

PEMETAAN AREA POTENSI BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI) DI KECAMATAN CIGUDEG KABUPATEN BOGOR

(Mapping Flood Potential Area using Topographic Wetness Index (TWI) in Cigudeg District Bogor Regency)

Mohamad Mahfudz, Bambang Riadi, Irfan Rifaldi

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Pakuan
Jl. Pakuan, Tegalega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor Jawa Barat
E-mail: m.mahfudz59@gmail.com

Diterima: 10 Oktober 2021; Direvisi: 29 Februari 2022; Disetujui untuk dipublikasikan: 29 Maret 2022

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana yang sering terjadi di Kabupaten Bogor, terutama Kecamatan Cigudeg. Secara hidrologis, Kecamatan Cigudeg dialiri daerah aliran sungai Ci Durian dengan debit air mencapai 2.648,04 m³/detik, rata-rata curah hujan 2.225 mm/tahun dan suhu udara antara 25-26°C. Kecamatan Cigudeg merupakan daerah lereng perbukitan dengan kemiringan lereng >30⁰ dengan tutupan dan penggunaan lahan berupa belukar, kebun campuran dan perkampungan, sedangkan area di bagian bawah lereng berupa alur sungai, persawahan dan tegalan. Untuk mengantisipasi bencana banjir tersebut maka diperlukan peta potensi banjir. Metode *Topographic Wetness Index (TWI)* sangat efektif untuk memvisualkan adanya area dengan potensi banjir khususnya di wilayah lereng. TWI dapat menilai secara kuantitatif efek topografi lokal terhadap limpasan air hujan karena nilai TWI mampu menggambarkan tingkat kebasahan lahan yang diasumsikan berasosiasi dengan kerawanan terhadap bencana banjir, khususnya banjir genangan. Penelitian ini bertujuan memetakan area potensi banjir yang berada di Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor berdasarkan data dari DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*). Indeks TWI Kecamatan Cigudeg memiliki rentang kelembaban sebesar 9,657-22,185 RH. Nilai indeks tersebut menunjukkan daerah potensi bahaya banjir sangat tinggi dengan cakupan luas 1% dari luas wilayah yang dipetakan dalam penelitian ini yaitu 184.176,314 ha.

Kata Kunci: Kecamatan Cigudeg, potensi banjir, TWI

ABSTRACT

Flood is a disaster that often occurs in Bogor Regency, especially in Cigudeg District. Hydrologically, Cigudeg District is drained by the Ci Durian watershed with a water discharge reaching 2,648.04 m³/s, an average rainfall of 2,225 mm/year and air temperature between 25°C-26°C. Cigudeg District is a hillside area with a slope of >30⁰; the land use and land cover of the area include shrubs, mixed gardens and villages, while the downhill area consisted of river flows, rice fields and moors. To anticipate flood disasters, a flood potential map is needed. Topographic Wetness Index (TWI) is an effective way to visualize the flood potential areas especially in a sloping area. TWI can quantitatively assess the effect of local topography on runoff due to rainfall because the TWI value is able to describe the level of wetness of the land which is assumed to be associated with the vulnerability to flood, especially flood inundation. This study aims to map the potential flood area in Cigudeg District, Bogor Regency based on data from DEMNAS (the National Digital Elevation Model). The TWI index of Cigudeg District has humidity values ranging from 9.657 – 22.185 RH. These index values indicate a very high potential for flood covering 1% of the mapped area in this study which is equal to 184,176.314 ha.

Keywords : Cigudeg District, flood potential, TWI

PENDAHULUAN

Cigudeg adalah kecamatan di Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia. Secara geografis, Cigudeg terletak pada 6°23'38" sampai 6°32'54" LS dan 106°29'24" sampai 106°31'51" BT dengan ketinggian rata-rata 800 m di atas permukaan laut (dpl). Cigudeg berbatasan dengan Kecamatan Jasinga, Tenjolaya, Rumpin, Parung Panjang dan

Leuwiliang. Suhu udara Kecamatan Cigudeg rata-rata berkisar antara 25-26°C. Curah hujan Cigudeg berada pada kisaran 2.500-5.000 mm/tahun. Dengan curah hujan yang tinggi tersebut Kecamatan Cigudeg sering terjadi banjir (BPS Kabupaten Bogor, 2021).

