

PENENTUAN ZONASI DAERAH TINGKAT KERAWANAN BANJIR DI KOTA GORONTALO PROPINSI GORONTALO UNTUK MITIGASI BENCANA

Yayu Indriati Arifin; Muh. Kasim

Program Studi Geografi Fakultas Matematika dan IPA
Universitas Negeri Gorontalo

Abstrak: Sejak kota Gorontalo tumbuh menjadi ibukota propinsi dan terpusatnya pembangunan di wilayah perkotaan menimbulkan permasalahan tersendiri. Salah satu adalah banjir. Mengingat begitu besarnya dampaknya maka diperlukan penelitian untuk menghasilkan informasi tentang tingkat kerawanan banjir di Kota Gorontalo. Metode penelitian adalah mengkompilasi antara metode kualitatif dan kuantitatif yang dipadukan dengan survey lapangan. 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 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

PENDAHULUAN

Sejak Kota Gorontalo tumbuh menjadi ibukota propinsi di wilayah perkotaan menimbulkan permasalahan tersendiri. Hal ini seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. 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.

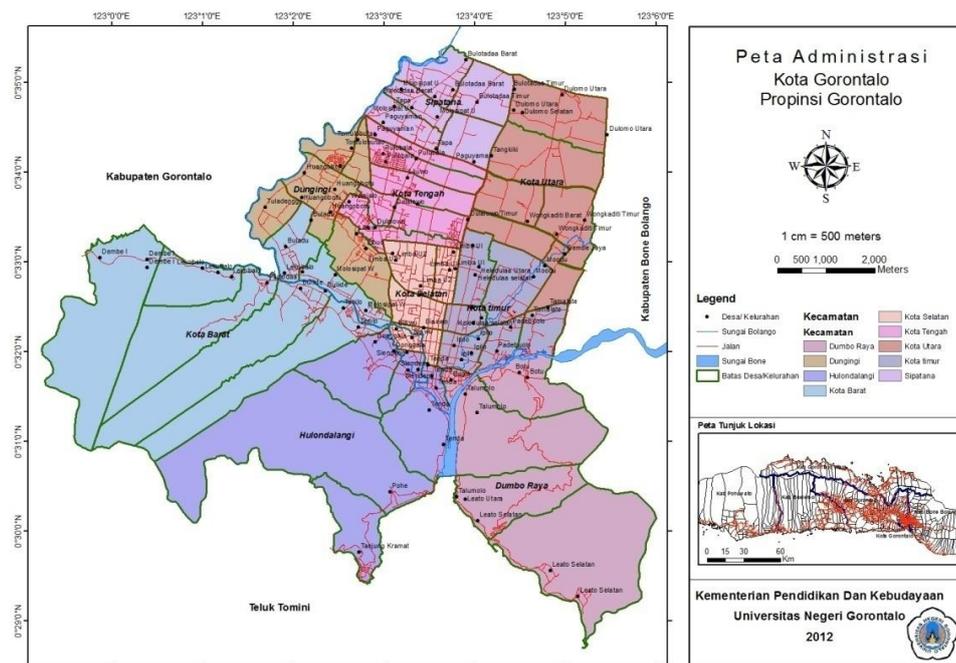
Secara umum ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Faktor-faktor tersebut adalah kondisi alam (letak geografis wilayah, kondisi topografi, geometri sungai dan sedimentasi), peristiwa alam (curah hujan dan lamanya hujan, pasang, arus balik dari sungai utama, penurunan muka, pembendungan 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.

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.

Daerah penelitian secara administratif Kota Gorontalo dibagi kedalam 9 (sembilan) kecamatan dan terdiri dari 50 (lima puluh) desa/kelurahan. Kota Gorontalo berbatasan dengan Kec. Tapa Kabupaten Bone Bolango di sebelah utara, Kec. Kabila Kabupaten Bone Bolango di sebelah timur, Teluk Tomini di sebelah selatan dan Kec. 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.



Gambar 1 Peta administrasi Kota Gorontalo

METODE

Data yang terkumpul 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.

Analisis data yang dilakukan adalah topografi, geomorfologi, curah hujan, geologi, jenis tanah, kedudukan muka air tanah dan penggunaan lahan. Data topografi adalah analisis spasial terhadap kemiringan lereng dengan menggunakan data kontur yang bersumber dari peta rupabumi Bakosurtanal (1991) skala $1 : 50.000$. Analisis satuan geomorfologi adalah peta bentuk lahan yang diperoleh dari hasil interpretasi peta rupabumi dengan mengacu pada pengamatan langsung di lapangan. Pengolahan data curah hujan dengan menghitung curah hujan rata-rata bulanan tiap Stasiun pengamatan selama 8 tahun untuk menentukan hujan rerata tertimbang (*weighted mean*), faktor bobot dengan menggunakan metode *polygon thiessen*, menentukan tipe iklim (Q) dengan menggunakan metode Schmidt-Fergusson. Analisis parameter geologi didasarkan atas pengambilan data di lapangan terhadap unsur-unsur geologi seperti stratigrafi

dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian. Analisis jenis tanah dilakukan berdasarkan data sekunder yang telah ada. Analisis kedudukan muka air tanah didasarkan pada hasil pengukuran langsung di lapangan terhadap sumur-sumur penduduk. Informasi penggunaan lahan diperoleh dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh dan pengecekan langsung di lapangan.

