

Kajian Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang

M.O. Yufahri¹, R. Widjajanti²

^{1,2} Universitas Diponegoro, Indonesia

Article Info:

Received: 11 June 2021

Accepted: 11 July 2022

Available Online: 10 August 2022

Keywords:

Lahan Terbangun, Rawan Longsor, Zonasi, Sistem Informasi Geografis

Corresponding Author:

Muhammad Ogan Yufahri
Diponegoro University,
Semarang, Indonesia
Email: oyufahri@gmail.com

Abstrak: Kota Semarang merupakan salah satu wilayah di Indonesia dengan kondisi topografi yang bervariasi, dengan Kecamatan Tembalang merupakan kawasan perbukitan di wilayah selatan Kota Semarang yang memiliki kelerengan 0 sampai >40%. Pada tahun 2018, telah terjadi bencana longsor sebanyak 13 kejadian pada 7 kelurahan di Kecamatan Tembalang yang berdampak pada rumah warga disekitarnya. Adapun lahan terbangun di Kecamatan Tembalang terus bertambah dan berkembang pesat tiap tahunnya. Kajian mengenai lahan terbangun pada kawasan arawan bencana longsor perlu dilakukan untuk menemukenali persebaran dan luas lahan terbangun pada kawasan rawan longsor di Kecamatan Tembalang. Penelitian ini memanfaatkan pendekatan kuantitatif melalui metode pembobotan (*weighted/skoring*) dan tumpang tindih (*overlay*) dengan alat bantu SIG (*Sistem Informasi Geografis*) serta metode deskriptif kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh 19% dan 3% luas wilayah Kecamatan Tembalang merupakan kawasan rawan longsor tinggi dan sangat tinggi. Serta ditemukan 22% dan 2% dari luas lahan terbangun di Kecamatan Tembalang menduduki kawasan rawan longsor tinggi (Z-4) dan sangat tinggi (Z-5). Berdasarkan Permen PU No 22 Tahun 2007, pemanfaatan lahan terbangun hanya diizinkan pada zonasi Z-1, Z-2, dan Z-3.

Copyright © 2016 TPWK-UNDIP

This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

How to cite (APA 6th Style):

Yufahri, M. O., & Widjajanti, R. (2022). Kajian Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. *Jurnal Teknik Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 11(3), 224–237.

1. PENDAHULUAN

Bencana yang kerap terjadi di muka bumi ini salah satunya adalah bencana longsor yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan lain sebagainya. Tanah longsor adalah salah satu bentuk dari gerakan massa tanah atau batuan, atau percampuran keduanya, yang menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Sonjaya, 2011). Adapun menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 2007), longsor merupakan suatu proses perpindahan massa tanah/batuan dengan arah miring dari kedudukan semula, sehingga terpisah dari massa yang mantap, karena pengaruh gravitasi, dengan jenis gerakan berbentuk rotasi dan translasi. Gerakan tanah/longsor terjadi karena adanya gerakan tanah sebagai akibat dari Bergeraknya massa tanah atau batuan yang bergerak di sepanjang lereng atau di luar lereng karena faktor gravitasi (Somantri, 2008).

Bencana tanah longsor memiliki dampak yang sangat besar terhadap kehidupan, khususnya manusia. Bila tanah longsor itu terjadi pada wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, maka korban jiwa yang ditimbulkan akan sangat besar, terutama bencana tanah longsor yang terjadi secara tiba-tiba tanpa diawali tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor (Yuniarta, et al., 2015). Potensi resiko bencana dan penggunaan lahan merupakan dua komponen utama dalam proses pencegahan terjadinya bencana alam, yaitu dengan memberikan batasan penggunaan lahan pada daerah yang rentan terhadap bencana alam (Saunders, et al., 2015). Perubahan guna lahan yang tidak terkontrol pada daerah rentan bencana longsor sangat berbahaya bagi masyarakat yang tinggal di dalamnya, masyarakat dapat terdampak mulai dari kerugian materi hingga korban jiwa bila terjadi bencana longsor pada kawasan tersebut (Hamida & Widyasamratri, 2019). Oleh karena itu, kajian mengenai pemanfaatan lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor perlu dilakukan, agar resiko kerugian akibat bencana longsor dapat diminimalisir.

Indonesia termasuk salah satu negara yang rawan terhadap berbagai macam bencana, yang salah satunya adalah bencana longsor. Indonesia dilalui oleh 3 lempeng tektonik besar seperti Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Aktivitas tektonik dari ketiga lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya deretan gunung api atau disebut dengan zona aktif. Pada wilayah ini umumnya terdapat banyak patahan aktif dan sering terjadi gempa bumi yang kemudian terjadi bencana longsor pada wilayah dengan lereng terjal dan tidak stabil. Selain itu, batuan sedimen/endapan hasil dari endapan letusan gunung berapi yang berupa campuran kerikil umumnya tidak memiliki struktur yang kuat, sehingga pada lereng yang terjal mudah terjadi longsor. Aktivitas tektonik dan vulkanik tersebar di seluruh wilayah di Indonesia salah satunya pada Provinsi Jawa Tengah, khususnya Kota Semarang bagian selatan yang dekat dengan aktivitas vulkanik dari Gunung Ungaran.

Selain faktor tektonik, bencana longsor juga dipengaruhi oleh beberapa karakteristik fisik alam lainnya seperti kelerengan, jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, dan penggunaan lahan. Priyono, et al. (2006), mengelompokkan faktor yang menyebabkan terjadinya bencana longsor menjadi faktor penyebab yang terdiri dari kemiringan lereng/topografi dan faktor pemicu statis yaitu jenis tanah dan jenis batuan, serta faktor pemicu dinamis yaitu curah hujan dan penggunaan lahan. Kemiringan lereng menjadi faktor utama penyebab terjadinya bencana longsor karena pengaruh dari gaya gravitasi bumi. Kota Semarang menjadi salah satu kota di Indonesia dengan kondisi topografi yang cukup unik. Kemiringan lereng di Kota Semarang sangat bervariasi mulai dari 0% sampai >40%, sehingga masyarakat mengklasifikasikan Kota Semarang menjadi wilayah bagian Semarang bawah dengan topografi datar dan Semarang atas dengan topografi sedang hingga curam yang berada di wilayah bagian selatan Kota Semarang.

Kecamatan Tembalang yang masuk ke dalam bagian administrasi dan terletak pada wilayah selatan dari Kota Semarang merupakan daerah dengan kondisi topografi yang sangat bervariasi dari 0 - >40%. Kawasan dengan kondisi kelerengan antara 15-40% menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bencana longsor (Fitriani, et al., 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Purba, et al. (2014), Kecamatan Tembalang berdasarkan klasifikasi tingkat kerawanan longsor menempati peringkat pertama di Kota Semarang termasuk dalam status: kondisi cukup rawan seluas 1.240,042 Ha dan kondisi rawan menempati peringkat ke-2 dengan luas 123,885 Ha. Di sisi lain, Kecamatan Tembalang menjadi kecamatan dengan pertambahan luas penggunaan lahan permukiman terbesar di Kota Semarang, yaitu dari tahun 1992-2014 bertambah seluas 572,595 Ha (Saraswati, et al., 2016). Selama jumlah penduduk terus mengalami peningkatan dan tekanan penduduk terhadap lahan terus meningkat maka konversi lahan pertanian sangat sulit dihindari (Hasibuan & Rahayu, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor, dengan tujuan untuk mengetahui persebaran dan luas lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Tembalang.

