

Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kecamatan Kwadungan Kabupaten Ngawi

Alven Ahmad Burhany¹, Eko Budiyanto²

^{1,2} Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: alven.19029@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Kecamatan Kwadungan merupakan kecamatan di Kabupaten Ngawi yang sering terjadi banjir. Bencana banjir tersebut sering terjadi dikarenakan intensitas curah hujan yang tinggi serta luapan air Sungai Madiun yang berdampak pada jalan lokal kecamatan, permukiman, persawahan serta fasilitas umum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran daerah rawan dan zonasi daerah bencana banjir. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dengan metode non probability sampling menggunakan purposive sampling. Data dikumpulkan melalui observasi dan dokumentasi. Teknik pengolahan dan analisis data menggunakan teknik skoring, pembobotan dan overlay. Hasil dari penyebab banjir di Kecamatan Kwadungan memiliki nilai penentu paling besar adalah curah hujan dan ketinggian permukaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Kwadungan memiliki indeks persentase sebesar 55,89% pada kelas Sangat Rawan dengan luas 1.794,24 Ha, kemudian indeks persentase sebesar 43,92% pada kelas Cukup Rawan dengan luas 1.410,99 Ha dan indeks persentase sebesar 0,19% pada kelas Tidak Rawan dengan luas 6,1 Ha.

Kata kunci: *Banjir, Kerawanan, Kecamatan Kwadungan*

Abstract

Kwadungan District is a subdistrict in the Ngawi Regency that floods regularly. Flood disasters are frequently caused by the Madiun River overflowing its banks and the intense rains damaging the area's subdistrict roadways, towns, rice fields, and public infrastructure. The two primary goals of this study are the distribution of vulnerable areas and the zoning of flood disaster areas. The study employs a quantitative descriptive methodology. Samples were gathered using a non-probability sampling technique called purposeful sampling. Both observation and documentation are used to collect data. Data processing and analysis techniques include scoring, weighting, and overlay. In Kwadungan District, surface height and rainfall are the two primary factors that determine floods. According to this study, Kwadungan District's flood susceptibility is divided into the following categories: 55.89% of the Very Prone class, 43.92% of the Quite Prone class, and 0.19% of the NonVulnerable class covered a total of 1,794.24Ha.

Keywords: *Flood, Vulnerability, Kwadungan Sub-district*

PENDAHULUAN

Banjir menjadi salah satu fenomena bencana alam yang patut diwaspadai di Indonesia. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana menjelaskan tentang seluruh fenomena bencana alam di Indonesia pada tahun 2022 yang mengakibatkan korban jiwa sekitar 5.417.967 serta 96.705 kerusakan bangunan, termasuk korban meninggal dunia, hilang, luka-luka, mengungsi, kerusakan rumah, dan fasilitas, dengan intensitas dan distribusi bencana banjir yang mencapai kurang lebih sekitar 43% dari total 3.514 kejadian bencana alam lainnya dalam kurun waktu setahun menjadikan banjir sebagai bencana alam

paling sering terjadi di Indonesia. Hasil akhir peta diharapkan bisa menjadi tolak ukur untuk meminimalisir resiko terjadinya bencana baik dari segi korban jiwa dan harta serta dalam hal penanganan bencana.

Dinas KOMINFO Kabupaten Ngawi (2017), menjelaskan bahwasannya Kecamatan Kwadungan kerap menjadi langganan banjir di Kabupaten Ngawi ketika intensitas curah hujan meningkat serta dapat mengakibatkan sungai Madiun yang melintas di desa Pulosari meluap sehingga akses dua kecamatan, Kwadungan dan Pangkur terputus. Akibat dari meluapnya Sungai Kali Madiun, tercatat 20 desa dari 6 kecamatan terendam banjir diantaranya Kecamatan Kwadungan. Pemerintah Kabupaten Ngawi berusaha membantu masyarakat terdampak banjir melalui penyediaan bahan makanan dan posko di Kantor Desa Warukkalong. Namun, masih ada warga yang tidak mengungsi karena merasa aman tinggal di rumah. Pemerintah juga ingin mengurangi banjir di Kwadungan dengan pembuatan resapan air di daerah yang lebih tinggi secara serentak dan optimal. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik melakukan penelitian tentang "Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kecamatan Kwadungan Kabupaten Ngawi".

