ANALISIS BANJIR DAN TANAH LONGSOR TERKAIT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN INDEKS VEGETASI DI KOTA BATU MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MULTI-TEMPORAL

Fahrin Ajie Mahmud[a,*], Akbar Kurniawan[a]
[a] Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 60111
***** Korespondensi Penulis**,** E-mail: fahrinajie28@gmail.com

Dikirim: 26 Juli 2024;
Diterima: 19 Maret 2025;
Diterbitkan: 24 Maret 2025.

Abstrak. Bencana alam mengancam kehidupan masyarakat, sering kali disebabkan oleh faktor alam dan campuran aktivitas manusia, seperti tanah longsor dan banjir. Pada tahun 2023, Indonesia mengalami 5.400 bencana, dengan 99,35% di antaranya adalah bencana hidrometeorologi. Kota Batu, Jawa Timur, mengalami peningkatan bencana, terutama tanah longsor dan banjir, yang menunjukkan gangguan ekosistem akibat alih fungsi lahan. Penelitian ini menggunakan data citra satelit multi temporal (Landsat-8 dan Sentinel-2) dari tahun 2013 hingga 2023 untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dan indeks vegetasi. Metode klasifikasi terbimbing maximum likelihood dan NDVI digunakan untuk memetakan tutupan lahan dan sebaran vegetasi. Hasil menunjukkan perubahan signifikan pada tutupan lahan, dengan peningkatan area non-vegetasi sebesar 189,291 ha dan penurunan vegetasi sebesar 177,477 ha. Perubahan ini berkontribusi pada meningkatnya kejadian tanah longsor dan banjir, terutama di daerah permukiman dan sawah. Analisis spasio-temporal menunjukkan hubungan antara perubahan tutupan lahan, indeks vegetasi, dan frekuensi bencana, menyoroti pentingnya pengelolaan lahan yang berkelanjutan untuk mitigasi risiko bencana.

Kata kunci: Banjir; Klasifikasi Citra; Landsat-8; Longsor; Sentinel-2; Tutupan Lahan

---

Analysis of Floods and Landslides Related to Land Cover Changes and Vegetation Index in Batu City Using Multi-Temporal Satellite Imagery

Abstract. Natural disasters pose significant threats to communities, often resulting from natural factors and human activities, such as landslides and floods. In 2023, Indonesia experienced 5,400 disasters, with 99.35% being hydrometeorological events. Batu City, East Java, has seen an increase in disasters, particularly landslides and floods, indicating ecosystem disturbances due to land-use changes. This study employs multi-temporal satellite imagery data (Landsat-8 and Sentinel-2) from 2013 to 2023 to analyze land cover changes and vegetation indices. The maximum likelihood supervised classification method and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were utilized to map land cover and vegetation distribution. Results reveal significant land cover changes, with non-vegetated areas increasing by 189.291 hectares and vegetated areas decreasing by 177.477 hectares. These changes contribute to the rising incidence of landslides and floods, particularly in residential and agricultural areas. Spatio-temporal analysis demonstrates a correlation between land cover changes, vegetation indices, and disaster frequency, underscoring the importance of sustainable land management in mitigating disaster risks.

Keywords: Flood; Image Classification; Landsat-8; Landslide; Sentinel-2; Land Cover

I. PENDAHULUAN

Bencana alam merujuk pada peristiwa atau serangkaian peristiwa yang menimbulkan ancaman dan gangguan terhadap kehidupan masyarakat. Bencana ini dapat disebabkan oleh faktor alam, faktor non-alam, dan campuran faktor manusia, yang mengakibatkan kerugian berupa korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, serta dampak psikologis. Bencana alam yang disebabkan campuran faktor manusia diantaranya adalah tanah longsor dan banjir [1]. Berdasarkan data BPBD (Badan Penanggulanan Bencana Daerah) pada tahun 2023 total kejadian bencana di Indonesia berjumlah 5.400 bencana. Bencana hidrometeorologi mendominasi kejadian bencana tersebut dengan total 99,35% dari total bencana tahun 2023. Tercatat pada tahun 2023 tercatat kejadian banjir 1.255 kejadian dan tanah longsor 591 kejadian. Jumlah penduduk yang terdampak akibat kejadian bencana tersebut mencapai 8.491.288 jiwa. Dampak yang diakibatkan kejadian bencana tersebut termasuk nyawa, kesehatan, fasilitas umum, dan lingkungan [1].

Kota Batu merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur yang beberapa tahun terakhir sering mengalami bencana. Beberapa tahun terakhir, bencana alam di Kota Batu semakin meningkat. Berdasarkan data BPS tahun 2023 ada 10 tahun terakhir, rincian bencana alam 2013 23 kejadian tanah longsor, 2015 tiga kali bencana banjir, 62 kejadian per 31 juli 2016, 2017 ada 114 kejadian,2018 ada 95 kejadian, 2019 ada 109 kejadian, 2021 ada 152 kejadian, 2022 ada 203 kejadian, dan 2023 ada 206 kejadian. Pada kejadian tersebut, bencana alam didominasi oleh tanah longsor dan banjir, seperti tahun 2023 yang peristiwa tanah longsor berjumlah 73 peristiwa [2]. Bencana alam yang menimpa Kota Batu, seperti tanah longsor dan banjir merupakan pertanda adanya gangguan ekosistem di wilayah tersebut. Gangguan ekosistem akibat alih fungsi lahan oleh manusia menjadi salah satu pemicu terjadinya banjir bandang di Batu. Banjir terjadi karena adanya desakan penggunaan lahan untuk pertanian maupun pemukiman. Pengaruh tekanan penduduk dalam penggunaan lahan tidak lagi sesuai dengan daya dukung lingkungan dan kemampuan lahan.

