

PENGARUH KARAKTERISTIK SUB-DAS GANGGANG TERHADAP BANJIR DI DESA NGULANAN KECAMATAN DANDER KABUPATEN BOJONEGORO

Windarti Eko Rahayu
Mujiyono
Anie Yulistyorini
Nugroho Suryoputro
Gilang Ifdi

Abstrak: Studi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sub DAS Ganggang berupa : (1) tata guna lahan, (2) topografi (Slope), (3) bentuk DAS, (4) kerapatan jaringan dan (5) kekasaran permukaan. Metode yang digunakan dalam studi adalah penelitian deskripsi yang didasarkan observasi lapangan dan studi literatur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sub DAS Ganggang memiliki karakteristik : (1) tata guna lahan sebagian besar sawah (2) topografi masuk kategori datar (3) bentuk DAS radial (4) kerapatan jaringan sedang dan (5) kekasaran permukaan 0,2 mempengaruhi banjir Desa Ngulanan Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro.

Kata-kata kunci: Bentuk DAS Ganggang, karakteristik DAS Ganggang, kekasaran permukaan DAS Ganggang

Abstract: The research was aimed to observe the characteristic of Ganggang sub-watershed in Bojonegoro regency. Several characteristics of Ganggang sub-watershed that observed in this study were (1) land use, (2) topography, (3) shape of the Ganggang sub-watershed, (4) local drainage system, and (5) land use coefficient. Field study observation and literature review were conducted to support this study. The results shown that Ganggang sub-watershed is characterized by several characteristics such as the majority of land use is paddy field, it has very flat topography, the sub-watershed is radial shape, it has medium drainage system, and land use coefficient of 0,2. These characteristics influence the regular flooding in Ngulanan, District Dander of Bojonegoro regency.

Keywords: Ganggang sub-watershed shape, Ganggang sub-watershed characteristics, and land use coefficient.

Indonesia merupakan negara yang memiliki curah hujan tinggi. Curah hujan tinggi menyebabkan beberapa daerah di Indonesia mengalami banjir, termasuk Kabupaten Bojonegoro. Kondisi topografis Kabupaten Bojonegoro merupakan dataran rendah dimana daerah ini dilintasi oleh Sungai Bengawan Solo dan dikelilingi oleh dataran tinggi pegunungan kapur. Kondisi geografis inilah yang menyebabkan beberapa wilayah di Bojonegoro rawan banjir [2]. Salah satu wilayah di

Kabupaten Bojonegoro yang rawan banjir adalah Desa Ngulanan di Kecamatan Dander. Kerusakan yang terjadi pada bencana banjir tersebut terdiri atas 85 rumah dan 65 sawah [6]. Berdasarkan informasi warga setempat banjir tersebut menggenangi ± 200 ha sawah, ± 50 ha pemukiman dengan kedalaman berkisar 1,75 m dan lama genangan mencapai 7 hari.

Banjir merupakan limpasan air yang melebihi dari tinggi muka air normal, sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan

adanya genangan pada lahan yang rendah [5]. Tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dapat menimbulkan kerugian fisik, sosial, dan ekonomi. Banjir terjadi dipengaruhi limpasan permukaan yang akan mengalir kedalam sungai. Limpasan permukaan merupakan air hujan yang tidak dapat terinfiltrasi ke dalam tanah dan besarnya nilai limpasan permukaan dipengaruhi oleh karakteristik DAS [17].

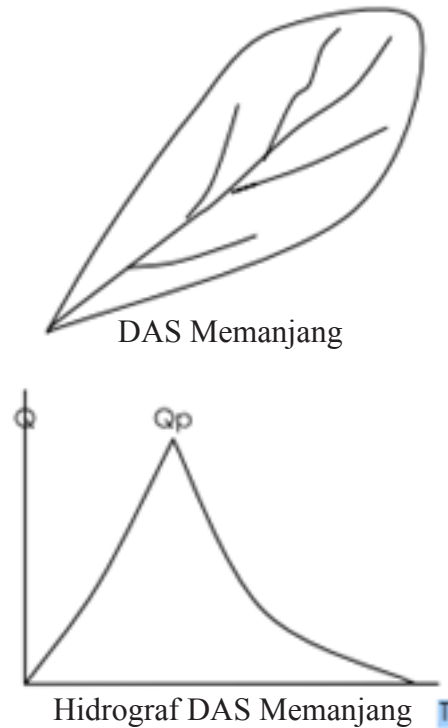
Untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir di Desa Ngulanan tersebut, beberapa karakteristik DAS Sungai Ganggang diteliti untuk mengetahui pengaruh karakteristik DAS tersebut dalam bencana banjir.