2. DATA DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif yang berbasis pada SIG (Sistem Informasi Geografis). Menurut Saraswati (2014), SIG merupakan salah satu alat yang efektif untuk mengembangkan informasi spasial untuk mencegah dampak bencana. Penelitian kuantitatif melalui alat analisis spasial SIG dapat mempermudah peneliti dalam mengkaji dan menyelesaikan permasalahan penelitian yang diangkat, serta dapat diuji validitasnya di lapangan. Penelitian ini menggunakan data sekunder sebagai berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Data Penelitian (Analisis, 2020)

Nama Data	Bentuk Data	Jenis Data	Tahun	Sumber
Kelerengan/topografi	Data Vektor (<i>shapefile</i>)	Sekunder	Terbaru	Bappeda Kota Semarang
Jenis Tanah	Data Vektor (<i>shapefile</i>)	Sekunder	Terbaru	Bappeda Kota Semarang
Jenis Batuan	Data Vektor (<i>shapefile</i>)	Sekunder	Terbaru	Bappeda Kota Semarang
Curah Hujan	Data Vektor (<i>shapefile</i>)	Sekunder	Terbaru	Bappeda Kota Semarang
Tutupan Lahan	Data Vektor (<i>shapefile</i>)	Sekunder	Terbaru	Bappeda Kota Semarang
Lahan Terbangun (<i>Landsat</i>)	Data Raster	Sekunder	Terbaru	Telaah Dokumen (USGS)

Teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini berupa teknik analisis data spasial dan teknik analisis data atribut yang terdapat pada SIG. Analisis data spasial berkaitan dengan letak koordinat yang digunakan untuk menumpang tindihkan peta dari semua variabel. Adapun analisis data atribut meliputi proses skoring dari data atribut yang bersifat statistik melalui SIG. Alat analisis yang digunakan diantaranya *weighted*

overlay, SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*), dan *intersect overlay*. Teknik analisis data yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Analisis Perkembangan Lahan Terbangun

Analisis lahan terbangun bertujuan untuk memperoleh data persebaran lahan terbangun di Kecamatan Tembalang. Analisis ini menggunakan data sekunder berupa citra satelit tahun 1999 dan 2019. Melalui teknik interpretasi citra satelit yang dilakukan secara digital melalui alat bantu SIG, dihasilkan data klasifikasi tutupan lahan dan persebaran lahan terbangun di Kecamatan Tembalang. Berdasarkan data persebaran lahan terbangun tahun 2019 tersebut, dapat dilihat perkembangan lahan terbangun yang terjadi di Kecamatan Tembalang, dan faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun tersebut. Sebelum dilakukan analisis, data persebaran lahan terbangun tersebut terlebih dahulu dilakukan validasi melalui uji akurasi hasil klasifikasi lahan agar tingkat akurasi data yang digunakan untuk analisis dapat dipertanggungjawabkan.

Analisis Kawasan Rawan Bencana Longsor

Analisis kawasan rawan bencana longsor dilakukan untuk mengetahui persebaran kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Tembalang beserta luasannya. Sebelum melakukan analisis ini, dilakukan identifikasi kondisi fisik di Kecamatan Tembalang berupa kelerengan, jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, dan penggunaan lahan sebagai input dari analisis kawasan rawan bencana longsor. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan spasial melalui teknik analisis berupa overlay dan skoring atau biasa dikenal dengan *weighted overlay* melalui SIG.

Bobot variabel ditentukan berdasarkan tingkat pengaruh dari masing-masing variabel tersebut terhadap potensi rawan bencana longsor seperti tertera pada Tabel 3. Variabel topografi/kelerengan menjadi variabel yang memiliki bobot paling besar karena memiliki tingkat pengaruh yang tinggi dibandingkan variabel lainnya. Hal itu dikarenakan adanya gaya gravitasi bumi, sehingga semakin curam suatu bidang lahan, sangat tinggi kemungkinan terjadi pergerakan massa tanah dan batuan. Berikut merupakan skor dan bobot dari masing-masing variabel yang akan digunakan dalam analisis kawasan rawan bencana longsor:

Tabel 2. Bobot Variabel Rawan Longsor (Priyono et al., 2006, Hasibuan, 2017, analisis penulis)

No	Variabel	Klasifikasi	Skor	Bobot	Nilai (Skor x Bobot)
1	Kelerengan	0-2%	1	0,3	0,3
		2-15%	2		0,6
		15-25%	3		0,9
		25-40%	4		1,2
		>40%	5		1,5
2	Jenis Tanah	Asosiasi Aluvial Kelabu	1	0,2	0,2
		Latosol Coklat Kemerahan	2		0,4
		Mediteran Coklat Tua	3		0,6
		Regosol	5		1,0
3	Jenis Batuan	Endapan Permukaan Alluvium	1	0,2	0,2
		Batuan B Sedimen Dasar	2		0,4
		Lapisan Marin	3		0,6
		Batuan Sedimentasi Breksi Vulk	4		0,8
		Batuan Vulkanik	5		1,0
Endapan Vulk Lahar Gunung	5	1,0			
4	Curah Hujan	200-300 mm/bulan	3	0,2	0,6
5	Tutupan Lahan	Hutan	1	0,1	0,1
		Danau/Kolam	1		0,1
		Sawah	3		0,3
		Tegalan	4		0,4
		Lahan Terbangun	5		0,5

Tingkat kerawanan longsor diklasifikasikan ke dalam 5 kelas yaitu kerawanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Formula yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tingkat kerawanan (Priyono, et al., 2006)

$$X = \frac{a - b}{n} \quad (1)$$

Keterangan: X = Nilai Interval
n = Jumlah Kelas

a = Skor Tertinggi
b = Skor Terendah

Berdasarkan formula di atas, maka didapatkan nilai interval yaitu 0,52 dengan nilai tertinggi adalah 4,2 dan nilai terendah adalah 1,6, sehingga klasifikasi kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Tembalang adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor (Analisis, 2020)

Kelas	Kerawanan Longsor	Nilai Interval
1	Sangat Rendah	1,6 - 2,12
2	Rendah	2,12 - 2,64
3	Sedang	2,64 - 3,16
4	Tinggi	3,16 - 3,68
5	Sangat Tinggi	3,68 - 4,2

Analisis Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor

Analisis lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor digunakan untuk menemukan pemanfaatan lahan terbangun beserta luasnya pada kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Tembalang. Input yang digunakan untuk analisis ini merupakan hasil dari dua analisis sebelumnya yaitu persebaran kawasan rawan bencana longsor dan persebaran lahan terbangun di Kecamatan Tembalang. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan spasial melalui SIG menggunakan teknik analisis *overlay*, sehingga menghasilkan persebaran lahan terbangun yang berada pada masing-masing kelas kerawanan longsor di Kecamatan Tembalang seperti pada tabel di bawah. Analisis ini untuk menemukan persebaran dan luas lahan terbangun yang berada pada klasifikasi kerawanan bencana longsor menurut Priyono, et al. (2006) dan berdasarkan kemiringan lereng menurut Permen PU No 22 Tahun 2007. Hasil tersebut selanjutnya dideskripsikan dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif.

