran mengenai kondisi lahan tersebut pada dasarnya memiliki distribusi keruangan (spasial), atau dengan kata lain kondisi lahan antara satu tempat tidak sama dengan tempat yang lain. Media yang paling sesuai untuk

menggambarkan distribusi spasial ini adalah peta. Dengan demikian parameter tumpang tindih harus dipresentasikan ke dalam bentuk peta.

Karena informasi parameter tumpang tindih kegiatan dan lahan ini disajikan dalam bentuk peta, maka diperlukan satuan pemetaan (*mapping unit*) yang digunakan sebagai acuan keruangan (*spasial reference*). Manfaat dari satuan pemetaan ini yang pertama adalah digunakan untuk mengaitkan parameter lahan yang tidak memiliki acuan keruangan secara langsung, sehingga parameter tersebut bisa dipetakan, sedangkan yang kedua adalah untuk memudahkan dalam proses skoring karena skor parameter ini akan dilakukan ke dalam tiap satuan pemetaan.

E. Upayah penanggulangan banjir

Penanggulangan bencana alam banjir merupakan pekerjaan yang tidak mudah sebab tidak semua metode yang ada dan telah berhasil di suatu daerah dapat diterapkan di daerah lain. Hal yang sangat berpengaruh adalah tipe/jenis banjir dan kondisi alam daerah tersebut.

Upayah-upayah penanggulangan banjir harus dilakukan secara lintas sektoral dan dilakukan dari hulu ke hilir. Banyak upayah penanggulangan yang dilakukan tetapi hanya sebatas di daerah banjir saja atau di hilir sehingga kita selalu gagal dalam membuat perencanaan yang baik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Data yang terkumpul baik data primer yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan maupun data sekunder yang diperoleh dari hasil kepustakaan, akan diolah dan disajikan dalam bentuk peta-peta tematik seperti peta kemiringan lereng, peta sebaran curah hujan, peta geomorfologi, peta geologi, peta jenis tanah, peta muka air tanah, dan peta penggunaan lahan. Peta-peta tematik tersebut dilakukan analisis spasial yang akan menghasilkan peta zona rawan banjir.

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di kota Gorontalo provinsi Gorontalo Pelaksanaan kegiatan penelitian ini di bagi dalam 2 tahap, yaitu tahap I pemetaan dan penentuan zonasi daerah rawan bencana banjir di Kota Gorontalo dan tahap ke II adalah tahap analisa data dan perencanaan penanganan bencana banjir yang tepat.

C. Teknik Analisa data

1. Analisis Topografi

Analisis data topografi daerah penelitian adalah analisis spasial terhadap kemiringan lereng dengan menggunakan data kontur yang bersumber dari peta rupabumi Bakosurtanal (1991) skala 1 : 50.000.

Besar kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan % (persen) dan ° (derajat). Data spasial kemiringan lereng dapat disusun dari hasil pengolahan data ketinggian (garis kontur) dengan bersumber pada peta topografi atau peta rupa bumi. Pengolahan data kontur untuk menghasilkan informasi kemiringan lereng dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer.

Penyusunan data spasial kemiringan lereng dengan bantuan komputer dapat dilakukan apabila telah tersedia data kontur dalam format digital. Data kontur terlebih dahulu diolah untuk menghasilkan model elevasi digital (Digital Elevation Model/DEM) untuk kemudian diproses guna menghasilkan data kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang dihasilkan selanjutnya diklasifikasikan sesuai dengan klasifikasi kemiringan lereng.

2. Analisis Geomorfologi

Analisis spasial bentuk lahan atau satuan geomorfologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta bentuk lahan yang diperoleh dari hasil interpretasi peta rupa bumi dengan mengacu pada pengamatan langsung di lapangan. Adapun langkah-langkah pembuatan peta bentuk lahan adalah sebagai berikut :

Satuan bentuk lahan menurut Djojosoeharto (1970), merupakan bentuk-bentuk erosional, deposisional, dan residual. Bentuk lahan ini terbentuk karena perombakan oleh proses yang berasal dari luar bumi (*eksogen*).

Bentuk lahan dikenali dengan analisis relief terhadap kontur peta rupabumi khususnya dengan bantuan perangkat lunak pengolah data raster seperti ArcGis. Dalam beberapa hal, kenampakan tiga dimensi dapat menyingkap informasi lebih banyak bila dibandingkan dengan pengamatan langsung di lapangan. Verstappen (1985), mengemukakan cara pengenalan bentuk lahan berdasarkan relief yaitu kriteria ini berhubungan dengan bentuk permukaan bumi, baik bentuk datar, bergelombang, maupun lembah. Kemampuan analisis GIS untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi secara tiga dimensi memungkinkan untuk membedakan klasifikasi permukaan bumi berdasarkan konfigurasi dan pola persebarannya. Relief merupakan kunci utama dalam identifikasi bentuk lahan.

3. Analisis Data Curah Hujan dan Iklim

Pada proses pengolahan data curah hujan, yang pertama dilakukan yaitu menghitung curah hujan rata-rata bulanan tiap Stasiun pengamatan. Kemudian dihitung jumlah curah hujan yang jatuh di wilayah penelitian dengan cara :

- a. Menghitung curah hujan rerata tertimbang (*weighted mean*) dengan menggunakan persamaan :

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$\bar{X}_w$: rata-rata timbang

X_i : data ke i

W_i : Faktor bobot data ke i

n : jumlah data

- b. Faktor bobot dari data dihitung dengan menggunakan metode *polygon thiessen*.
- c. Menentukan tipe iklim (Q) dengan menggunakan metode Schmidt-Fergusson. Tipe iklim ini didasarkan pada hubungan curah hujan rata-rata bulan kering dengan rata-rata bulan basah tahunan. Schmidt dan Ferguson mendasarkan pada nilai rasio Q yang ditentukan melalui persamaan :

$$Q = \frac{\text{Jumlah rata – rata bulan kering}}{\text{Jumlah rata – rata bulan basah}} \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

4. Analisis Geologi

Analisis spasial terhadap parameter geologi daerah penelitian didasarkan atas pengambilan data di lapangan terhadap unsur-unsur geologi yaitu stratigrafi dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian.

Pengambilan dan pengolahan data stratigrafi, struktur daerah penelitian dilakukan dengan pemetaan geologi permukaan terhadap unsur geologi serta struktur yang ada di lapangan serta kesebandingan dengan

peta geologi lembar kotamobagu skala 1 : 250.000 (Apandi, T. dan Bachri, S., 1997).

5. Analisis Jenis Tanah

Analisis spasial jenis tanah daerah penelitian dilakukan berdasarkan input data atribut jenis tanah dari hasil uji sampel. Penentuan jenis tanah yang akan diinput kedalam data atribut didasarkan pada hasil nilai koefisien permeabilitas terhadap sampel tanah menggunakan klasifikasi harga-harga permeabilitas (k) untuk jenis-jenis tanah (Nursamiah, dkk., 2003).

Data spasial jenis tanah yang disusun dengan metode digitasi *On-Screen* harus mempunyai data atribut yang menjelaskan tentang sebaran jenis tanah pada setiap unit pemetaannya (poligon jenis tanah). Untuk keperluan tersebut, maka perlu dibuatkan data atribut untuk setiap unit poligon data spasialnya.

6. Analisis Kedudukan Muka Air tanah

Analisis spasial kedudukan muka air tanah daerah penelitian didasarkan pada hasil pengukuran langsung di lapangan terhadap sumur-sumur penduduk. Kemudian data spasial disusun dengan metode digitasi *On-Screen* yang terlebih dahulu dilakukan penyusunan input data atribut terhadap nilai kedudukan muka air tanah pada masing-masing stasiun pengamatan. Untuk memudahkan analisis spasial atau penggambaran

polygon maka kedudukan muka air tanah hasil pengukuran lapangan dikelompokkan kedalam kisaran/range yang sama.

Pengelompokan nilai muka air tanah tersebut sekaligus menjadi data atribut yang menjelaskan setiap unit pemetaan (polygon kedudukan muka air tanah), sehingga peta tematik kedudukan muka air tanah dapat dihasilkan.

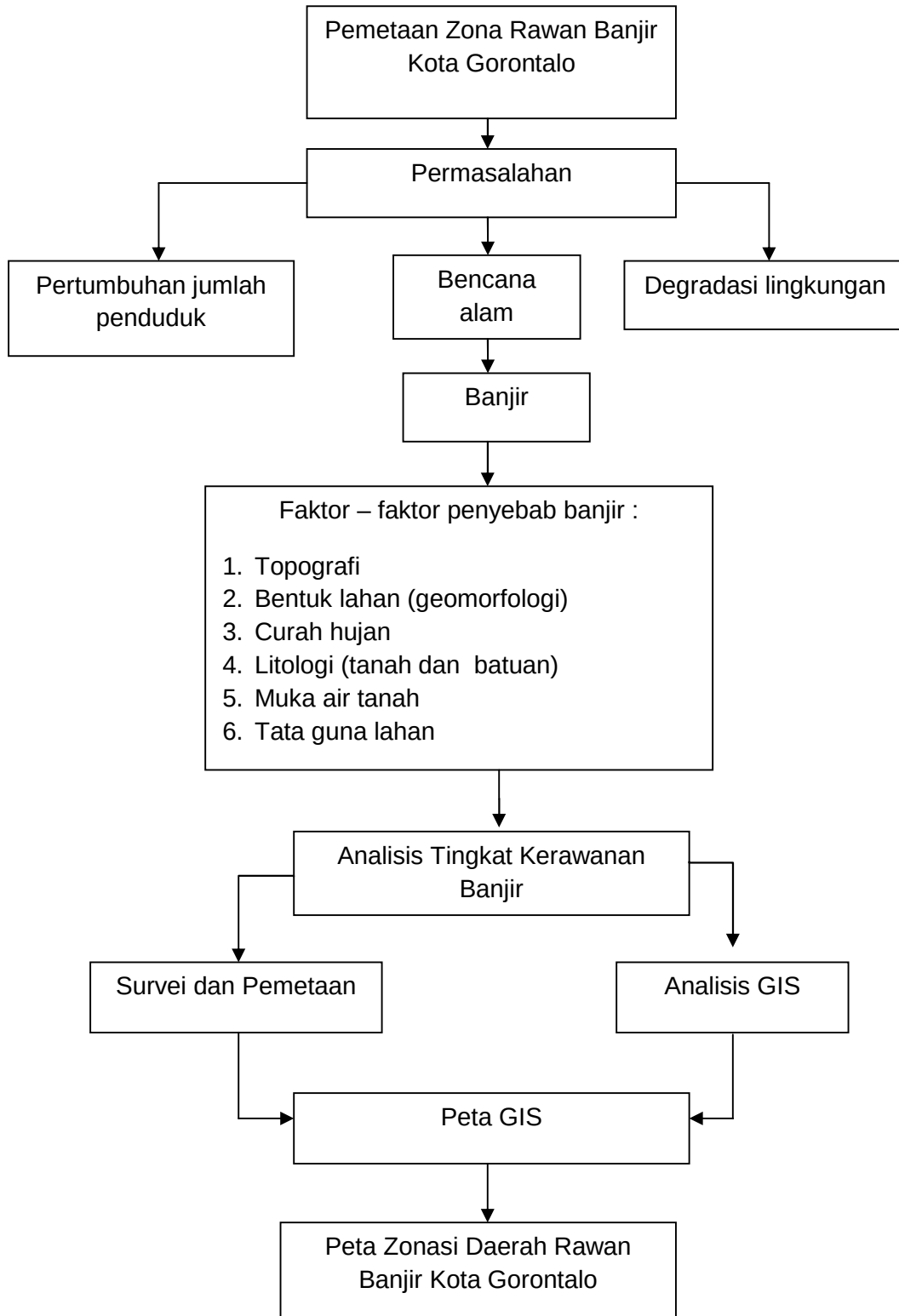
7. Analisis Penggunaan Lahan

Informasi tentang penggunaan lahan dapat diperoleh dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh. Citra satelit dari *Google Earth* dapat digunakan sebagai sumber data yang terpercaya untuk pemetaan penggunaan lahan.

Dalam rangka Menghasilkan informasi penggunaan lahan spasial Kota Gorontalo, secara umum metode pengolahan dan analisis yang dilakukan adalah menggunakan pendekatan digital dan visual. Secara digital dilakukan analisis digitasi *On-Screen* melalui perangkat lunak *ArcView 3.3* terhadap citra *Google Earth* kemudian secara visual dilakukan pengecekan langsung di lapangan.

Data spasial liputan lahan yang disusun dengan metode digitasi *On-Screen* harus mempunyai data atribut yang menjelaskan tentang kondisi penggunaan lahan pada setiap unit pemetaannya (poligon penggunaan lahan). Untuk keperluan tersebut, maka perlu dibuatkan data atribut untuk setiap unit poligon data spasial penggunaan lahan.

- **Desain Penelitian**



Gambar 1 Diagram kerangka Konsep Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Geografi dan Kependudukan

a. Geografi

Kota Gorontalo merupakan ibu kota propinsi hasil pemekaran dari Propinsi Sulawesi Utara sekitar 11 tahun yang lalu. Kota Gorontalo terletak di lengan utara Sulawesi di sebelah utara Teluk Tomini. Kota ini berbatasan langsung dengan Kabupaten Gorontalo dan Kabupaten Bone Bolango.

