

## Analisis Permasalahan Banjir di Kota Dili, Timor-Leste

Armindo António de Jesus<sup>1\*</sup>, Delia Ximenes A. Belo<sup>1</sup>, Juvencio do Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Geografi, Universidade Oriental Timor Lorosa'e, Dili, Timor-Leste

\*Corresponding author, Armindo António de Jesus, Fakultas Geografi, Universidade Oriental Timor Lorosa'e, Dili, Av. Cidade de Lisboa, Timor-Leste email: [armindodejesus212@gmail.com](mailto:armindodejesus212@gmail.com)

### ABSTRAK

Banjir di Kota Dili disebabkan oleh dua kemungkinan, antara lain banjir kiriman dan banjir genangan. Penelitian ini dapat dilakukan di Kota Dili mulai dari Tasi-tolu hingga Becora. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memberikan informasi mengenai kondisi tanah/batuan, tekstur tanah, bentuk lahan di daerah kota Dili, Mengetahui potensi terjadinya banjir berdasarkan parameter-parameter dari data-data curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penggunaan lahan serta penanggulangan yang tepat untuk mengurangi risiko terjadinya bencana banjir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey atau pemetaan geologi dan Analisis data dengan menggunakan Analisis Laboratorium dan analisis Geology dengan membuat peta overlay untuk peta kerawanan banjir. Hasil penelitian berdasarkan hasil analisis petografi batuan yang ada di daerah penelitian kota Dili adalah batuan metamorf dan berasal dari formasi Aileu sedangkan berdasarkan analisis sifat fisik tanah, menunjukkan bahwa tanah yang ada daerah penelitian kota Dili merupakan jenis tanah alluvial dan nilai permeabilitasnya <0,5 dan infiltrasinya <0,04 sehingga sistem penyerapan air kedalam tanah sangat lambat. Letak daerah rawan banjir pada penelitian ini terdapat (20) titik lokasi rawan banjir yaitu Area Comoro (Rotunda Pres. Nicolau Lobato), Area Caicoli, Area Avanca, Bairro-Pite, Area Hudi-Laran, Area Lanud, Area Manleoana (Dili Institute of Technology), Area Kampung Alor, Pantai Kelapa, Area Merkadu-Lama, Kintal ki'ik, Area Virgoloja, Vila-Verde, Area Bemori, Audian, Area Mota Maloa, Area Bekusi, Area Taibesi, Area Becora Benamauc Mota ulun dan area Bidau. Factor utama yang mempengaruhi sering terjadi banjir adalah faktor topografi, faktor manusia dan faktor infrastruktur.

**Kata Kunci:** Analisis Banjir, Faktor Penyebab Banjir, Kota Dili

### ABSTRACT

Flooding in Dili City was caused by two possibilities, including postal floods and inundation floods. This research can be carried out in Dili City from Tasi-tolu to Becora. The aim of this research is to determine and provide information regarding soil/rock conditions, soil texture, landforms in the Dili city area, determine the potential for flooding based on parameters from rainfall data, slope, soil type and land use as well as countermeasures. appropriate measures to reduce the risk of flood disasters. The method used in this research is a geological survey or mapping method and data analysis using laboratory analysis and geological analysis by creating an overlay map for the flood vulnerability map. The research results are based on the results of petographic analysis of the rocks in the Dili city research area, which are metamorphic rocks and come from the Aileu formation, while based on the analysis of the physical properties of the soil, it shows that the soil in the Dili city research area is an alluvial type of soil and the permeability value is <0.5 and The infiltration is <0.04 so the water absorption system into the soil is very slow. In this study, there are (20) flood-prone locations, namely Comoro Area (Rotunda Pres. Nicolau Lobato), Caicoli Area, Avanca Area, Bairro-Pite, Hudi-Laran Area, Air Base Area, Manleoana Area (Dili Institute of Technology), Kampung Alor area, Kelapa

*Beach, Merkadu-Lama area, Kintal ki'ik, Virgoloja area, Vila-Verde, Bemori area, Audian, Mota Maloa area, Bekusi area, Taibesi area, Becora Benamauc area Mota ulun and Bidau area. The main factors that influence frequent flooding are topographic factors, human factors and infrastructure factors.*