Tabel 4. Klasifikasi Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor (Analisis, 2020)

Zona	Keterangan
Z-1	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sangat rendah
Z-2	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor rendah
Z-3	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sedang
Z-4	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor tinggi
Z-5	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sangat tinggi

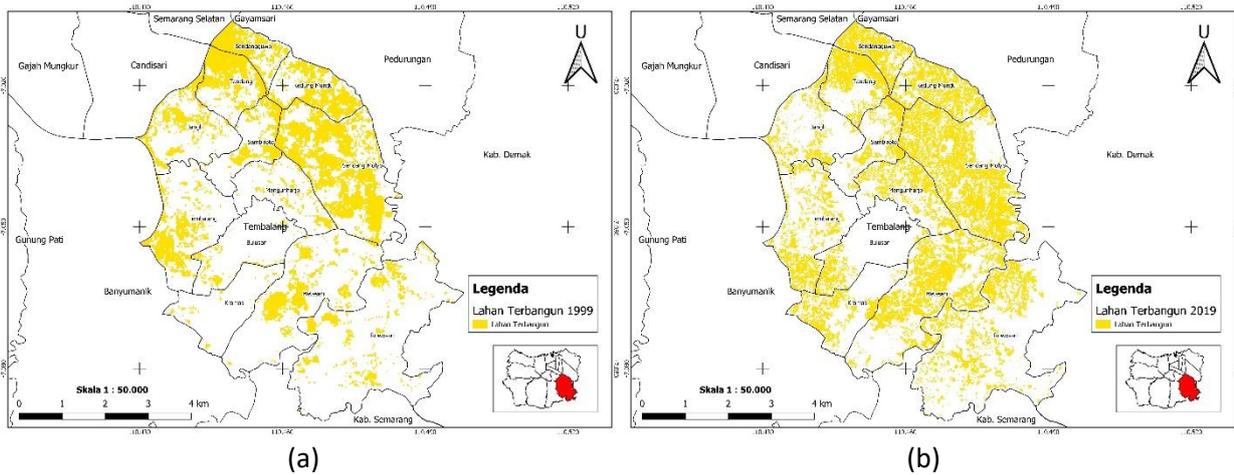
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perkembangan Lahan Terbangun di Kecamatan Tembalang

Analisis perkembangan lahan terbangun dilakukan untuk mengetahui penambahan luas dan persebaran lahan terbangun di Kecamatan Tembalang dari 20 tahun yang lalu. Pada analisis ini, data yang digunakan meliputi data tutupan lahan tahun 1999 yang bersumber dari hasil klasifikasi citra landsat 7 dan data tutupan lahan tahun 2019 yang bersumber dari hasil klasifikasi citra landsat 8, yang diunduh melalui laman web USGS (*United States Geological Survey*). Adapun data lahan terbangun yang tersedia di Bappeda Kota Semarang adalah data dengan referensi tahun 2011, maka tidak dapat mewakili data lahan terbangun tahun 2019,

sehingga dilakukan klasifikasi tutupan lahan pada citra landsat 7 dan 8 untuk mendapatkan persebaran dan luas lahan terbangun tahun 1999 dan 2019. Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan citra landsat 7 tahun 1999 dan citra landsat 8 tahun 2019, maka dihasilkan data lahan terbangun tahun 1999 dan 2019 di Kecamatan Tembalang yang telah dilakukan uji validasi menggunakan citra satelit *google earth* pada tahun yang sama. Berdasarkan hasil uji akurasi, maka dihasilkan tingkat akurasi pada klasifikasi landsat 7 tahun 1999 sebesar 0,9251 (92,51%) dan tingkat akurasi pada klasifikasi landsat 8 tahun 2019 sebesar 0,9108 (91,08%). Oleh karena itu, sesuai dengan Koefisien Cohen's Kappa yang diinterpretasikan oleh Altman (1991), dengan nilai koefisien 0,81 – 1,00 (81-100%) diklasifikasikan sebagai tingkat keamatan yaitu sangat kuat, sehingga dapat digunakan dalam analisis suatu penelitian.

Gambar 1. Peta Lahan Terbangun Kecamatan Tembalang Tahun 1999 (a) dan 2019 (b) (Citra Landsat 7, 1999 dan Citra Landsat 8, 2019)



Tabel 5. Luas Lahan Terbangun Kecamatan Tembalang Tahun 1999 dan 2019 (Analisis, 2020)

No	Kelurahan	Luas Lahan Terbangun (Ha)		Pertambahan Luas (Ha)
		Tahun 1999	Tahun 2019	
1	Bulusan	20,32	37,61	17,29
2	Jangli	55,58	58,84	3,26
3	Kedungmundu	101,27	107,30	6,03
4	Kramas	8,93	65,91	56,98
5	Mangunharjo	31,30	87,63	56,33
6	Meteseh	96,39	230,36	133,97
7	Rowosari	81,41	156,95	75,54
8	Sambiroto	56,81	56,90	0,09
9	Sendangmulyo	305,09	321,28	16,19
10	Sendangguwo	79,18	81,88	2,70
11	Tandang	94,64	95,18	0,53
12	Tembalang	98,30	106,84	8,55
TOTAL		1029,23	1406,69	377,46

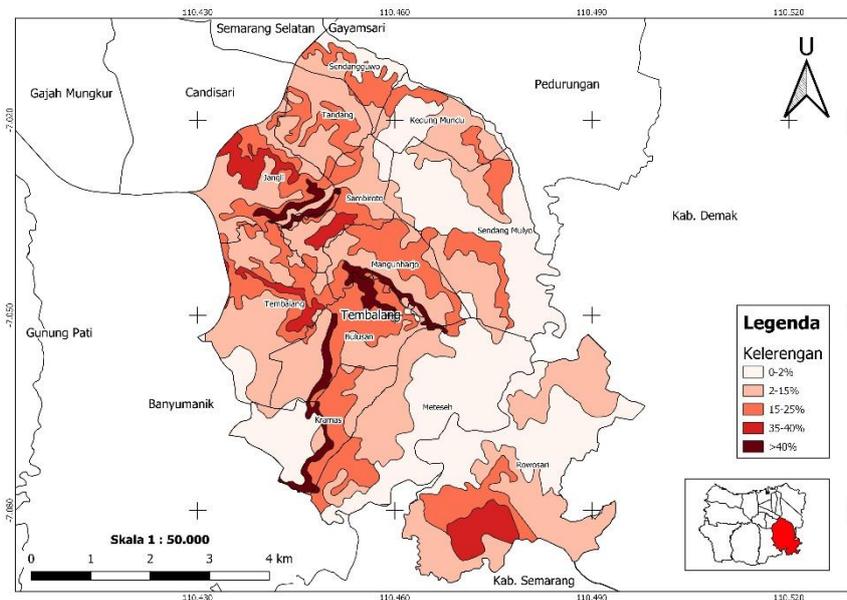
Berdasarkan kedua peta **Gambar 1.** dapat diketahui persebaran lahan terbangun tahun 1999 yang terpusat di wilayah utara dan timur-laut dari Kecamatan Tembalang, sedangkan pada tahun 2019, lahan terbangun sudah tersebar ke bagian wilayah selatan dari Kecamatan Tembalang. Di samping terjadinya penyebaran lahan terbangun di wilayah selatan, terjadi pertambahan luas lahan terbangun di wilayah utara pada Kecamatan Tembalang. Hal itu mengindikasikan bahwa terjadi perkembangan yang cukup pesat di wilayah Kecamatan Tembalang, ditandai dengan adanya persebaran dan pertambahan luas lahan terbangun di

Kecamatan Tembalang dari tahun 1999 sebesar 1.029,23 Ha, menjadi 1.406,69 Ha pada tahun 2019. Berdasarkan **Tabel 5**, dapat diketahui bahwa terjadi penambahan luas lahan terbangun pada masing-masing kelurahan di Kecamatan Tembalang. Pertambahan luas lahan terbangun terbesar terjadi di 4 kelurahan yaitu Kelurahan Meteseh, Kelurahan Rowosari, Kelurahan Kramas, dan Kelurahan Mangunharjo, dengan penambahan luas lahan terbangun masing-masing sebesar 133,97 Ha, 75,54 Ha, 56,98 Ha, dan 56,33 Ha.

Analisis Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang

Kelerengan merupakan faktor penyebab terjadinya bencana longsor diantara faktor pemicu lainnya yaitu jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, dan tutupan lahan (Priyono, et al., 2006). Berdasarkan teori tersebut, disimpulkan bahwa faktor kelerengan menjadi faktor utama dalam mempertimbangkan kajian rawan bencana longsor, sehingga peneliti menetapkan bobot 30% terhadap variabel kelerengan. Kecamatan Tembalang memiliki kondisi kelerengan yang bervariasi, sehingga dapat dikelompokkan menjadi 5 kelas kelerengan yaitu 0-2% (datar), 2-15% (landai), 15-25% (sedang), 25-40% (curam), >40% (sangat curam). Tingkat kelerengan di Kecamatan Tembalang dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Tabel 6** berikut.