Secara administratif Kota Gorontalo dibagi kedalam 9 (sembilan) kecamatan dan terdiri dari 50 (lima puluh) desa/kelurahan. Kota ini berbatasan dengan Kecamatan Tapa Kabupaten Bone Bolango di sebelah utara, Kecamatan Kabila Kabupaten Bone Bolango di sebelah timur, Teluk Tomini di sebelah selatan dan Kecamatan Telaga dan Batudaa Kabupaten Gorontalo di sebelah barat.

Secara astronomis Kota Gorontalo berada di antara koordinat $00^{\circ} 28' 17''$ - $00^{\circ} 35' 56''$ LS dan $122^{\circ} 59' 44''$ - $123^{\circ} 05' 59''$ BT. Luas Kota Gorontalo sekitar $64,79 \text{ km}^2$ atau sekitar 0,53% dari luas total Propinsi Gorontalo.

b. Kependudukan

Berdasarkan data statistik Kota Gorontalo tahun 2004, jumlah penduduk yang terdata sebanyak 148.080 jiwa. Kepadatan penduduk Kota Gorontalo mencapai 2.286 jiwa/Km². Seiring berkembangnya pembangunan dan kemajuan perekonomian bertambah pula jumlah penduduk. Tercatat pada tahun 2011 jumlah penduduk Kota Gorontalo mencapai 194.153 jiwa dengan kepadatan penduduk 2.996 jiwa/Km².

Wilayah-wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk yang relatif tinggi secara umum menempati daerah-daerah dataran dekat sungai maupun tepi pantai. Hal ini disebabkan karena kondisi morfologi Kota Gorontalo yang meliputi pedataran yang dikelilingi oleh perbukitan. Akibatnya, pertumbuhan dan perkembangan Kota Gorontalo lebih memanjang mengarah Utara – Selatan, mengikuti bentukan lahan sungai dan tepi pantai yang datar meskipun beberapa diantaranya merupakan daerah yang sering terjadi banjir akibat meluapnya sungai-sungai besar yang mengalir di daerah ini.

Secara umum, penduduk Kota Gorontalo bermatapencaharian sebagai pegawai negeri sipil, pegawai swasta, pedagang, petani, nelayan dan penambang.

2. Topografi

Menurut Kuswanto, dkk. (1994), peta topografi adalah peta yang menggambarkan bentuk relief permukaan bumi. Dalam peta topografi terdapat garis kontur (*countur line*) yaitu garis yang menghubungkan

ketinggian yang sama. Kelebihan peta topografi adalah untuk mengetahui ketinggian suatu tempat dan untuk memperkirakan tingkat kecuraman atau kemiringan lereng karena memiliki unsur-unsur geodetik seperti yang disebutkan di atas, maka dari peta ini pula dapat dihasilkan peta turunan berupa peta kemiringan lereng.

Kemiringan lereng merupakan perbandingan antara beda tinggi dua tempat dengan jarak mendatarnya. Beda tinggi lereng dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Lereng (derajat)} = \text{ArcusTangen} \left(\frac{Y}{X} \right)$$

$$\text{Lereng (persen)} = \frac{Y}{X} \times 100\%$$

Wilayah penelitian sebagian besar tersusun oleh topografi datar hingga hampir datar dengan luas penyebaran 33.61 Ha (53,66 %), topografi bergelombang / miring seluas 9.40 Ha (15,01 %), dan topografi berbukit bergelombang / miring / tersayat tajam / terjal seluas 19.63 Ha (31,34 %).

Tabel 4.1 Kelas kemiringan lereng Kota Gorontalo

No	Kemiringan Lereng				Deskripsi Relief
	Sudut Lereng	Beda Tinggi (m)	Luas (Ha)	Persen Luas (%)	
1	0 – 2	< 5	33,61	53,66	Datar – hampir datar
2	2 – 8	5 - 75	9,40	15,01	Bergelombang / miring
3	8 – 16	75 - 500	19,63	31,34	Perbukitan bergelombang
Jumlah			62,64	100,00	

GAMBAR 4.1 PETA GEOMORFOLOGI

3. Geomorfologi

Geomorfologi daerah penelitian secara umum memiliki ketinggian 0 – 512 mm meliputi pembagian satuan bentangalam berdasarkan kenampakan relief dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi selama proses pembentukannya seperti pola aliran sungai, tipe genetik sungai dan stadia daerah penelitian.

a. Satuan geomorfologi

Hasil klasifikasi satuan bentuk lahan menunjukkan adanya keragaman proses pembentukan. Bentuk yang dihasilkan juga berbeda-beda. Satuan bentukan asal yang rentan terhadap banjir dapat diidentifikasi atas morfogenesis, sedangkan tingkat kerentanannya dapat diidentifikasi atas dasar morfometri.

Satuan geomorfologi daerah penelitian dibagi berdasarkan pengamatan langsung di lapangan dengan mengacu pada penggolongan satuan berdasarkan klasifikasi morfologi menurut Van Zuidam, 1983.

Berdasarkan klasifikasi di atas, maka geomorfologi daerah penelitian di bagi kedalam 3 (tiga) satuan yaitu :

- ***Satuan Bentangalam Pedataran***

Satuan ini menempati sekitar 60,54% dari luas daerah penelitian atau sekitar 37,92 km². Kenampakan topografi dengan relatif datar merupakan penciri bentangalam ini. Persentase kemiringan lereng berkisar antara 0 – 2 % atau 1 – 5 ° dengan beda tinggi kurang dari 5

meter. Satuan ini menyebar dari utara ke tenggara daerah penelitian. Proses morfogenesis bentangalam ini dipengaruhi oleh proses fluvial (aktivitas sungai), marine (aktivitas laut) dan lakustrin (aktivitas danau).



Foto 4.1 Satuan bentang alam pedataran yang menunjukkan pemandangan Kota Gorontalo

Proses fluvial dapat dijumpai di sepanjang aliran Sungai yaitu di sepanjang Dutula Bone dan Dutula Bolango yang mengalir ke arah selatan yang bermuara di Teluk Gorontalo. Umumnya di susun oleh endapan aluvial berupa lempung, pasir dan kerikil di beberapa tempat terdapat dataran banjir (*flood plain*). Proses pengendapan lebih dominan dibandingkan dengan proses erosi.

Proses *marine* dijumpai disepanjang garis pantai di bagian selatan daerah penelitian. Secara genetis proses di daerah ini adalah abrasi dan pasang surut yang ditandai oleh undak-undak pantai dan dataran pantai pasir putih hasil abrasi terumbu karang.

Proses lakustrin dijumpai di bagian barat Kota Gorontalo. Proses yang bekerja berupa pengendapan material-material hasil erosi di hulu DAS Bolango yang mengendap di daerah ini. Selain itu, proses karbonisasi, oksidasi dan reduksi yang terjadi di danau mengakibatkan berkembangnya tumbuhan air yang mempercepat proses pendangkalan.

Bentangalam ini umumnya dimanfaatkan sebagai lahan persawahan, perkebunan, pemukiman dan perkantoran. Material sedimen hasil aktivitas sungai dimanfaatkan sebagai material bangunan.

- ***Satuan bentangalam bergelombang***

Satuan ini dapat dijumpai pada bagian barat daya yang memanjang hingga di bagian barat daerah penelitian dan di bagian tenggara yang dipisahkan oleh Teluk Gorontalo dengan penyebaran sekitar 10 km² atau sekitar 30%. Kenampakan dari satuan ini digambarkan oleh pola kontur yang agak rapat dan dengan lereng yang bergelombang. Beda tinggi berkisar 5 - 75 meter dengan kelerengan 3 - 14 % atau 10 – 20⁰.

Jenis litologi yang menyusun daerah ini yaitu batugamping dan breksi vulkanik yang mudah tererosi. Sebagian besar dimanfaatkan sebagai tempat pemukiman dan perkebunan.

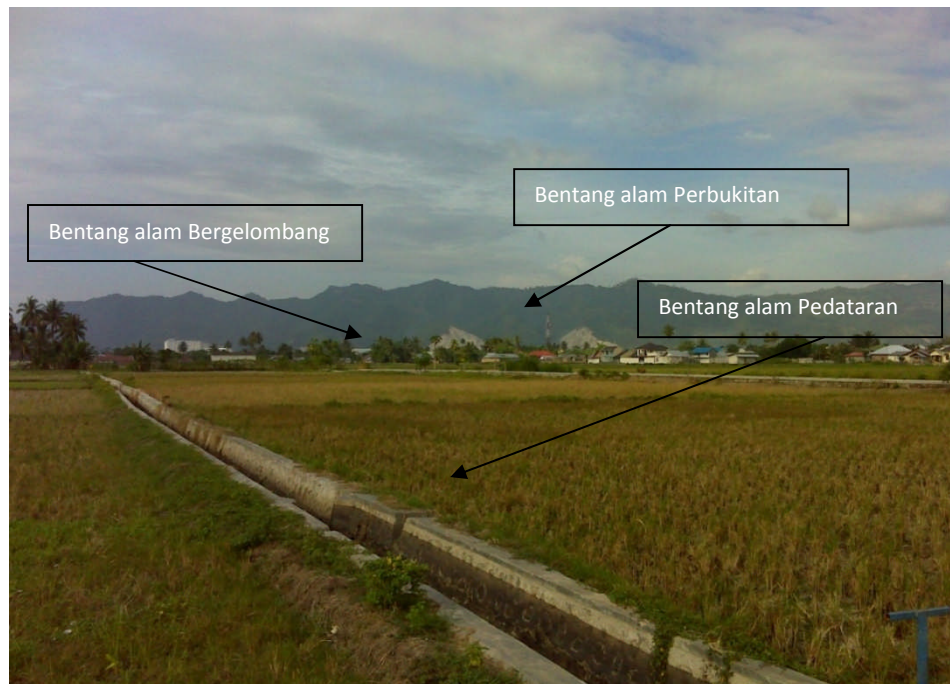


Foto 4.2 Satuan bentang alam bergelombang yang diapit oleh bentang alam pedataran dan perbukitan

- ***Satuan bentangalam perbukita berglombang***

Satuan bentangalam ini dijumpai memanjang di barat daya dan selatan tepatnya daerah Botu dan Piloladaa. Sudut lereng berkisar antara 14 - 55% atau sekitar 25 - 55° dengan beda tinggi 75 - 500 meter.

Litologi yang menyusun bentangalam ini adalah batugamping, breksi vulkanik dan granit yang bersifat mudah tererosi. Proses geomorfologi yang dominan adalah proses pelapukan, erosi berupa *rill erosion*, *gully erosion* dan gerakan tanah. Tingkat pelapukan sangat tinggi yang diperlihatkan oleh ketebalan soil yang berkisar 0,3 - 0,8 meter. Proses pelapukan ditunjukkan salah satunya oleh adanya pengelupasan pada satuan granit. Bentangalam ini dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan, pemukiman, perkantoran dan pertambangan.

Gambar 4.3 peta geomorfologi

b. Sungai

Sungai (*dutula*) yang mengalir pada daerah penelitian yaitu Dutula Bone dan Dutula Bolango. Dutula Bone memiliki hulu di daerah Bone Bolango di bagian timur dengan arah aliran relatif barat laut – selatan. Sedangkan, Dutula Bolango yang memiliki hulu di daerah Bone Bolango bagian timur dengan arah aliran relatif timur laut – selatan. Kedua sungai ini bertemu di daerah Siendeng yang bermuara di Teluk Gorontalo.



Foto 4.3 Kenampakan Sungai Bone yang merupakan sungai permanen yang memiliki lembah berbentuk U lebar dan *channel bar* yang luas

- **Klasifikasi sungai**

Berdasarkan volume airnya (kuantitas air), maka sungai yang mengalir pada daerah penelitian dapat diklasifikasikan menjadi sungai permanen dan sungai periodis. Sungai permanen adalah sungai yang

airnya tetap ada sepanjang tahun tanpa dipengaruhi oleh musim seperti Dutula Bone dan Dutula Bolango. Sedangkan sungai periodis adalah sungai yang volume airnya bertambah pada musim hujan dan berkurang bila musim kemarau seperti anak-anak sungai dari kedua sungai tersebut.



Foto 4.4 Kenampakan Sungai Bolango yang merupakan sungai permanen yang bermeander yang airnya tidak pernah kering setiap tahun

- ***Pola aliran sungai***

Pola aliran sungai (*drainage pattern*) merupakan sistem atau pola khusus yang terbentuk dari gabungan beberapa sungai dalam suatu daerah aliran sungai (Thornbury, 1969). Sedangkan menurut Van Zuidam (1986) pola aliran atau sistem aliran regional maupun lokal di kontrol oleh kemiringan permukaan, jenis dan kedudukan batuan yang dilalui, jenis dan kerapatan vegetasi serta kondisi iklim.

Berdasarkan hal tersebut, pola aliran sungai yang berkembang di daerah penelitian adalah pola aliran denritik. Pola aliran ini dicirikan oleh anak-anak sungai yang membentuk pola menyerupai cabang pohon.