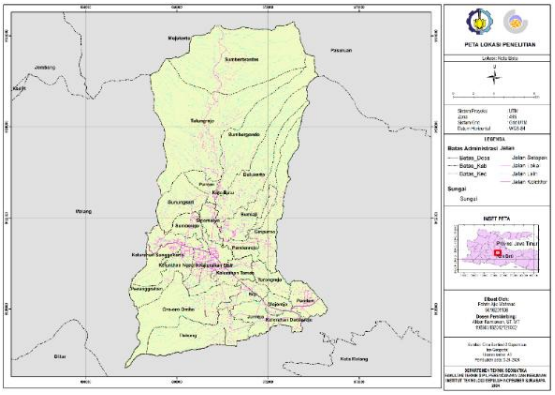
Bencana alam yang menimpa Kota Batu, seperti tanah longsor dan banjir merupakan pertanda adanya gangguan ekosistem di wilayah tersebut. Gangguan ekosistem akibat alih fungsi lahan oleh manusia menjadi salah satu pemicu terjadinya banjir bandang di Batu. Banjir terjadi karena adanya desakan penggunaan lahan untuk pertanian maupun pemukiman. Pengaruh tekanan penduduk dalam penggunaan lahan tidak sesuai dengan daya dukung lingkungan dan kemampuan lahan [3]. Pada tahun 2008-2015 luas perubahan penggunaan lahan di Kota Batu sebesar 2080,94 Ha, luas pemukiman bertambah 135,29 Ha, luas hutan kota berkurang 1,40 Ha, dan luas perkebunan bertambah 329,84 Ha. Terlihat perubahan alih fungsi lahan yang memungkinkan mempunyai hubungan kepada gangguan ekosistem [4], [5]. Berkurangnya indeks vegetasi juga mempunyai kaitan erat dengan bertambahnya jumlah bencana alam banjir dan tanah longsor di Kota Batu.

Dalam penelitian ini digunakan data citra satelit multi temporal wilayah studi kasus pada tahun 2013, 2016, 2019, 2021, dan 2023. Data citra satelit multi temporal adalah beberapa data citra satelit pada satu lokasi yang masing-masing data citra memiliki waktu yang berbeda [6]. Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah Landsat-8 dan Sentinel-2. Data citra satelit diolah untuk menghasilkan peta tutupan lahan dengan metode klasifikasi terbimbing maximum likelihood. Begitupula sebaran vegetasi didapatkan nilai indeks vegetasinya dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) [7]. Nilai indeks vegetasi tersebut didapatkan dengan pengolahan band 4 dan 5 pada citra Landsat-8 dan band 4 dan 8 pada citra Sentinel-2.

Hasil dari pengolahan data-data tersebut kemudian dilakukan analisis secara spasio-temporal pada peta tutupan lahan agar dapat dilihat perubahan tutupan lahan dari tahun 2013 sampai tahun 2023 di Kota batu. Hal tersebut juga dilakukan pada indeks vegetasi agar dapat dilihat perubahan sebaran vegetasi dari tahun 2013 sampai 2023. Kemudian, dilakukan analisis perubahan tutupan lahan dan indeks vegetasi mempunyai hubungan dengan meningkatnya kejadian tanah longsor dan banjir di Kota Batu. Peta rawan bencana banjir dan peta rawan bencana tanah longsor dilakukan analisis pada daerah-daerah hasilnya secara spasial. Hasil perubahan tutupan lahan paling tinggi terdapat pada kelas sawah sebesar 1.045,822 ha, sedangkan penurunan yang paling tinggi adalah kebun sebesar 1.406,677 ha. Luas daerah bervegetasi pada Kota Batu mengalami penurunan yang signifikan sebesar 177,477 ha, sedangkan daerah non-vegetasi mengalami kenaikan luasan sebesar 189,291 ha. Perubahan tutupan lahan mempengaruhi bencana alam karena banyak kejadian terjadi pada daerah permukiman dan sawah. Tingkat indeks vegetasi mempengaruhi bencana alam karena banyak kejadian bencana di daerah bervegetasi rendah karena menurunnya indeks vegetasi.

II. METODOLOGI

Lokasi penelitian tugas akhir ini terletak di Kota Batu pada koordinat antara 7° 44’ 00” sampai 8° 26’ 0” LS dan antara 122° 17’ 0’’ sampai 122° 57’ 0’’ BT seperti disajikan di Gambar 1. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini ada tujuh jenis data yaitu data citra satelit Landsat-8 OLI/TRS resolusi 30m tahun 2013 dari USGS, data citra satelit Sentinel-2 tahun resolusi 10m 2016, 2019, 2021, 2023 dari Copernicus, data Vektor (shapefile) batas administrasi Kota Batu skala 1:25.000 sebagai batas lokasi dari website Ina-Geoportal, data Vektor (shapefile) Indonesia skala 1:500.000 dari website Ina-Geoportal, data kejadian bencana alam banjir dan tanah longsor dari BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kota Batu, data Jenis Tanah dari Bappelitbangda Kota Batu, dan data curah



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

hujan tahun 2023 dari Stasiun II Klimatologi BMKG Jawa Timur.

Tahapan pengolahan pada penelitian ini dilakukan pengolahan data-data yang telah didapatkan hingga mendapatkan hasil akhir yang bertujuan untuk menjawab permasalahan dari penelitian ini. Pengolahan data citra satelit Landsat 8-OLI/TRS dan Sentinel-2 di Envi. Pengolahan data citra dilakukan dengan metode klasifikasi maximum likelihood. Pengolahan dilakukan untuk mendapatkan hasil nilai NDVI pada tiap data citra satelit. Kemudian, dilakukan pengklasifikasian kepada nilai indeks vegetasi. Dari hasil tersebut didapatkan peta indeks vegetasi dan peta tutupan lahan di daerah Kota Batu. Kemudian, pada penentuan daerah rawan banjir dan tanah longsor dilakukan pengolahan melalui skoring dan pembobotan untuk mendapatkan daerah rawan banjir dan tanah longsor di Kota Batu.

Kemudian, hasil dianalisis bagaimana persebaran indeks vegetasi di Kota Batu dan bagaimana pola perubahannya dari tahun ke tahun. Perbandingan data melalui grafik dibandingkan dari tahun ke tahun perubahan indeks vegetasi. Begitupula dengan hasil tutupan lahan, perubahan tutupan lahan dianalisis perubahannya dalam rentang tahun 2013 sampai 2023. Selain itu, dilakukan analisis pada daerah rawan bencana bagaimana perubahan tersebut mempunyai hubungan ke kenaikan bencana alam dalam beberapa tahun. Apakah tren yang dihasil kan menunjukkan tren positif atau negatif. Analisis kejadian bencana perubahan tutupan lahan dan indeks vegetasi selama rentang tahun 2013 sampai 2023.