Daerah aliran sungai (DAS) adalah entitas hidrologi alami yang memungkinkan limpasan permukaan ke saluran drainase, sungai, atau sungai yang ditentukan pada titik tertentu [4]. Karakteristik DAS seperti ukuran, bentuk, kemiringan, kerapatan jaringan, tata guna lahan, geologi dan tanah, dan vegetasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi berbagai aspek dari limpasan [12].

Bentuk DAS merupakan salah satu karakteristik DAS yang berpengaruh terhadap aliran ketika terjadi hujan. Besar ukuran DAS dan panjang sungai terpanjang mempengaruhi bentuk hidrograf aliran dan puncak aliran [4]. Bentuk-bentuk DAS pada umumnya adalah sebagai berikut [13]:

1. Memanjang (Bulu Burung)

Bentuk DAS memanjang memiliki kondisi dimana anak-anak sungai langsung masuk kedalam induk sungai. Bentuk ini (Gambar 1) menyebabkan debit banjirnya relatif kecil karena perjalanan banjir dari anak sungai berbeda-beda waktunya tetapi banjirnya berlangsung agak lama [17]



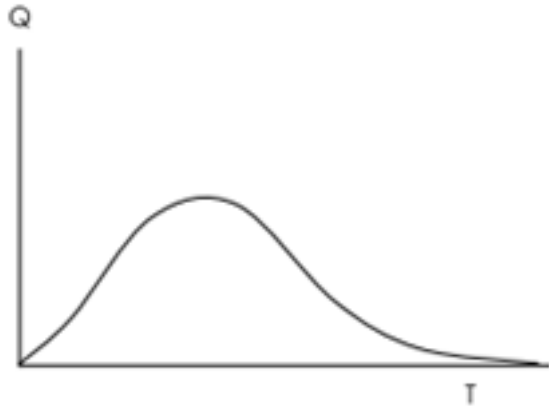
Gambar 1 Bentuk DAS Memanjang dan Hidrograf DAS Memanjang

Sumber : (Sutapa, 2006)

2. Radial (Kipas)

Bentuk ini (Gambar 2) terjadi karena anak-anak sungai berpusat pada satu titik sungai utama secara radial. Kadang-kadang gambaran tersebut berbentuk kipas atau lingkaran. Akibatnya waktu yang diperlukan aliran yang datang dari segala penjuru arah alur sungai memerlukan waktu yang hampir bersamaan [13]. Apabila terjadi hujan yang sifatnya merata di seluruh DAS maka akan terjadi banjir besar dalam waktu yang cepat [11].





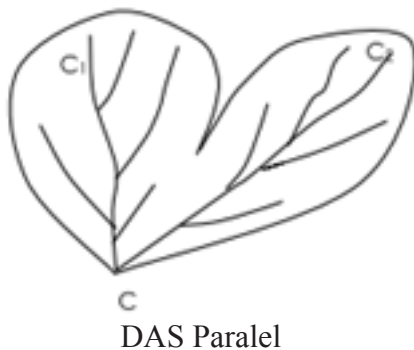
Hidrograf DAS Radial

Gambar 2 Bentuk DAS Radial dan Hidrograf Banjir

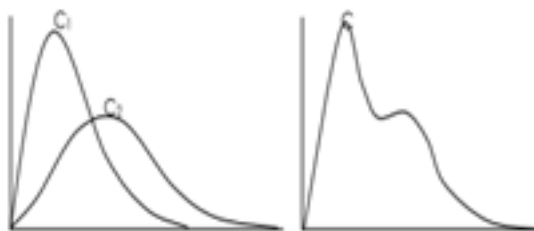
Sumber : (Sutapa, 2006)

3. Pararel

DAS ini (Gambar 3) dibentuk oleh 2 jalur Sub DAS yang bertemu pada satu titik di bagian hilirnya. Banjir biasanya terjadi di daerah hilir setelah titik pertemuan antara kedua alur sungai sub DAS tersebut [17].