Berdasarkan pemaparan diatas, peneliti berusaha untuk mengkaji lebih dalam untuk (1) mengetahui daerah yang berpotensi banjir di Kecamatan Kwadungan (2) mengetahui daerah yang menjadi zona rawan bencana banjir dengan melakukan pemetaan berdasarkan data sebaran potensi daerah rawan banjir pada keseluruhan wilayah di Kecamatan Kwadungan.

METODE

Peneliti menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mendeskripsikan penelitian ini. Adapun pada penelitian ini peneliti ingin menjelaskan kondisi tingkat kerawanan banjir yang ada di Kecamatan Kwadungan menggunakan SIG. Menurut buku dari Hermon (2015: 40) data penelitian yang terkumpul dianalisis menggunakan metode pendekatan analisis skoring dan overlay dengan SIG. Kemudian masing-masing parameter ditentukan bobotnya, karena setiap parameter mempunyai peranan yang berbeda terhadap bencana banjir.

Sumber data pada penelitian ini adalah data primer yang diperoleh langsung berupa data eksisting terkait tata guna lahan serta kondisi fisik lainnya dan data sekunder yang meliputi data citra satelit landsat, media massa, laporan, arsip, jurnal, data jenis tanah, data penggunaan lahan, data kemiringan lereng dan beberapa shapefile terkait. Pengambilan sampel menggunakan metode non-probability sampling dengan teknik purposive sampling yang dilakukan dengan memilih subyek berdasarkan kriteria yang ditentukan dengan subyek berupa data-data yang ada pada geodatabase yang dapat diolah dalam penelitian ini seperti shapefile terkait kerawanan banjir. Teknik pengumpulan data menggunakan metode observasi, dokumentasi, dan wawancara. Teknik pengolahan dan analisis data menggunakan pengharkatan (scoring), pembobotan dan tumpang susun peta (overlay).

1. Skoring

Metode skoring merupakan suatu metode pemberian skor atau nilai terhadap beberapa value parameter yang digunakan dalam menyusun peta kerawanan banjir. Adapun skoring pada setiap parameter akan dikelompokkan sebagai berikut.

a. Curah Hujan

Jumlah air hujan yang turun pada suatu wilayah dalam waktu tertentu disebut curah hujan. Curah hujan yang diperlukan untuk perancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di wilayah yang bersangkutan, bukan curah hujan tertentu. Semakin banyak curah hujan, semakin besar kemungkinan banjir, dan sebaliknya, semakin aman Anda dari banjir.

Tabel 1. Klasifikasi Curah Hujan

No.	Curah Hujan	Deskripsi	Harkat
1.	>3000 mm/tahun	Sangat lebat	5
2.	2501 – 3000 mm/tahun	Lebat	4

3.	2001 – 2500 mm/tahun	Sedang	3
4.	1501 – 2000 mm/tahun	Ringan	2
5.	<1500 mm/tahun	Sangat ringan	1

Sumber: Primayuda, 2006

b. Ketinggian Permukaan (Elevasi)

Ketinggian lokasi atau elevasi adalah ukuran ketinggiannya di atas permukaan air laut (dpl). Kemungkinan bencana banjir dipengaruhi oleh ketinggian. Semakin rendah suatu wilayah, semakin besar kemungkinan bencana banjir akan terjadi. Tabel berikut menunjukkan skor klasifikasi ketinggian.

Tabel 2. Klasifikasi Ketinggian Permukaan (Elevasi)

No.	Ketinggian (m)	Deskripsi	Harkat
1.	<10	Datar	5
2.	10 – 50	Berombak	4
3.	50 – 100	Berombak-gelombang	3
4.	100 – 200	Gelombang-berbukit	2
5.	>200	Berbukit-pegunungan	1

Sumber: Darmawan & Theml, 2008

c. Jenis Tanah

Jenis tanah di suatu wilayah sangat memengaruhi proses infiltrasi, atau penyerapan air. Daya serap tanah lebih besar, tingkat kerawanan banjir lebih rendah, dan daya serap tanah lebih rendah, tingkat kerawanan banjir lebih besar.