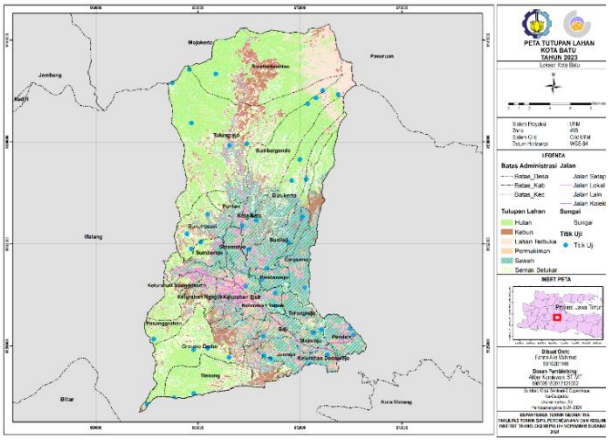
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, tutupan lahan menggunakan klasifikasi maximum likelihood yang dimana mempunyai pedoman pada nilai piksel yang sudah dikategorikan objeknya dan dibuat dalam training data/training sample dalam masing-masing objek penutup lahan. Pemilihan training sample sebisa mungkin dilakukan sebaik mungkin dan teliti agar diperoleh hasil tutupan lahan yang baik. Secara teori jumlah piksel yang diambil per kelas ada sebanyak jumlah band yang digunakan plus 1 (N+1) [7]. Hasil tutupan lahan diperlukan analisis uji akurasi dari training sample tersebut. Hal tersebut karena pada penginderaan jauh, tingkat ketelitian data mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data penginderaan jauh [7].

Citra yang diolah merupakan gabungan dari tiga band utama, band 2, 3, 4 untuk mendapatkan citra komposit RGB-234. Kemudian, citra komposit dilakukan pengolahan dan analisis untuk mendapatkan kelas penutuh lahan. Penentuan kelas dilakukan dengan menggunakan training sample yang didasarkan pada perbedaan bentuk, warna, luasan, pola spektral. Hasil dari klasifikasi tersebut menghasilkan enam kelas tutupan lahan yang dapat di lihat pada Tabel 1. Untuk menguji apakah hasil dari klasifikasi tutupan lahan baik atau tidak menggunakan citra Google Earth sebagai referensi data. Hasil dari klasifikasi dengan menggunakan ENVI, diolah di QGIS dan ditentukan 44 titik sampel untuk di uji akurasinya berdasarkan masing-masing kelas. Hasil uji akurasi menggunakan matriks konfusi dapat dilihat masing-masing pada tabel 4, 6, 8, 10, 12. Masing-masing hasil dari uji akurasi dari tahun 2013 sampai 2016 adalah 89,245%, 88,685%, 85,994%, 89,804%, 87,802%. Pada hasil tersebut, akurasi menunjukkan nilai di atas 85% yang berarti masuk toleransi dan kepercayaan terhadap data penginderaan jauh tinggi. Gambar 2 adalah lokasi sebaran titik sampel pada uji akurasi dan sebarannya merata pada seluruh kawasan Kota Batu.

Tabel 1. Perbandingan Kelas Tutupan Lahan

Kelas	Tampilan Hasil Klasifikasi	Tampilan Citra RGB-234
Lahan Terbuka		
Permukiman		
Semak Belukar		
Hutan		
Sawah		
Kebun		



Gambar 2. Lokasi sebaran titik sampel.

Tutupan lahan pada penelitian ini dianalisis secara multi temporal dari tahun 2013 sampai dengan 2023. Data perubahan tutupan lahan hingga tahun 2023 dapat diliihat pada tabel 2.

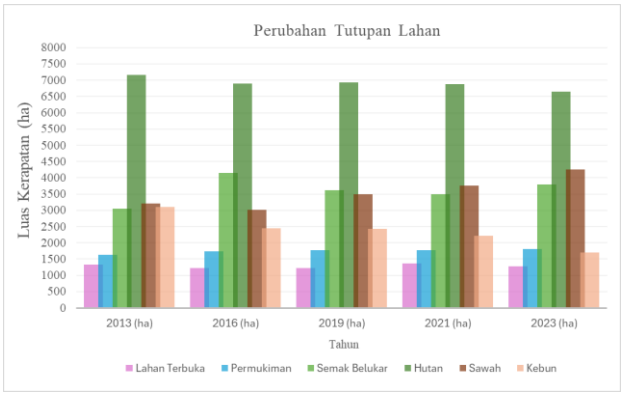
Tabel 2. Luas Perubahan Tutupan Lahan tahun 2013 s.d.2023

Klasifikasi	2013 (ha)	2016 (ha)	2019 (ha)	2021 (ha)	2023 (ha)
Lahan Terbuka	1.328.175	1.225.530	1.221.377	1.357.987	1.280.767
Permukiman	1.632.334	1.745.595	1.770.007	1.782.450	1.807.987
Semak Belukar	3.048.120	4.141.680	3.618.865	3.489.142	3.786.907
Hutan	7.154.977	6.897.890	6.935.530	6.874.695	6.648.795
Sawah	3.204.855	3.011.612	3.487.822	3.753.517	4.250.677
Kebun	3.102.277	2.448.427	2.437.132	2.212.942	1.695.600

Dari Tabel 2 dan Gambar 3 dapat dilihat pada kelas permukiman mengalami kenaikan dari tahun 2013 hingga 2023. Pada selang per tiga tahun, kenaikan yang dialami perlahan hingga pada tahun 2023 mencapai 1807.99 ha. Kenaikan pada pemukiman berada pada angka 175,66 ha. Kenaikan ini disebabkan semakin pesatnya perkembangan di Kota Batu, terutama di sektor pariwisata. Perkembangan pariwisata yang menaikkan ekonomi Kota Batu menjadi latar belakang naiknya permukiman. Pada tahun 2023 jumlah pengunjung objek wisata Kota Batu mencapai 7,096,034 [1]. Untuk kenaikan paling tinggi ada pada kelas sawah dengan jumlah 1045,8225 hektar. Berikut adalah gambaran perubahan kelas sawah pada Kota Batu.