DAS Paralel



Hidrograf Banjir DAS Paralel

Gambar 3 Bentuk DAS Pararel dan Hidrograf Banjir

Sumber : (Sutapa, 2006)

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapian parit dan/atau saluran, dan bentuk- bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan [10]. Penelitian Bermana (2006) menyarankan untuk klasifikasi kemiringan lereng antara lain seperti tabel berikut [3]:

Tabel I Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas Relief (topografi)	Kemiringan Lereng	Perbedaan Ketinggian
	%	m
Datar atau sangat datar	0 – 2	< 5
Bergelombang/lereng landai	3 – 7	5 – 50
Bergelombang – bukit landai	8 – 13	25 – 75
Perbukitan curam	14 – 20	50 – 200
Perbukitan sangat curam	21 – 55	200 – 500
Pegunungan curam	56 – 140	500 – 1000
Pegunungan sangat curam	>140	>1000

Sumber : (Bermana, 2006)

Untuk menentukan besar sudut lereng Wenthworth mengemukakan rumus sebagai berikut.

$$S = \frac{(n-1) \times Ki}{a} \times 100 \%$$

Keterangan :

S : besar sudut lereng (%)

n : jumlah kontur yang memotong tiap diagonal jaringan

Ki : kontur interval (m)

a : panjang diagonal lokasi yang ditinjau (m)

Kemiringan daerah aliran sungai (DAS) menentukan terjadinya aliran permukaan. Kemiringan dasar sungai yang besar akan lebih cepat menurunkan air karena gaya gravitasi tidak menarik air langsung ke dalam tanah. Sehingga mengurangi proses infiltrasi menjadi aliran permukaan [15].

Kekasaran permukaan sungai merupakan konsep penting dari geomorfology yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi

dan sedimentasi [12]. Parameter kekasaran permukaan dapat membantu memprediksi proses runoff dan angkutan sedimen [8]. Persamaan manning's umum dipakai untuk menyatakan tingkat kekasaran permukaan, nilai tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel II Nilai Koefisien Kekasaran Permukaan Lahan

Tata Guna Lahan	n
Kedap air	0,02
Timbunan tanah	0,10
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput pada tanah gundul yang kasar dan lunak	0,20
Padang rumput	0,40
Tanah gundul yang kasar dengan runtuh dan dedaunan	0,60
Hutan dan sejumlah semak belukar	0,8

Sumber : (Triatmodjo, 2008)

Kerapatan jaringan sungai (Dd) merupakan perbandingan jumlah panjang sungai terhadap luas DAS [18]. Kerapatan jaringan merupakan sebuah ukuran dari frekuensi aliran yang terjadi pada permukaan tanah. Sebuah kerapatan jaringan memiliki nilai kurang dari 5 km/km² ketika kemiringan dasar rendah, curah hujan rendah dan batuan yang berpori dan retak [4]. Sebuah kerapatan jaringan memiliki nilai lebih dari 500 km/km² pada topografi dataran tinggi dengan kemungkinan jenis tanah kedap terhadap air [4]. Menurut Soewarno (1991) dalam Utama dkk (2015) kerapatan jaringan dibagi beberapa kelas yaitu [16]:

Tabel III Kelas Kerapatan Jaringan Sungai

No	Dd (km/km ²)	Kelas Kerapatan	Keterangan
1	< 0,25	Rendah	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras maka angkutan sedimen terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya sama

2	0,25 – 10,0	Sedang	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut akan lebih besar
3	10,0 – 25,0	Tinggi	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lunak sehingga angkutan yang terangkut aliran akan lebih besar
4	> 25,0	Sangat Tinggi	Alur sungai melewati batuan yang kedap air. Keadaan ini menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi aliran akan lebih besar jika dibandingkan dengan daerah dengan Dd rendah melewati batuan dengan permeabilitas besar.

Sumber : (Soewarno (1991) dalam Utama dkk, (2015)

Perubahan fungsi lahan sangat berpengaruh pada aliran permukaan. Verrina dan Anugrah (2013) menjelaskan bahwa pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan dimana nilai C berkisar antara 0-1 [17]. Nilai koefisien aliran DAS diklasifikasikan seperti tabel berikut.