Gambar 2. Peta Kelerengan Kecamatan Tembalang (Bappeda Kota Semarang, 2011)



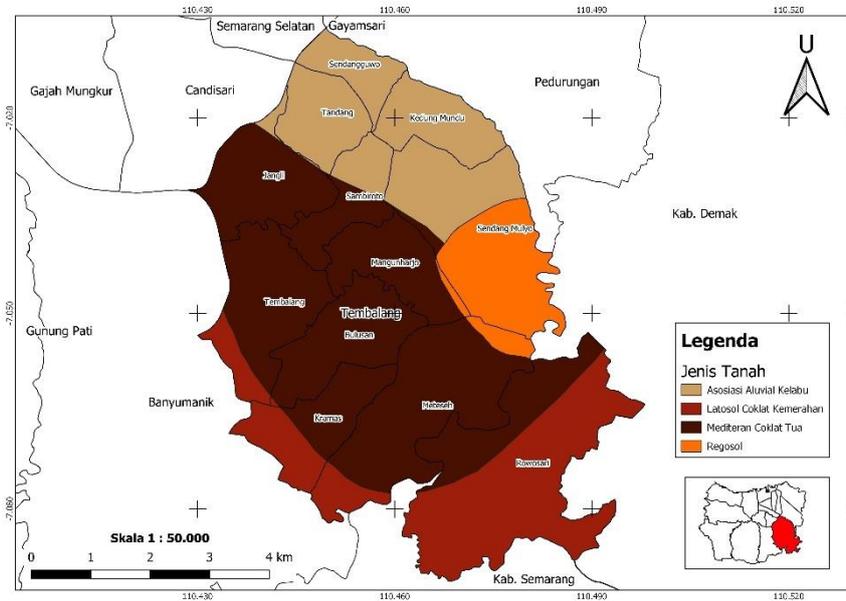
Tabel 6. Klasifikasi Tingkat Kelerengan di Kecamatan Tembalang (Analisis Penulis, 2020)

No	Kelerengan	Keterangan	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0-2%	Datar	1	1275,55	31
2	2-15%	Landai	2	1695,17	41
3	15-25%	Agak Curam	3	897,88	22
4	25-40%	Curam	4	167,43	4
5	>40%	Sangat Curam	5	114,47	3
TOTAL				4150,50	100

Berdasarkan peta **Gambar 2** dan **Tabel 6**, dapat diketahui bahwa Kecamatan Tembalang adalah wilayah berbukit dengan kelerengan yang bervariasi. Kecamatan Tembalang didominasi oleh kelerengan 2-15% (landai) seluas 1.695,17 Ha (41%) dan 0-2% (datar) seluas 1.275,55 Ha (31%). Tingkat kelerengan yang berperan besar dalam proses terjadinya bencana longsor yaitu kelerengan 15% sampai >40% (agak curam hingga sangat curam). Wilayah Kecamatan Tembalang dengan tingkat kelerengan 15-25% (sedang) memiliki luas sebesar 897,88 Ha (22%), tingkat kelerengan 25-40% (curam) memiliki luas sebesar 167,43 Ha (4%), dan dengan tingkat kelerengan >40% (sangat curam) memiliki luas sebesar 114,47 Ha (3%). Dapat disimpulkan 29% dari luas wilayah Kecamatan Tembalang memiliki kemiringan lereng 15 sampai >40% sehingga rawan terjadi bencana longsor.

Jenis tanah termasuk salah satu faktor pemicu terjadinya bencana longsor. Menurut Priyono, et al. (2006), jenis tanah merupakan faktor pemicu tanah longsor yang bersifat statis, dengan kata lain akan bersifat tetap/tidak berubah dalam jangka waktu yang panjang. Sifat kepekaan tanah terhadap erosi menjadi parameter penentu besarnya peran klasifikasi tanah terhadap bencana longsor, **semakin tinggi sifat kepekaan tanah terhadap air maka semakin besar pengaruhnya terhadap bencana longsor**. Kecamatan Tembalang secara umum terdiri dari 4 jenis tanah yaitu, aluvial, latosol, mediteran, dan regosol. Berikut merupakan peta jenis tanah di Kecamatan Tembalang menurut data dari Bappeda Kota Semarang Tahun 2011.

Gambar 2. Peta Jenis Tanah Kecamatan Tembalang (Bappeda Kota Semarang, 2011)



Tabel 7. Klasifikasi Jenis Tanah Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

No	Jenis Tanah	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)	Sifat Tanah
1	Asosiasi Aluvial Kelabu	1	844,07	20	Rawan erosi sangat rendah
2	Latosol Coklat Kemerahan	2	855,60	21	Rawan erosi rendah
3	Mediteran Coklat Tua	3	2085,70	50	Rawan erosi sedang
4	Regosol	5	362,84	9	Rawan erosi sangat tinggi
TOTAL			4148,19	100	

Menurut Khadiyanta (2005), jenis tanah berupa regosol dan litosol memiliki kepekaan yang sangat tinggi terhadap air, sehingga memiliki pengaruh yang besar terhadap bencana longsor. Adapun jenis tanah berupa andosol, lateric, grumosol, podsolik, memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap air. Jenis tanah dengan tingkat kepekaan sedang salah satunya yaitu jenis tanah mediteran, sedangkan jenis tanah dengan tingkat kepekaan rendah yaitu jenis tanah latosol. Semakin merah tanah latosol, maka semakin rendah unsur haranya, sehingga semakin rendah tingkat kepekaannya terhadap air. Adapun jenis tanah berupa aluvial memiliki sifat kepekaan terhadap air yang sangat rendah bahkan hampir tidak peka terhadap air.

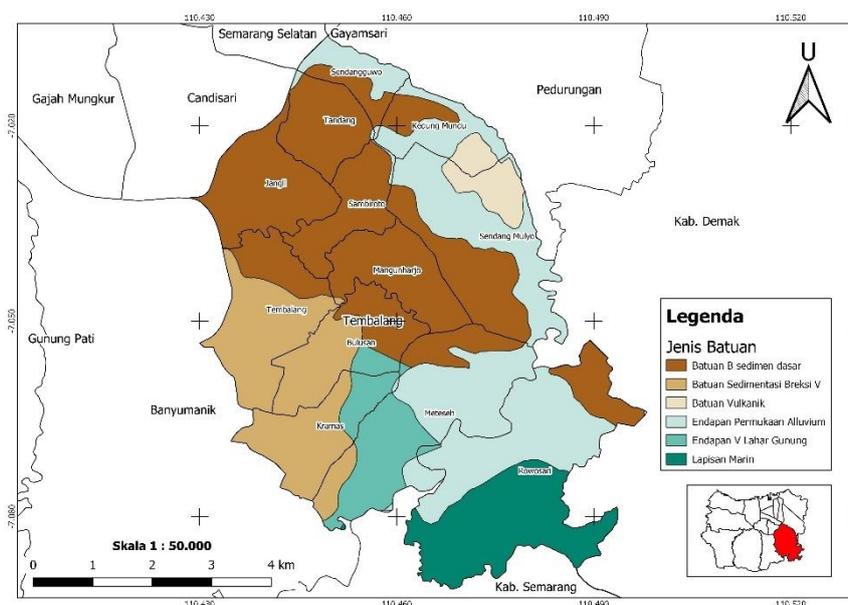
Berdasarkan **Tabel 7**, dapat diketahui bahwa jenis tanah yang mendominasi di Kecamatan Tembalang adalah jenis tanah mediteran coklat tua dengan luas sebesar 2.085,70 Ha atau setara 50% dari luas lahan Kecamatan Tembalang. Adapun jenis tanah latosol coklat kemerahan memiliki luas sebesar 855,60 Ha (21% luas Kecamatan Tembalang), jenis tanah asosiasi aluvial kelabu memiliki luas sebesar 844,07 Ha (20% luas Kecamatan Tembalang), sedangkan jenis tanah regosol memiliki luas sebesar 362,84 Ha (9% luas Kecamatan Tembalang). **Gambar 2** dapat disimpulkan bahwa jenis tanah mediteran coklat kemerahan dengan tingkat erosi sedang memiliki luasan terbesar yang tersebar pada wilayah tengah hingga ke sebagian wilayah barat dari Kecamatan Tembalang.