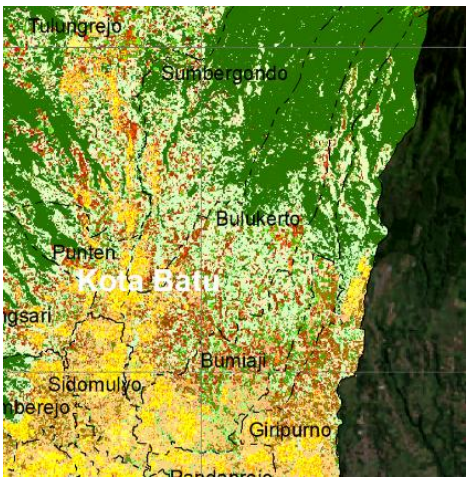
Dapat dilihat pada Gambar 4, perubahan kelas kebun menjadi sawah pada warna hijau muda pada Kelurahan Bulukerto. Perubahannya seluas 1050,024 hektar, salah satu perubahan tertinggi. Penampakan perubahan tutupan lahan pada bagian sawah termasuk yang terlihat jelas perubahannya pada selang tahun 2013 sampai 2023.

Kenaikan terbesar kedua ada pada kelas semak belukar sejumlah 738,787 hektar. Kenaikan jumlah tersebut berdasarkan penurunan vegetasi. Pada kelas hutan penurunan luasan sejumlah 506,182 hektar yang sebagian kawasan hutan tersebut berubah menjadi semak belukar dengan indeks vegetasi yang lebih rendah. Lalu pada kelas kebun terjadi penurunan luasan yang sangat signifikan. Pada tahun 2013 sampai 2023, luasan dari kelas kebun turun 1406,677 hektar. Penurunan tersebut sejalan dengan perubahan lahan kebun yang menjadi sawah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 3. Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013 s.d.2023

Gambar 4. Perubahan kelas sawah 2013 s.d. 2023



Gambar 5. Perubahan kelas sawah.

Gambar 6. Perubahan kelas kebun menjadi sawah 2013 s.d. 2023

Kawasan kebun juga bertransformasi menjadi semak belukar karena banyak kawasan kebun yang sudah ditinggalkan atau tidak digunakan. Pada kelas lahan terbuka hanya berkurang sejauh 47,407 hektar yang dimana lahannya bertranformasi menjadi hutan.

A. Analisis Perubahan Indeks vegetasi Multi Temporal

Peta indeks vegetasi didapatkan dari nilai NDVI yang didaptkan dari hasil pengolahan pada software ENVI. Sebelum mengolah dengan algoritma NDVI, nilai DN akan dikonversi menjadi nilai reflektan atmosfer pada citra satelit. Metode yang digunakan adalah analisis penginderaan jauh yaitu indeks vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) [8]. Persamaan algoritma NDVI untuk penduga indeks vegetasi tersebut adalah:

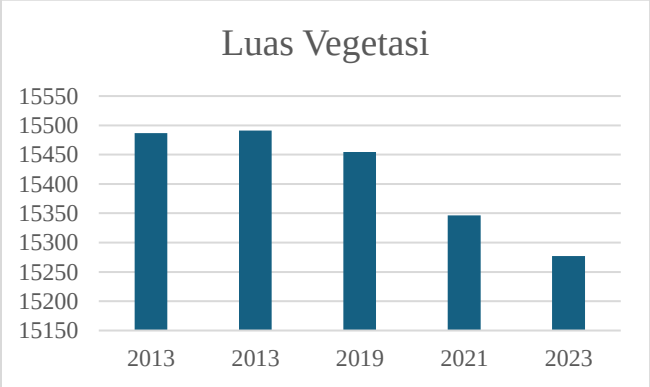
$$NDVI = \frac{\rho NIR - \rho RED}{\rho NIR + \rho RED} \quad (1)$$

Dimana NDVI adalah Normalized Difference Vegetation Index; ρNIR adalah Nilai spektral saluran Near Infrared; ρRED adalah Nilai spektral saluran merah. Setelah melakukan pengolahan, citra yang sudah diolah dengan algoritma NDVI diklasifikasikan menjadi lima kelas seperti yang tercantum pada tabel 3. Indeks vegetasi di Kota Batu mengalami perubahan yang signifikan dari tahun 2013 sampai dengan 2023. Berikut hasil perubahan indeks vegetasi pada Kota Batu dari tahun 2013 sampai 2023. Kelas cukup rapat dan sangat rapat mengalami penurunan cukup signifikan dari tahun ke tahun. Kelas cukup rapat mengalami penurunan seluas 856,42 hektar, sedangkan kelas sangat rapat mengalami penurunan sebesar 1115,81 hektar.

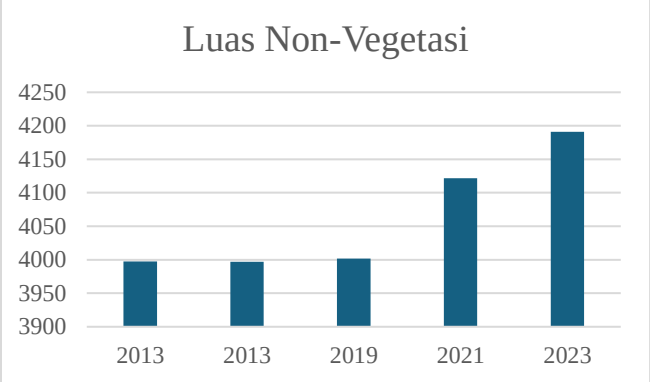
Tabel 3. Luas Perubahan Indeks vegetasi tahun 2013 s.d.2023