**Keywords:** *Flood Analysis; Flood Factors; Dili City*

## **PENDAHULUAN**

Kota Dili terletak di dataran rendah pantai dan dikelilingi oleh pegunungan di sebelahnya, yaitu Municipio Aileu dan Municipio Ermera. Ini menyebabkan banjir di Kota Dili dapat terjadi karena dua hal utama, yaitu banjir kiriman dan banjir genangan. Banjir kiriman terjadi ketika debit air sungai meningkat secara tiba-tiba dan kapasitas saluran pengaliran sungai tidak mencukupi, sehingga menyebabkan meluapnya sungai dan genangan air di sekitarnya. Sementara banjir genangan terjadi akibat masalah dan hambatan dalam saluran drainase, yang mengakibatkan air hujan tidak dapat mengalir secara lancar melalui selokan yang ada [1].

Banjir adalah sebuah peristiwa alam yang sering terjadi di banyak negara, termasuk Timor-Leste, terutama pada musim hujan. Genangan air terjadi ketika volume air melebihi kapasitas penyerapan tanah, baik karena curah hujan tinggi maupun luapan sungai. Secara umum, banjir bisa dijelaskan sebagai penutupan luas permukaan bumi oleh air. Sementara itu, sistem drainase merupakan infrastruktur yang dirancang untuk mengurangi genangan air di suatu kawasan agar lahan dapat dimanfaatkan secara optimal [2].

Kemiringan lereng yang terjal seringkali memicu terbentuknya bendungan alami. Proses ini terjadi ketika terdapat pergerakan besar massa tanah atau material geologis lain dalam ruang yang sempit, mengakibatkan akumulasi air di lokasi tersebut hingga mencapai kapasitas yang mampu ditampung oleh bendungan tersebut. Fenomena pelapukan yang intensif pada bahan-bahan yang membentuk bendungan alami ini dapat menurunkan fungsionalitasnya dalam menahan volume air yang besar. Akibatnya, bendungan bisa jebol, memicu banjir yang menghanyutkan berbagai material seperti tanah, batu, dan bahkan pepohonan yang berada di jalur aliran.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendalami dan memetakan kondisi tanah serta formasi batuan yang ada di Kota Dili, guna memahami dinamika dan potensi terjadinya banjir yang dikaitkan dengan berbagai faktor geologi dan hidrologi. Faktor-faktor tersebut termasuk tingkat curah hujan, kemiringan lereng, jenis-jenis tanah, serta penggunaan lahan yang ada di wilayah tersebut. Kajian ini bertujuan untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai risiko banjir di berbagai area dengan tingkat kerawanan yang berbeda-beda, yang berkisar antara area yang minim risiko hingga area yang sangat berpotensi mengalami banjir.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perumusan strategi pengelolaan risiko banjir yang efektif. Strategi tersebut mencakup perencanaan tata ruang yang lebih baik, penerapan teknologi bangunan yang sesuai dengan kondisi geologis, serta pengembangan sistem peringatan dini yang dapat menginformasikan masyarakat lokal tentang potensi bahaya banjir dengan lebih cepat dan akurat. Dengan demikian, upaya mitigasi yang diterapkan tidak hanya berfokus pada penanganan dampak jangka pendek,

tetapi juga pada penurunan risiko jangka panjang melalui perbaikan infrastruktur dan edukasi masyarakat.