- ***Stadia sungai***

Stadia sungai ditentukan oleh gradien sungai, penampang lembah sungai, debit air sungai, arah aliran sungai, kelokan sungai, jeram sungai, jenis erosi yang dominan dan material yang dihasilkan.

Sungai-sungai pada daerah penelitian terutama Dutula Bone dan Dutula Bolango mempunyai gradien sungai yang landai dan penampang lembah sungai menyerupai huruf “U” sebagai indikasi bahwa erosi lateral lebih dominan daripada erosi vertikal, dataran banjir yang luas dengan *channel* dan *point bar* yang luas serta bermeander. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka sungai yang ada pada daerah penelitian dapat digolongkan sebagai stadia tua.

- ***Stadia daerah penelitian***

Penentuan stadia daerah penelitian didasarkan pada tingkat erosi pada bentangalam dan sungai, pelapukan serta berbagai proses lanjutan yang terjadi pada daerah tersebut.

Tingkat erosi yang bekerja di daerah penelitian cukup tinggi yang diperlihatkan oleh adanya *rill* dan *gully erosion*. Lembah-lembah sungai yang sangat lebar dengan profil sungai menyerupai huruf “U” adanya

meander sungai, dataran banjir yang luas dijumpai pula *channel* dan *point bar* yang luas.

Proses pelapukan sangat tinggi dicirikan oleh soil yang tebal. Terdapat gerakan tanah berupa *debris* dan *rock fall* pada daerah yang mempunyai topografi yang miring terutama di pinggir jalan akibat pemotongan bukit. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas daerah penelitian dapat digolongkan pada stadia daerah dewasa menjelang tua.

4. Curah hujan dan iklim

Iklim merupakan perubahan nilai unsur-unsur cuaca dalam jangka waktu yang panjang di suatu wilayah atau sebagai nilai statistik jangka panjang di suatu wilayah. Curah hujan dan suhu merupakan unsur cuaca yang memiliki pengaruh yang paling besar dalam pembentukan iklim di suatu daerah.

- **Penentuan besaran curah hujan bulanan dan tahunan**

Jumlah stasiun curah hujan yang digunakan dalam analisis iklim dengan menggunakan metode poligon Thiessen ada 4 yaitu stasiun curah hujan Jalaluddin, Tapa, Tilongkabila dan Suwawa. Data curah hujan yang di analisis dalam kurun waktu 2003 – 2011. Berdasarkan data tersebut curah hujan rata-rata bulanan selama 5 tahun di stasiun curah hujan Jalaluddin rata-rata 132 mm/bulan, stasiun curah hujan Tapa rata-rata 138 mm/bulan, stasiun curah hujan Tilongkabila berkisar 106 mm/bulan sedangkan di stasiun curah hujan Suwawa berkisar 121 mm/bulan.

Tabel 4.2 Luas wilayah pengaruh curah hujan setiap stasiun dengan menggunakan poligon Thiessen

No.	Stasiun	Luas	
		km ²	%
1	Jalaluddin	0.9558	1.52
2	Tapa	53.52	84.99
3	Tilongkabila	1.439	2.29
4	Suwawa	7.061	11.21
J u m l a h		62.9758	100

Tabel 4.3 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Jalaluddin

Tahun	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	
2003	89	56	215	266	192	11	64	46	65	35	82	234	113
2004	128	100	79	175	138	50	66	0	36	122	61	77	86
2005	30	103	117	105	231	84	210	17	20	223	85	133	113
2006	112	143	68	162	68	290	32	3	55	3	204	122	105
2007	229	73	76	129	249	214	80	38	129	46	118	400	148
2008	214	94	389	228	130	123	253	147	66	188	206	251	191
2009	148	147	169	137	228	101	45	10	29	34	142	55	104
2010	100	45	38	153	378	263	172	277	302	250	84	250	193
2011	60	322	302	110	113	204	27	6	44	180	91	184	137
Rata-rata	123	120	161	163	192	149	105	60	83	120	119	190	132

Tabel 4.4 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Tapa

Tahun	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	
2003	224	225	421	144	202	101	0	0	0	78	194	286	156
2004	264	94	98	417	188	26	174	62	86	141	276	228	171
2005	135	125	110	142	169	145	155	46	46	262	236	0	131
2006	139	48	57	146	90	260	15	0	3	28	78	146	84
2007	98	139	110	63	33	73	135	52	92	0	37	310	95
2008	155	59	542	129	32	108	219	106	114	207	197	164	169
2009	113	65	181	233	88	29	43	9	0	29	163	71	85
2010	103	70	97	125	266	145	389	268	177	204	208	312	197
2011	271	299	319	203	110	92	39	4	56	119	105	224	153
Rata-rata	167	125	215	178	131	109	130	61	64	119	166	193	138

Tabel 4.5 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Tilongkabila

Tahun	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	
2003	138	201	197	247	202	82	0	46	67	33	63	348	135
2004	276	98	161	148	233	30	167	0	0	87	114	124	120
2005	50	61	332	170	221	156	51	0	5	76	145	98	114
2006	227	140	111	255	215	252	22	11	100	15	70	153	131
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	106	76	332	142	49	163	127	108	158	354	125	106	154
2009	167	91	97	240	183	16	19	3	0	14	147	83	88
2010	163	144	52	102	254	171	390	334	227	207	86	223	196
2011	0	0	0	0	59	67	48	8	43	0	0	0	19
Rata-rata	125	90	142	145	157	104	92	57	67	87	83	126	106

Tabel 4.6 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2003-2011 Stasiun Suwawa

Tahun	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	
2003	134	136	155	42	123	10	75	19	65	15	0	0	65
2004	177	63	151	67	22	636	90	0	0	104	0	0	109
2005	26	74	93	33	82	81	50	3	0	0	0	0	37
2006	88	33	87	63	59	68	0	9	44	0	108	102	55
2007	83	126	68	62	36	159	57	65	46	32	81	250	89
2008	67	106	481	313	139	128	410	165	257	362	191	128	229
2009	189	168	108	350	185	16	14	7	16	19	119	96	107
2010	195	104	12	103	418	284	336	346	383	277	157	277	241
2011	201	171	280	289	104	141	55	2	162	142	94	202	154
Rata-rata	129	109	159	147	130	169	121	68	108	106	83	117	121

Tabel 4.7 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan di 4 (empat) Stasiun Pengamatan Kota Gorontalo Tahun 2003-2011

Nama Stasiun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Jalaluddin	123	120	161	163	192	149	105	60	83	120	119	190
Tapa	167	125	215	178	131	109	130	61	64	119	166	193
Tilongkabila	125	90	142	145	157	104	92	57	67	87	83	126
Suwawa	129	109	159	147	130	169	121	68.4	108.1	106	83	117
Rata2	136.08	111.1	169.58	158.14	152.46	132.75	111.92	61.58	80.36	107.9	112.97	156.58

Contoh perhitungan curah hujan dengan Metode Poligon Thiesen :

- Untuk curah hujan bulanan

$$CH_{Jan} = \left(\frac{0,9558}{62,9758} \times 123 \right) + \left(\frac{53,52}{62,9758} \times 167 \right) + \left(\frac{1,439}{62,9758} \times 125 \right) + \left(\frac{7,061}{62,9758} \times 129 \right)$$

$$CH_{Jan} = 161.0 \int \text{mm/bulan}$$

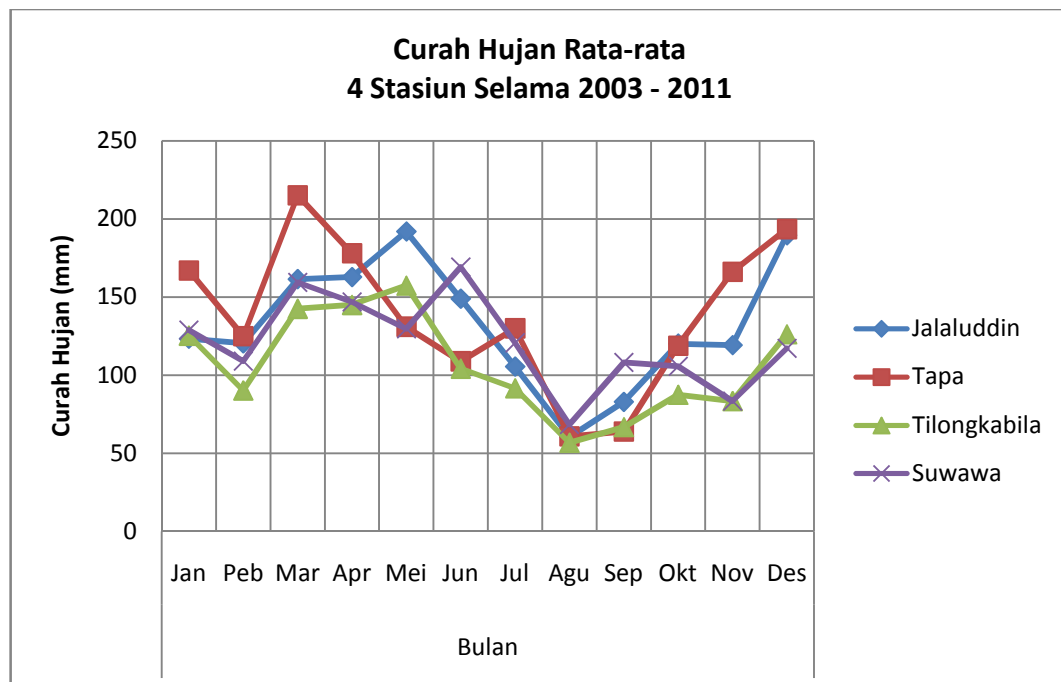
Tabel 4.8 Hasil perhitungan curah hujan bulanan Kota Gorontalo dengan menggunakan Metode Poligon Thiesen

Stasiun CH	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
Djalaludin	1.9	120.3	2.5	2.5	2.9	2.3	1.6	0.9	1.3	1.8	1.8	2.9
Tapa	141.8	124.9	182.7	151.3	111.2	92.4	110.4	51.7	54.2	100.8	141.1	164.4
Tilangkabila	2.9	90.1	3.3	3.3	3.6	2.4	2.1	1.3	1.5	2.0	1.9	2.9
Suwawa	14.5	109.0	17.9	16.5	14.6	19.0	13.5	7.7	12.1	11.8	9.3	13.1
CH Bln Kota Gorontalo	161.0	444.3	206.3	173.5	132.3	116.1	127.6	61.5	69.1	116.5	154.1	183.3

- Untuk curah hujan tahunan

$$CH = \left(\frac{0,9558}{62,9758} \times 1586 \right) + \left(\frac{53,52}{62,9758} \times 1657 \right) + \left(\frac{1,439}{62,9758} \times 1276 \right) + \left(\frac{7,061}{62,9758} \times 1447 \right)$$

$$CH = 1461.5 \text{ mm / tahun}$$



Gambar 4.3 Grafik sebaran curah hujan bulanan di Kota Gorontalo

Curah hujan tertinggi berdasarkan grafik sebaran curah hujan bulanan di Kota Gorontalo selama 9 tahun terjadi pada bulan november hingga januari. Penurunan curah hujan terjadi pada bulan februari dan meningkat lagi pada bulan maret kemudian terjadi stagnasi hingga juli.

- **Penentuan besaran hujan yang jatuh di Kota Gorontalo**

Untuk menentukan besar hujan yang jatuh di wilayah Kota Gorontalo digunakan metode rerata tertimbang (*weighted mean*), dengan persamaan :

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Keterangan :

$\bar{X}_w$: rata-rata timbang

W_i : bobot data ke i

X_i : data ke i

n : jumlah data

Tabel 4.9 Faktor Pembobot Perhitungan Curah Hujan Kota Gorontalo

No.	Stasiun	Luas		Bobot (Wi)
		km2	%	
1	Jalaluddin	0.9558	1.52	0.015177
2	Tapa	53.52	84.99	0.84985
3	Tilongkabila	1.439	2.29	0.02285
4	Suwawa	7.061	11.21	0.112122
J u m l a h		62.9758	100	1

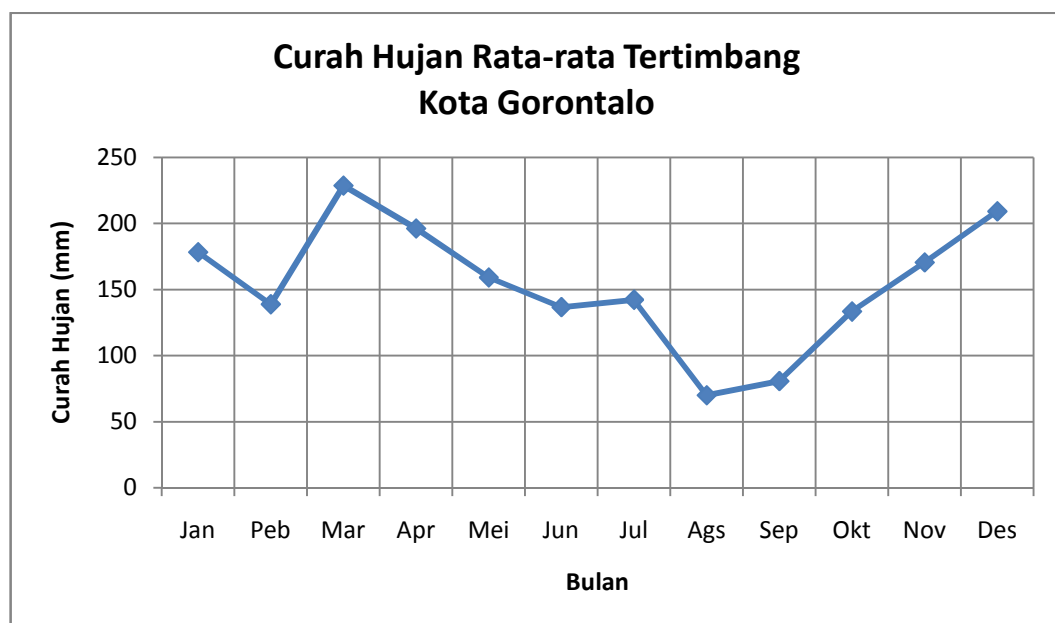
Tabel 4.10 Curah hujan rata-rata timbang Kota Gorontalo tahun 2003-2011