Banjir merupakan kejadian bencana yang paling sering terjadi di Indonesia. Kejadian banjir mengakibatkan kerugian bagi masyarakat dan

kerusakan bagi lingkungan. Banjir dipicu oleh beberapa faktor antara lain faktor hidrometeorologi, topografi, geologi, tanah dan aktivitas manusia (Nucifera & Putro, 2018). Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)-Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), terlihat bahwa dari 1.800 kejadian bencana pada periode tahun 2005 hingga 2015, lebih dari 78% (11.648 kejadian) merupakan bencana hidrometeorologi (Amri et al., 2016). Salah satu bencana hidrometeorologi adalah banjir akibat curah hujan. Curah hujan turun berlebih pada sebagian besar wilayah Indonesia di sepanjang tahun 2010, bahkan terjadi selama periode musim kemarau pada bulan Juni sampai Agustus. Pada puncak musim kemarau, yaitu bulan Juli, anomali curah hujan di Benua Maritim Indonesia (BMI) terjadi antara +50 sampai +200 mm (Yulihastin & Fathrio, 2011). Secara klimatologi, wilayah Kabupaten Bogor termasuk iklim tropis sangat basah di bagian selatan dan iklim tropis basah di bagian utara, dengan rata-rata curah hujan tahunan 2.000-6.000 mm/tahun, kecuali di wilayah bagian utara dan sebagian kecil wilayah timur di mana curah hujannya kurang dari 2.500 mm/tahun. Selain curah hujan, banjir juga sering terjadi karena pendangkalan aliran sungai (Pemkab Bogor, 2019).

Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang membentuk satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya. DAS mempunyai fungsi sebagai penampung, penyimpanan dan sebagai daerah aliran air ke suatu badan air secara alami (RI, 2012).

Daerah rawan banjir merupakan daerah yang berpotensi mengalami banjir. Daerah rawan banjir ditentukan berdasarkan parameter alami DAS dan manajemen. Parameter alami DAS meliputi bentuk lahan, *meandering* pembelokan sungai, pertemuan percabangan sungai dan *drainase* lahan/kelerengan rata-rata DAS (Paimin et al., 2010).

Parameter manajemen yaitu keberadaan bangunan air pengendali banjir. Masing-masing parameter diberi skor dan bobot sesuai pengaruhnya dalam penentuan daerah rawan banjir (Paimin et al., 2010). DAS Ci Durian yang berada di Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor memiliki debit air mencapai 2.648,04 m³/detik dan curah hujan rata-rata 2.255 mm/tahun (BPS Kabupaten Bogor, 2019).