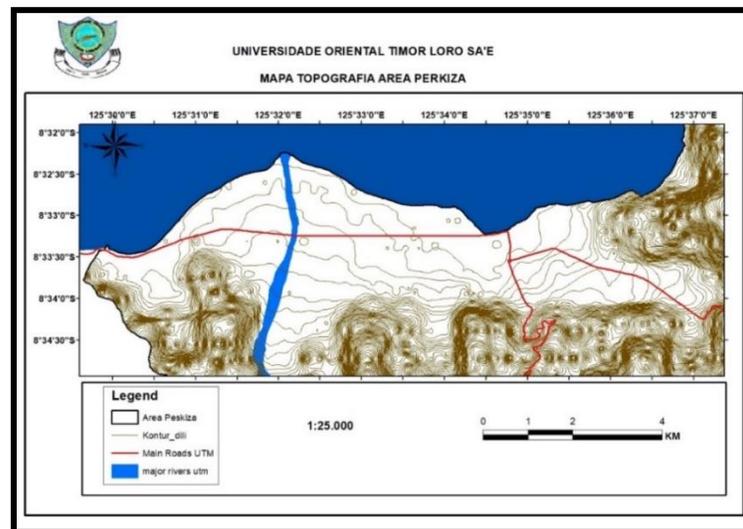
Implementasi dari strategi-strategi tersebut diharapkan akan memperkuat kapasitas kota dalam menghadapi ancaman banjir, sekaligus meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi kondisi yang bisa membahayakan kehidupan dan harta benda mereka. Melalui pendekatan yang terintegrasi antara pengelolaan sumber daya alam, perencanaan kota, dan keterlibatan komunitas, dapat dicapai suatu sistem pengelolaan risiko bencana yang tidak hanya efektif tetapi juga berkelanjutan. Ini penting bagi keselamatan warga dan juga keberlanjutan lingkungan di Kota Dili, yang mana kedua aspek ini merupakan kunci utama dalam pengembangan kota yang tahan bencana di masa depan.

## METODE

### *Lokasi Penelitian*

Daerah penelitian dengan luas wilayah kurang lebih 35 km<sup>2</sup> (7x5 km) (**Gambar 1**). Secara geografis daerah penelitian terletak diantara koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) dengan E 125<sup>o</sup> 30' 00" – E 125<sup>o</sup> 37' 00" dan S 08<sup>o</sup> 32' 00" – 08<sup>o</sup> 34' 30". Secara administrasi daerah penelitian perbatasan dengan beberapa daerah yaitu:

- a. Sebelah Utara perbatasan dengan wilayah Atauro
- b. Sebelah Selatan perbatasan dengan wilayah Dare
- c. Sebelah Barat perbatasan dengan wilayah Tibar
- d. Sebelah Timur perbatasan dengan wilayah Hera



**Gambar 1.** Peta Topografi Daerah Penelitian

### *Metode Penelitian*

Metode penelitian ini akan dijalankan melalui serangkaian pendekatan yang mencakup pengamatan dan pemetaan lapangan, analisis di laboratorium, serta analisis di studio. Untuk metode survei, pendekatan yang dipilih adalah survei pemetaan geologi permukaan, yang dilaksanakan melalui serangkaian observasi lapangan terperinci. Dalam pelaksanaan di lapangan, kegiatan yang dijalankan termasuk orientasi medan yang komprehensif, pengamatan terhadap morfologi wilayah, pengamatan singkapan dan batuan yang ada, pengukuran terhadap struktur geologi serta geometri lereng, serta proses pengambilan sampel batuan dan sampel tanah.

Observasi lapangan yang dilakukan ini bertujuan untuk mengumpulkan data primer yang esensial untuk pemetaan geologi permukaan. Kegiatan ini melibatkan penilaian langsung terhadap formasi geologi di lokasi penelitian, yang nantinya akan digunakan untuk membangun pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik geologi dan geomorfologi dari area yang diteliti. Selain itu, pengambilan sampel batuan dan tanah akan mendukung analisis lebih lanjut di laboratorium untuk menentukan komposisi mineral dan kualitas geoteknik dari materi yang dikumpulkan. Kegiatan ini diharapkan dapat menyediakan informasi yang akurat dan terpercaya untuk mendukung keseluruhan hasil penelitian.

### ***3. Metode Analisis Data***

#### ***Analisis data pemetaan geologi***

Untuk mengidentifikasi tipe penyebaran dan variasi substrat geologis seperti tanah dan batuan, serta untuk mempelajari karakteristik geomorfologi dari area yang sedang diteliti, penelitian ini memanfaatkan data Model Elevasi Digital (DEM). Penggunaan data ini bertujuan untuk menganalisis kemiringan arah lereng. Selanjutnya, data ini diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk menghasilkan peta yang mendetail mengenai kemiringan lereng. Proses ini penting untuk memahami struktur topografi wilayah tersebut.

Selain itu, analisis mendalam juga dilakukan terhadap penggunaan lahan di area studi. Penelitian ini memanfaatkan informasi dari berbagai sumber literatur dan mengintegrasikannya dengan data yang dikumpulkan di lapangan. Dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, informasi ini dikompilasi untuk menghasilkan peta penggunaan lahan yang akurat. Peta ini mencerminkan distribusi serta klasifikasi penggunaan lahan saat ini, yang vital untuk perencanaan penggunaan sumber daya alam dan pengembangan infrastruktur di wilayah yang diteliti.