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Tekstur	Infiltrasi	Harkat
1.	Aluvial, Planosol, Hidromorf kelabu (Gleisol), Laterik air tanah.	Halus	Tidak peka	5
2.	Latosol.	Agak halus	Agak peka	4
3.	Tanah hutan coklat, Tanah mediteran, Kambisol.	Sedang	Sedang	3
4.	Andosol, Literik, Grumosol, Podsol, Podsollic.	Agak kasar	Peka	2
5.	Regosol, Litosol, Organosol, Rezina.	Kasar	Sangat peka	1

Sumber: Asdak, 1995

d. Kemiringan Lereng

Perbandingan persentase antara tinggi tanah (tinggi tanah) dan jarak horizontal (panjang tanah datar) disebut kemiringan lereng. Semakin landai kemiringannya, semakin besar kemungkinan banjir akan terjadi, dan sebaliknya, semakin curam kemiringannya, semakin aman akan banjir.

Tabel 4. Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan	Deskripsi	Harkat
1.	0 – 8%	Datar	5
2.	8 – 15%	Landai	4
3.	15 – 25%	Agak curam	3
4.	25 – 45%	Curam	2
5.	>45%	Sangat curam	1

Sumber: Matondang, J.P., 2013

e. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan akan memengaruhi seberapa besar air limpasan yang dihasilkan dari hujan yang melebihi laju infiltrasi. Di daerah yang banyak ditanami oleh vegetasi, air hujan akan lebih banyak diinfiltrasi dan membutuhkan waktu lebih lama untuk sampai ke sungai, sehingga kemungkinan banjir lebih rendah.

Tabel 5. Klasifikasi Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan Lahan	Harkat
1.	Lahan terbuka, Padang rumput, Sungai, Rawa, Alang-alang, Waduk.	5
2.	Permukiman, Pekarangan.	4
3.	Pertanian, Sawah, Tegalan/ladang.	3
4.	Perkebunan, Kebun, Semak.	2
5.	Hutan.	1

Sumber: Hermon, 2015

f. Kerapatan Sungai

Panjang aliran sungai per kilometer persegi dari luas DAS dikenal sebagai kerapatan aliran sungai. Nilai Dd yang lebih tinggi menunjukkan bahwa sistem pengaliran (drainase) di daerah tersebut lebih baik, yang berarti lebih banyak air larian total (lebih sedikit infiltrasi) dan lebih sedikit air tanah yang tersimpan. Karena kerapatan aliran yang lebih kecil dari 1 mile/mile² (0,62 km/km²), DAS akan mengalami penggenangan, menurut Linsley (1996). Sebaliknya, jika kerapatan aliran lebih besar dari 5 mile/mile² (3,10 km/km²), DAS sering mengalami kekeringan. Tabel klasifikasi berikut dihasilkan dari penjelasan ini.

Tabel 6. Klasifikasi Kerapatan Sungai

No.	Kerapatan Sungai (Km/Km ²)	Harkat
1.	<0,62	5
2.	0,62 – 1,44	4
3.	1,45 – 2,27	3
4.	2,28 – 3,10	2
5.	>3,10	1

Sumber: Linsley, 1996

2. Pembobotan

Setiap parameter yang mempengaruhi banjir diberi bobot pada peta digital. Ini dilakukan dengan mempertimbangkan seberapa besar kemungkinan banjir dipengaruhi oleh setiap parameter geografis yang akan digunakan dalam analisis SIG.