Bulan	Stasiun								ΣWi .Xi	X _w mm/bln
	Jalaluddin		Tapa		Tilongkabila		Suwawa			
	(Xi)	Wi . Xi	(Xi)	Wi . Xi	(Xi)	Wi . Xi	(Xi)	Wi . Xi		
Jan	123.0	18.5	167.0	142	125.0	3.75	129.0	14.2	178	178.34
Peb	120.0	18	125.0	106.3	90.0	2.7	109.0	12	139	138.94
Mar	161.0	24.2	215.0	182.8	142.0	4.26	159.0	17.5	229	228.65
Apr	163.0	24.5	178.0	151.3	145.0	4.35	147.0	16.2	196	196.27
Mei	192.0	28.8	131.0	111.4	157.0	4.71	130.0	14.3	159	159.16
Jun	149.0	22.4	109.0	92.65	104.0	3.12	169.0	18.6	137	136.71
Jul	105.0	15.8	130.0	110.5	92.0	2.76	121.0	13.3	142	142.32
Ags	60.0	9	61.0	51.85	57.0	1.71	68.4	7.52	70.1	70.084
Sep	83.0	12.5	64.0	54.4	67.0	2.01	108.1	11.9	80.8	80.751
Okt	120.0	18	119.0	101.2	87.0	2.61	106.0	11.7	133	133.42
Nov	119.0	17.9	166.0	141.1	83.0	2.49	83.0	9.13	171	170.57
Des	190.0	28.5	193.0	164.1	126.0	3.78	117.0	12.9	209	209.2
Jumlah	1585.0		1658.0		1275.0		1446.5			1844.4

Untuk Curah Hujan Tertimbang Tahunan :

$$CH = \frac{(0,15 \times 1585) + (0,85 \times 1658) + (0,03 \times 1275) + (0,11 \times 1446.5)}{(0,15 + 0,85 + 0,03 + 0,11)}$$

$$CH = 1.844 \text{ mm / tahun}$$



Gambar 4.4 Grafik curah hujan rata-rata tertimbang bulanan di wilayah KotaGorontalo periode tahun 2003 – 2011

Faktor pembobot (W_i) yang digunakan untuk menghitung rerata tertimbang curah hujan di Kota Gorontalo adalah luas poligon Thiessen dari setiap daerah pengaruh dari keempat stasiun curah hujan tersebut.

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata bulanan wilayah Kota Gorontalo menunjukkan rata-rata bulanan berkisar antara 57 – 215 mm/bulan dan curah hujan rata-rata tahunan adalah 1.844 mm/tahun.

Berdasarkan grafik curah hujan di atas di jumpai adanya kesamaan pola curah hujan yang terjadi di wilayah Kota Gorontalo dengan pola curah hujan di Indonesia yaitu kurvanya berbentuk “V”. Curah hujan maksimum yang terjadi di wilayah Kota Gorontalo terjadi pada bulan Desember dan Maret atau pada awal dan akhir musim penghujan. Besarnya curah hujan puncak rata-rata bulanan berkisar antara 209.2 – 228.65 mm. Perlahan berkurang hingga memasuki puncak musim kemarau pada bulan Agustus - September dengan besaran curah hujan sekitar 70.08 – 80.75 mm.

- **Penentuan tipe iklim menurut Schmidt dan Ferguson**

Penentuan tipe iklim dilakukan dengan menggunakan metode Schmidt dan Ferguson. Tipe iklim ini didasarkan pada hubungan curah hujan rata-rata bulan kering dengan rata-rata bulan basah tahunan. Schmidt dan Ferguson mendasarkan pada nilai rasio Q yang ditentukan melalui persamaan :

$$Q = \frac{\text{Jumlah rata-rata bulan kering}}{\text{Jumlah rata-rata bulan basah}} \times 100$$

Cara menentukan bulan basah dan bulan kering mengacu pada aturan *Mohr*, sebagai berikut :

- Bulan kering (BK) adalah bulan dengan curah hujan < 60 mm
- Bulan lembab (BL) adalah bulan dengan curah hujan $60 - 100$ mm
- Bulan basah (BB) adalah bulan dengan curah hujan > 100 mm

Bulan lembab (BL) tidak dimasukkan dalam perhitungan pada klasifikasi ini. Total bulan kering (BK) dibagi dengan jumlah data yang dipergunakan dalam analisis, begitu pula untuk bulan basah (BB). Data curah hujan bulanan Kota Gorontalo dipakai dalam menentukan jenis iklim yang ada di kota ini kemudian di lihat dalam table Q atau diagram segitiga menurut Schmidt dan Ferguson. Penggolongan iklim di Kota Gorontalo dilakukan berdasarkan stasiun pengamatan curah hujan.

- Tipe iklim (Q) stasiun Jalaluddin selama 2003 – 2011

Berdasarkan data curah hujan bulanan selama 9 tahun di stasiun curah hujan Djalaluddin memiliki 62 bulan basah (BB) dan 26 bulan kering (BK) nilai Q yang di hasilkan adalah 0,419 termasuk ke dalam tipe iklim C atau iklim Agak Basah (nilai Q menurut Schmidt dan Ferguson untuk tipe C yaitu $0,333 \leq Q < 0,600$) dengan vegetasi hutan dengan tumbuhan yang dapat menggugurkan daunnya pada musim kemarau.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Jalaluddin

Tahun	Curah Hujan (mm)												Jml	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	BK	BB
2003	89	56	215	266	192	11	64	46	65	35	82	234	4	4
2004	128	100	79	175	138	50	66	0	36	122	61	77	3	5
2005	30	103	117	105	231	84	210	17	20	223	85	133	3	7
2006	112	143	68	162	68	290	32	3	55	3	204	122	4	6
2007	229	73	76	129	249	214	80	38	129	46	118	400	2	7
2008	214	94	389	228	130	123	253	147	66	188	206	251	0	10
2009	148	147	169	137	228	101	45	10	29	34	142	55	5	7
2010	100	45	38	153	378	263	172	277	302	250	84	250	2	9
2011	60	322	302	110	113	204	27	6	44	180	91	184	3	7
kriteria pembagian tipe iklim berdasarkanSchmidth-Fergusson adalah Tipe C(Agak Basah) dengan zona agroklimatnya berupa hutan dengan jenis tanaman yang mampu menggugurkan daunnya pada musim kemarau													26	62
													0.419	

- Tipe iklim (Q) stasiun Tapa selama 2003 – 2011

Berdasarkan data curah hujan bulanan selama 9 tahun di stasiun curah hujan Tapa memiliki 64 bulan basah (BB) dan 27 bulan kering (BK) nilai Q yang di hasilkan adalah 0.42 termasuk ke dalam tipe iklim C atau iklim Agak Basah (nilai Q menurut Schmidt dan Ferguson untuk tipe C yaitu $0,333 \leq Q < 0,600$) dengan vegetasi hutan dengan tumbuhan yang dapat menggugurkan daunnya pada musim kemarau.

Tabel 4.12 Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Tapa

Tahun	Curah Hujan (mm)												Jml	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	BK	BB
2003	224	225	421	144	202	101	0	0	0	78	194	286	3	8
2004	264	94	98	417	188	26	174	62	86	141	276	228	1	7
2005	135	125	110	142	169	145	155	46	46	262	236	0	3	9
2006	139	48	57	146	90	260	15	0	3	28	78	146	6	4
2007	98	139	110	63	33	73	135	52	92	0	37	310	4	4
2008	155	59	542	129	32	108	219	106	114	207	197	164	2	10
2009	113	65	181	233	88	29	43	9	0	29	163	71	5	4
2010	103	70	97	125	266	145	389	268	177	204	208	312	0	10
2011	271	299	319	203	110	92	39	4	56	119	105	224	3	8
kriteria pembagian tipe iklim berdasarkanSchmidth-Fergusson adalah Tipe C(Agak Basah) dengan zona agroklimatnya berupa hutan dengan jenis tanaman yang mampu menggugurkan daunnya pada musim kemarau													27	64
													0.42	

- Tipe iklim (Q) stasiun Tilongkabilas selama 2003 – 2011

Berdasarkan data curah hujan bulanan selama 9 tahun di stasiun curah hujan Tilongkabila memiliki 50 bulan basah (BB) dan 43 bulan kering (BK) nilai Q yang di hasilkan adalah 0,86 termasuk ke dalam tipe iklim D atau iklim Sedang (nilai Q menurut Schmidt dan Ferguson untuk tipe D yaitu $0,600 \leq Q < 1,000$) dengan vegetasi hutan musiman.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Tilongkabila

Tahun	Curah Hujan (mm)												Jml	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	BK	BB
2003	138	201	197	247	202	82	0	46	67	33	63	348	3	6
2004	276	98	161	148	233	30	167	0	0	87	114	124	3	7
2005	50	61	332	170	221	156	51	0	5	76	145	98	4	5
2006	227	140	111	255	215	252	22	11	100	15	70	153	3	8
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
2008	106	76	332	142	49	163	127	108	158	354	125	106	1	10
2009	167	91	97	240	183	16	19	3	0	14	147	83	5	4
2010	163	144	52	102	254	171	390	334	227	207	86	223	1	10
2011	0	0	0	0	59	67	48	8	43	0	0	0	11	0
kriteria pembagian tipe iklim berdasarkanSchmidth-Fergusson adalah Tipe D(sedang) dengan zona agroklimatnya berupa hutan musim													43	50
													0.86	

▪ Tipe iklim (Q) stasiun Suwawaselama 2003 – 2011

Berdasarkan data curah hujan bulanan selama 9 tahun di stasiun curah hujan Suwawa memiliki 50 bulan basah (BB) dan 37 bulan kering (BK) nilai Q yang di hasilkan adalah 0,74 termasuk ke dalam tipe iklim D atau iklim Sedang (nilai Q menurut Schmidt dan Ferguson untuk tipe D yaitu $0,600 \leq Q < 1,000$) dengan vegetasi vegetasi hutan musiman.

Tabel 4.14 Hasil perhitungan tipe iklim Schmidt & Ferguson di stasiun Suwawa

Tahun	Curah Hujan (mm)												Jml	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	BK	BB
2003	134	136	155	42	123	10	75	19	65	15	0	0	6	4
2004	177	63	151	67	22	636	90	0	0	104	0	0	5	4
2005	26	74	93	33	82	81	50	3	0	0	0	0	8	0
2006	88	33	87	63	59	68	0	9	44	0	108	102	6	2
2007	83	126	68	62	36	159	57	65	46	32	81	250	4	3
2008	67	106	481	313	139	128	410	165	257	362	191	128	0	11
2009	189	168	108	350	185	16	14	7	16	19	119	96	5	6
2010	195	104	12	103	418	284	336	346	383	277	157	277	1	11
2011	201	171	280	289	104	141	55	2	162	142	94	202	2	9
kriteria pembagian tipe iklim berdasarkanSchmidth-Fergusson adalah Tipe D(sedang) dengan zona agroklimatnya berupa hutan musim													37	50
													0.74	

5. Geologi

Data geologi daerah penelitian merupakan hasil kompilasi antara data yang langsung di ambil di lapangan dan data sekunder. Data hasil pengukuran di lapangan seperti jenis batuan, kedudukan batuan, hubungan batuan di lapangan dan indikasi struktur geologi yang ada di catat dan dituangkan dalam peta geologi.

Kesebandingan dilakukan terhadap peta geologi regional Lembar Kotamobagu skala 1:250.000 (Apandi, T. dan Bachri, S., 1997). Berdasarkan hal tersebut stratigrafi daerah penelitian di urutkan dari tua

ke muda adalah satuan granit, satuan breksi vulkanik, satuan batugamping dan endapan aluvial.

a. Satuan Granit

Satuan ini menempati sekitar 20 % dari luas daerah penelitian. Umumnya tersingkap dengan baik di daerah Tenda, Siendeng dan di daerah Botu di bagian tenggara daerah penelitian. Satuan granit pada umumnya berwarna abu-abu terang, warna batuan pada saat lapuk coklat hingga kehitaman, struktur batuan kompak dan dijumpai kekar, tekstur porfiritik, bentuk kristal euhedral sampai subhedral, kandungan mineral utama ortoklas, plagioklas, piroksen, hornblende, biotit dan kuarsa.