#### ***Analisis Laboratorium***

Petrografi adalah analisis yang dilakukan dengan cara membuat sayatan tipis dari sampel batuan untuk menentukan komposisi mineralnya. Melalui pengamatan mikroskopis pada sayatan tipis ini, kita dapat menentukan nama batuan secara mikroskopis dan melengkapi data geologi daerah penelitian. Dengan demikian, kita dapat mengidentifikasi jenis batuan di daerah penelitian baik dari segi deskripsi megaskopis maupun mikroskopis. Analisis ini dilakukan di laboratorium Teknik Geologi UNTL.

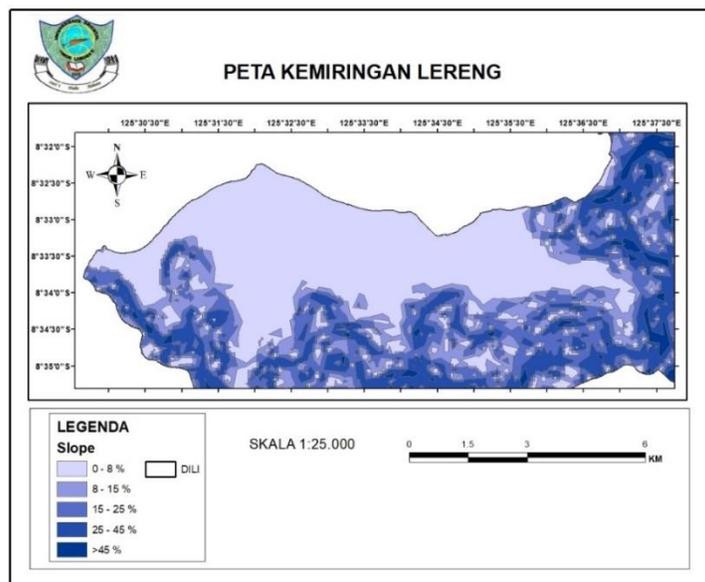
Sementara itu, analisis sifat fisik tanah dilakukan dengan menguji berbagai parameter seperti kadar air, berat jenis, analisis saringan, dan pengujian Atterberg. Sampel tanah yang dikumpulkan di lapangan akan diuji di laboratorium Teknik Sipil UNTL untuk mengetahui sifat fisiknya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kondisi geologi yang ada di daerah Penelitian Kota Dili*

Secara morfologi, daerah penelitian di Kota Dili tergolong sebagai daerah pegunungan tengah. Berdasarkan analisis pola kontur pada peta topografi, daerah ini dapat dibagi menjadi empat jenis geomorfologi: satuan dengan gelombang lembut, satuan dengan gelombang tegas, daerah pegunungan, dan satuan endapan aluvial. Kesemua satuan ini mencakup sekitar 10% dari total luas wilayah Kota Dili, dengan ketinggian antara 20 hingga 50 meter di atas permukaan laut. Karakteristiknya termasuk perbukitan yang curam dengan kontur yang rapat dan lereng yang terjal (kemiringan antara 300 hingga 450 ).

Variasi kemiringan lereng di daerah ini memengaruhi aliran air yang mengalir di sana. Lereng yang sangat curam memiliki aliran yang lebih cepat dibandingkan dengan lereng yang landai. Akibatnya, air hujan dari lereng yang curam dan tinggi cenderung mengalir ke arah yang lebih rendah, yang dapat menyebabkan banjir dengan material seperti batuan, tanah, dan lumpur. Ilustrasi yang lebih rinci dapat dilihat pada **Gambar 2** di bawah ini.