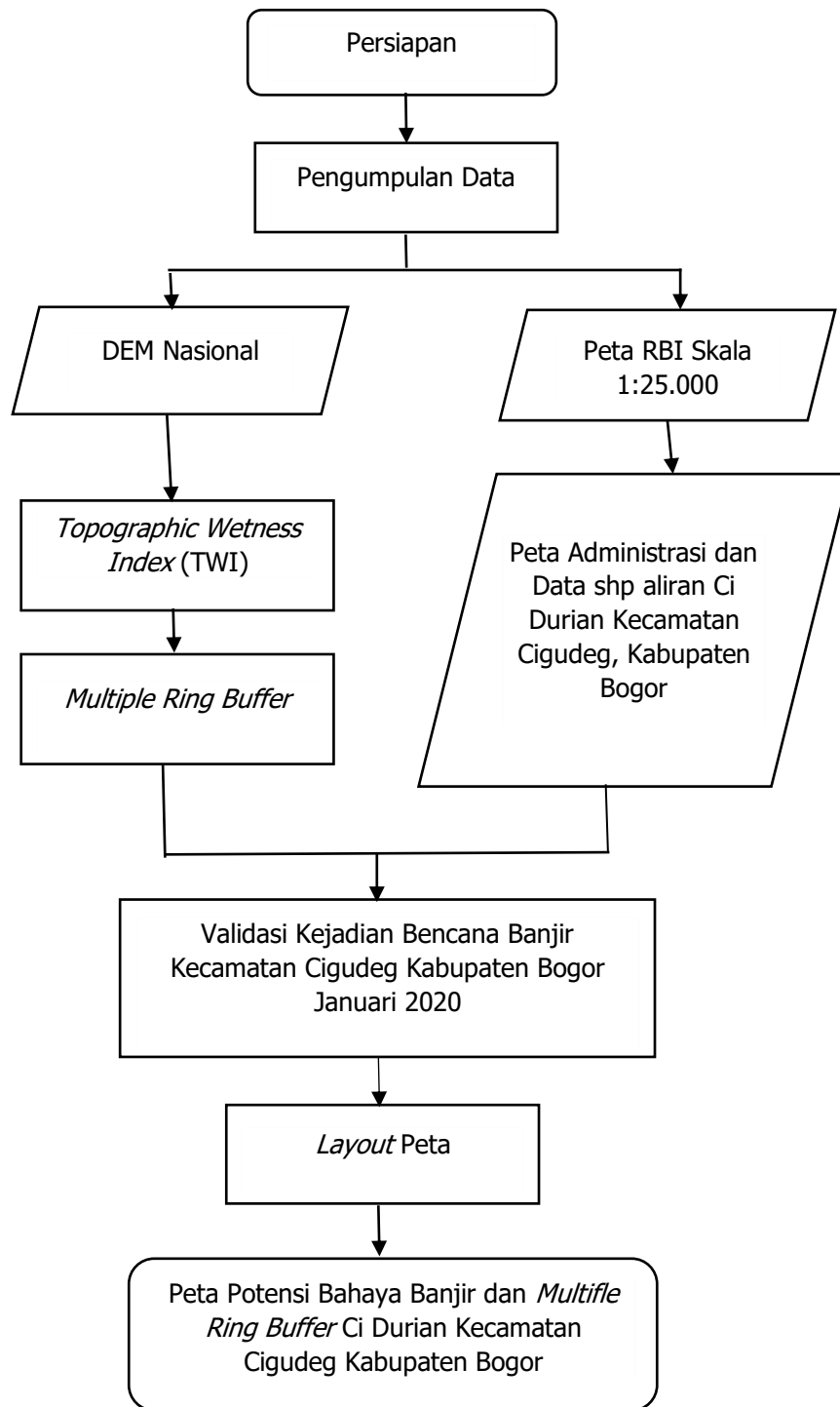
Sungai Ci Durian hampir setiap tahun mengalami banjir di beberapa wilayah di DAS Ci Durian hilir. Banjir yang terjadi di DAS Ci Durian salah satunya disebabkan oleh tingginya curah hujan sehingga tanggul penahan dan *drainase* yang ada di DAS tersebut tidak mampu menahan

tingginya aliran sungai. Fluktuasi debit yang tidak normal digambarkan oleh debit aliran sungai yang sangat tinggi, sehingga sungainya meluap dan menyebabkan banjir pada saat musim hujan, dan debit aliran sungai yang sangat rendah pada saat musim kemarau. Hal itu menyebabkan terganggunya aktivitas kehidupan masyarakat di sekitar Sungai Ci Durian (Kusumo & Nursari, 2016).

Topographic Wetness Index (TWI) merupakan metode kuantifikasi kontrol topografi terhadap proses hidrologi (Hojati & Mokarram, 2016). Sebaran spasial kondisi hidrologi dapat dipetakan menggunakan metode ini. TWI menilai secara kuantitatif efek topografi lokal terhadap limpasan air hujan (Qin et al., 2009). Nilai TWI mendeskripsikan kecenderungan akumulasi air pada sebuah lereng berdasarkan gaya gravitasi yang mengontrol aliran air (Hojati & Mokarram, 2016). TWI dapat diaplikasikan secara efektif untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir dengan memetakan daerah yang mengalami genangan (Aksoy et al., 2016). Pemodelan banjir berfungsi untuk membangun sistem peringatan dini banjir. Salah satu parameter dalam pemodelan banjir adalah TWI. TWI yang dikombinasikan dengan SPI (*Standard Precipitation Index*) digunakan untuk memodelkan banjir (Haas, 2010). TWI dihitung dari *Digital Elevation Model* (DEM). Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui jumlah kelembaban di dalam tanah (Karlsson, 2005). Secara konseptual, nilai TWI menggambarkan tingkat kebasahan lahan yang diasumsikan berasosiasi dengan kerawanan terhadap bencana banjir, khususnya banjir genangan. Penilaian TWI diimplementasikan dengan menggunakan DEM dalam bentuk *Digital Terrain Model* (DTM). DEM merupakan data digital yang berisi informasi tentang elevasi. Di Indonesia, DEM diperoleh dari titik elevasi atau kontur di peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) (Iswari & Anggraini, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk memetakan area potensi banjir yang berada di Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor berdasarkan data dari *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS).