Tabel IV Tabel Nilai Koefisien Aliran Untuk DAS

Kondisi Daerah Aliran Sungai	C
Pegunungan curam	0,75- 0,90
Pegunungan tersier	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50- 0,75
Dataran pertanian	0,45-0,60
Persawahan yang diairi	0,70-0,80
Sungai dipegunungan	0,75-0,85
Sungai di dataran	0,45-0,75
Sungai besar yang sebagian alirannya didataran rendah	0,5-0,75

Sumber : (Hadisusanto, 2010)

METODE PENELITIAN

Lokasi studi untuk penelitian adalah DAS Ganggang yang terletak antara $111^{\circ} 821' - 11^{\circ} 585' \text{ BT}$ dan $- 7^{\circ} 156' - 7^{\circ} 171' \text{ LS}$. Sub DAS Ganggang berada di Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro. Sub DAS Ganggang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo hilir. Luas Sub DAS sungai Ganggang adalah $77,35 \text{ Km}^2$. Terdiri atas 12 sungai dengan panjang sungai utama adalah $26,09 \text{ Km}$.

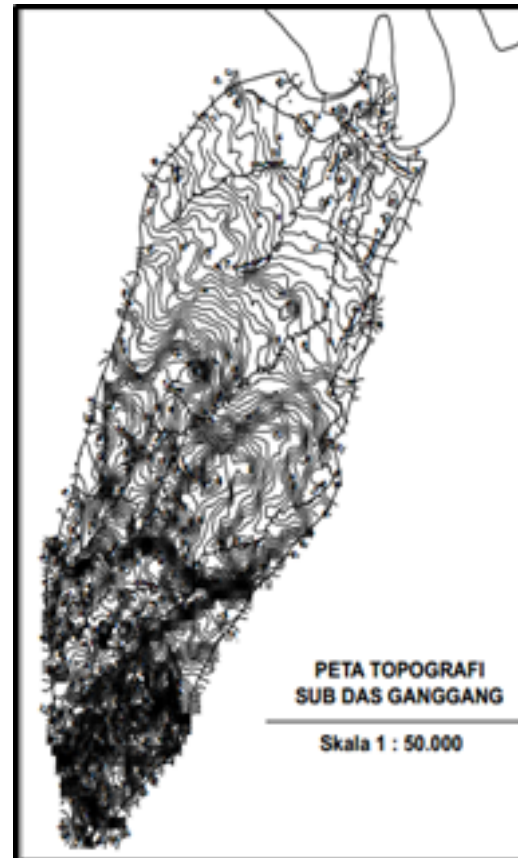
Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yaitu hasil penelitian dijelaskan secara deskriptif konsidi sebenarnya dari objek penelitian. Objek penelitian adalah karakteristik sub DAS Ganggang. Data-data yang dibutuhkan adalah peta topografi dan peta tata guna lahan sub DAS Ganggang.

Sistematika pengerjaan studi adalah :

1. Observasi lapangan.
2. Studi literatur mengenai beberapa karakteristik DAS.
3. Penginderaan Google Earth untuk membuat peta topografi.
4. Mendiskripsikan luas tata guna lahan berdasarkan penginderaan peta tata guna lahan dengan ArcMap 10.4.1. dan nilai koefisien pengaliran
5. Mendeskripsikan bentuk sub DAS Ganggang.
6. Menghitung sudut kemiringan lahan dan kemiringan dasar sungai.
7. Menghitung nilai kerapatan jaringan.
8. Mendeskripsikan kekasaran permukaan.
9. Membuat peta potensi genangan berdasarkan karakteristik DAS dengan ArcMap 10.4.1.

HASIL

Berdasarkan peta satelit Google Earth, dengan aplikasi Surfer dapat dikonvert menjadi peta topografi seperti gambar I. Dan Gambar 4 dibuat dengan aplikasi ArcMap 10.4.1.



Gambar 4 Topografi Sub DAS Ganggang



Gambar 5 Peta Tata Guna Lahan

Tata Guna Lahan Sub DAS Ganggang

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di beberapa titik sub DAS Ganggang dan peta tata guna lahan, Permukaan sub DAS Ganggang sebagian besar merupakan sawah (73,27 km² = 94,72 %) dan sebagian kecil merupakan rumah penduduk setempat (4,084 km² = 5,28 %). Nilai koefisien aliran untuk daerah dengan tata guna lahan berupa daerah pertanian yang diiri berdasarkan tabel IV adalah 0,70-0,80. Dari nilai tersebut dapat dijelaskan bahwa air limpasan tinggi walaupun masih terdapat 2 % air yang terinfiltrasi. Sebuah lahan pertanian yang memiliki kapasitas infiltrasi yang rendah menghasilkan limpasan permukaan yang lebih (Al-Rawas & Valeo, 2010).