Klasifikasi	**2013 (ha)**	**2016 (ha)**	**2019 (ha)**	**2021 (ha)**	**2023 (ha)**
Tidak Ber-Vegetasi	1.742,392	1.751,342	1.735,121	1.837,302	1.876,212
Jarang	2.254,777	2.225,898	2.266,573	2.284,352	2.314,773
Cukup Rapat	4.718,892	4.341,985	4.276,412	4.276,904	3.862,474
Rapat	4.348,707	5.596,964	5.822,035	6.291,479	6.201,609
Sangat Rapat	6.329,054	5.552,076	5.356,342	4.778,267	5.213,259

Hal ini diakibatkan di beberapa titik ada perubahan lahan yang berupa sawah menjadi pemukiman. Perubahan kelas sangat rapat juga sangat signifikan menjadi kelas rapat kemungkinan karena perubahan hutan menjadi semak belukar atau berkurangnya kerapatan hutan. Karena seiring berkurangnya kelas sangat rapat, kelas rapat meningkat dengan signifikan seluas 1762,91 hektar. Diikuti pertambahan luasan daerah tidak bervegetasi seluas 113,28 hektar. Lalu, yang paling kecil pertambahannya merupakan kelas jarang dengan kenaikan 59,98 hektar (Gambar 7). Luas kawasan daerah bervegetasi semakin tahun semakin turun. Apalagi pada tahun 2019 sampai 2023. Penurunan melalui grafik terlihat signifikan sebesar 177,477 hektar. Hal ini dikarenakan peningkatan daerah tak bervegetasi juga meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun seperti yang tersaji pada Gambar 8.



Gambar 7. Luas kawasan vegetasi.

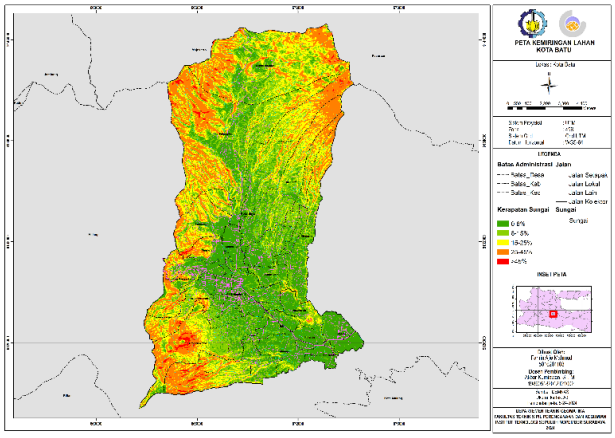


Gambar 8. Luas kawasan non-vegetasi.

Kawasan non-vegetasi mengalami kenaikan yang signifikan pula pada rentang tahun 2019-2023 seperti yang tersaji pada grafik di atas. Kenaikan luas kawasan non-vegetasi naik seluas 189,291 hektar.

B. Hasil Peta Kemiringan

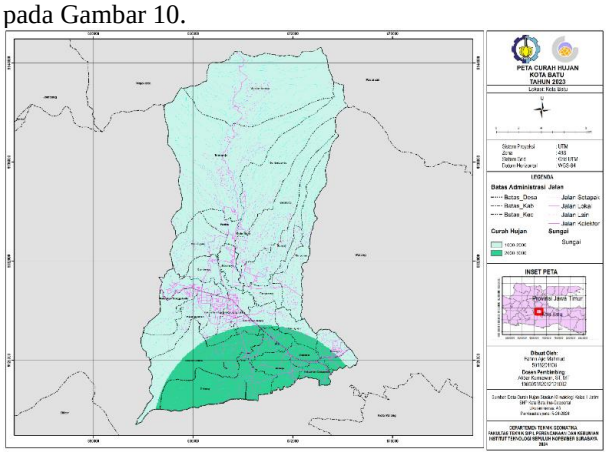
Dalam menentukan daerah rawan bencana, dibutuhkan salah satu parameter kelerengan. Kemiringan ini didapatkan dari model DEM yang merupakan dalah representasi kuantitatif tiga dimensi dari permukaan bumi yang berasal dari data ketinggian [4]. Model DEM yang digunakan pada penelitian ini adalah DEMNAS Kota Batu, untuk mendapatkan peta kemiringan Kota Batu seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta Kemiringan Kota Batu.

C. *Hasil Peta Curah Hujan*

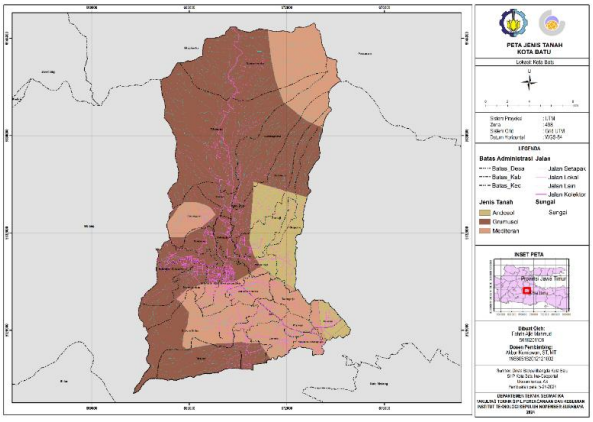
Curah hujan didapatkan dari Stasiun Klimatologi BMKG. Pada peta ini, digunakan tiga stasiun yang berada di tiap kecamatan. Peta curah hujan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Curah Hujan Kota Batu.

D. *Hasil Peta Jenis Tanah*

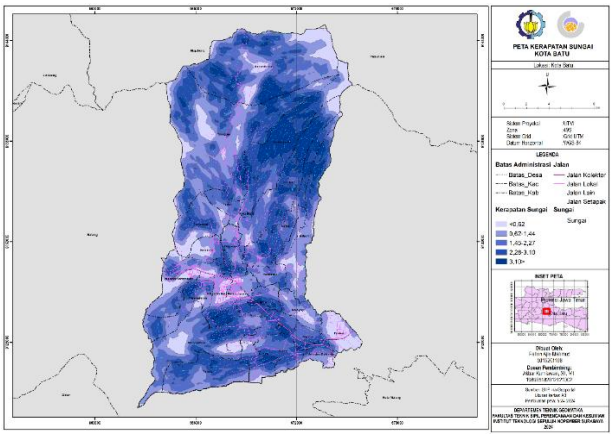
Data jenis tanah didapatkan dari Dinas Bappelitbangda Kota Batu. Jenis tanah di Kota Batu terbagi menjadi tiga, yaitu andosol, grumusol, dan mediteran. Peta jenis tanah ditampilkan seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Peta Jenis Batuan.