METODE

Analisis spasial sangat efektif dalam pengolahan dan analisis data, sehingga mempercepat proses pengambilan keputusan pada bidang yang sedang dikaji. Pada penelitian ini, pengumpulan data merupakan langkah pertama yang dilakukan, kemudian dilakukan proses analisis data untuk memperoleh hasil dan proses validasi. Untuk lebih jelasnya, proses pengolahan data bisa dilihat pada diagram alir **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Persiapan studi literatur dan persiapan peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu perangkat laptop dengan spesifikasi sebagai berikut: processor intel i3, CPU 1,80 GHz; sistem operasi 64 bit; memori 2GB; dan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Data yang digunakan adalah: *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) resolusi 0,27 *arc-second*; Peta RBI skala 1:25.000; Peta Administrasi (BIG, NDa); dan *shapefile* aliran sungai Ci Durian (Amri et al., 2016). Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data DEMNAS. DEMNAS diunduh dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG, NDb). DEMNAS

dibangun dari beberapa sumber data, yaitu data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11,25m), dengan menambahkan data *masspoint* hasil stereo-plotting. Resolusi spasial DEMNAS adalah 0.27-*arcsecond*, dengan menggunakan datum vertikal EGM2008. Tahapan pengolahan tutupan lahan ditunjukkan melalui **Gambar 2**.

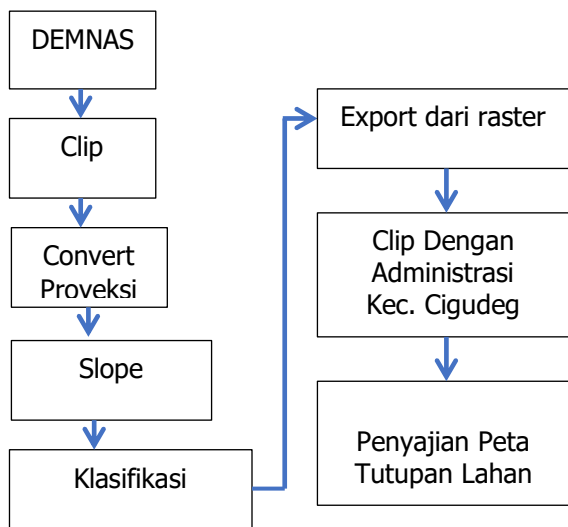
DEM digunakan sebagai data dasar dalam analisis TWI yang diintegrasikan dengan SIG (*Sistem Informasi Geografis*). Pengolahan data DEM menjadi TWI dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS*. Penilaian TWI diimplementasikan

dengan menggunakan DEM dalam bentuk DTM. Formula TWI sebagaimana yang dikembangkan oleh Beven & Kirkby (2009) seperti **Persamaan 1**.

$$TWI = \ln \frac{\alpha}{\tan \beta} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- TWI : *Topographic Wetness index*
- α : Akumulasi lereng bagian atas yang mengalirkan air pada suatu titik di setiap unit kontur
- β : Sudut lereng



Gambar 2. Diagram alir pembuatan peta tutupan lahan.

Penentuan daerah rawan banjir dilakukan berdasarkan hasil perhitungan TWI setelah dilakukan normalisasi. Normalisasi data TWI dilakukan untuk mempermudah analisis data (Nucifera & Putro, 2018). Proses normalisasi nilai TWI menggunakan **Persamaan 2**.