Tabel 7. Hasil Pembobotan

No.	Jenis Parameter	Harkat	Bobot	Skor
Curah Hujan				
1.	1365 mm/tahun	1	0,15	0,15
	2295 mm/tahun	3		0,45
	2608 mm/tahun	2		0,60
Ketinggian Permukaan/Elevasi				
2.	10 – 50 mdpl	4	0,10	0,40
	50 – 100 mdpl	3		0,30
Jenis Tanah				
3.	Gleisol	5	0,20	1,00
	Kambisol	3		0,60
	Grumosol	2		0,40
4.	Kemiringan Lereng			

	0 – 8%	5		1,00
	8 – 15%	4		0,80
	15 – 25%	3	0,20	0,60
	25 – 45%	2		0,40
	>45%	1		0,20
Penggunaan Lahan				
	Padang rumput	5		0,75
	Sungai	5		0,75
5.	Permukiman	4	0,15	0,60
	Sawah	3		0,45
	Tegalan/Ladang	3		0,45
	Perkebunan	2		0,30
Kerapatan Sungai				
6.	Kategori 2 (1,394)	4	0,10	0,40

Sumber: Pengolahan data, 2024

3. Tumpang Susun (Overlay)

Metode overlay merupakan suatu sistem informasi dalam bentuk grafis yang dibentuk dari penggabungan berbagai peta individu. Setelah dilakukan overlay kemudian menjumlahkan total skor dan pembobotan untuk mendapatkan nilai kerawanan banjir. Dalam hal ini perhitungan total skor untuk kelas kerawanan banjir dilakukan dengan field calculator, dengan tahapan sebagai berikut.

Teknik overlay digunakan untuk menggabungkan skor dari kelima peta, yang kemudian diklasifikasikan menjadi tingkat potensi bencana banjir. Setelah mengumpulkan nilai hasil tingkat kerawanan banjir, interval kelas kerawanan banjir dibuat dengan membagi jumlah kelas yang diinginkan dengan menghitung perbedaan antara data tertinggi dan terendah. Tabel berikut menunjukkan hasil klasifikasi dibandingkan dengan skor total.

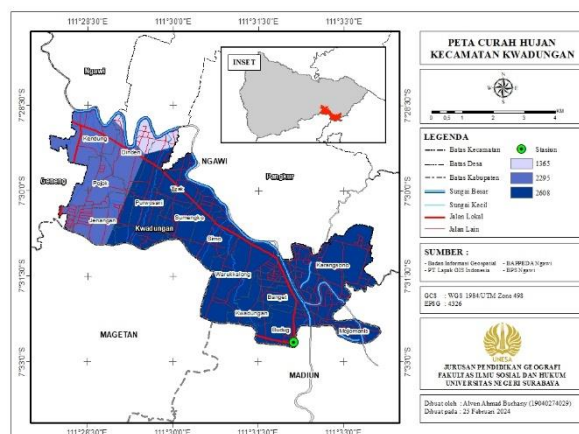
Tabel 8. Klasifikasi Skor Kerawanan Banjir

No.	Skor	Kategori
1.	0,4 – 1,65	Tidak Rawan
2.	1,65 – 2,9	Cukup Rawan
3.	>2,9	Sangat Rawan

Sumber: Pengolahan data, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan

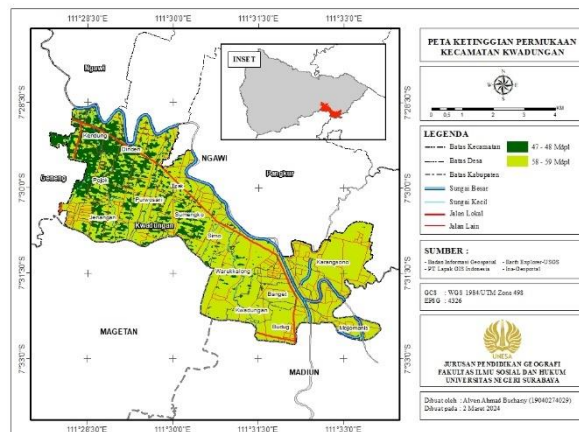


Gambar 1. Peta Curah Hujan Kecamatan Kwadungan

Curah hujan rata-rata Kecamatan Kwadungan dari tahun 2018 hingga 2022 mencapai 1.736 milimeter (mm/5 tahun). Data ini dikumpulkan dari akumulasi curah hujan rata-rata Kecamatan Kwadungan selama lima tahun terakhir. Pada tahun 2018, curah hujan mencapai 1.310 mm, pada tahun 2019, turun sebesar 1.156 mm, pada tahun 2020 meningkat sebesar 1.624 mm, dan pada tahun 2021, curah hujan rata-rata mencapai 1.736 mm. Peneliti membuat peta curah hujan di Kecamatan Kwadungan menggunakan teknik polygon thiessen. Peta ini menunjukkan curah hujan tinggi kategori lebat dengan 2.608 di Desa Purwosari, Tirak, Sumengko, Simo, Warukkalong, Kwadungan, Banget, Budug, Karangsono, dan Mojomanis, serta curah hujan sedang kategori sedang dengan 2.295 di beberapa desa seperti Desa Kendung, Dinden, Pojok.