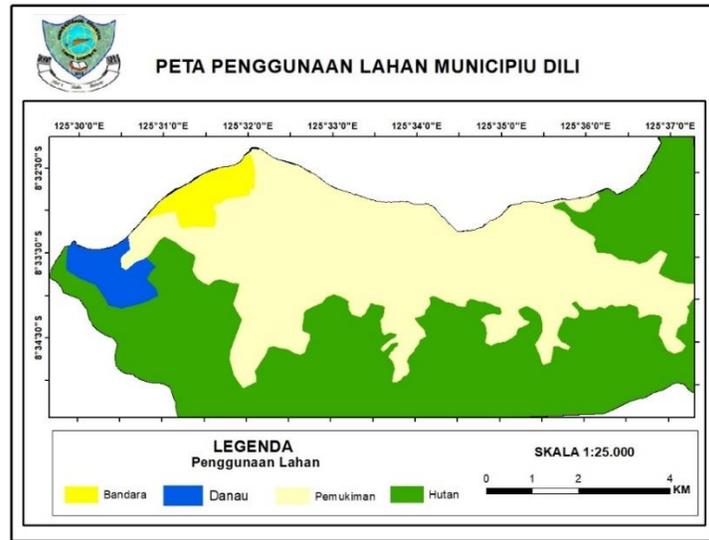


**Gambar 2.** Peta kemiringan lereng daerah penelitian

### *Penggunaan Lahan di Area Penelitian*

Perubahan tata guna lahan akibat pembangunan juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir. Banyak lahan yang semula berupa lahan terbuka berubah fungsi menjadi area permukiman maupun perkantoran. Perubahan fungsi lahan dari lahan terbuka menjadi daerah terbangunan mengakibatkan peningkatan air limpasan. Peta penggunaan lahan

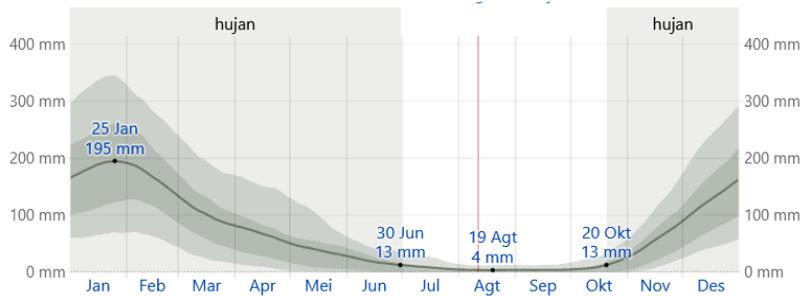
berfungsi untuk mengetahui pemanfaatan lahan di daerah penelitian, dapat dilihat pada **Gambar 3**.



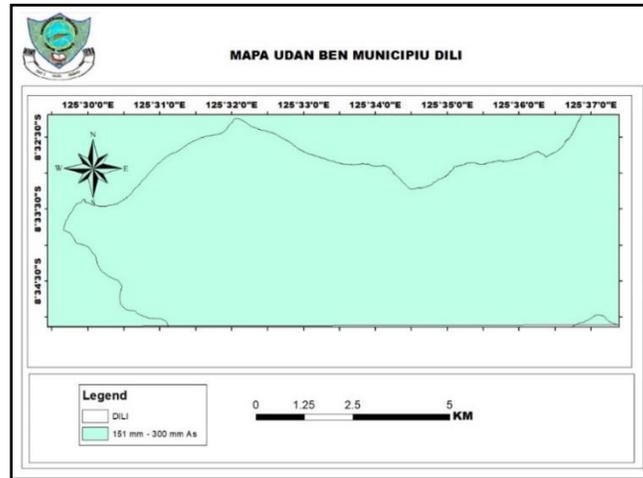
**Gambar 3.** Penggunaan Lahan Daerah Penelitian

### **Curah Hujan**

Di daerah penelitian, tahun 2021 mencatat curah hujan tertinggi mencapai 2181,2 mm<sup>3</sup>. Perubahan seperti itu berpotensi meningkatkan tingkat pelapukan, yang dapat melemahkan material seperti tanah dan batuan, serta meningkatkan risiko longsor saat hujan deras. Air yang mengalir dengan kecepatan tinggi dapat mengangkut material tersebut di lereng curam, menuju permukiman di daerah dataran rendah, yang berpotensi menyebabkan banjir dan mengancam keselamatan warga sekitar. Topografi daerah penelitian terlihat tinggi dengan kemiringan lereng yang beragam, sementara penggunaan lahan yang merata di dataran rendah juga mempengaruhi potensi banjir, seperti yang terlihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** terkait rata-rata dan pola curah hujan.