$$\text{Normalisasi TWI} = \frac{a + ((x-A)(b-a))}{(B-A)} \dots\dots\dots (2)$$

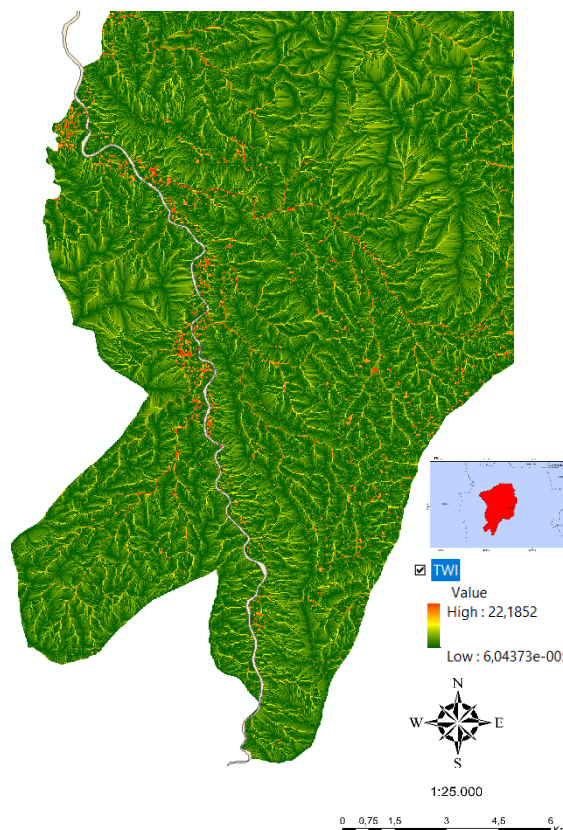
dimana:

- a = nilai normalisasi terendah, yaitu 0
- b = nilai normalisasi tertinggi, yaitu 1
- x = nilai TWI
- A = nilai TWI aktual terendah
- B = nilai TWI aktual tertinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

TWI digunakan sebagai indikator pengaruh topografi terhadap limpasan, arah dan akumulasi aliran. Nilai TWI menggambarkan tingkat kebasahan lahan. Tingkat kebasahan tinggi diakibatkan oleh adanya tanah yang jenuh akibat akumulasi aliran sehingga daerah dengan nilai TWI tinggi diasumsikan rawan terhadap banjir (Miardini & Saragih, 2019). Nilai TWI didasarkan pada topografi wilayah tersebut. Penentuan nilai TWI

merupakan hasil perhitungan elevasi pada data DEM. Nilai TWI maksimum adalah sebesar 22,1852, sedangkan nilai minimumnya adalah 6,0437. Semakin tinggi nilai TWI menandakan semakin besar akumulasi airnya pada daerah tersebut (**Gambar 3**). Nilai TWI yang tinggi berasosiasi dengan dataran dan cekungan. Pada kasus ini, besarnya nilai TWI berasosiasi dengan tingginya kerapatan aliran. Daerah dengan nilai TWI yang tinggi berada dekat dengan saluran, baik itu sungai ataupun saluran irigasi (Nucifera & Putro, 2018).



Gambar 3. Hasil TWI dan nilainya.

Penentuan lokasi yang berpotensi terjadinya banjir berasal dari *overlay* peta administrasi dengan data DEMNAS wilayah Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor. Hasil keseluruhan pengolahan data ditampilkan ke dalam Peta Potensi Bahaya Banjir dengan skala 1:25.000. **Gambar 4** menyajikan peta potensi bahaya banjir di Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor. Keakuratan TWI, seperti halnya model hidrologi lainnya, bergantung pada permukaan topografi. Adanya DEM dengan resolusi spasial yang tinggi memungkinkan untuk diimplementasikan dari model spasial untuk daerah tangkapan air. Oleh karena itu, secara hidrologi, DEM yang baik diperlukan untuk mengembangkan TWI yang tepat dan deliniasi daerah rawan banjir (Hojati & Mokarram, 2016).