Ketinggian Permukaan (Elevasi)

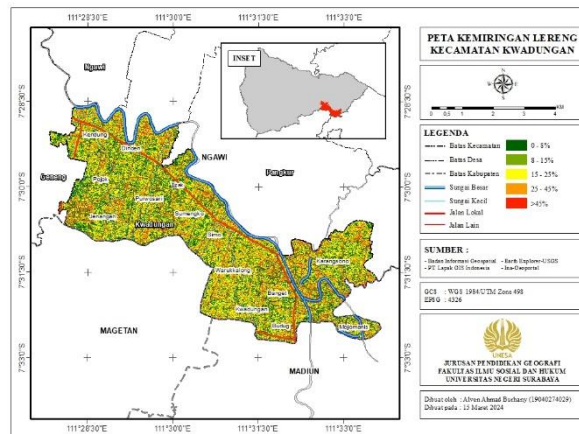
Menurut BPS Ngawi (2023), Kecamatan Kwadungan berada pada ketinggian ± 80 meter di atas permukaan laut. Ada dua kategori ketinggian, 47-48 meter dan 58-59 meter. Hasilnya menunjukkan bahwa lima desa berada pada ketinggian 10 hingga 50 meter: Sedangkan sepuluh desa lainnya berada pada ketinggian 50 hingga 100 meter. Area 631,84 Ha di sebelah barat Kecamatan Kwadungan adalah daerah rendah dengan elevasi 47–48 Mdpl. Dengan luas 2532,05 ha, mencakup hampir seluruh area elevasi di Kecamatan Kwadungan.



Gambar 2. Peta Ketinggian Permukaan Kecamatan Kwadungan

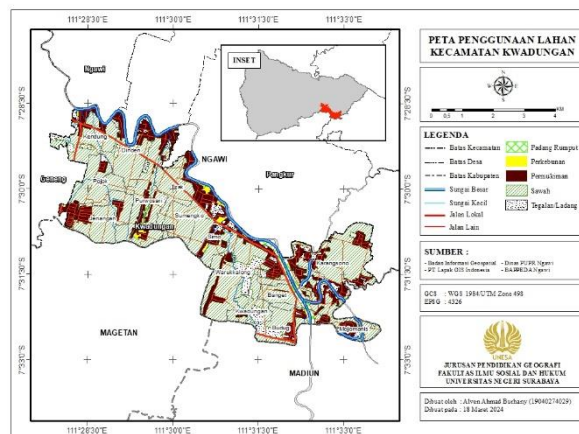
Kemiringan Lereng

Kecamatan Kwadungan berada di dataran rendah, sebagian besar kemiringan lerengnya datar, dengan persentase 62,85% pada daerah datar, 29,67% pada daerah landai, dan 6,93% pada daerah agak curam di seluruh kecamatan. Kecamatan Kwadungan, kemiringan lereng memiliki empat kategori. Kategori 0–8% termasuk dalam kategori Datar, dengan luas 1994,80 ha, yang meliputi hampir semua desa di Kecamatan Kwadungan, seperti Desa Budug, Desa Mojomanis, Desa Karangsono, Desa Tirak, Desa Purwosari, Desa Jenangan, Desa Pojok, Desa Dinden, dan Desa Kendung. Kategori Landai, dengan luas 941,53 ha, termasuk dalam kategori 8–15 persen. Dalam kategori kemiringan lereng 15 hingga 25%, kelereng Agak Curam memiliki luas 220,03 ha yang terdiri dari dua desa, Desa Banget dan Desa Simo. Sementara dalam kategori 25 hingga 45%, kelereng Curam hanya memiliki sekitar 17,11 ha dari wilayah Kecamatan Kwadungan. Di Kecamatan Kwadungan, kemiringan lereng didominasi pada rentan 0–8%, dengan rentan 8–15 persen dan 15–25%. Hanya kemiringan 25–45 persen yang ditemukan di luar DAS.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Kwadungan