E. *Hasil Peta Kerapatan Sungai*

Peta kerapatan sungai didapatkan menggunakan *shp* dari sungai yang ada di Kota Batu. Kerapatan Sungai dibagi menjadi 5 kelas yang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Peta Kerapatan Sungai.

F. *Analisis Daerah Rawan Longsor*

Dalam menentukan apakah perubahan tutupan lahan mempunyai korelasi terhadap kejadian tanah longsor yang meningkat di Kota Batu, maka dilakukan pembuatan peta rawan longsor. Pembuatan peta daerah rawan longsor tentunya melalui proses penggabungan beberapa parameter yang menjadi acuan dalam menentukan daerah rawan longsor.

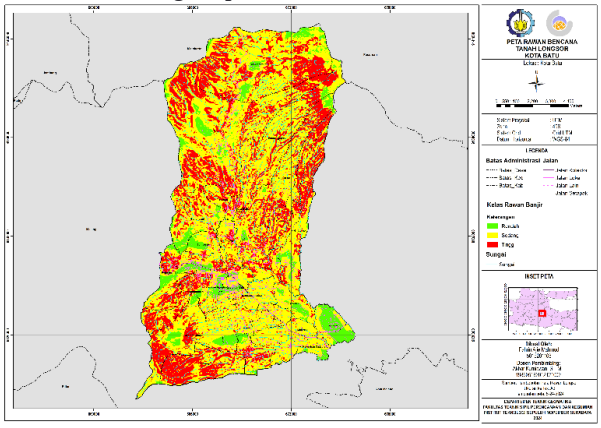
Tabel 4. Bobot parameter rawan longsor [3]*

Parameter	Kelas	Skor	Bobot
Tutupan Lahan	Hutan	1	15%
	Semak Belukar	2	
	Sawah	3	
	Kebun	3	
	Permukiman	4	
	Lahan Terbuka	5	
Curah Hujan (mm/tahun)	<1.000	1	20%
	1.000-2.000	2	
	2.000-3.000	3	
	>3.000	4	
Tanah	Andosol	2	15%
	Grumusol	2	
	Mediteran	3	
Kemiringan	0-8%	1	20%
	8-15%	2	
	15-25%	3	
	25-45%	4	
	>45%	5	
Kerapatan Sungai	< 0,62	1	30%
	0,62-1,44	2	
	1,45-2,27	3	
	2,28-3,10	4	
	>3,10	5	

*dengan sedikit modifikasi

Parameter yang digunakan pada daerah lawan longsor ada 5 yaitu curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, kelerengan, dan kerapatan sungai. Sebelum dilakukan penggabungan dari beberapa parameter, setiap kelas dari parameter diberi skor yang nantinya menjadi reppresentasi skor per poligon. Kemudian, parameter tersebut diberi bobot berbeda yang jumlah akhirnya 100%. Bobot dari parameter tersebut seperti tersaji pada Tabel 4.

Dari hasil *overlay* tersebut dihasilkan peta daerah rawan tanah longsor pada Gambar 13.



Gambar 13. Peta rawan longsor Kota Batu.

Peta rawan longsor dibagi ke dalam tiga kelas berdasarkan rumus interval kerentanan. Skor maksimal dikurangi skor minimal dibagi jumlah kelas. Kelas rawan longsor disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

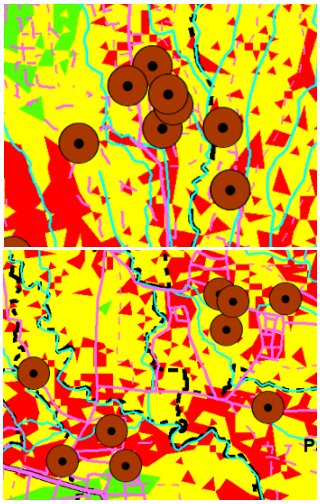
Tabel 5. Kelas rawan longsor

Kelas Rawan Longsor	Skor	Luas Kawasan (ha)
Rendah	13-21.5	1.582,721
Sedang	22.5-30.5	11.782,94
Tinggi	31-40.5	5.974,782

Kelas yang paling tinggi kawasannya ada pada daerah sedang dengan luas 11782,94 hektar, lalu diikuti daerah tinggi 5974,782 hektar, dan rendah 1582,721 hektar. Dengan hasil ini, dapat dilihat bahwa memang daerah rawan longsor di Kota Batu terhitung tinggi. Sejalan dengan kejadian tanah longsor di Kota Batu yang meningkat tiga tahun terakhir.

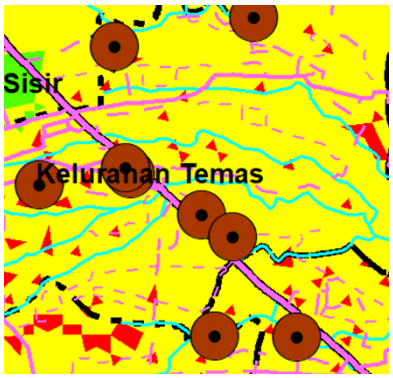
Daerah rawan longsor kemudian dilakukan validasi dengan 127 titik kejadian tanah longsor didapatkan validasi sejumlah 93,7% kejadian titik longsor dengan daerah rawan longsor. Dengan validasi tersebut dapat dipastikan daerah rawan longsor mempresentasikan daerah sebenarnya dengan kejadian.

Pembobotan pada rawan longsor penelitian ini memakai kerapatan sungai karena banyak daerah kejadian longsor yang berdekatan dengan sungai, seperti terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kejadian longsor berdekatan dengan sungai.