Foto 4.5 Singkapan granit di daerah Leato yang memiliki kekar dan berwarna kehitaman pada saat lapuk

Di beberapa tempat singkapan menunjukkan kondisi pelapukan yang sangat tinggi, ditandai dengan tebal tanah mencapai 0,5 – 1 meter. Selain itu proses pelapukan berupa pengelupasan juga sangat intensif.

Dijumpai mineralisasi sulfida berupa pirit dan chalcopyrit di beberapa lokasi. Satuan ini menerobos satuan yang lebih muda di atasnya. Berdasarkan hasil kesebandingan dengan Peta Geologi Regional Lembar Kotamobagu (Apandi, T. dan Bachri, S., 1997) umur satuan batuan ini adalah Miosen Akhir.



Foto 4.6 Kenampakan granit berwarna terang dengan komposisi mineral plagioklas, ortoklas, kuarsa dan biotit

b. Satuan Breksi Vulkanik

Satuan breksi ini menempati sekitar 15 % dari luas seluruh daerah penelitian. Satuan ini tersingkap baik di daerah Talumolo, terutama di

sepanjang jalan di bagian tenggara daerah penelitian serta di daerah Pohe pada bagian barat daya. Singkapan breksi menunjukkan warna coklat keabu-abuan, struktur berlapis, fragmen berupa andesit, diorit, granit dan dasit, dengan ukuran butir kerikil sampai boulder dan tersemenkan oleh mineral silika.



Foto 4.7 Kenampakan singkapan batuan vulkanik di daerah Botu dengan warna kecoklatan yang telah mengalami pengkekaratan

Dibeberapa lokasi satuan ini mengalami pelapukan yang sangat kuat. Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Kotamobagu (Apandi, T. dan Bachri, S., 1997) satuan breksi ini berumur Pliosen - Plistosen. Hubungan stratigrafi dengan satuan yang ada di atasnya yaitu hubungan ketidakselarasan yang dicirikan oleh bidang ketidakselarasan menyudut

(*angular unconformity*) yang dijumpai dibelakang Komplek Perkantoran di daerah Botu.



Foto 4.8 Kenampakan singkapan tefra yang merupakan hasil aktivitas vulkanik di daerah Leato yang belum terkompaksi

c. Satuan Batugamping Koral

Satuan batugamping ini menempati sekitar 10 % dari luas seluruh daerah penelitian. Satuan ini tersingkap baik di sepanjang jalan khususnya di daerah pantai, daerah Tenilo dan sekitarnya dan pada daerah huidu bilate. Satuan ini terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping klastik dengan arah penyebaran relatif barat laut – tenggara.



Foto 4.9 Kenampakan singkapan batugamping yang dimanfaatkan penduduk setempat sebagai bahan bangunan



Foto 4.10 Kenampakan batugamping koral dengan warna terang dan kecoklatan hingga kehitaman jika lapuk

Batugamping terumbu mempunyai warna segar putih keabu-abuan dan kuning kecoklatan apabila lapuk, struktur berlapis, ukuran butir pasir dengan kandungan mineral karbonat dan memperlihatkan fragmen-fragmen fosil moluska dan terumbu (*coral*) dan di beberapa tempat terutama disepanjang pantai dijumpai undak-undak.

d. Endapan Aluvial

Endapan aluvial mempunyai penyebaran yang paling luas pada daerah penelitian, yaitu hampir meliputi 55% dari luas wilayah Kota Gorontalo, yang dijumpai di bagian tengah sampai dengan utara. Selain itu juga dijumpai di sekitar pantai di sepanjang Teluk Gorontalo di daerah Leato. Umumnya disusun oleh material hasil pengendapan sungai dan danau, serta hasil proses abrasi pantai.



Foto 4.11 Kenampakan endapan alluvial di Sungai Bone dengan penghamparan yang luas



Foto 4.12 Kenampakan aktivitas masyarakat sekitar sungai dalam memanfaatkan material alluvial sungai sebagai bahan bangunan

Berdasarkan atas pengamatan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dari hasil pengamatan di lapangan dan hasil analisis kesebandingan dengan Peta Geologi Regional Lembar Kotamobagu skala 1:250.000 (Apandi, T. dan Bachri, S., 1997), maka struktur geologi terdiri dari sesar dan kekar.

Struktur sesar yang dijumpai pada bagian selatan daerah penelitian berupa sesar geser yang melewati satuan breksi dengan arah pergerakan barat laut – tenggara. Sesar ini dicirikan oleh bidang sesar pada dinding bukit dan pola kontur pada peta topografi sedangkan struktur kekar dijumpai pada satuan granit yang merupakan jenis kekar gerus.

4.5 peta geologi gorontalo

6. Jenis Tanah

Penentuan jenis tanah daerah penelitian didasarkan atas nilai permeabilitas hasil uji laboratorium yang diperoleh dari data sekunder dan diperbandingkan dengan nilai permeabilitas di literatur untuk jenis-jenis tanah (Hardiyatmo, H. C., 1994) serta kesebandingan dengan peta geologi lingkungan Kota Gorontalo (DESDM, 2005). Berdasarkan hal tersebut diperoleh nilai permeabilitas (k) bervariasi antara $3,0 \times 10^{-07}$ cm/det hingga $2,54 \times 10^{-06}$ cm/det. Jenis tanah yang ada adalah lempung dan ditampilkan dalam bentuk peta jenis tanah Kota Gorontalo.

Tabel 4.15 Harga-harga permeabilitas (k) untuk jenis-jenis tanah (Hardiyatmo, H. C., 1994)

Jenis Tanah	Koef. Permeabilitas (cm/det)
Kerikil Basah	1,0
Pasir Kasar	$1,0 \times 10^{-2}$
Pasir Lempung – Lanau	$10^{-2} - 5 \times 10^{-2}$
Pasir Halus	$2 \times 10^{-2} - 10^{-3}$
Pasir Lanau	$2 \times 10^{-3} - 10^{-4}$
Lanau	$5 \times 10^{-4} - 10^{-5}$
Lempung	$10^{-6} - 10^{-9}$

7. Muka air tanah

Berdasarkan data hasil pengukuran lapangan kedalaman muka airtanah di Kota Gorontalo bervariasi antara 100 cm - 255 cm dari permukaan tanah. Data tersebut diperoleh secara langsung dengan mengukur kedalaman sumur-sumur gali penduduk.

Tabel 4.16 Kedalaman Muka Air Tanah (M.A.T) Kota Gorontalo berdasarkan pengukuran lapangan

No	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kedalaman M.A.T (Cm)
1	Botu	Ombulo Raya	160
2	Ipilo	Kota Timur	225
3	Tenda	Hulontalangi	185
4	Tapa	Sipatana	100
5	Paguyaman	Kota Tengah	120
6	Huangobotu	Dungingi	165
7	Limba U2	Kota Selatan	105
8	Dulomo	Kota Utara	255
9	Buladu	Kota Barat	190



Foto 4.13 Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Ipilo Kecamatan Kota Timur dengan kedalaman 225 cm



Foto 4.14 Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Huangobotu Kecamatan Dungi dengan kedalaman 165 cm



Foto 4.15 Kenampakan sumur yang ada di Kelurahan Paguyaman Kecamatan Kota Tengah dengan kedalaman 120 cm

Berdasarkan data tersebut, kedudukan muka airtanah Kota Gorontalo termasuk dalam kategori dangkal. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap kejadian banjir yang terjadi di Kota ini. Pada musim hujan khususnya pada daerah pedataran landai serta berada di dekat sungai seperti Kecamatan Kota Barat, Kota Selatan, Ombulo Raya, Kota Timur dan Hulontalo sangat berpotensi untuk terjadinya banjir.

8. Penggunaan lahan

Tataguna lahan di Kota Gorontalo sangat dipengaruhi oleh fisiografi kota ini. Umumnya pemukiman, perkantoran, dan persawahan menempati daerah-daerah yang landai. Wilayah-wilayah perkebunan dan pertambangan batu umumnya di daerah-daerah perbukitan. Wilayah bantaran sungai dimanfaatkan sebagai daerah pemukiman dan pertambangan pasir sungai.

Tabel 4.17 Luas total sebaran penggunaan lahan di Kota Gorontalo

Penggunaan Lahan	Luas total penggunaan lahan	
	Ha	%
Hutan	1,820	29.06
Ladang/Kebun	735	11.74
Sawah	1,465	23.39
Pemukiman	2,222	35.47
Perkantoran	8	0.12
Pertambangan	13	0.21
Jumlah	6,264.18	100

4.6 Gambar peta penggunaan lahan

Berdasarkan table 4.17, penggunaan lahan yang paling luas di Kota Gorontalo adalah pemukiman seluas 2.222 Ha (35,47 %), areal hutan menempati wilayah seluas 1.820 Ha (29,06 %), persawahan seluas 1.465 Ha (23,39%), ladang/kebun seluas 735 Ha (11,74 %), pertambangan seluas 13 Ha (0,21 %) dan yang terkecil adalah penggunaan lahan untuk perkantoran seluas 8 Ha (0,12 %).

Seiring dengan pesatnya kemajuan Kota Gorontalo di berbagai sector mendorong beberapa pengalih fungsian lahan. Pada umumnya wilayah yang biasanya dialihfungsikan adalah areal persawahan menjadi pemukiman dan perkantoran, kawasan hutan menjadi areal penambangan. Hal ini sangat sulit untuk di hindari sebab Kota Gorontalo merupakan lembah yang dikelilingi oleh pegunungan.

B. Pembahasan

1. Analisis spasial parameter rawan banjir

Setelah data parameter yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan banjir dianalisa seperti yang telah diuraikan dalam data. Selanjutnya data-data tersebut dianalisis lebih lanjut untuk menghasilkan informasi mengenai tingkat kekritisian lahan terhadap banjir. Analisis yang dilakukan adalah dengan menumpangsusunkan (overlay) beberapa data yang menjadi parameter yang sangat berpengaruh terhadap tingkat kerawanan banjir di daerah penelitian.

Parameter yang dianggap sangat berpengaruh dalam analisis adalah kemiringan lereng, geomorfologi, muka air tanah dan tata penggunaan lahan. Hal ini disebabkan karena parameter - parameter tersebut menghasilkan lebih dari satu jenis unit pemetaan baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengelompokan atau klasifikasi kekritisan lahan terhadap banjir. Sedangkan data curah hujan di pakai untuk menentukan kapan curah hujan tinggi dan kapan rendah.

Berdasarkan atas analisis spasial keempat parameter tersebut di atas dan mempertimbangkan pengaruhnya terhadap tingkat kerawanan banjir, maka dihasilkan klasifikasi atau pengelompokan tingkat kekritisan lahan serta visualisasi dalam bentuk peta tematik yang akan menggambarkan zonasi daerah rawan banjir di Kota Gorontalo.

Tabel 4.18 Benerapa Parameter dalam analisis tingkat kekritisan lahan terhadap banjir

Parameter Kerawanan Banjir				Tingkat Kekritisan Lahan Terhadap Banjir
Kemiringan Lereng	Geomorfologi	Muka Air Tanah (m)	Penggunaan Lahan	
0 – 2°	Satuan Pedataran	1,1 - 2,0	Pemukiman, Sawah	Kritis
		2,1 - 3,0	Pemukiman, Sawah	Potensial Kritis
		3,1 - 4,0	Pemukiman, Sawah	
2 – 8°	Satuan Perbukitan Bergelombang	-	Pertambangan, Ladang, Hutan	Tidak Kritis
8 – 16°	Satuan Perbukitan Tersayat Tajam	-	Perkantoran, Ladang, Hutan	

2. Sebaran zona rawan banjir

Analisis terhadap zona rawan banjir didasarkan atas klasifikasi tingkat kekritisan lahan terhadap banjir seperti table di atas. Sehingga pembagian sebaran zona rawan banjir di daerah penelitian terdiri dari :

a. *Zona rawan tinggi*

Zona tinggi adalah wilayah yang termasuk kategori kritis terhadap kerawanan banjir, hal ini disebabkan oleh kemiringan lereng landai antara $0 - 2^{\circ}$, relief datar – hampir datar membentuk satuan bentuk lahan pedataran.

Di dalam pedoman pemanfaatan ruang kawasan banjir (Dirjen Penataan Ruang, 2003), faktor kondisi alam dalam hal ini topografi suatu wilayah dengan bentuk daerah pedataran atau cekungan merupakan salah satu karakteristik wilayah yang rawan banjir atau genangan.

Menurut Pratomo, A.J. (2008), kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil.

Selanjutnya faktor yang juga menyebabkan wilayah ini termasuk kategori kritis adalah proses infiltrasi yang berjalan lambat. Hal ini

disebabkan kedalaman muka air tanah yang lebih dangkal berkisar antara 100 – 225 cm, satuan batuan yang menyusun daerah ini adalah aluvial dengan jenis tanah lempung. Tanah lempung adalah jenis tanah yang cepat jenuh dalam kondisi basah dan memiliki pori-pori yang rapat. Jika hujan yang turun cukup deras akan mengakibatkan proses infiltrasi berjalan lambat sehingga akan menimbulkan genangan air di permukaan.