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan pada sub DAS Ganggang ini terdapat bangunan pengendali banjir yaitu tanggul. Tanggul ini berada di sepanjang 2,1 Km kali Ganggang, 2,82 Kali Katon dan 2,17 Kali Kedung Jambi pada sub DAS Ganggang. Tanggul ini menjaga desa Ngulanan dari back water Sungai Bengawan Solo. Tanggul ini juga dibangun pintu air pada pertemuan alur kali. Pintu air 1 berada pada pertemuan alur Kali Ganggang dengan Kali Wetan. Pintu air 2 berada pada pertemuan kali Ganggang dengan Kali Tengah dan pintu air 3 berada pada pertemuan alur Kali Ganggang dengan Kali Katon. Outlet sub DAS Ganggang berada didalam tanggul yaitu 2,1 km dari pertemuan alur Kali Ganggang dan Kali wetan menuju muara ke Sungai Bengawan Solo. Pertemuan alur sub DAS Ganggang menuju outlet berada di Desa Ngulanan Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro.

Bentuk Sub DAS Ganggang

Berdasarkan peta sub DAS Ganggang (Gambar 5) bentuk sub DAS Ganggang terbentuk oleh 4 bagian DAS yaitu :

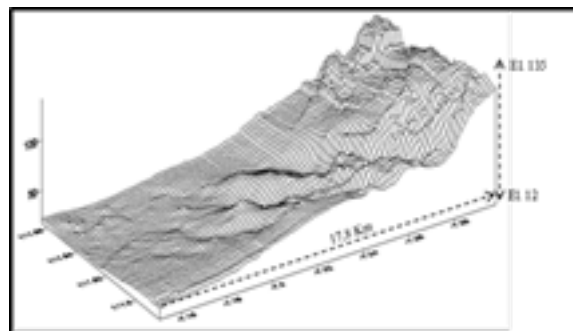
- 1) Bagian 1 terdiri dari Kali Popok dan Kali Ganggang
- 2) Bagian 2 terdiri dari Kali Katon dan Kedungjambi

- 3) Bagian 3 terdiri dari Kali Tengah dan Bader
- 4) Bagian 4 terdiri dari Kali Wetan, Grogolan, Jagalan, Baga, Banyubiru, dan Nampu.

Bentuk DAS berupa bentuk radial dengan keempat bagian sub DAS memanjang konsentrasi menuju outlet sub DAS Ganggang sepanjang 2,1 Km kali Ganggang dari muara sungai yang menghasilkan laju aliran yang cepat. Menurut Lubis & Sari (2013) bentuk radial memiliki ciri-ciri dimana anak sungai konsentrasi ke suatu secara radial dan debit banjir terjadi dalam waktu yang cepat. Jika terjadi hujan bersamaan di hulu DAS maka terjadi banjir besar di aliran outlet DAS (Sutapa, 2006).

Topografi

Berdasarkan penginderaan elevasi pada aplikasi Google Earth Pro didapatkan peta topografi seperti pada Gambar 6. Hasil konversi peta topografi ke dalam bentuk 3D surface dengan aplikasi Surfer adalah seperti gambar berikut.



Dari hasil penginderaan penginderaan google earth, sub DAS Ganggang berada pada elevasi 12.00 – 135 mdpl dengan bentang 17.8 Km. Menurut Bermana (2006) elevasi 12-135 mdpl berada pada kemiringan lereng kategori datar atau sangat datar. Dari gambar diatas dapat dihitung kemiringan lereng untuk sub DAS Ganggang dapat dihitung sebagai berikut :

$$S = \frac{(n - 1) \times Ki}{a} \times 100 \%$$

$$S = \frac{(135 - 12 - 1) \times 1}{17,8 \times 10^3} \times 100 \%$$

$$S = 0,69 \%$$

Dari nilai kemiringan lahan 0,69 % sub DAS Ganggang dapat dikategori pada klasifikasi daerah datar atau sangat datar berdasarkan Tabel I mengenai klasifikasi kemiringan lereng. Menurut Tjasyono dkk (2007) daerah dataran rendah rawan terhadap genangan karena limpasan tidak segera masuk ke daerah aliran sungai dan lamanya genangan bergantung pada sistem jaringan drainase dan durasi hujan. Daerah dataran rendah ciri-cirinya terdapat cekungan yang merupakan sasaran banjir (Aziz, 2012). Karena kemiringan DAS yang landai menyebabkan laju aliran yang lambat (Indarto, 2012). Berdasarkan penginderaan Google Earth Desa Ngulanan terletak pada daerah cekungan yang berada didaerah hilir sub DAS Ganggang.