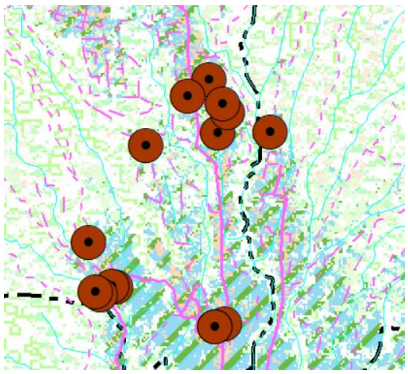
Oleh sebab itu bobot kerapatan sungai menjadi bobot paling besar pada pembobotan rawan longsor ini karena ditemukan banyak kejadian longsor di daerah sungai. Selain itu, kejadian tanah longsor juga banyak terjadi di daerah permukiman dan dekat permukiman warga, baik di dataran rendah dan dataran tingginya. Daerah dengan indeks vegetasi rendah juga menjadi salah satu ciri terjadinya tanah longsor. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 15, kejadian tanah longsor pada daerah permukiman dan memiliki vegetasi rendah.



Gambar 15. Kejadian longsor pada daerah permukiman dengan vegetasi rendah.

Jika dilihat dari peta rawan longsor, daerah dengan vegetasi rapat seperti hutan hanya memiliki sedikit kejadian longsor dibanding daerah yang vegetasinya di bawah hutan seperti semak, kebun, dan sawah. Seperti pada gambar di bawah ini. Kejadian tanah longsor terjadi pada daerah persawahan yang dekat dengan permukiman seperti pada gambar di atas. Dapat dilihat dari peta juga, daerah dengan kelerengan di atas 45% merupakan daerah rawan longsor. Hal ini dikarenakan kelerengan menjadi faktor penting terjadi tanah longsor. Pada kejadian tanah longsor, tanah dan bebatuan akan semakin jatuh ke daerah rendah, kelerengan tinggi dapat menjadi pemicu mudahnya kejadian longsor semakin cepat terjadi. Berdasarkan daerah rawan ini, dapat

dilihat daerah sedang mendominasi. Meskipun dengan tingkat kerawanan sedang, bukan tidak mungkin terjadi bencana pada daerah tersebut, karena berdasarkan validasi ada beberapa titik kejadian juga berada pada daerah sedang.



Gambar 16. Kejadian tanah longsor pada kelas sawah.

G. Analisis Daerah Rawan Banjir

Pembobotan daerah rawan banjir di Kota Batu juga memakai lima parameter yang sama dengan parameter rawan longsor, seperti pada Tabel 6.

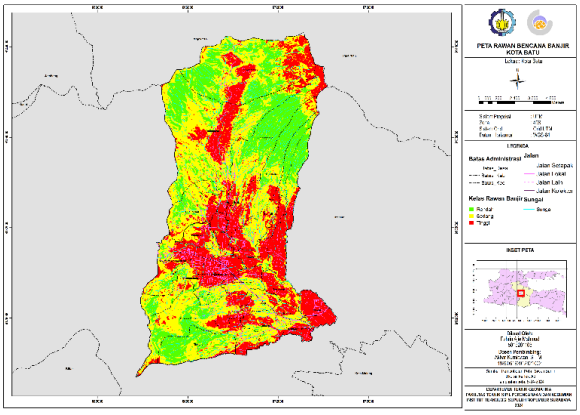
Tabel 6. Bobot parameter rawan banjir [4]*

Parameter	Kelas	Skor	Bobot
Tutupan Lahan	Hutan	1	10%
	Semak Belukar	2	
	Sawah	3	
	Kebun	3	
	Permukiman	4	
	Lahan Terbuka	5	
Curah Hujan	<1.000	1	30%
	1.000-2.000	2	
	2.000-3.000	3	
	>3.000	4	
Tanah	Mediteran	3	10%
	Grumusol	4	
	Andosol	4	
Kemiringan	>45%	1	25%
	25-45%	2	
	15-25%	3	
	8-15%	4	
	0-8%	5	
Kerapatan Sungai	>3,10	1	25%
	2,28-3,10	2	
	1,45-2,27	3	
	0,62-1,44	4	
	< 0,62	5	

*dengan sedikit modifikasi

Namun, terdapat perbedaan pada skor kerapatan sungai dan kelerengan. Seiring meningkatnya kejadian tanah longsor, kejadian bencana alam banjir juga meningkat di Kota Batu, khususnya dalam tiga tahun terakhir. Pembuatan peta dilakukan agar menghasilkan klasifikasi daerah rawan banjir yang berpotensi banjir di Kota Batu berdasarkan bobot parameter yang memicu kejadian banjir.

Kemudian dilakukan *overlay* dari setiap parameter dan dihasilkan peta rawan bencana banjir seperti pada Gambar 17 di bawah ini.



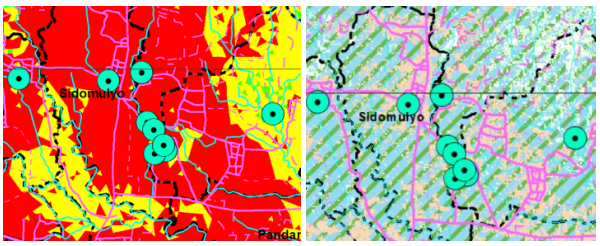
Gambar 17. Peta rawan banjir Kota Batu

Peta rawan longsor dibagi ke dalam tiga kelas berdasarkan rumus interval kerentanan. Skor maksimal dikurangi skor minimal dibagi jumlah kelas. Kelas rawan longsor disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Kelas rawan banjir

Kelas Rawan Longsor	Skor	Luas Kawasan (ha)
Rendah	13-21	3655,953
Sedang	21,5-28,5	10071,340
Tinggi	29-37	5617,607

Kelas rawan longsor dibagi kedalam tiga kelas, yaitu rendah, sedang, tinggi. Skor dari daerah rawan longsor kota batu berada pada kisaran nilai 13 sampai 37. Kelas daerah rawan longsor yang tertinggi terddapat pada kelas sedang seluas 10071,34 hektar, diikuti kelas tinggi seluas 5.617,607 hektar, lalu yang paling sedikit luasannya adalah kelas rendah sebanyak 3.655,953 hektar. Kemudian, daerah rawan longsor yang telah diolah dilakukan validasi dengan kejadian banjir selama dua tahun terakhir di kota batu, sebanyak 21 kejadian. Dari 21 titik jumlah kejadian, semuanya berada pada daerah kelas rawan banjir tinggi. Kejadian banjir terjadi paling banyak pada daerah dengan vegetasi rendah yaitu permukiman (Gambar 18).