Jenis batuan termasuk ke dalam salah satu faktor pemicu yang bersifat statis pada terjadinya suatu bencana longsor (Priyono, et al., 2006). Peranan jenis batuan dalam proses terjadinya bencana longsor dilihat dari tingkat pelapukan pada masing-masing jenis batuan tersebut. Semakin tinggi tingkat pelapukan ataupun semakin bersifat lunak suatu batuan, akan mudah tergerus oleh air, sehingga semakin tinggi tingkat kerawanan longsornya. Kecamatan Tembalang terdiri dari 6 jenis yaitu endapan permukaan alluvium, batuan breksi sedimen dasar, lapisan marin, batuan sedimentasi breksi vulkanik, batuan vulkanik, dan endapan vulkanik lahar gunung **Gambar 3**.

Tabel 8. Klasifikasi Jenis Batuan Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

No	Jenis Tanah	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)	Sifat Batuan
1	Endapan Permukaan Alluvium	1	1087,23	26	Tingkat pelapukan sangat rendah
2	Batuan B Sedimen Dasar	2	1594,67	38	Tingkat pelapukan rendah
3	Lapisan Marin	3	399,16	10	Tingkat pelapukan sedang
4	Batuan Sedimentasi Breksi Vulk	4	665,92	16	Tingkat pelapukan tinggi
5	Batuan Vulkanik	5	119,66	3	Tingkat Pelapukan sangat tinggi
6	Endapan Vulk Lahar Gunung	5	282,82	7	Tingkat pelapukan sangat tinggi
TOTAL			4149,45	100	

Gambar 3. Peta Jenis Batuan Kecamatan Tembalang (Bappeda Kota Semarang, 2011)



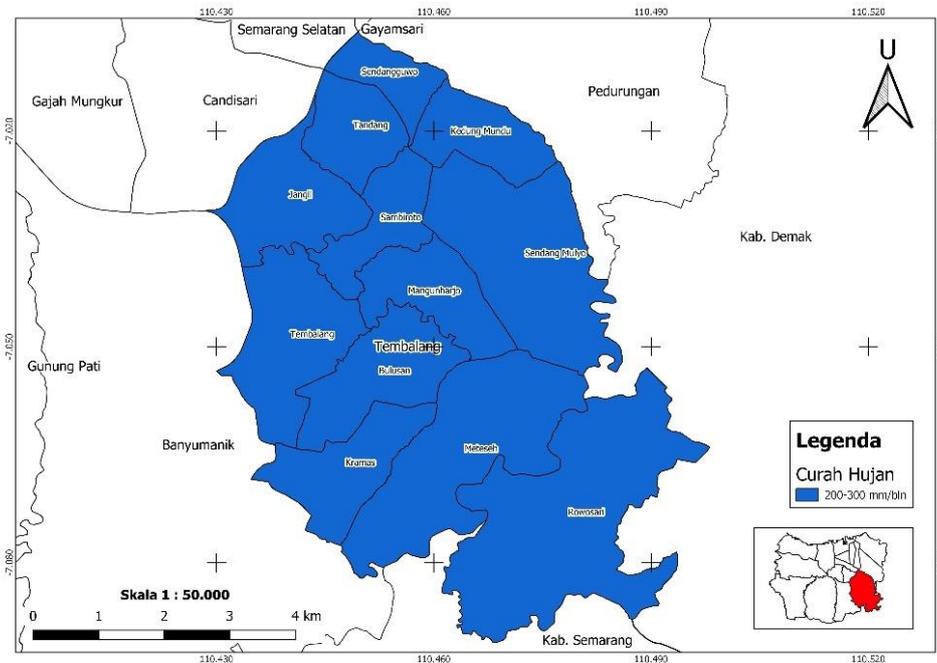
Jenis batuan yang paling cepat mengalami pelapukan menurut Hardiyatmo (2012), yaitu batuan jenis vulkanik yang mengalami pembasahan dan pengeringan saat kontak langsung dengan udara luar. Begitu juga dengan endapan vulkanik dari gunung berapi, pada umumnya bersifat seperti pasir, sehingga mudah terbawa oleh air. Pada Kecamatan Tembalang batuan vulkanik terdiri dari 3 macam yaitu batuan sedimentasi breksi vulkanik yang berasal dari pelapukan batuan beku akibat aktivitas vulkanik, batuan vulkanik, serta endapan vulkanik dari lahar gunung berapi. Ketiga jenis batuan tersebut memiliki tingkat pelapukan sedang hingga tinggi, sehingga rawan akan terjadinya erosi atau longsor. Adapun 3 jenis batuan lainnya tidak termasuk batuan vulkanik, diantaranya endapan permukaan aluvium, batuan breksi sedimen dasar, dan lapisan marin (batuan sedimen yang terbentuk karena aktivitas di lingkungan laut/samudera). Ketiga jenis batuan tersebut memiliki tingkat pelapukan sedang hingga rendah, sehingga tidak terlalu rentan terhadap rawan bencana longsor.

Berdasarkan **Gambar 3** dan **Tabel 8** dapat diketahui bahwa Kecamatan Tembalang didominasi oleh jenis batuan breksi sedimentasi dasar dengan luas sebesar 1.594,67 Ha atau setara 38% dari luas wilayah Kecamatan Tembalang. Jenis batuan endapan permukaan aluvium menduduki 26% luas wilayah Kecamatan

Tembalang dengan luas sebesar 1.087,23 Ha dan jenis batuan lapisan marin menduduki 10% luas wilayah Kecamatan Tembalang (399,16 Ha). Jenis batuan dengan kerawanan longsor tertinggi yaitu batuan sedimentasi breksi vulkanik menduduki 16% luas wilayah Kecamatan Tembalang (665,92 Ha), batuan endapan vulkanik lahar gunung api dengan luas sebesar 282,82 Ha (7%), dan batuan vulkanik dengan luas sebesar 119,65 Ha (3%).

Curah hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya bencana longsor yang bersifat dinamis atau dapat berubah-ubah dalam kurun waktu tertentu (Priyono, et al., 2006). Curah hujan menjadi faktor yang berasal dari luar tubuh lereng atau bersifat eksternal. Curah hujan berkaitan erat dengan kondisi iklim suatu wilayah yang dapat berubah sewaktu-waktu, sehingga peneliti menggunakan data curah hujan bulanan tahun 2019 yang direkam oleh 3 stasiun klimatologi dan meteorologi yang berada di Kota Semarang. 3 Stasiun tersebut diantaranya Stasiun Klimatologi Semarang, Stasiun Meteorologi Ahmad Yani, dan Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas. Ketiga stasiun tersebut merekam data curah hujan harian yang disajikan sebagai data curah hujan bulanan melalui situs website dataonline.bkmg.go.id, yang kemudian diolah menjadi data curah hujan bulanan Kecamatan Tembalang. Klasifikasi Curah Hujan Bulanan Menurut BMKG dibagi menjadi 5 kelas yaitu curah hujan sangat rendah dengan (0-50 mm/bulan) dengan skor 1, curah hujan rendah (50-200 mm/bulan) dengan skor 2, hujan sedang (200-300 mm/bulan) dengan skor 3, curah hujan tinggi (300-500 mm/bulan) dengan skor 4, dan curah hujan sangat tinggi (>500 mm/bulan) dengan skor 5. Berikut merupakan data curah hujan di Kecamatan Tembalang.