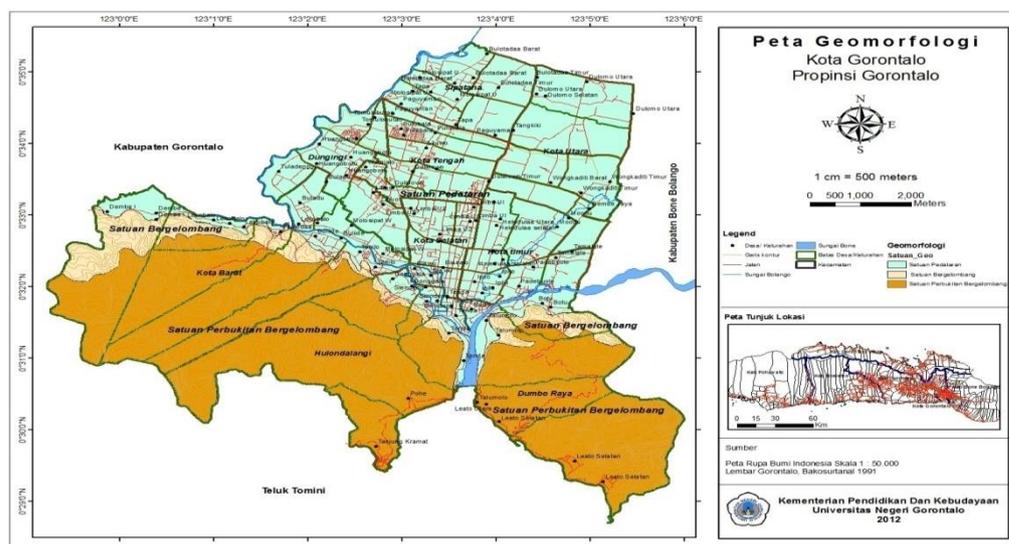
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

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.

Jumlah stasiun curah hujan yang digunakan 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 9 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.

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



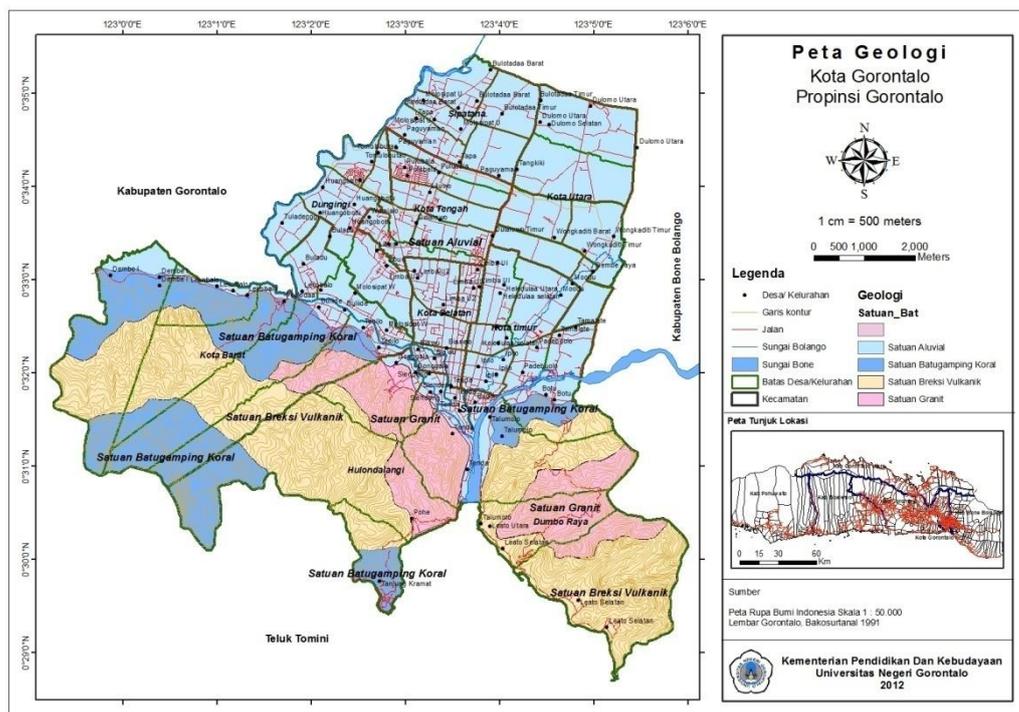
Gambar 2 Peta Geomorfologi Kota Gorontalo

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.