Curah hujan yang sangat berpengaruh di daerah ini berdasarkan hasil pengolahan data curah hujan adalah stasiun curah hujan Tapa yang terletak di Kabupaten Bone Bolango. Tercatat di daerah ini merupakan curah hujan tertinggi yaitu 138 mm/tahun. Puncak hujan terjadi pada bulan november hingga april walaupun terjadi penurunan intensitas di bulan februari.

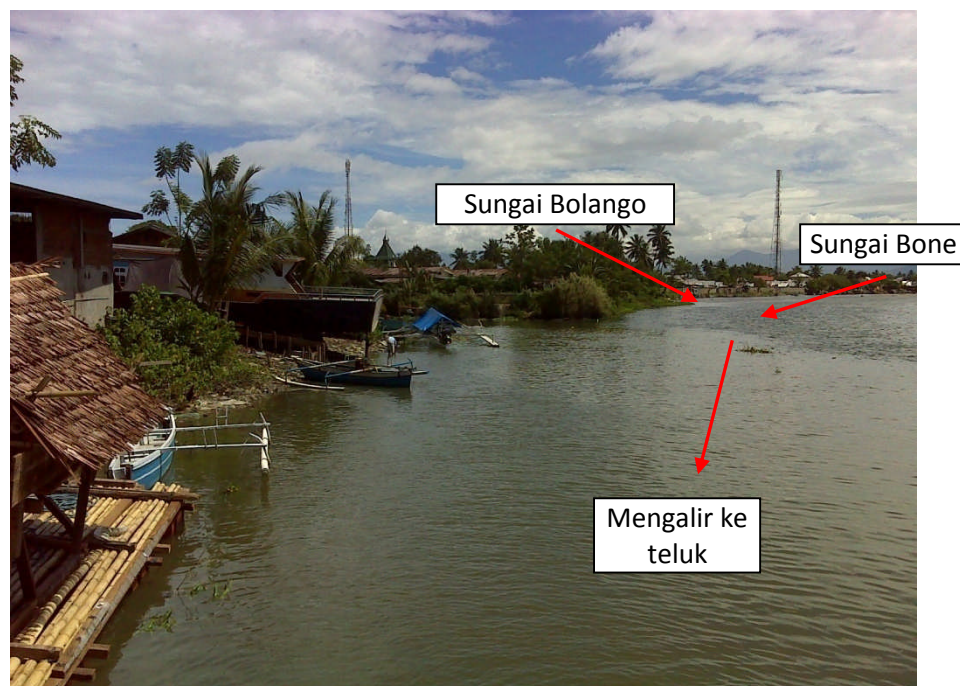


Foto 4.16 Pertemuan dua sungai yaitu Sungai Bolango dan Sungai Bone dan mengalir ke Teluk Gorontalo

Jenis banjir pada wilayah ini disebabkan oleh luapan Sungai Bone dan Sungai Bolango akibat curah hujan yang tinggi. Hal ini menjadi salah satu karakteristik banjir di wilayah zona tinggi. Berdasarkan pola aliran sungai di daerah ini dekat dengan pertemuan dua buah sungai (Sungai Bone – Sungai Bulango) yang akan mengalir ke Teluk Gorontalo. Sehingga jika terjadi luapan air sungai akibat faktor tersebut akan menyebabkan terjadinya banjir/genangan. Selain faktor tersebut, buruknya drainase kota juga menjadi penyebab banjir di daerah ini. Salah satu upaya pemerintah untuk mengurangi dampak banjir di daerah aliran Sungai Bone adalah dengan membangun tanggul.



Foto 4.17 Salah satu upaya pemerintah dalam menanggulangi banjir adalah dengan membangun tanggul di daerah Kampung Bugis

Daerah-daerah yang menjadi zona rawan tinggi adalah sepanjang aliran sungai Bolango dan Sungai Bone seperti bagian selatan Kecamatan Kota Timur yaitu daerah Padebuolo, Kampung Bugis, Ipilo dan Heledulaa Selatan. Kecamatan Kota Selatan yaitu di daerah Biawu, Tenda dan Dunggala. Di sebelah utara Kecamatan Kota Barat yaitu di daerah Tenilo, Buliide, Pilolodaa, Lekobalo dan Buladu. Kecamatan Hulondalagi yaitu di daerah Siendeng. Kecamatan Ombulo Raya yaitu di daerah Botu khususnya di sepanjang aliran Sungai Bone dan daerah Talumolo. Sedangkan, di Kecamatan Duingi diperkirakan terjadi di daerah Tulatengi dan sebagian Huangobotu. Banjir diperkirakan terjadi pada bulan Desember – Januari dimana pada bulan tersebut curah hujan yang tercatat sangat tinggi.

b. Zona rawan rendah

Zona rawan banjir sedang adalah wilayah yang termasuk potensial kritis terhadap banjir dan merupakan wilayah yang relatif rendah tingkat kerawannya. Meskipun daerah ini terletak di kemiringan lereng $0 - 2^\circ$, relief datar – hampir datar, menempati satuan bentuk lahan pedataran dengan satuan batuanannya adalah aluvial dengan jenis tanahnya lempung. Kedalaman muka air tanah di daerah ini relative sama dengan di tempat lain, tetapi daerah ini jauh dari aliran sungai.

Jenis banjir pada daerah ini umumnya bersifat genangan sementara akibat curah hujan yang tinggi dan drainase yang buruk. Selain itu, jenis tanah di daerah ini adalah lempung sehingga tanah akan cepat jenuh jika

curah hujan tinggi akibatnya proses infiltrasi akan berjalan lambat hingga akhirnya menimbulkan genangan air di permukaan. Genangan tersebut akan mengalir ke tempat yang lebih rendah yaitu di sekitar bantaran sungai. Daerah-daerah yang termasuk di wilayah ini adalah Kecamatan Sipatanan, Kecamatan Kota Utara dan Kota Tengah.

c. *Zona tidak rawan*

Zona tidak rawan banjir dapat dikatakan sebagai daerah yang paling aman terhadap kemungkinan terlanda banjir. Hal ini disebabkan memiliki bentuk lahan perbukitan dengan kemiringan lereng $2 - 16^{\circ}$. Kemiringan lereng yang curam menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat dan tidak akan menggenangi daerah ini, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Selain itu, daerah ini disusun oleh satuan batuan breksi vulkanik, granit dan batugamping yang memiliki lapisan tanah yang tebal. Sehingga jika terjadi hujan sebagian akan terinfiltrasi ke dalam tanah selebihnya di alirkan sebagai aliran permukaan ke tempat yang lebih rendah.

Daerah ini merupakan daerah penyuplai air limpasan sehingga sangat cocok di jadikan sebagai kawasan lindung untuk dijadikan sebagai daerah resapan. Dari hasil analisis penggunaan lahan di beberapa tempat telah terjadi alih fungsi lahan menjadi kawasan pertambangan batu dan kebun jagung dan kelapa. Hal ini dapat mempercepat erosi permukaan sebab jenis tanaman ini sangat sulit untuk mengikat air.



Foto 4.18 Alih fungsi lahan oleh masyarakat yang dulunya hutan menjadi areal pertambangan batu



Foto 4.19 Alih fungsi lahan oleh masyarakat menjadi kebun dan areal pertambangan seperti yang ditunjukkan anak panah

Wilayah-wilayah yang termasuk daerah ini adalah sebelah selatan Kota Gorontalo yaitu Kecamatan Omnulo Raya, Kecamatan Hulondalangi dan Kecamatan Kota Barat. Untuk mengurangi air limpasan pada musim hujan sebaiknya pemerintah memperhatikan daerah ini untuk dikembalikan fungsinya.

4.7 Peta zonasi banjir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah :

1. Kota Gorontalo merupakan salah satu kota di Indonesia yang rawan terjadi banjir, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi berkisar antara 106 – 138 mm/tahun, bentuk bentang alamnya yang dominan pedataran, jenis tanah dengan permeabilitas rendah, muka air tanah dangkal berkisar antara 1 – 2,25 meter dan tata guna lahan yang kurang baik dimana dimana wilayah hutan dijadikan areal pertambangan rakyat dan perkebunan tanaman semusim.
2. Daerah yang berpotensi rawan tinggi terjadi banjir adalah Kecamatan Kota Timur (Padebuolo, Kampung Bugis, Ipilo dan Heledulaa Selatan), Kecamatan Kota Selatan (Biawu, Tenda dan Dunggala), Kecamatan Kota Barat (Tenilo, Buliide, Pilolodaa, Lekobalo dan Buladu), Kecamatan Hulondalagi (Siendeng), Kecamatan Ombulo Raya (Botu dan Talumolo) dan di Kecamatan Dungi (Tulatengi dan Huangobotu).

3. Banjir diperkirakan terjadi pada bulan Desember hingga Januari sebab berdasarkan data curah hujan selama tahun 2003 – 2011 curah hujan puncak terjadi pada bulan tersebut.
4. Adapun cara untuk memitigasi bencana banjir di Kota Gorontalo adalah dengan mengembalikan fungsi lahan sesuai dengan peruntukannya, yaitu hutan dikembalikan sebagai daerah tangkapan, areal persawahan yang ada di daerah pedataran dijadikan wilayah resapan, drainase kota yang saling berhubungan dan menghindari pembangunan dengan menutup pekarangan dengan semen.

2. Saran

1. Untuk memperoleh data muka airtanah yang akurat sebaiknya pengukuran muka airtanah selain dilakukan dengan pengukuran lapangan dilakukan pula pendugaan dengan menggunakan alat geofisika seperti geolistrik.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal sebaiknya pengukuran nilai permeabilitas dan porositas tanah sebaiknya menggunakan data primer di semua kecamatan yang ada di Kota Gorontalo
3. Semua hal tersebut di atas dapat dilakukan jika anggaran mencukupi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. ***Spatial Analysis: Create Slope***, (Online), (www.rsandgis.com, diakses 2 Desember 2009).
- Anna, dkk. 1985. Dasar-dasar Ilmu Tanah. BKS-IBT. Universitas Hasanudin, Ujung Pandang.
- Djauhari, N. 2006. Geologi Lingkungan, Penerbit Graha Ilmu, Jakarta.
- Djojosoeharto, S. 1970. Morfologi Erosi dan Banjir Hulu Sungai Bengawan Solo. Skripsi tidak dipublikasikan. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Eko, T. P. 2003. Modul Manajemen Bencana Pengenalan banjir Untuk Penanggulangan Bencana, (Online), (www.peduli-bencana.or.id, diakses 2 Desember 2009).
- Foth, H. D and Turk L. M. 1951. Fundamental of Soil Science. John Willey and sons, Inc., New York.
- Hardiyatmo, H. C., 1994. Mekanika Tanah II. P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hidartan dan Handayana, 1994. Pemetaan Geomorfologi Sistematis Untuk Studi Geologi, Proceeding Volume II. Pertemuan Ilmiah Tahunan XXIII Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung.
- Lahee, F. H. 1952. Field Geology. Fifth Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1952.
- Linsley, R., Kohler, M., dan Hermawan, Y. 1996. Hidrologi Untuk Insinyur. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Pomalingo, N dan Ali, I 2003. Pengetahuan Lingkungan. Konsorsium Penerbit Perguruan Tinggi Kawasan Timur Indonesia. Makassar.
- Prahasta, E., 2001. Sistem Informasi Geografis. Penerbit CV. Informatika. Bandung
- Raharjo, P.D. 2009. Pemetaan Potensi Rawan Banjir Berdasarkan Kondisi Fisik Lahan Secara Umum Pulau Jawa. (Online), (<http://www.puguhdraharjo.wordpress.com>, diakses 22 Desember 2009)
- Santoso, E. 2006. Pemetaan Daerah Rawan dan Potensi Banjir. Makalah disajikan dalam Workshop Kompilasi Metodologi Dan Berbagi

Pengalaman Dalam Pembuatan Peta Rawan Bencana Alam Berbasis SIG di Nanggroe Aceh Darussalam, Satgas BRR NAD – Nias, Nanggroe Aceh Darussalam 14 – 15 Desember 2006.

- Said, H. D. 2005. Pengenalan Pengelolaan Sumberdaya Air Berwawasan Lingkungan. Makalah disajikan dalam Diklat Pengenalan Geologi dan Sumber Daya Mineral, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Geologi, Badan Diklat ESDM DESDM Bandung, 14 – 28 Juni 2005.
- Sampurno. 1989. Geologi Kuartar Sebagai Potensi dan Limitasi Dalam Pengembangan Wilayah. Departemen Pertambangan dan Energi. Direktorat Jenderal Sumber Daya Mineral. P3G – Bandung. Proceeding Publikasi Khusus No. 8.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 2003. Hidrologi Untuk Pengairan. Penerbit PT. Pradnya Paramita. Jakarta
- Sutopo, P. N. 2002. Analisis Curah Hujan dan Sistem Pengendalian Banjir di Pantai Utara Jawa Barat. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, Vol.4, No.5, hal 114 - 122.
- Thornbury, W. D., 1969. Principles of Geomorphology. Second edition. John Wiley & Sons, New York
- Wani, U. 1985. Dasar-dasar Fisika Tanah. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Van Zuidam, R. A. 1985. Aerial Photo-Interpretation In Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. International Institute for Aerospace Surveys and Earth Sciences (ITC). Smith Publishers. Netherland.