Gambar 4. Peta Curah Hujan Kecamatan Tembalang (BMKG, 2019)



Tabel 9. Klasifikasi Curah Hujan Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

Curah Hujan (mm/bulan)	Klasifikasi	Skor	Luas	%
276 – 294 mm/bulan	200-300 mm/bulan	3	4148,19	100

Berdasarkan data curah hujan bulanan tahun 2019 di atas, dapat diketahui bahwa Kecamatan Tembalang memiliki intensitas curah hujan yang sama pada seluruh kelurahan yang ada di Kecamatan Tembalang. Besaran curah hujan bulanan di Kecamatan Tembalang yaitu sebesar 276-294 mm/bulan. Apabila diklasifikasikan menggunakan klasifikasi curah hujan bulanan menurut BMKG, maka Kecamatan Tembalang tergolong wilayah dengan intensitas curah hujan sedang yaitu antara 200 sampai 300 mm/bulan. Adanya fenomena UHI (*Urban Heat Island*), maka intensitas curah hujan akan terus meningkat karena penguapan yang tinggi pada air permukaan. Intensitas curah hujan menentukan volume air yang jatuh ke tanah, sehingga

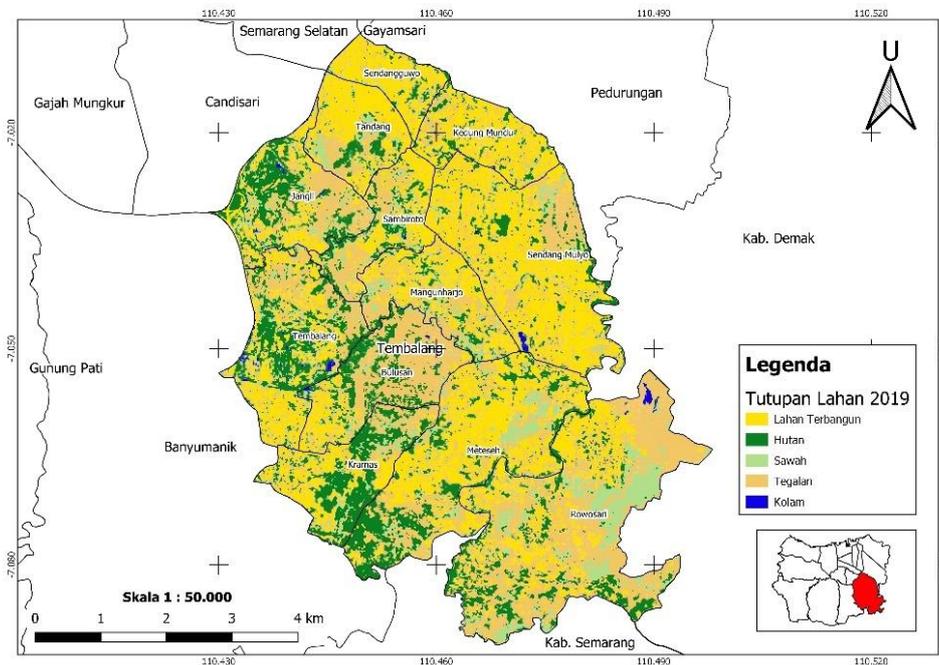
air permukaan yang terserap ke dalam tanah tersebut dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mana masing-masing jenis tanah memberikan respon yang berbeda terhadap air yang terserap ke dalam tanah tersebut. Berdasarkan respon tersebut akan menentukan tingkat kebasahan suatu lereng. Tingginya kandungan air pada kelas lereng dengan sifat jenis tanah dan batuan yang peka terhadap erosi akan menyebabkan material lereng terbawa oleh aliran air, sehingga terjadilah bencana longsor.

Tutupan lahan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya bencana longsor yang bersifat dinamis. Seiring berjalannya waktu, tutupan lahan akan terus berubah mengikuti perkembangan aktivitas yang ada di suatu wilayah. Menurut Kartasapoetra (1991), intensitas aktivitas yang terus meningkat pada suatu penggunaan lahan tertentu berpotensi menurunkan stabilitas lereng, sehingga memicu terjadinya bencana longsor. Variabel yang digunakan sebagai indikator kerawanan longsor di Kecamatan Tembalang ini merupakan hasil klasifikasi citra landsat 7 tahun 2019 dengan resolusi spasial yaitu 15m x 15m. Berdasarkan resolusi spasial tersebut maka penggunaan lahan yang dihasilkan diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu lahan terbangun, hutan, sawah, tegalan, dan tubuh air (sungai dan danau/kolam). Berikut merupakan hasil dari klasifikasi tutupan lahan citra landsat 7 tahun 2019 di Kecamatan Tembalang.

Tabel 10. Klasifikasi Tutupan Lahan Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

No	Penggunaan Lahan	Skor	Luas (Ha)	%
1	Lahan Terbangun	5	1406,69	34
2	Hutan	1	758,20	18
3	Sawah	3	375,07	9
4	Tegalan	4	1581,50	38
5	Danau/Kolam	1	15,99	0
TOTAL			4137,46	100

Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Tembalang (Landsat 8 tahun 2019)

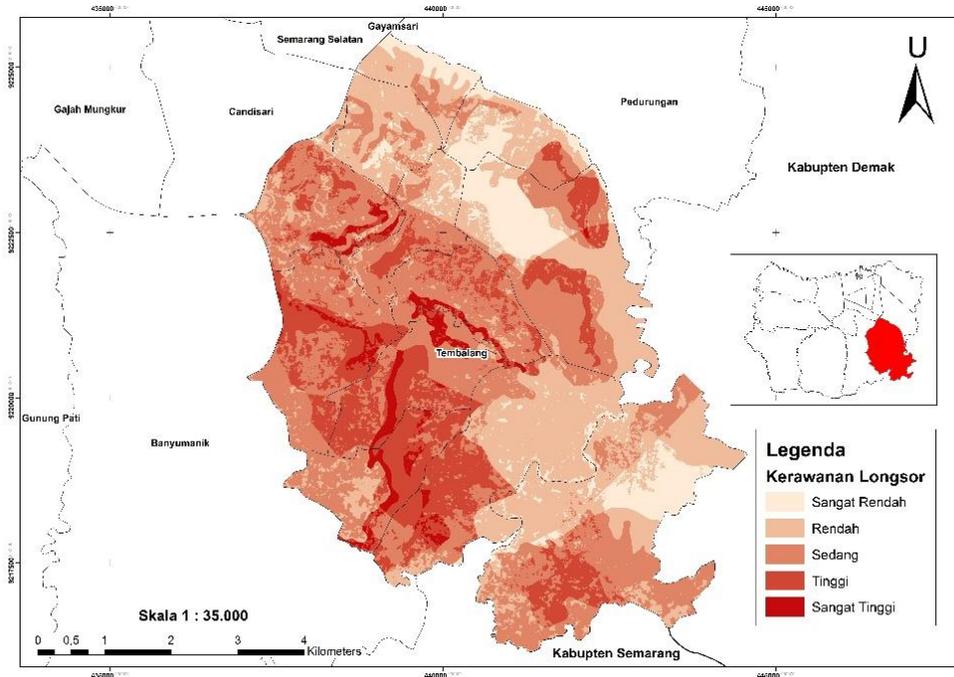


Berdasarkan **Tabel 10** Kecamatan Tembalang didominasi oleh tutupan lahan berupa tegalan seluas 1.581,5 Ha atau setara dengan 38% dari luas Kecamatan Tembalang. Tutupan lahan dengan luasan terbesar kedua yaitu lahan terbangun seluas 1.406,69 Ha atau setara dengan 34% luas Kecamatan Tembalang. Adapun tutupan lahan hutan memiliki luas sebesar 758,2 Ha (18%), sedangkan tutupan lahan sawah yaitu seluas 375,07 Ha (9%). Tutupan lahan dengan luasan terkecil yaitu tubuh air berupa danau/kolam yaitu hanya seluas 15,99 Ha. Tutupan lahan dengan tingkat pengaruh sedang hingga tinggi terhadap kerawanan bencana longsor

yaitu tutupan lahan berupa sawah, tegalan, dan lahan terbangun, sedangkan tutupan lahan dengan tingkat pengaruh rendah terhadap kerawanan bencana longsor yaitu tutupan lahan berupa hutan dan tubuh air (danau/kolam).