**Gambar 4.** Rata-rata Curah Hujan Bulanan di Dili



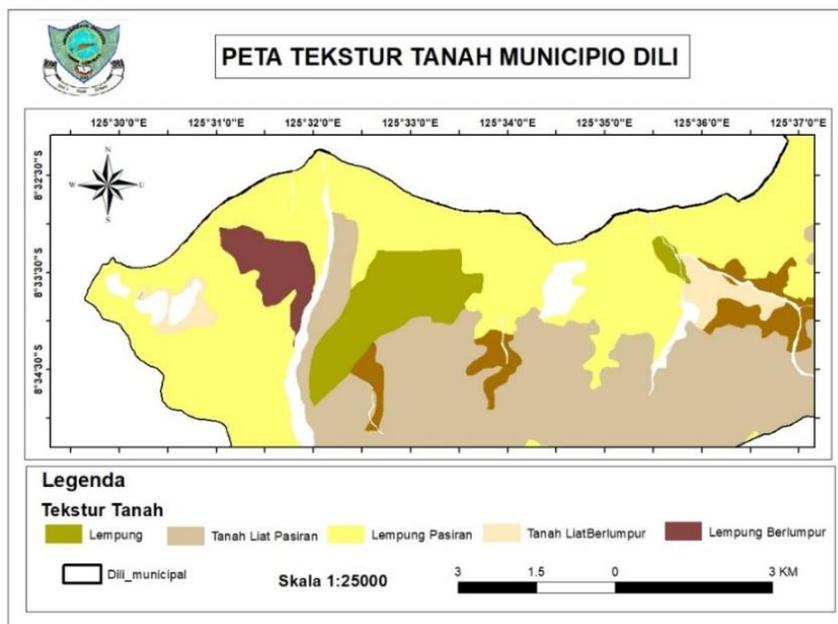
**Gambar 5.** Peta Curah Hujan daerah penelitian

### ***Potensi Kerawanan Banjir di Daerah Penelitian Kota Dili***

Menurut penelitian, area-area di Dili yang sering mengalami banjir meliputi Comoro (Rotunda Pres. Nicolau Lobato), Caicoli, Avanca, Bairro-Pite, Hudi-Laran, Lanud, Manleoana (Dili Institute of Technology), Kampung Alor, Pantai Kelapa, Merkadu-Lama dan Kintal ki'ik, Virgoloja, Vila-Verde, Bemori, Audian, Mota Maloa, Bekusi, Taibesi, Becora Benamauc Mota ulun, dan Bidau. Wilayah-wilayah ini dikenal rawan banjir karena topografi mereka yang cenderung datar dan tanah yang terdiri dari material alluvial, yang menghambat air untuk meresap dengan cepat [3-6]. Menurut hasil penelitian, faktor-faktor yang berperan dalam seringnya banjir termasuk topografi, intervensi manusia, dan kondisi infrastruktur [7-14].

### ***Faktor topografi***

Berdasarkan hasil penelitian dilihat dari peta topografi daerah penelitian kota Dili disekelilingi oleh pengunungan sehingga pada saat terjadinya hujan, air hujan dari pengunungan cepat membanjiri kota Dili karena dilihat dari hasil analisis laboratorium sifat fisik tanah tergolong dalam tanah aluvial sehingga permeabilitasnya rendah dan tidak mudah untuk terinfiltrasi air dengan cepat. Untuk peta tanah dapat dilihat pada **Gambar 6** dibawah ini.



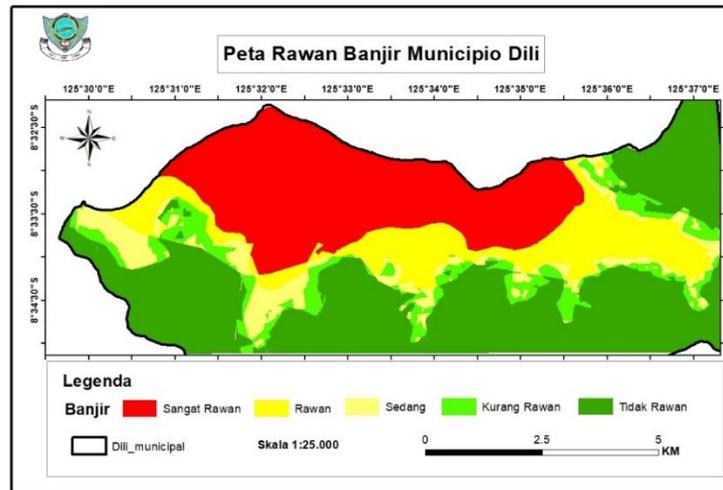
**Gambar 6.** Peta Tanah pada daerah Penelitian