Penggunaan Lahan



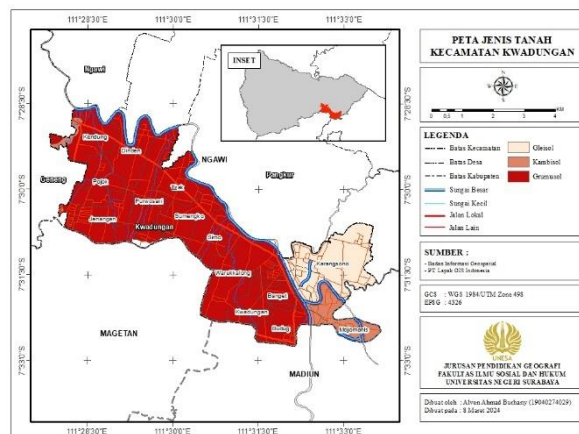
Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kwadungan

Di Kecamatan Kwadungan, lahan digunakan dalam enam kategori: padang rumput, perkebunan/kebun, tegalan/ladang, sawah, pemukiman/tempat kegiatan, dan sungai. Luas area sawah mencapai 2.118,20 ha, yang membentang dari Desa Kendung di sebelah barat hingga Desa Mojomanis di sebelah timur. Dengan luas 262,20 ha, tegalan/ladang menempati persentase terbesar dari tata guna lahan ketiga di Kecamatan Kwadungan, yang mencakup 8,16 % dari total area. Tegalan/ladang tersebar di hampir semua desa seperti Desa Kendung, Desa Dinden, Desa Pojok, dan Desa Purwosari di sebelah barat Kecamatan Kwadungan, sedangkan tegalan/ladang di daerah sekitaran daerah aliran sungai (DAS) terdapat di beberapa desa seperti Desa Sumengko, Desa Simo, Desa Karangsono dan Desa Mojomanis. Padang rumput menyumbang 2,8 persen dari luas wilayah Kecamatan Kwadungan, dengan luas area 90,12 ha di daerah aliran sungai (DAS) di sebelah timur Kecamatan Kwadungan. Area sungai menyumbang 1,88 persen, dengan luas area 59,73 ha. Penggunaan lahan paling kecil, perkebunan, menyumbang 1,05 persen, dengan luas area 33,91 ha, yang terletak di beberapa desa saja, seperti Desa Purwosari dan Desa Simo.

Jenis Tanah

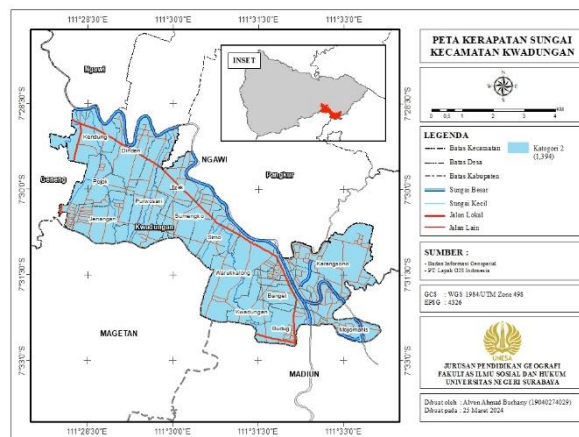
Tanah jenis Grumusol, Kambisol, dan Gleisol mendominasi Kecamatan Kwadungan, dengan persentase terbesar 79,12% dari seluruh wilayah. Diikuti oleh Gleisol sebesar 14,63%, yang mencakup beberapa desa, dan Kambisol sebesar 6,23%. Tanah jenis Grumusol dengan tingkat kepekaan Tidak Peka, Kambisol dengan tingkat kepekaan Sedang, dan Grumusol dengan tingkat kepekaan Peka adalah tiga jenis tanah yang paling umum di Kecamatan Kwadungan. Jenis tanah Gleisol meliputi bagian timur Kecamatan Kwadungan,

yang mencakup sekitar 459,19 Ha. Sedangkan jenis tanah Kambisol meliputi bagian barat dan timur Kecamatan Kwadungan, yang mencakup sekitar 195,79 ha.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah Kecamatan Kwadungan