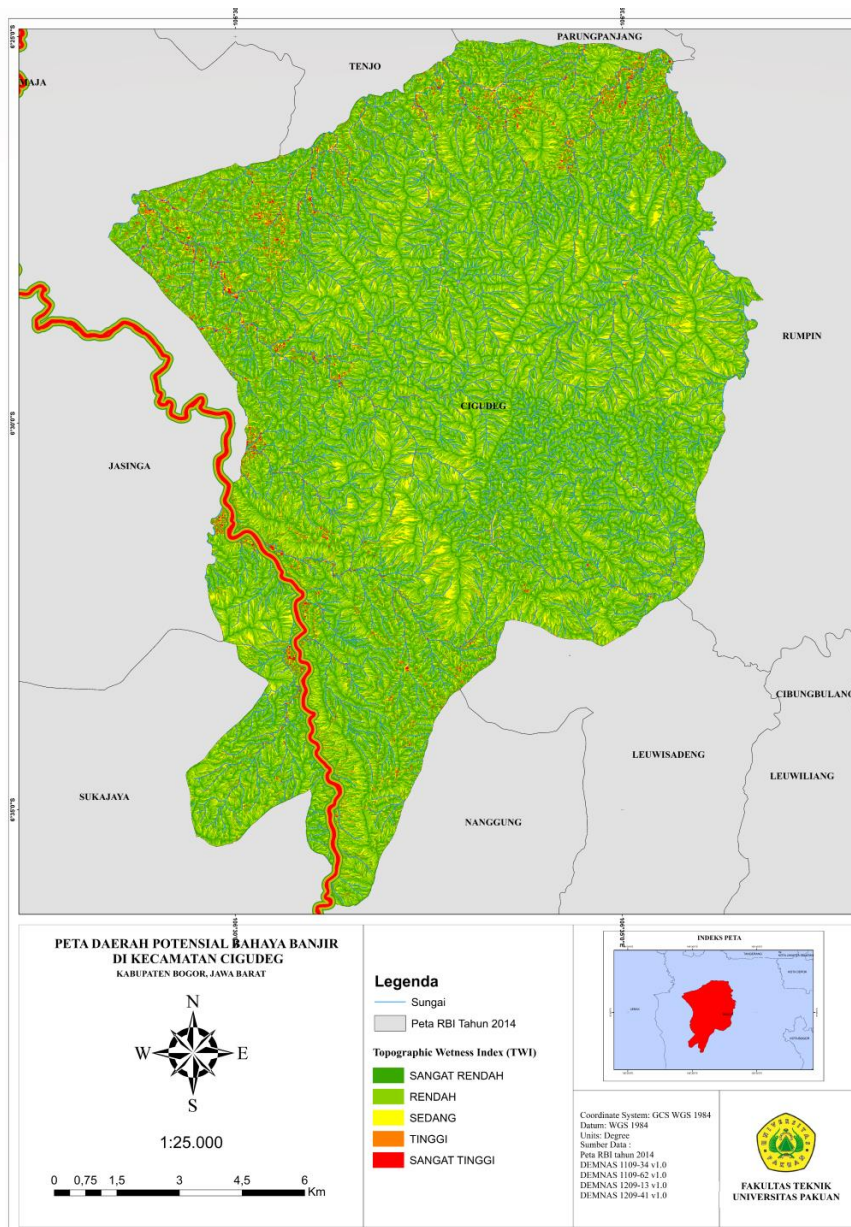
Gambar 4 menerangkan bahwa warna-warna pada muka peta tersebut menunjukkan tingkat risiko potensi banjir yang berada pada tingkatan

berisiko sangat tinggi hingga risiko paling rendah. Warna merah menandakan tingkat risiko sangat tinggi dengan nilai indeks sebesar 9,657-22,185. Warna jingga menunjukkan tingkat risiko tinggi dengan nilai indeks 5,568-9,657. Warna kuning menunjukkan tingkatan tingkat risiko sedang dengan nilai indeks 2,784-5,568. Warna hijau muda menunjukkan tingkatan risiko rendah dengan nilai indeks 1,044-2,784. Warna hijau merupakan tingkatan risiko sangat rendah dengan nilai indeks 0,000-1,044 hal itu juga menggambarkan bahwa area tersebut landai dan kering.

Klasifikasi dari grid yang dibutuhkan untuk membantu interpretasi. Interpretasi sering dibuat dalam bentuk penilaian seperti 'risiko tinggi', 'risiko menengah' dan 'risiko rendah'. Dalam kasus ini, diinginkan untuk menunjukkan jalan penuh warna nilai-nilai, kelas-kelas ini juga dapat ditampilkan pada peta dalam bentuk kontur (BNPB, 2012). Berdasarkan hasil analisis nilai TWI DAS Ci Durian

Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor, rentang indeks berkisar antara 0,000-22,185. Nilai kerawanan terjadinya potensi bahaya banjir diklasifikasi dalam 5 (lima) kelas berdasarkan metode quantile. Untuk rinciannya bisa dilihat pada **Tabel 1**.