### ***Faktor Manusia***

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penambahan penduduk dari tahun ke tahun, sehingga bertambahnya tempat tinggal atau perumahan, kantor-kantor serta sebagian penduduk yang mendirikan rumah di dekat lereng dan sungai sehingga pada saat hujan lebih mudah terkena banjir.

### ***Faktor infrastruktur***

Dari hasil pengamatan infrastruktur seperti jalan raya dan drainage yang dikonstruksi oleh pemerintah tidak dapat direhabilitasi dengan baik dan disamping itu tidak mempunyai kualitas yang baik sehingga pada saat hujan deras mudah rusak. Peta rawan banjir dari hasil analisis *overlay* dari kelima peta [15], antara lain peta geologi regional, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta curah hujan dan peta tanah dapat dilihat pada **Gambar 7** di bawah ini.



**Gambar 7.** Peta Rawan Banjir di Dili

### ***Penanggulangan yang Tepat untuk Mengurangi Resiko Terjadinya Banjir***

Upaya untuk mengurangi risiko banjir di Kota Dili meliputi beberapa langkah penting [16-20]. Pertama, masyarakat perlu menyadari pentingnya membuang sampah pada tempatnya, terutama menghindari pembuangan sampah ke sungai yang dapat mempengaruhi aliran air dan menyebabkan banjir saat curah hujan tinggi. Menjaga lingkungan sekitar sungai atau selokan juga krusial, dengan tidak menggunakan sungai sebagai tempat pembuangan sampah. Selain itu, membangun rumah di pinggir sungai harus dihindari untuk mengurangi potensi banjir. Program tebang pilih dan reboisasi perlu diterapkan untuk menghidupkan kembali wilayah yang terlanjur gundul, memperkuat struktur tanah, serta mengurangi risiko erosi. Terakhir, rajin membersihkan saluran air menjadi tindakan preventif lainnya yang efektif untuk mengurangi risiko banjir, dengan melakukan perbaikan dan pembersihan secara berkala agar aliran air tetap lancar dan terkendali [21-25].

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis data dan diskusi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa wilayah penelitian dapat dibagi menjadi empat jenis bentuk geomorfologi, yaitu daerah bergelombang ringan, daerah bergelombang yang curam, pegunungan, dan daerah endapan alluvial. Batuan yang membentuk wilayah ini utamanya terdiri dari batuan metamorf, seperti sekis dan filit, serta batupasir dari formasi Aileu. Stratigrafi Kota Dili termasuk dalam formasi Aileu dengan empat satuan batuan berbeda, termasuk metamorf Aileu, intrusi gabro ultrabasa, granit, dan diorit. Pembagian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan batuan berdasarkan sumbernya, deskripsi, serta proses genetik yang mencakup struktur dan tekstur batuan yang terlihat di lapisan batuan.

Daerah-daerah seperti Comoro (Rotunda Pres. Nicolau Lobato), Caicoli, Avanca, Bairro-Pite, Hudi-Laran, Lanud, Manleoana (Dili Institute of Technology), Kampung Alor, Pantai Kelapa, Merkadu-Lama, Kintal ki'ik, Virgoloja, Vila-Verde, Bemori, Audian, Mota Maloa, Bekusi, Taibesi, Becora Benamauc Mota ulun, dan Bidau memiliki risiko tinggi

terkena banjir karena tanah alluvial yang memiliki tingkat permeabilitas rendah untuk menyimpan air dengan cepat. Upaya mengurangi risiko banjir dapat dilakukan dengan cara membuang sampah pada tempatnya, menjaga kebersihan lingkungan, menghindari membangun di tepi sungai, menerapkan kebijakan pengelolaan hutan yang berkelanjutan, rutin membersihkan saluran air, serta melakukan sosialisasi kepada penduduk di daerah rawan banjir tentang rute evakuasi, lokasi tempat evakuasi, penyimpanan dokumen penting, dan langkah-langkah lain untuk meningkatkan keamanan mereka.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Dalam melaksanakan penelitian serta penyusunan artikel ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Universitas Timor Loresa'e (UNITAL) yang telah memberikan dukungan berupa dana dalam melakukan penelitian ini.