Kerapatan Jaringan (Drainage Density)

Berdasarkan penginderaan peta sub DAS Ganggang dengan ArcMap 10.4.1, sub DAS Ganggang memiliki panjang sungai total sebesar 80,51 km dan luas DAS sebesar 73,35 km². Sehingga nilai kerapatan jaringan sub DAS Ganggang dapat dihitung seperti berikut :

$$\begin{aligned} Dd &= \text{panjang sungai (km)} : \text{luas DAS (km}^2\text{)} \\ &= 80,51 \text{ km} : 73,35 \text{ km}^2 \\ &= 1,098 \text{ km/km}^2 \end{aligned}$$

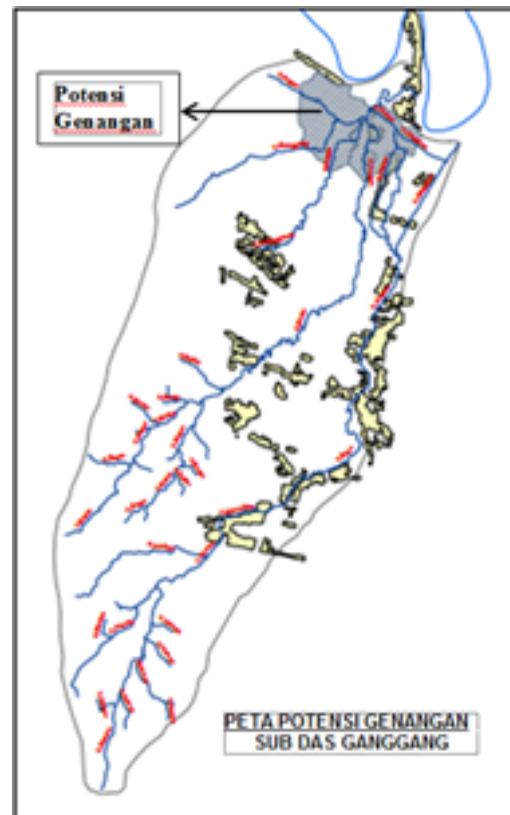
Dari nilai kerapatan jaringan tersebut dan Tabel III sub DAS Ganggang memiliki kelas kerapatan jaringan sedang dimana alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut akan lebih besar. Hal tersebut dapat menyebabkan genangan (Utama dkk 2015). Sebuah kerapatan jaringan memiliki nilai kurang dari 5 km/km² ketika kemiring dasar rendah, curah hujan rendah dan batuan yang berpori dan retak (Birajdar & Shaikh, 2015)(Das, 2014). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kerapatan jaringan sub DAS Ganggang juga mempengaruhi genangan yang terjadi di Desa Ngulanan

Kekasaran permukaan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di beberapa titik sub DAS Ganggang dan peta

tata guna lahan, Permukaan sub DAS Ganggang sebagian besar merupakan sawah (73,27 km² = 94,72 %) dan sebagian kecil merupakan rumah penduduk setempat (4,084 km² = 5,28 %). Berdasarkan topografi nilai kekasaran permukaan pada daerah dataran memiliki nilai yang tinggi karena vegetasi yang bagus menambah kapasitas infiltrasi atau dapat dikatakan sebagai tempat bagus untuk menambah groundwater. Karena sebagian besar tata guna lahan berupa sawah yang diairi ketika musim hujan maka nilai koefisien kekasaran permukaan untuk sawah berdasarkan Tabel II adalah 0,2. Sehingga dapat dijelaskan dari nilai koefisien tersebut bahwa air hujan banyak yang mengalami limpasan daripada yang terinfiltrasi.

Dari beberapa uraian karakteristik sub DAS Ganggang diatas, didapatkan peta potensi genangan dengan penginderaan ArcMap 10.4.1. seperti Gambar 7. Lokasi potensi genangan tersebut berdasarkan penginderaan Google Earth berada di Desa Ngulanan Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro dengan potensi luas genangan sebesar 397,3 Ha.