Gambar 18. Kejadian banjir di daerah permukiman rawan banjir dan tutupan lahan.

Pada gambar di atas dapat diperhatikan, ada sembilan titik kejadian banjir. Pada sembilan titik tersebut terdapat persamaan kejadiannya berada pada daerah permukiman. Selain itu, kejadian banjir juga terdapat pada daerah dengan kerapatan sungai rendah. Daerah kejadian banjir berada pada daerah dengan jangkauan antara satu sungai dan sungai yang lain tidak terlalu rapat.

Curah hujan sebenarnya menjadi faktor penting dalam kejadian banjir sehingga memiliki bobot paling tinggi, tetapi curah hujan tahunan di Kota Batu berada di kisaran 114-160. Curah hujan tersebut tidak termasuk curah hujan ekstrim yang dapat mengakibatkan banjir secara langsung. Namun, hujan terus menerus dapat meningkatkan debit air pada sungai semakin tinggi yang dapat mengakibatkan hujan. Pada daerah dengan vegetasi rapat dan sangat rapat dapat dipastikan untuk kejadian banjir tidak terjadi. Untuk kelas rawan banji juga, pada daerah dengan vegetasi rapat, berwarna hijau atau terdapat pada kelas rendah.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan kenaikan luas kawasan perubahan tutupan lahan tertinggi terdapat pada kelas sawah dengan kenaikan 25% dengan luas kawasan 1.045,822 pada tahun 2023. Penurunan luas kawasan perubahan tutupan lahan terdapat pada kelas kebun dengan presentase penurunan sebesar 33% dengan luas kawasan 1.406,677 pada tahun 2023.

Kenaikan luas kawasan permukiman naik dari tahun ke tahun walaupun tidak terlalu signifikan di Kota Batu. Luas daerah bervegetasi di Kota Batu mengalami penurunan sebesar 13% dengan total luas 209,311 hektar. Luas daerah tidak bervegetasi mengalami kenaikan signifikan sebesar 46% dengan total luas kawasan sebesar 193,276 hektar. Hal tersebut dikarenakan alih fungsi lahan dan perizinan pendirian pembangunan yang cukup mudah di Kota Batu. Akibat hal tersebut, peralihan lahan di Kota Batu banyak menjadi perumahan dan pariwisata yang awalnya perkebunan.

Dari penelitian ini, perubahan tutupan lahan dan perubahan indeks vegetasi memengaruhi bencana tanah longsor dan banjir. Hal ini didasarkan dari kejadian tanah longsor dan banjir yang banyak terjadi pada lahan permukiman dan sawah. Permukiman yang dulu awalnya perkebunan dan hutan beralih fungsi menjadi permukiman. Perubahan indeks vegetasi memengaruhi kejadian banjir dan tanah longsor di Kota Batu akibat penurunan kehijauan vegetasi di Kota Batu. Hal ini didasarkan dengan kejadian banjir yang terjadi di daerah tidak bervegetasi sedangkan di daerah hutan tidak ada terjadi banjir. Kerapatan sungai menjadi salah satu parameter penting yang memengaruhi dalam pembuatan peta banjir dan tanah longsor. Terutama tanah longsor yang kejadiannya setelah dianalisis banyak terjadi di sekitar sungai atau daerah yang berdekatan dengan sungai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih juga kepada Bappelitbangda, BPBD, BMKG Kota Batu sebagai penyedia data pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis berikan kepada USGS dan Copernicus sebagai penyedia data citra satelit Landasat-8 dan Sentinel-2.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik Kota Batu, “Kota Batu Dalam Angka 2023,” Nomor Publikasi : 35790.2304. Diakses: 24 Maret 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://batukota.bps.go.id/id/publication/2023/02/28/1308eb3612af549495d305fc/kota-batu-dalam-angka-2023.html

[2] Ainun Rosyida, Miftah Aziz, Yudhi Firmansyah, Teguh Setiawan, Kartika Puji Pangest, dan Febrianto Kakanur I., *Buku Data Bencana Indonesia 2023*, vol. 3. Jakarta: Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2024.

[3] Kurnia Ekaptiningrum, “Pakar UGM Sampaikan Analisis Penyebab Banjir Bandang di Batu Malang - Universitas Gadjah Mada.” Diakses: 22 April 2023. [Daring]. Tersedia pada: https://ugm.ac.id/id/berita/21919-pakar-ugm-sampaikan-analisa-penyebab-banjir-bandang-di-batu-malang/

[4] L. Utama dan A. Naumar, “Kajian kerentanan kawasan berpotensi banjir bandang dan mitigasi bencana pada daerah aliran sungai (DAS) Batang Kuranji Kota Padang,” *Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 1, hlm. 21–28, 2015.

[5] B. R. Widiatmono, N. Lusiana, dan E. E. Nurlaelih, “Penentuan status daya dukung lingkungan berbasis kesesuaian lahan dan keseimbangan lahan di Kota Batu, Jawa Timur, Indonesia,” *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, vol. 3, no. 2, hlm. 128–135, 2017.

[6] A. Nurry dan I. M. Anjasmara, “Kajian perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai brantas bagian hilir menggunakan citra satelit multi temporal (studi kasus: kali porong, kabupaten sidoarjo),” *Geoid*, vol. 10, no. 1, hlm. 70–74, 2014.

[7] H. S. Firdaus dan B. M. Sukojo, “Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Metode Penginderaan Jauh dan Operasi Berbasis Spasial, Studi Kasus Kota Batu Jawa Timur,”

Jurnal Geosaintek, vol. 1, no. 1, hlm. 25–34, 2015.

[8] F. N. Kogan, “Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection,” *Advances in Space Research*, vol. 15, no. 11, hlm. 91–100, 1995, doi: 10.1016/0273-1177(95)00079-T.