Lampiran I

Biodata Peneliti

1. Ketua Tim

A. Identitas

Nama : Yuyu Indriyati Arifin, S.Pd, M.Si
 Tempat dan Tanggal Lahir : Gorontalo, 30 Januari 1978
 NIP : 197801302001122002
 Pangkat : Lektor
 Agama : Islam

1. RIWAYAT PENDIDIKAN

- a. SDN II Marisa Selatan, Tahun 1990
- b. SMPN 8 Gorontalo, Tahun 1993
- c. SMAN 3 Gorontalo Jurusan IPA, Tahun 1996
- d. SI Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Gorontalo, tahun 2001
- e. S2 Fisika bumi , Institut Teknologi Bandung, Tahun 2005

2. Pelatihan Profesional

Tahun	Pelatihan	Penyelenggaraan
2009	1. TOT PAKEM	UNICEF
	2. Workshop Rancangan anggaran Program hibah pengembangan guru MIPA SBI Universitas Negeri Gorontalo Tahun 2010	Dirtjen Dikti bidang Ketenagaan
	3. Pelatihan Program Pekerti	LP3 Universitas Negeri Gorontalo

	4. Pelatihan AA	LP3 Universitas Negeri Gorontalo
	5. Pelatihan Pembimbingan PPL	LP3 Universitas Negeri Gorontalo
	6. Workshop pembuatan proposal Hibah pengabdian pada masyarakat	LPM Universitas Negeri Gorontalo
	7. Diklat pemetaan kawasan rawan bencana Geologi, Gempa bumi dan Tsunami	Kementrian ESDM
	8. Workshop petrografi of rocks with making thin section	Ehime University, Japan

3. Pengalaman Membimbing Mahasiswa

Tahun	Pembimbingan
2005 s.d sekarang	Pembimbing Akademik Mahasiswa Jurusan Fisika
2009 s.d sekarang	Penguji Skripsi Mahasiswa Jurusan Fisika
2010 s.d sekarang	Pembimbing mahasiswa PPL
2010 s.d sekarang	Pembimbing mahasiswa Skripsi

4. Pengalaman Penelitian

Tahun	Judul	Dana	Publikasi
2010	Anisotropi Magnetik Batuan Beku Andesitik Akibat Pemanasan . Studi Kasus Batuan Gunung Sekopiah dan lava bantal watu adeg DIY	Hibah	Jurnal Nasional Mega sains
2009	Pengaruh perlakuan pemanasan terhadap Remanen Anisotropi batuan beku DIY		Jurnal Entropi
2010	Mitigasi bencana Alam di desa Dulamayo kecamatan telaga Biru	Jurnal Sibermas	PNBP
2011	Pembuatan Kompor Matahari	Jurnal Sibermas	PNBP

6. PENGALAMAN SEBAGAI PEMATERI

Tahun	Judul materi	Penyelenggara
2009	Penanggulangan Bencana alam	Desa Dulamayo kecamatan telaga
	Pengaruh perlakuan pemanasan terhadap anisotropi magnetik batuan beku	Himpunan Kimia Indonesia Cabang Gorontalo pada acara Semianar Nasional
	Penggunaan Media IT pada pembelajaran Fisika	Laboratorium Fisika Universitas Negeri Gorontalo

	Workshop Pengembangan Kurikulum Fisika untuk Rintisan sekolah Bertaraf Internasional	SMUN Negeri I Telaga
	Workshop Pengembangan Silabi dan Perangkat Pembelajaran untuk Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional	SMUN Negeri I Telaga
	Pembimbingan Olimpiade SMA I Limboto	SMUN I Limboto
	Pembimbingan Olimpiade Mts II Mohamadiyah Lakea	Mts II Lakea

Dosen Ybs

Yayu Indriati Arifin

2. Anggota Tim

A. Identitas

Nama : Muh. Kasim M.T
 Tempat dan Tanggal Lahir : Sengkang, 15 September 1977
 NIP : 197709152008121001
 Pangkat : Tenaga Pengajar
 Agama : Islam

1. RIWAYAT PENDIDIKAN

- a. SD Aisyiyah Muhammadiyah 3 Makassar tahun 1991
- b. SMP Muhammadiyah 1 Disamakan Makassar tahun 1994
- c. SMU Negeri 1 Sengkang Jurusan IPA Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan tahun 1997
- d. SI Teknik Geologi Universitas Hasanuddin tahun 2004
- e. S2 Teknik Geologi Universitas Hasanuddin Tahun 2012

2. PELATIHAN PROFESIONAL

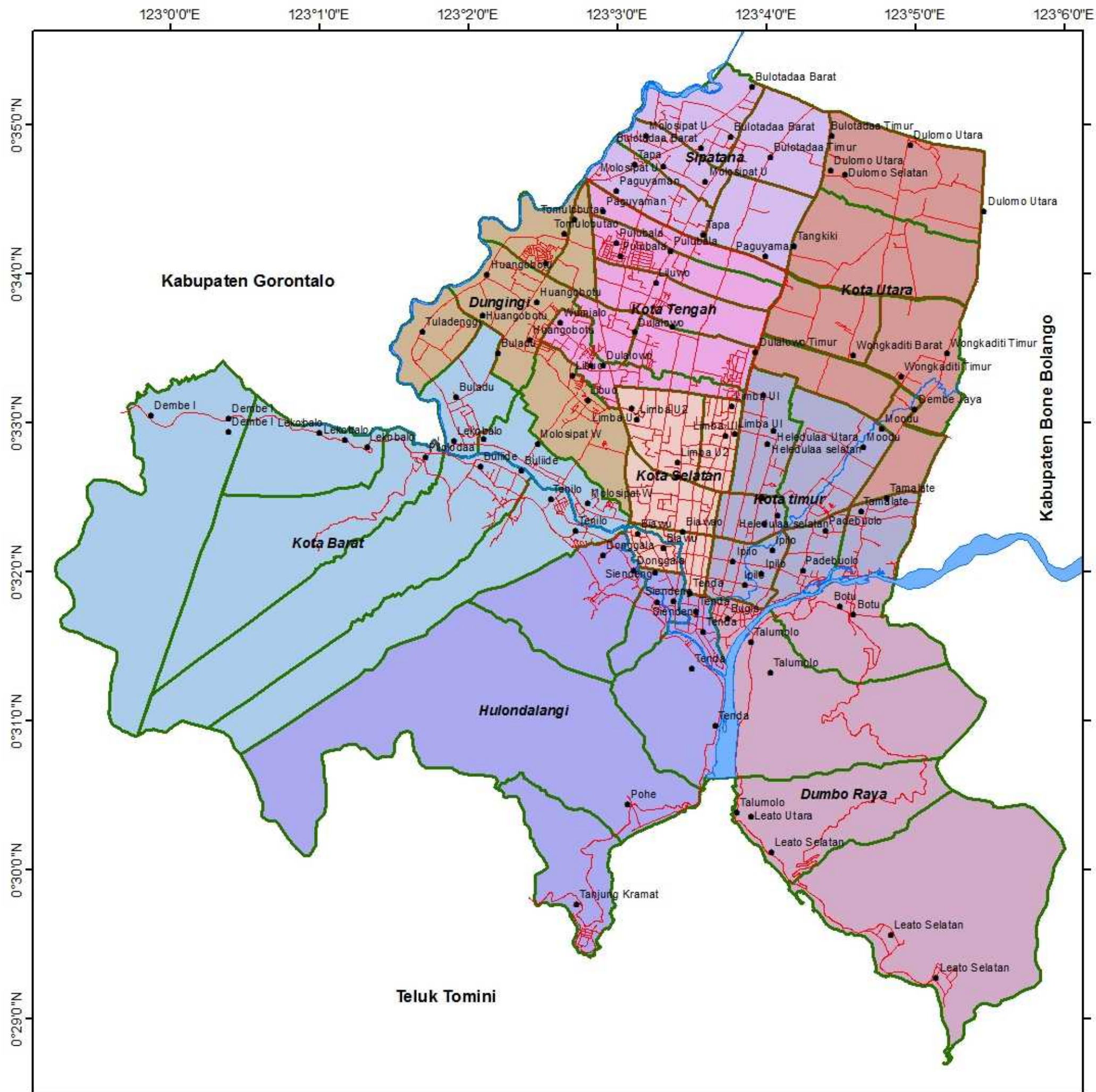
Tahun	Pelatihan	Penyelenggaraan
2009	1. Pelatihan Program Pekerti	LP3 Universitas Negeri Gorontalo
	2. Pelatihan AA	LP3 Universitas Negeri Gorontalo
	3. Workshop Pengabdian Kepada Masyarakat	LPM Universitas Negeri Gorontalo
	4. Bimbingan Teknik (Bimtek)	Kementrian ESDM

3. Pengalaman Penelitian

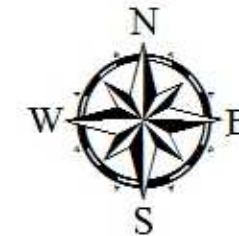
Tahun	Judul	Dana	Publikasi
2003	Pemetaan Geologi Daerah Yosonegoro dan Sekitarnya Kec. Limboto Barat Kab. Gorontalo Prop. Gorontalo		
2004	Analisis Kestabila Lereng Poros Jalan Suwawa – Botu Kec. Botu Kab. Bone Bolango Propinsi Gorontalo		
2011	Penentuan Batuan Asal Material Sedimen Berdasarkan Karakteristik Mineral Berat (Studi Kasus Sungai-sungai di sekitar Danau Tempe Propinsi Sulawesi Selatan)		

Dosen Ybs

Muh. Kasim



Peta Administrasi Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo



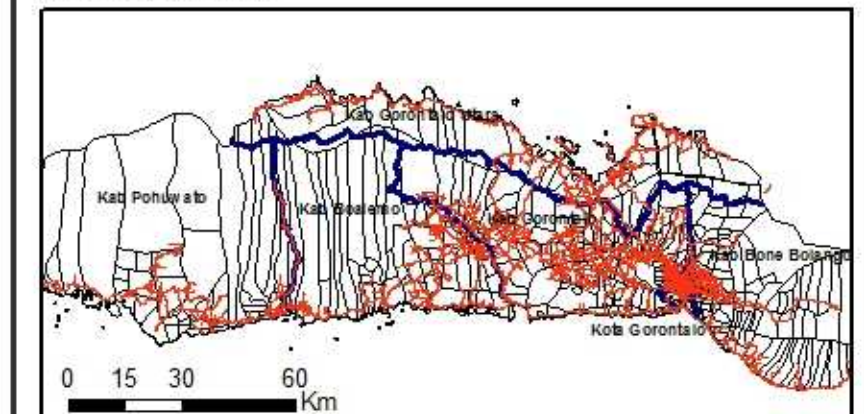
1 cm = 500 meters

0 500 1,000 2,000 Meters

Legend

- | | | |
|------------------------|------------------|--------------|
| • Desa/ Kelurahan | Kecamatan | Kota Selatan |
| — Sungai Bolango | Kecamatan | Kota Tengah |
| — Jalan | Dumbo Raya | Kota Utara |
| — Sungai Bone | Duingi | Kota timur |
| — Batas Desa/Kelurahan | Hulondalangi | Sipatana |
| | Kota Barat | |

Peta Tunjuk Lokasi



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan

Universitas Negeri Gorontalo

2012





Peta Topografi Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo



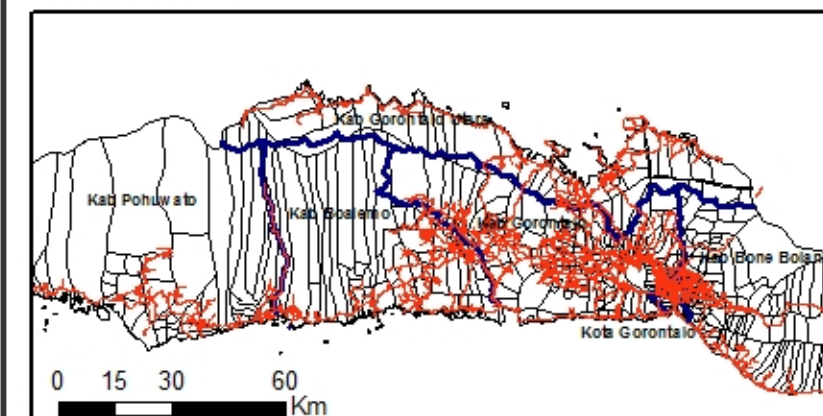
1 cm = 500 meters

0 500 1,000 2,000
Meters

Legenda

- Desa/ Kelurahan
- Garis kontur
- Jalan
- Sungai Bone
- Batas Desa/Kelurahan
- Kecamatan
- Sungai Bolango