Berdasarkan hasil skoring dan *overlay* 5 variabel rawan longsor di atas, diperoleh hasil berupa peta kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Tembalang yang dibagi menjadi 5 kelas sebagai berikut.

Gambar 6. Peta Kawasan Rawan Bencana Longsor Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)



Tabel 11. Klasifikasi Kawasan Rawan Bencana Longsor Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

Kelas	Kerawanan Longsor	Luas Kawasan (Ha)	%
1	Sangat Rendah	398.09	10
2	Rendah	1247.86	30
3	Sedang	1595.99	39
4	Tinggi	778.50	19
5	Sangat Tinggi	119.73	3
TOTAL		4140.17	100

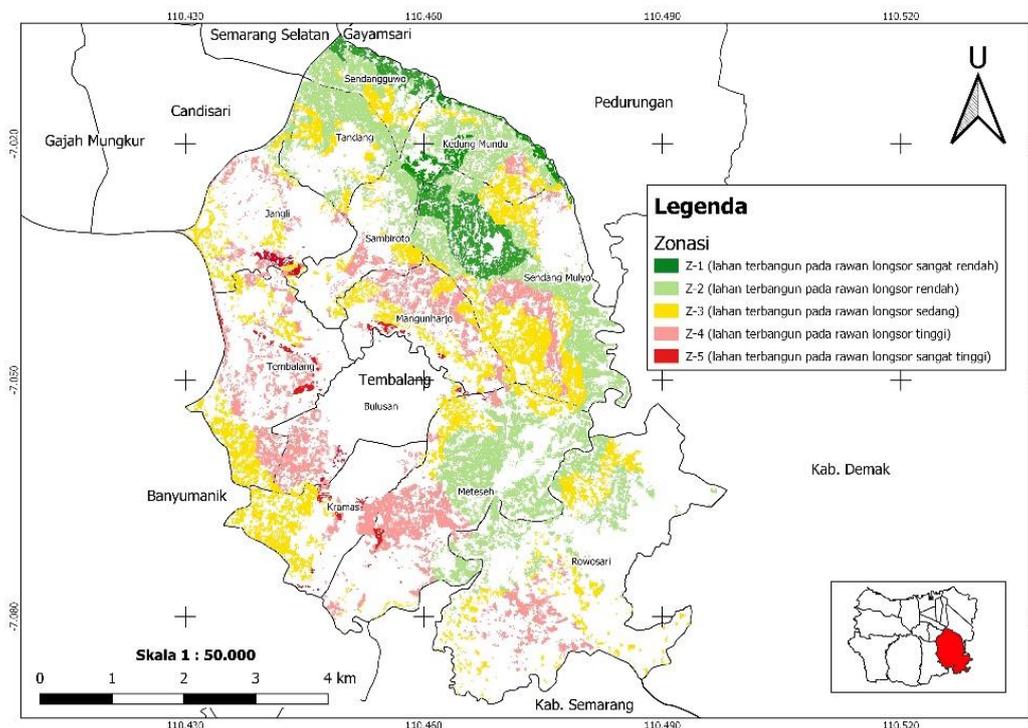
Berdasarkan hasil kerawanan bencana longsor **Gambar 6 dan Tabel 11**, Kecamatan Tembalang didominasi oleh tingkat kerawanan longsor sedang yaitu seluas 1.595,99 atau setara dengan 39% luas Kecamatan Tembalang. Adapun tingkat kerawanan longsor yang memiliki luasan terbesar kedua yaitu tingkat kerawanan longsor rendah dengan luas sebesar 1.247,86 Ha (30%), selanjutnya diikuti oleh tingkat kerawanan longsor tinggi dengan luas sebesar 778,50 Ha (19%). Tingkat kerawanan longsor sangat rendah hanya memiliki luasan sebesar 398,09 (10%), sedangkan tingkat kerawanan sangat tinggi memiliki luasan terkecil yaitu sebesar 119,73 Ha (3%). Secara umum, 61% dari luas Kecamatan Tembalang merupakan kawasan dengan tingkat kerawanan sedang hingga sangat tinggi, sedangkan 39% lainnya merupakan kawasan dengan tingkat kerawanan rendah hingga sangat rendah.

Analisis Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang

Analisis lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor menggunakan input dari hasil dua analisis sebelumnya, yaitu analisis perkembangan lahan terbangun dan analisis kerawanan bencana longsor di

Kecamatan Tembalang. Hasil dari dua analisis tersebut dilakukan analisis *overlay intersect*, sehingga menghasilkan persebaran lahan terbangun yang berada di setiap kelas kerawanan longsor yang disebut dengan zonasi kawasan sebagai berikut.

Gambar 7. Peta Zonasi Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)



Tabel 12. Luas Lahan Terbangun pada Kawasan Rawan Bencana Longsor di Kecamatan Tembalang (Analisis, 2020)

Zona	Keterangan	Luas (Ha)	%
Z-1	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sangat rendah	121,33	9
Z-2	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor rendah	513,86	36
Z-3	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sedang	430,39	30
Z-4	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor tinggi	317,55	22
Z-5	Lahan terbangun yang berada pada kelas kerawanan longsor sangat tinggi	24,34	2
Total		1407,47	100

Berdasarkan **Gambar 7** dan **Tabel 12** persebaran dan luas lahan terbangun yang berada pada masing-masing kelas kerawanan longsor di Kecamatan Tembalang. Zonasi yang mendominasi adalah Z-2 dan Z-3 dengan luas sebesar 513,86 Ha (36%) dan 430,39 Ha (30%). Luas pemanfaatan lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor tinggi (Z-4) dan sangat tinggi (Z-5) terbesar berada di 6 Kelurahan yaitu Kelurahan Bulusan, Mangunharjo, Meteseh, Rowosari, Sendangmulyo, dan Tembalang, dengan luas masing-masing yaitu 32,58 Ha, 46,89 Ha, 67,56 Ha, 33,33 Ha, 36,52 Ha, dan 60,66 Ha. Pada 5 kelurahan dengan karakteristik wilayah yang sama, rawan longsor disebabkan oleh kelerengkan 25 samapi >40%, dengan jenis batuan dengan tingkat pelapukan tinggi, dan terdiri dari tutupan lahan berupa lahan terbangun dan tegalan yang

memberikan beban lebih pada lereng serta daya ikat tanah yang rendah, diantaranya Kelurahan Bulusan, Mangunharjo, Meteseh, Rowosari, dan Tembalang. Adapun pada Kelurahan Sendangmulyo, rawan longsor tinggi disebabkan oleh kelerengan sedang 15 – 25%, jenis tanah berupa regosol yang peka terhadap erosi, dengan jenis batuan berupa batuan vulkanik dengan tingkat pelapukan tinggi, serta tutupan lahan berupa lahan terbangun yang memberikan beban berlebih pada lereng.