Kerapatan Sungai

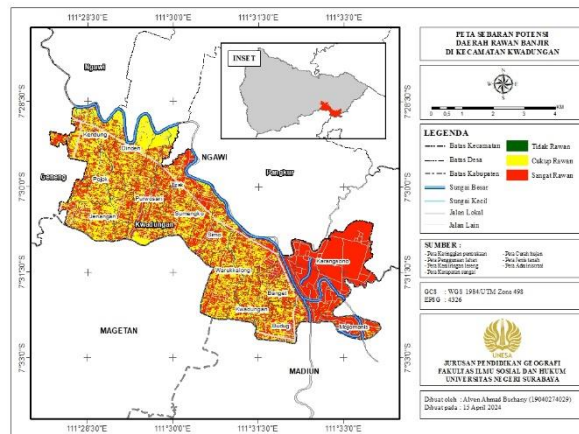


Gambar 6. Peta Kerapatan Sungai Kecamatan Kwadungan

Pada proses pembuatan Peta Kerapatan Sungai ini perolehan hasil pada Kecamatan Kwadungan adalah 1,394 atau 1,40 km/km² dengan luas area DAS mencapai 3.290,20 Ha yang masuk dalam kategori 2 dengan skor kerapatan sungai 4 atau dapat diartikan termasuk dalam kategori yang cukup berpotensi akan terjadinya bencana banjir.

Sebaran Potensi Daerah Rawan Banjir

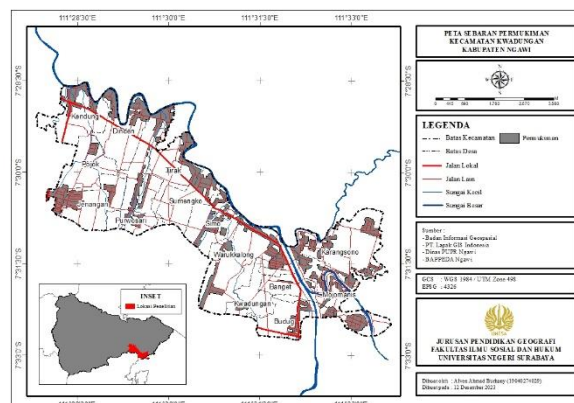
Di Kecamatan Kwadungan, peta sebaran potensi daerah rawan banjir dihasilkan melalui pengolahan parameter tumpang susun dan overlay. Peta ini menunjukkan bahwa seluruh desa dan hampir sebagian besar wilayah di Kecamatan Kwadungan berada pada tingkat kerawanan Sangat Rawan mencapai 1.794,24 Ha dengan persentase 55,89% dengan Desa Karangsono sebagai desa yang paling rawan. Kemudian, tingkat kerawanan banjir Cukup Rawan mencapai 1.410,99 Ha dengan persentase 43,92% dari beberapa desa. Sementara tingkat kerawanan banjir Tidak Rawan hanya mencapai 6,10Ha dengan persentase sebesar 0,19% dari seluruh wilayah Kecamatan Kwadungan serta tingkat Tidak Rawan tersebut berada di sekitar perbatasan wilayah Kecamatan Kwadungan.