#### **KONFLIK KEPENTINGAN**

Penulis mendeklarasikan tidak adanya konflik kepentingan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] D. E. H. U. Abast, et al., "Tingkat Kerentanan Terhadap Bahaya Banjir di Kalurahan Kota Ranotana," *Jurnal Perencanaan, Manado: Universitas Sam Ratulangi*, 2015.
- [2] S. Adi, "Karakteristik Bencana Banjir Bandang di Indonesia," *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, vol. 15, no. 1, 2013.
- [3] M. D. Aji, et al., "Identifikasi Zona Rawan Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Dengkeng)," *Jurnal Geodesi*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [4] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air Edisi Kedua*, Bogor: IPB Press, 2010.
- [5] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 2010.
- [6] R. Fachri, "Pemantauan daerah Banjir Berbasis Spasial (Studi Kasus: Cabut," 2015.
- [7] Himawan, dalam Eko, T. P., "Modul Manajemen Bencana Pengenalan Banjir Untuk Penanggulangan Bencana," diakses dari [www.pedulibencana.or.id](http://www.pedulibencana.or.id), diakses 27 Oktober 2020.
- [8] *Banjir Untuk Penanggulangan Bencanal* diakses dari [www.pedulibencana.or.id](http://www.pedulibencana.or.id), diakses 27 Oktober 2020.
- [9] A. D. Howard, "Drainage Analysis in Geologic Interpretatioj: A Summation," *AAPG Bulletin*, vol. 51, no. 11, 1967.
- [10] A. M. Imran et al., "Kajian Naskah Akademik Master Plan Penanggulangan Risiko Bencana Banjir Bandang," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [11] Isnugroho, "Tinjauan Penyebab Banjir dan Upaya Penanggulangannya Alami," *Jurnal Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana*, vol. 7, no. 2, Jakarta, 2002.
- [12] M. C. Larsen, M. T. V. Conde, and R. A. Clark, "Landslide Hazards Associated with Flash-Floods," 2001.
- [13] S. Lugal, "Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir," *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, 2008.
- [14] S. P. Nugroho, "Kajian Ketangguhan Masyarakat Dari Ancaman Bencana Banjir," *Jurnal Alami*, vol. 17, no. 1, Jakarta, 2012.

- [15] E. Partoyo, E. Hermanto, and S. Bachri, "Peta Geologi Lembar Baucau," 1995.
- [16] A. J. Pratomo, "Analisis Kerentanan Banjir di Daerah Aliran Sungai Sengkarang Kabupaten Pekalongan Provinsi Jawa Tengah dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis," Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2008.
- [17] B. D. Putra et al., "Analisis Kerawanan Banjir Pada Kawasan Terbangun Berdasarkan Klasifikasi Indeks EBBI Menggunakan SIG (Studi Kasus di Kabupaten Demak)," *Jurnal Geodesi*, vol. 8, no. 1, Universitas Diponegoro, 2019.
- [18] C. Price, "Early Warning System to Predict Flash Flood," Geophysics and Planetary Physics Department, Tel Aviv University, Israel, 2009.
- [19] A. Purnama et al., "Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis," dalam S. Sudirman et al., *Jurnal Implementasi Rencana Tata Ruang dan Perencanaan Kolaborasi*, 2008.
- [20] L. G. Sedogo, "Integration of Local Participatory and Regional Planning for Resources Management Using," *Magnificus of Wageningen University*, 2002.
- [21] Suhardiman, "Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Sub DAS Walanae Hilir," Makasar: Universitas Hasanuddin, 2012.
- [22] S. J. Thompson, "Geology and Soils in Timor-Leste," 2011.
- [23] H. Tjia, "Tectonic depressions along the transurrence Sumatera fault zone," *Geology Indonesia*, 1977.
- [24] L. Utama et al., "Kajian Kerentanan Kawasan Berpotensi Banjir Bandang dan Mitigasi Bencana pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Kota Padang," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [25] R. V. Zuidam, "Aerial photo Interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping," Netherlands: Smiths, 1985.