Mengacu pada Permen PU No. 22 Tahun 2007, pembangunan perumahan/permukiman hanya dianjurkan pada tingkat kelerengan 0 sampai 15% (datar hingga agak curam), maka zonasi yang dianggap sesuai dan aman untuk pemanfaatan lahan terbangun adalah zonasi Z-1, Z-2, dan Z-3. Pada Permen PU No. 22 Tahun 2007 tersebut juga dijelaskan lebih lanjut bahwa pembangunan perumahan/permukiman diperbolehkan maksimal pada kelerengan 25% (agak curam dan curam), namun dengan beberapa kriteria tertentu seperti dengan melakukan rekayasa konstruksi pada kawasan tersebut yang dapat berupa tanggul untuk menahan stabilitas lereng. Selain itu, pada kawasan tersebut tidak diperbolehkan adanya beban konstruksi berlebihan yang dapat mengganggu stabilitas lereng, serta beberapa kriteria penting lain yang harus diperhatikan. Beberapa kriteria dan rekayasa konstruksi tersebut tentu akan membutuhkan biaya penanganan besar, tidak hanya itu perubahan iklim yang sangat drastis seperti saat ini sedikit banyaknya akan mempengaruhi ketahanan dari rekayasa konstruksi tersebut.

Lahan terbangun pada zonasi Z-4 dan Z-5 sebagian besar merupakan kawasan perumahan yang dibangun oleh pengembang, namun tidak sedikit juga yang merupakan kawasan permukiman yang tumbuh dan berkembang secara organik. Meski demikian, tidak dimungkinkan untuk melakukan penggusuran atau relokasi terhadap lahan terbangun yang telah berada pada kawasan dengan kerawanan longsor tinggi dan sangat tinggi. Kedepannya, pemerintah selaku penentu kebijakan dan pihak yang berwenang terhadap penataan ruang harus lebih tegas dalam membatasi perkembangan lahan terbangun pada zonasi Z-4 dan Z-5. Selain itu, pemerintah juga harus mengarahkan dan memberikan edukasi kepada masyarakat untuk tidak memanfaatkan kawasan dengan kerawanan tinggi dan sangat tinggi sebagai lahan terbangun terutama perumahan/permukiman, melainkan mengarahkan perkembangan lahan terbangun pada kawasan dengan tingkat kerawanan longsor sangat rendah seperti Z-1 yang saat ini masih memiliki luasan terkecil dibandingkan zonasi Z-3 dan Z-4 di Kecamatan Tembalang.

4. KESIMPULAN

Kecamatan Tembalang telah mengalami pertambahan luas lahan terbangun yang signifikan dari tahun 1999 sebesar 1.029,23 Ha menjadi 1.406,96 Ha pada tahun 2019, sehingga bertambah seluas 377,46 Ha. Pertambahan luas lahan terbangun tertinggi berada di 4 Kelurahan yaitu Kelurahan Meteseh bertambah seluas 133,97 Ha, Rowosari bertambah seluas 75,54 Ha, Kramas bertambah seluas 56,98 Ha, dan Mangunharjo bertambah seluas 56,33 Ha.

Kecamatan Tembalang terdiri dari 5 kelas kawasan rawan bencana longsor yaitu rawan longsor sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. 5 kelas kerawanan longsor tersebut masing-masing memiliki luasan berturut-turut sebesar 398,09 Ha (10%), 1.247,86 Ha (30%), 1.595,99 Ha (39%), 778,50 Ha (19%), dan 119,73 Ha (3%), dengan kelas kerawanan yang mendominasi adalah kelas kerawanan sedang. Luas kawasan dengan rawan longsor tinggi memiliki luasan cukup besar yang mencakup 19% dari luas Kecamatan Tembalang. Kelas kerawanan tinggi tersebut berada pada kawasan dengan kelas lereng 25-40% (curam), jenis tanah berupa mediteran coklat tua yang memiliki tingkat kepekaan erosi sedang hingga tinggi, dengan jenis batuan berupa sedimentasi breksi vulkanik dan endapan vulkanik lahar gunung yang memiliki tingkat pelapukan tinggi, serta intensitas curah hujan sedang dan tutupan lahan berupa hutan, sawah, lahan terbangun, dan tegalan.

Berdasarkan hasil analisis lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor, maka ditemukan sebesar 317,55 Ha atau setara dengan 22% luas lahan terbangun di Kecamatan Tembalang dan seluas 24,34 Ha (2%) lahan terbangun menduduki kawasan dengan kelas kerawanan tinggi (Z-4) dan sangat tinggi (Z-5). Zonasi Z-4 tersebut ditemukan hampir di seluruh kelurahan di Kecamatan, kecuali pada Kelurahan Tandang, sedangkan Z-5 ditemukan di 7 kelurahan yaitu Kelurahan Bulusan, Jangli, Kramas, Mangunharjo, Meteseh, Sambiroto, dan Tembalang. Hal itu tentu sangat berbahaya bagi masyarakat yang tinggal dan beraktivitas kawasan tersebut. Pemanfaatan lahan terbangun pada kawasan rawan longsor tinggi (Z-4) terbesar berada di Kelurahan Meteseh dengan luas 64,97 Ha dan Kelurahan Tembalang dengan luas 54,83 Ha. Ditinjau dari Permen PU No. 22 Tahun 2007, pemanfaatan lahan terbangun pada kawasan rawan longsor tinggi dan sangat tinggi (Z-4 dan Z-5) tentu tidak diperbolehkan karena tidak sesuai untuk aktivitas tinggal dan bermukim. Hal

itu harus menjadi perhatian pemerintah dalam mengontrol dan membatasi perkembangan lahan terbangun pada kawasan rawan bencana longsor tinggi dan sangat tinggi seperti zonasi Z-4 dan Z-5, sehingga lebih mengoptimalkan pemanfaatan lahan yang pada zonasi Z-1, sehingga masyarakat dapat tinggal dan beraktivitas dengan aman.

5. REFERENSI

- Departemen Pekerjaan Umum, D. J. P. R. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007*. (22).
- Dian Ayu Saraswati, Sawitri Subiyanto, A. P. W. (2016). *10577-20441-1-Sm. 5*, 155–163.
- Fitriani, N., Tjahjono, H., & Sanjoto, T. B. (2018). *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional) Pemetaan Risiko Bencana Longsor Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di*. 7(2), 95–100.
- Hamida, F. N., & Widayasamratri, H. (2019). Risiko Kawasan Longsor dalam Upaya Mitigasi Bencana Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Pondasi*, 24(1), 67–89.
- Hardiyatmo, Hary C. (2012). *Tanah Longsor & Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hasibuan, H. C., & Rahayu, S. (2017). Kesesuaian Lahan Permukiman Pada Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Temanggung. *Jurnal Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Dan Kota)*, 6(4), 242–256.
- Kartasapoetra, A. G. (1991). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta
- Khadiyanto, Parfi. (2005). *Tata Ruang Berbasis pada Kesesuaian Lahan*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Priyono, K. D., & Priyana, Y. (2006). *ANALISIS TINGKAT BAHAYA LONGSOR TANAH DI KECAMATAN BANJARMANGU KABUPATEN BANJARNEGARA Analysis Landslide Hazard in Banjarmangu Sub District, Banjarnegara District*. 175–189.
- Purba, J., Subiyanto, S., & Sasmito, B. (2014). Pembuatan Peta Zona Rawan Tanah Longsor Di Kota Semarang Dengan Melakukan Pembobotan Parameter. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(2), 40–52.
- Saraswati, G. (2014). Development Directives in Disaster-prone Areas based on Identification Level Vulnerability Using Geographical Information System Applications in Bogor Regency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 135, 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.333>
- Saunders, W., Grace, E., Beban, J., & Johnston, D. (2015). Evaluating Land Use and Emergency Management Plans for Natural Hazards as a Function of Good Governance: A Case Study from New Zealand. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(1), 62–74. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0039-4>
- Somantri, L. (2008). Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *Seminar Ikatan Geografi Indonesia*, 1–10.
- Sonjaya, M. I. (2011). Memetakan Gerakan Tanah di Jawa Barat. *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 2, 24–33.
- Yuniarta, H., Saido, A. P., & Purwana, Y. M. (2015). Kerawanan bencana tanah longsor kabupaten ponorogo. *Matriks Teknik Sipil*, 3(1), 194–201.