Terdapat adanya kesamaan pola curah hujan yang terjadi di Kota Gorontalo dengan pola curah hujan di Indonesia yaitu kurvanya berbentuk “V”. 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.

Tipe iklim di stasiun Djalaluddin dan Tapa termasuk dalam tipe iklim C atau iklim Agak Basah dengan vegetasi hutan dengan tumbuhan yang dapat menggugurkan daunnya pada musim kemarau. Tipe iklim di stasiun Tilongkabila dan Suwawa termasuk dalam tipe iklim D atau iklim Sedang dengan vegetasi hutan musiman.

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. Dalam penentuan umur di lakukan kesebandingan terhadap peneliti terdahulu yaitu peta geologi regional Lembar Kotamobagu skala 1:250.000 (Apanidi, 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.

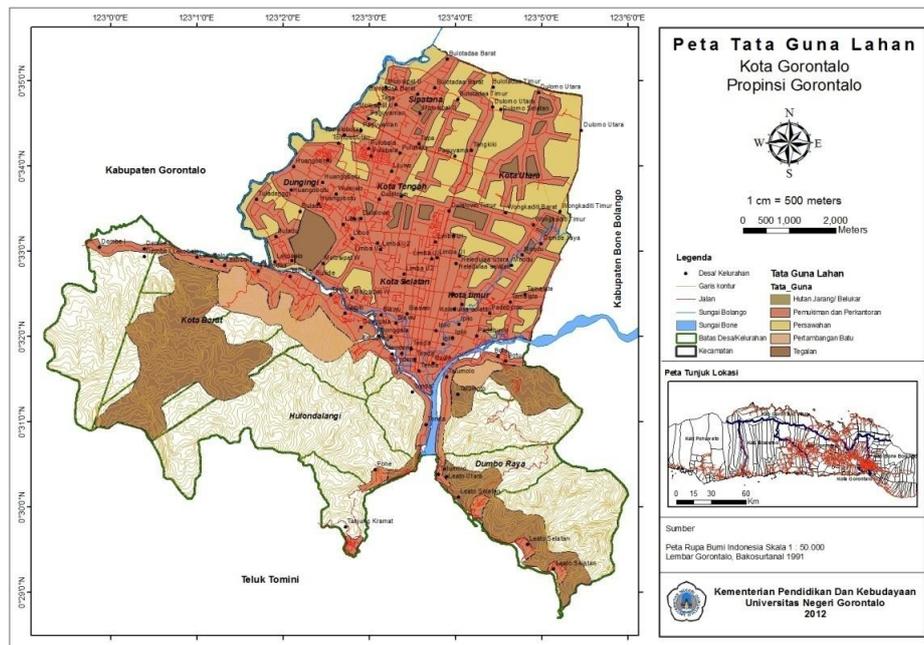


Gambar 3 Peta Geologi Kota Gorontalo

Penentuan jenis tanah 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.

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. 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 Kec. Kota Barat, Kota Selatan, Ombulo Raya, Kota Timur dan Hulontalangi sangat berpotensi untuk terjadinya banjir.

Tata guna 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. 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 %).



Gambar 4 Peta tata guna lahan Kota Gorontalo

Analisis terhadap zona rawan banjir didasarkan atas klasifikasi tingkat kekritisan lahan terhadap banjir. 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°, relief datar – hampir datar membentuk satuan bentuk lahan pedataran.

Di dalam pedoman pemanfaatan ruang kawasan banjir (Dirjen Penataan Ruang, 2003), faktor kondisi alam dengan bentuk 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 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.

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 sungainya, dekat dengan pertemuan dua buah sungai (Sungai Bone–Sungai Bulango) yang mengalir ke Teluk Gorontalo. Sehingga jika terjadi luapan akan menyebabkan 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.

Daerah-daerah yang menjadi zona rawan tinggi adalah sepanjang aliran sungai Bolango dan Sungai Bone seperti bagian selatan Kota Timuryaitu daerah Padebuolo, Kampung Bugis, Ipilo dan Heledulaa Selatan. Kec. Kota Selatan yaitu di daerah Biawu, Tenda dan Dunggala. Di sebelah utara Kec. Kota Barat yaitu di daerah Tenilo, Buliide, Pilolodaa, Lekobalo dan Buladu. Kec. Hulondalagi yaitu di daerah Siendeng. Kec. Ombulo Raya yaitu di daerah Botu khususnya di sepanjang aliran Sungai Bone dan daerah Talumolo. Sedangkan, di Kec. Dungiingi 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 rendah adalah wilayah yang termasuk potensial kritis terhadap banjir dan merupakan wilayah yang relatif rendah tingkat kerawanannya. Meskipun daerah ini terletak di kemiringan lereng $0 - 2^\circ$, relief datar–hampir datar, menempati satuan bentuk lahan pedataran dengan satuan batuanya adalah aluvial dengan jenis tanahnya lempung. Kedalaman muka air tanah di daerah ini relatif sama dengan di tempat lain, tetapi daerah ini jauh dari aliran sungai.