GAMBAR 7 Peta Potensi Genangan

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa karakteristik sub DAS Ganggang berupa :

1. Tata guna lahan 94,73 % sawah memiliki koefisien pengaliran 0,7-0,8 yang menyebabkan volume limpasan besar pada sub DAS Ganggang.
2. Bentuk sub DAS Ganggang berupa radial, memiliki laju aliran yang cepat dan terhambat masuk ketika terjadi back water dari Sungai Bengawan Solo. jika terjadi hujan bersamaan di hulu DAS akan berpotensi banjir di hilir dan dipertemuan sub DAS Ganggang dengan alur outlet yang berada di Desa Ngulanan.
3. Sub DAS Ganggang memiliki kategori topografi landai yang memiliki ciri-ciri terdapat daerah cekungan yang menyebabkan genangan. Dimana bagian hilir yang landai terdapat di Desa Ngulanan.
4. Kerapatan Jaringan sub DAS Ganggang masuk kategori sedang yang mempengaruhi genangan di Desa Ngulanan.
5. Berdasarkan nilai koefisien kekasaran permukaan, sub DAS Ganggang berpotensi menghasilkan limpasan permukaan yang besar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Al-Rawas, G. A., & Valeo, C. (2010). Relationship between wadi drainage characteristics and peak-flood flows in arid northern oman. *Hydrological Sciences Journal*, 55(3),377-393.<https://doi.org/10.1080/02626661003718318>.
- [2] Aziz, M. L. (2012). Pemetaan Tingkat Kerentanan dan Tingkat Bahaya Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Bagian Tengah di Kabupaten Bojonegoro. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [3] Bermana, I. (2006). Klasifikasi Geomorfologi Untuk Pemetaan Geologi yang Telah Dibakukan. *Bulletin of Scientific Contribution*, 4, 161–173.
- [4] Birajdar, F., & Shaikh, M. (2015). Analysis of Watershed Characteristics Using Remote Sensing and GIS Techniques. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(4), 1971–1976. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2015.0404023>
- [5] BNPB. (2013). Indeks Risiko Bencana Indonesia (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [6] Cahyanto, A. D. (2013). Kajian Kondisi Sosial, Ekonomi, Lingkungan Terbangun dan Program Pemerintah Terhadap Banjir Bengawan Solo Di Desa Ngablak Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro.
- [7] Das, D. (2014). Identification of Erosion Prone Areas by Morphometric Analysis Using GIS. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 95(1), 61–74. <https://doi.org/10.1007/s40030-014-0069-8>
- [8] Fenta, A. A., Yasuda, H., Shimizu, K., Haregeweyn, N., & Woldearegay, K. (2017). Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia. *Applied Water Science*. <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0534-4>
- [9] Hadisusanto, N. (2010). Aplikasi Hidrologi. Malang: Jogja Mediautama.
- [10] Indarto. (2012). Hidrologi : Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi (2nd ed.). Jakarta: Bumi Aksara.
- [11] Lubis, Z., & Sari, D. K. (2013). Analisa Debit Banjir Rancangan Dengan Hidrograf Satuan Sintetik (Hss) Gama I Pada Das Kali Blawi Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik*, 5.
- [12] Palaka, R. (2016). Study of watershed characteristics using Google Elevation Service. *Geospatial World*.
- [13] Sutapa, I. W. (2006). Studi Pengaruh dan Hubungan Variabel Bentuk DAS Terhadap Parameter Hidrograf Satuan Sintetik (Studi Kasus: Sungai Salugan, Taopa dan Batui di Sulawesi Tengah). *Jurnal SMARTek*, 4,

- 224–232.
- [14] Tjasyono, B. K., Juaeni, I., & Harijono, W. B. (2007). Proses Meteorologis Bencana Banjir. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 8(2), 64–78.
- [15] Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan* (2nd ed.). Yogyakarta: Beta Offset.
- [16] Utama, G. A., Wijaya, A., & Sukmono, A. (2015). Kajian Kerapatan Sungai dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus : DAS Juana). *Jurnal Geodesi Undip*, 4, 42.
- [17] Verrina, G. P., & Anugrah, D. D. (2013). Analisa Runoff Pada Sub Das Lematang Hulu. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1).
- [18] Waryono, T. (2008). Bentuk Struktur dan Lingkungan Bio-Fisik Sungai (pp. 1–8).