Peta Tunjuk Lokasi

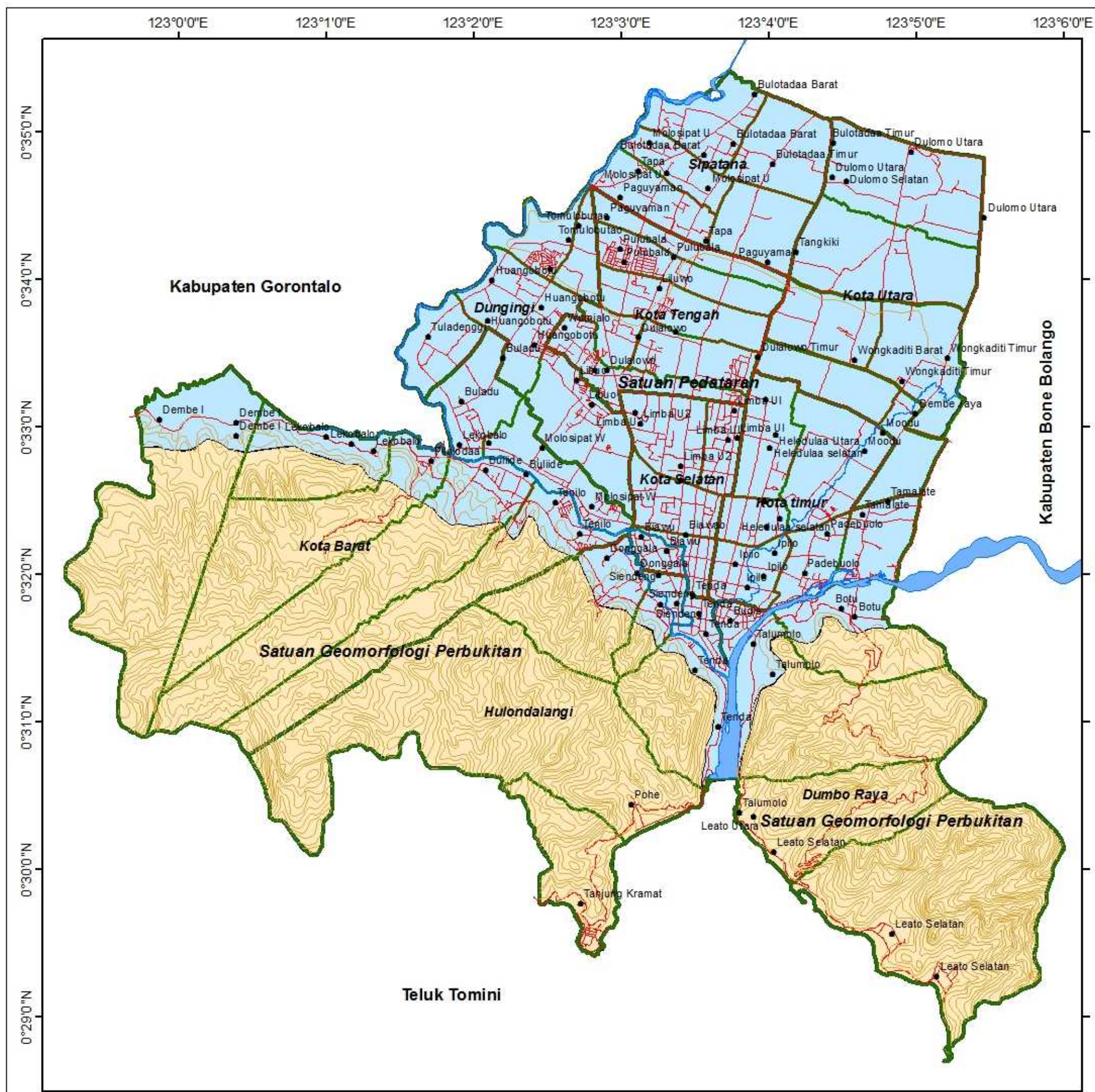


Sumber

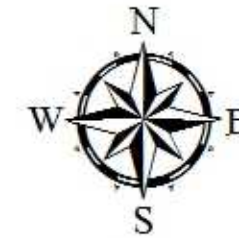
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 50.000
Lembar Gorontalo, Bakosurtanal 1991



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Universitas Negeri Gorontalo
2012



Peta Geomorfologi Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo



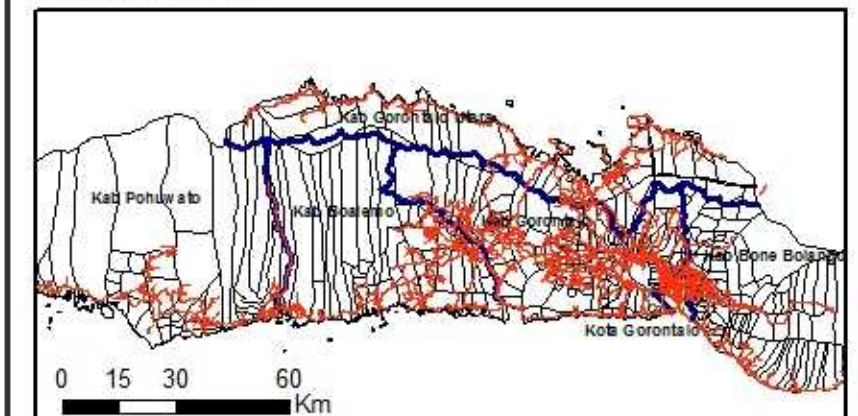
1 cm = 500 meters

0 500 1,000 2,000
Meters

Legend

- | | | |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| • Desa/ Kelurahan | Sungai Bone | Geomorfologi |
| Garis kontur | Batas Desa/Kelurahan | Satuan_Geo |
| Jalan | Kecamatan | Satuan Pedataran |
| Sungai Bolango | | Satuan Geomorfologi Perbukitan |

Peta Tunjuk Lokasi

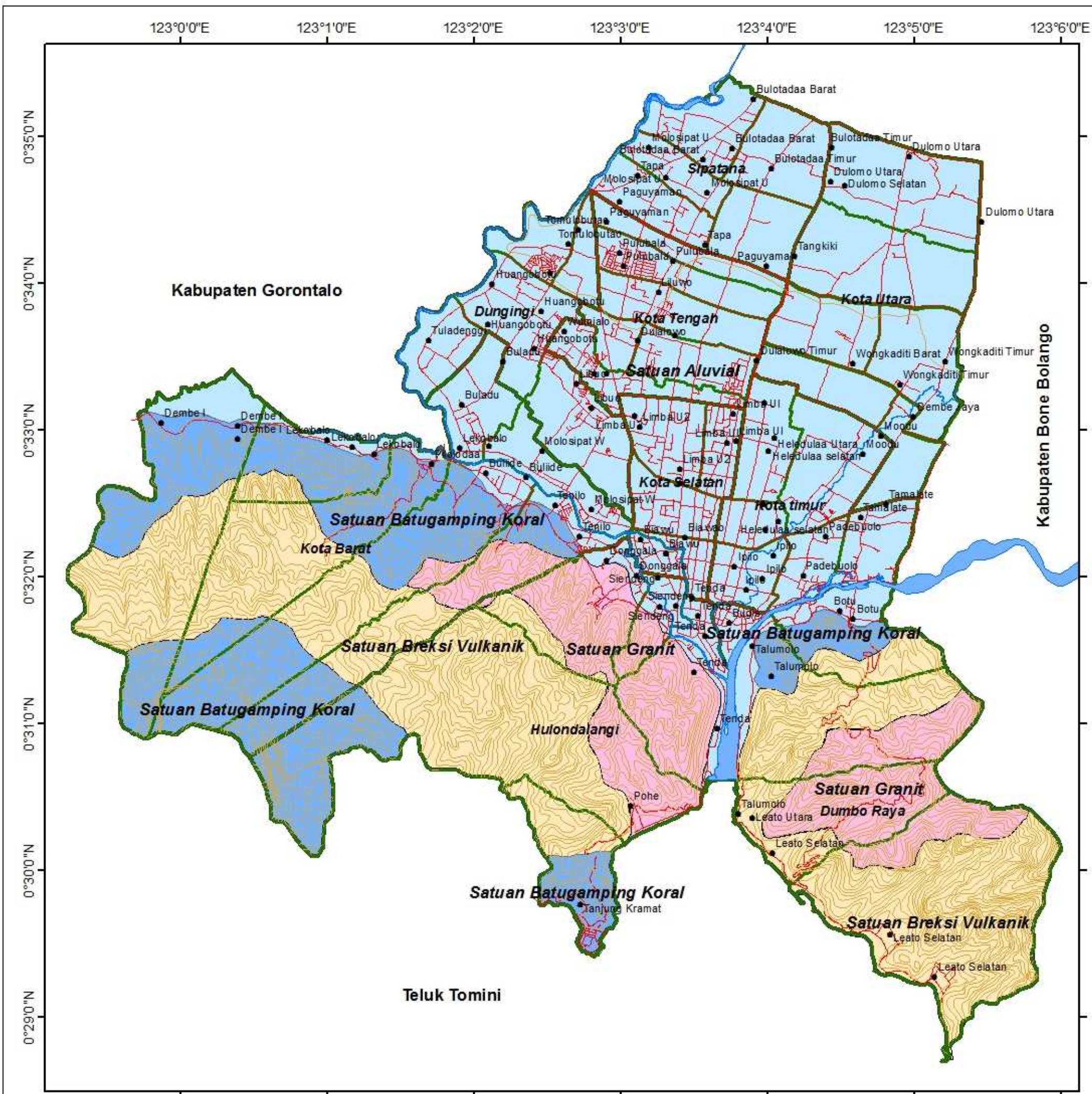


Sumber

Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 50.000
Lembar Gorontalo, Bakosurtanal 1991



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Universitas Negeri Gorontalo
2012



Peta Geologi Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo



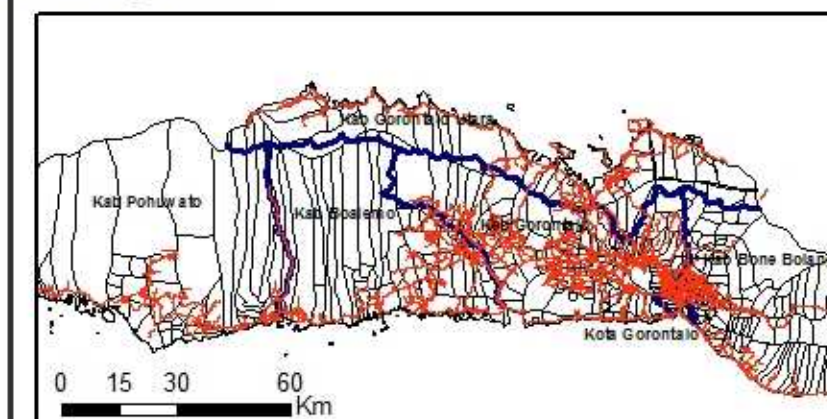
1 cm = 500 meters

0 500 1,000 2,000
Meters

Legenda

• Desa/ Kelurahan	Geologi
— Garis kontur	Satuan_Bat
— Jalan	
— Sungai Bolango	
— Sungai Bone	
— Batas Desa/Kelurahan	
— Kecamatan	
	Satuan Aluvial
	Satuan Batugamping Koral
	Satuan Breksi Vulkanik
	Satuan Granit

Peta Tunjuk Lokasi



Sumber

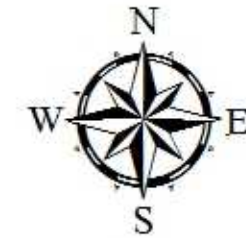
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 50.000
Lembar Gorontalo, Bakosurtanal 1991



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Universitas Negeri Gorontalo
2012



Peta Zonasi Banjir Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo



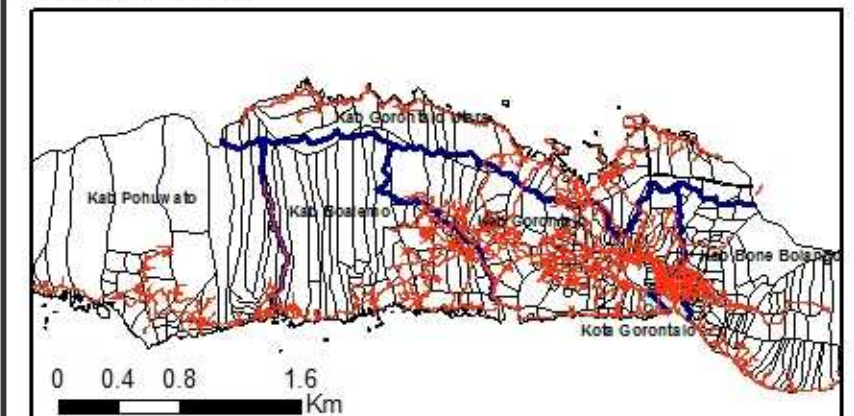
1 cm = 500 meters

0 500 1,000 2,000
Meters

Legend

- | | |
|------------------------|----------------------|
| • Desa/ Kelurahan | Zonasi Banjir |
| — Garis kontur | Zonasi_Ban |
| — Jalan | ■ Zona Rawan Tinggi |
| — Sungai Bolango | ■ Zona Rawan Rendah |
| ■ Sungai Bone | ■ Zona Rawan Rendah |
| ■ Batas Desa/Kelurahan | ■ Zona Tidak Rawan |
| ■ Kecamatan | |

Peta Tunjuk Lokasi



Sumber

Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 50.000
Lembar Gorontalo, Bakosurtanal 1991



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Universitas Negeri Gorontalo
2012