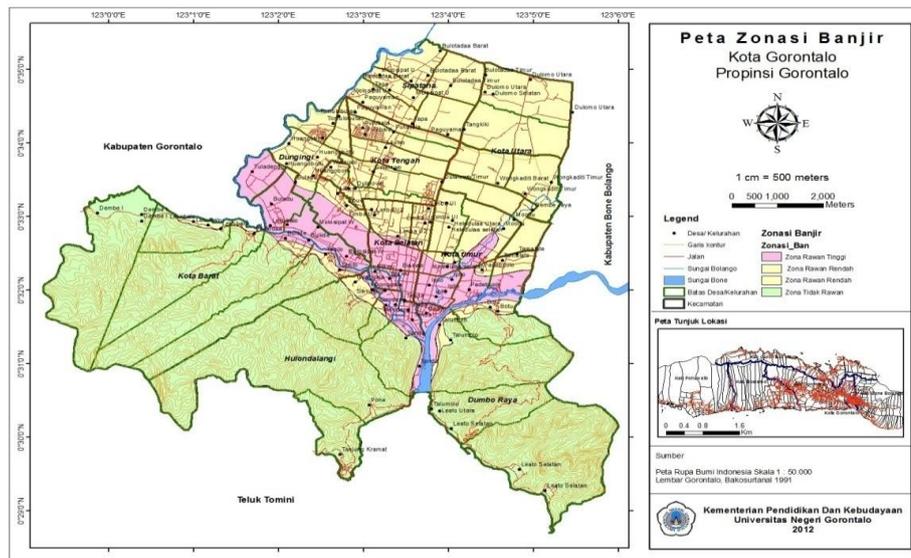
Jenis banjir pada daerah ini umumnya bersifat genangan sementara akibat curah hujan yang tinggi dan drainase yang buruk. Selain itu, jenis tanah di daerah ini adalah lempung sehingga tanah akan cepat jenuh jika curah hujan tinggi akibatnya proses infiltrasi akan berjalan lambat hingga akhirnya menimbulkan 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 Kec. Sipatanan, Kec. 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.



Gambar 5 Peta zonasi banjir Kota Gorontalo

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

SIMPULAN

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 wilayah hutan dijadikan areal pertambangan rakyat dan perkebunan tanaman semusim.

Daerah yang berpotensi rawan tinggi adalah Kec. Kota Timur (Padebuolo, Kampung Bugis, Ipilo dan Heledulaa Selatan), Kec. Kota Selatan (Biawu, Tenda dan Dunggala), Kec. Kota Barat (Tenilo, Buliide, Pilolodaa, Lekobalo dan Buladu), Kec. Hulondalangi (Siendeng), Kec. Ombulo Raya (Botu dan Talumolo) dan di Kec. Duingingi (Tulatengi dan Huangobotu).

Banjir diperkirakan terjadi pada bulan Desember hingga Januari berdasarkan data curah hujan selama tahun 2003 – 2011 curah hucan puncak terjadi pada bulan tersebut.

Adapun cara untuk memitigasi bencana banjir di Kota Gorontalo adalah dengan mengembalikan fungsi lahan sesuai dengan peruntukannya. Hutan dikembalikan sebagai daerah tangkapan (*recharge area*), areal persawahan dijadikan wilayah resapan (*discharge area*), drainae kota yang saling berhubungan dan menghindari pembangunan dengan menutup pekarangan dengan semen.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian UNG yang telah membiaya penelitian ini melalui dana PNPB tahun anggaran 2012, terima kasih pula kami sampaikan

kepada Dekan FMIPA dan Ketua Jurusan Fisika yang telah member kesempatan kepada kami untuk melakukan tridarma perguruan tinggi melalui penelitian. Terima kasih pula kepada teman-teman dosen yang telah memberi saran dan kritikan yang membangun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, dkk. 1985. Dasar-dasar Ilmu Tanah. BKS-IBT. Universitas Hasanudin, Ujung Pandang.
- Djauhari, N. 2006. Geologi Lingkungan, Penerbit Graha Ilmu, Jakarta.
- Djojoseharto, 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.pedulibencana.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.
- 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)
- 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.