Gambar 7. Peta Sebaran Potensi Daerah Rawan Banjir di Kecamatan Kwadungan

Sebaran Permukiman

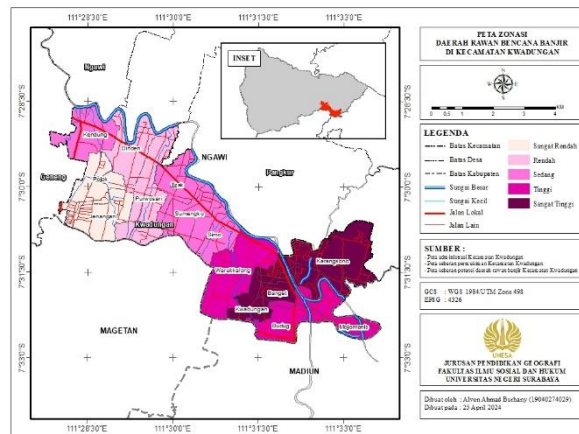
Pada sebaran permukiman di Kecamatan Kwadungan ini peneliti mengambil beberapa data dari peta penggunaan lahan, yaitu shapefile dari permukiman dan beberapa tempat kegiatan di seluruh wilayah Kecamatan Kwadungan dengan persentase area permukiman sekitar 20,13% dari keseluruhan wilayah Kecamatan Kwadungan dengan luas keseluruhan permukiman dan tempat kegiatan mencapai 646,46 Ha.



Gambar 8. Peta Sebaran Permukiman Kecamatan Kwadungan

Zonasi Daerah Rawan Bencana Banjir

Pada peta ini terdapat 5 klasifikasi dari terendah hingga tertinggi yaitu kelas zonasi Sangat Rendah, Rendah, Sedang, Tinggi dan Sangat Tinggi. Pada kelas zonasi ini, klasifikasinya didapat dari penjumlahan skor overlay rawan banjir yang menghasilkan nilai minimum 1,3 dan dijumlahkan dengan nilai skor tertinggi 4,15 yang kemudian dibagi dengan 5 kelas interval dan menghasilkan interval 0,57. Pada zona daerah rawan bencana banjir kategori Sangat Rendah terdapat 2 desa. Kemudian pada kategori Rendah terdapat 2 desa juga. Terdapat 4 desa dengan kelas kategori Sedang. Pada kelas klasifikasi kategori Tinggi terdapat 3 desa. Kemudian untuk kelas klasifikasi terakhir yaitu kategori Sangat Tinggi terdapat 3 desa yaitu Desa Kwadungan, Desa Banget, dan Desa Karangsono.



Gambar 9. Peta Zonasi Daerah Rawan Bencana Banjir di Kecamatan Kwadungan

SIMPULAN

Wilayah Kecamatan Kwadungan memiliki 3 klasifikasi potensi tingkat kerawanan banjir, dengan kelas tertinggi yaitu tingkat kerawanan Sangat Rawan memiliki luas 1.794,24Ha dengan persentase 55,9% terdapat 3 desa yang terdampak serta diharapkan kepada pemerintah dapat membangun tanggul disekitar 3 desa tersebut. Pada zonasi daerah rawan bencana banjir terdapat 5 klasifikasi dengan sebagian desa disebelah timur termasuk kedalam kategori Sedang sampai Sangat Tinggi yang disebabkan oleh tanah jenis gleisol oleh karena itu diharapkan kepada pemerintah agar melakukan penataan kembali tata ruang serta memperhatikan lagi sistem drainase di zona tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. H. A. Y. 1995. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 12.
- Budiyanto, Eko. 2016. *Sistem Informasi Geografis Dengan Quantum GIS*, Yogyakarta: CV ANDI OFFSET.
- Darmawan, M., & Theml, S. 2008. *Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS*. Aceh, Indonesia: BRR-NAD.
- Hermon, D. 2015. *Geografi Bencana Alam*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Linsley. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Erlangga. Jakarta.
- Matondang, J. P., Kahar, S., & Sasmito, B. 2013. *Analisis zonasi daerah rentan banjir dengan pemanfaatan sistem informasi geografis (Studi kasus: Kota Kendal dan sekitarnya)*. Jurnal Geodesi Undip, 2(2).
- Primayuda A. 2006. *Pemetaan Daerah Rawan dan Resiko Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis: studi kasus Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur*. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Suhardiman. 2012. *Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Sub DAS Walanae Hilir*. Universitas Hasanuddin.
- Utama, A. G., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. 2016. *Kajian Kerapatan Sungai dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus DAS Juana)*. Jurnal Geodesi Undip, Vol.5, No.1, hal. 285–293.
- Utomo, W. Y. 2004. *Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir Di DAS Kaligarang Semarang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.