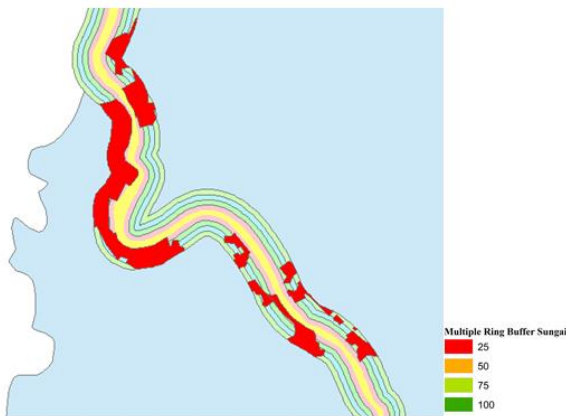
Untuk mengidentifikasi jangkauan wilayah yang berisiko bencana banjir dari DAS Ci Durian, dilakukan analisis spasial berupa *buffering*. Pada penelitian ini, proses *buffer* dan klasifikasi dilakukan menggunakan *Multiple Ring Buffer* dengan jarak terjauh 100 m. Hal ini dikarenakan jarak yang terdampak banjir tahun 2020 kurang lebih 50 m dari sempadan Sungai Ci Durian. Setelah dilakukan *buffer* 25 m, 50 m, 75 m dan 100 m dari sempadan Sungai Ci Durian, kemudian dilakukan proses *intersect* data shapefile pemukiman. Dari proses *buffering* tersebut, dibuat peta *buffering* seperti **Gambar 5**.



Gambar 4. Peta potensi banjir.

Tabel 1. Tingkat potensi bahaya banjir berdasarkan nilai TWI.

Nilai Index TWI	Tingkat Bahaya Banjir	Luas Kelas (ha)	Persentase (%)
0,000 – 1,044	Sangat Rendah	62.754,960	34
1,044 – 2,784	Rendah	82.869,370	45
2,784 – 5,568	Sedang	29.688,630	16
5,568 – 9,657	Tinggi	6.349,458	4
9,657 – 22,185	Sangat Tinggi	2.513,869	1
Luas yang dipetakan		184.176,314	100



Gambar 5. Hasil klasifikasi *buffering*.

Pada **Gambar 5**, area berwarna merah menandakan bahwa jarak asumsi 25 m sangat berpotensi terkena dampak bahaya banjir sangat tinggi. Sementara itu, yang berwarna oranye dengan asumsi jarak 50 m berpotensi terdampak banjir tinggi, warna hijau muda dengan asumsi jarak 75 m berpotensi banjir pada tingkatan sedang dan warna hijau tua dengan jarak 100 m potensi terdampaknya rendah dari bahaya banjir. Untuk mengetahui cakupan berapa luas yang berpotensi terkena dampak banjir bisa dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Tingkat potensi bahaya banjir DAS Ci Durian berdasarkan *multiple ring buffer*.

Jarak (m)	Tingkat Bahaya Banjir	Luas (ha)
0 – 25	Sangat Tinggi	96.195
25 – 50	Tinggi	60.101
50 – 75	Sedang	59.769
75 – 100	Rendah	59.290
Luas Daerah <i>Buffer</i>		274.755

KESIMPULAN

Pemetaan potensi bahaya banjir di Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor dengan metode TWI mampu memvisualkan dengan baik potensi bahaya banjir di daerah tersebut. TWI menggambarkan nilai indeks kebasahan lahan dihitung berdasarkan kondisi topografi yang dikelompokkan menjadi 5

interval. Nilai indeks kelembaban tertinggi 9,657 - 22,185, merupakan daerah potensi bahaya banjir sangat tinggi terdapat di Desa Sukamaju, Rengasajar, Tegallega dan Batujajar dengan luas wilayah 2.513,87 ha atau 1%, sedangkan wilayah dengan potensi bahaya banjir sangat rendah seluas 62.754,96 ha atau 34% dari luas wilayah yang dipetakan yaitu 184.176,31 ha. Luas jangkauan wilayah yang berisiko bahaya banjir didasarkan pada hasil *buffering*, dimana pengklasifikasiannya menggunakan *Multiple Ring Buffer*. Potensi bahaya banjir yang sangat tinggi seluas 96,195 ha dengan jarak *buffer* 25 m, sedangkan wilayah dengan potensi bahaya banjir rendah seluas 59,290 ha dengan jarak *Buffer* 75-100 m dari sempadan Sungai Ci Durian, total luas *buffering* adalah 274,755 ha.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Aparatur Pemerintah Kecamatan Cigudeg, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bogor dan Badan Informasi Geospasial yang telah menyediakan data dan informasinya untuk mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aksoy, H., Kirca, VSO., Burgan, H.I. & Kellecioglu, D. (2016). Hydrological and Hydraulic Models for Determination of Flood-Prone and Flood Inundation Areas. *IAHS-AISH Proceedings and Reports* 373:137–41. DOI: <https://doi.org/10.5194/piahs-373-137-2016>.

Amri, M.B., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A.W., Ichwana, A.N., Randongkir, R.T. & Septian, R.E. (2016). RBI (Risiko Bencana Indonesia). Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Jakarta. 218hlm.

Beven, K.J. & Kirkby, M.J. (2009). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology *Hydrological Sciences Journal*, 24(1), 43-69. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>.

BIG (Badan Informasi Geospasial). (NDa). Ina-Geoportal. Diakses dari <https://tanahair.indonesia.go.id>. [22 Maret 2021].

BIG. (Badan Informasi Geospasial) (NDb). Pasangsurut. Diakses dari <http://tides.big.go.id/DEMNAS/Jawa.php>. [22 Maret 2021].

- BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Bogor. (2019). *Kecamatan Cigudeg Dalam Angka 2019*. BPS Kabupaten Bogor. Bogor.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Bogor. (2021). *Kabupaten Bogor Dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Bogor. Bogor.
- Haas, J. (2010). *Soil moisture modelling using TWI and satellite imagery in the Stockholm Region*. Master Thesis. School of Architecture and the Build Environment, Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm. Sweden.
- Hojati, M. & Mokarram, M. (2016). Determination of a topographic wetness index using high resolution digital elevation models. *European Journal of Geography* 7(4):41-52.
- Iswari, M.Y. & Anggraini, K. (2018). Demnas: Model digital ketinggian nasional untuk aplikasi kepebisiran. *Oseana* 43(4), 68-80. DOI: <https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.4.2>.
- Karlsson, H. (2005). Book Review Essays: The Contemporary Archaeology of Recent Conflict: John Schofield, *Combat Archaeology: Material Culture and Modern Conflict*. Duckworth London. 2005, 192 pp. *European Journal of Archaeology*, 8(3), 292-295. DOI: <https://doi.org/10.1177/14619571050080030502>.
- Kusumo, P. & Nursari, E. (2016). Zonasi tingkat kerawanan banjir dengan Sistem Informasi Geografis pada DAS Ci Durian Kab. Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)* 1(1):29-38. DOI: <https://doi.org/10.30998/string.v1i1.966>.
- Miardini, A. & Saragih, G.S. (2019). Penentuan prioritas penanganan banjir genangan berdasarkan tingkat kerawanan menggunakan topographic wetness index studi kasus di DAS Solo. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 17(1), 113-119. DOI: [10.14710/jil.17.1.113-119](https://doi.org/10.14710/jil.17.1.113-119).
- Nucifera, F. & Putro, S.T. (2018). Deteksi kerawanan banjir genangan menggunakan Topographic Wetness Index (TWI). *Media Komunikasi Geografi* 18(2), 107-116 DOI: <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12088>.
- Paimin, Sukresno & Purwanto. (2010). *Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Kementerian Kehutanan. Bogor.
- Pemkab (Pemerintah Kabupaten) Bogor. (2019). Rencana Program Investasi Jangka Menengah (RPIJM) Kabupaten Bogor Tahun 2015-2019. Pemerintah Kabupaten Bogor. Bogor.
- Qin, C.-Z., A.-X., Pei, T., Li, B.-L., Scholten, T., Behrens, T. & Zhou, C.-H. (2009). An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. *Precision Agriculture* 12, 32-43. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9152-y>.
- RI (Republik Indonesia). Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Yulihastin, E & Fathrio, I. (2011). Anomali Curah Hujan 2010 di Benua Maritim Indonesia Berdasarkan Satelit TRMM Terkait ITCZ. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains (SNIPS)*, 252-255. 22-23 Juni 2011. Bandung.

Halaman ini sengaja kami kosongkan