

Simulasi Potensi Gerakan Tanah Lereng Alami Akibat Perubahan Pola Hujan Wilayah Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Rakhman Yuda Prawira*, Yunus Ashari, Dono Guntoro

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*rakhmanyuda.prawira@gmail.com,
guntoro_mining@yahoo.com

yunus_ashari@gmail.com,

Abstract. Landslide is one of the natural disasters that often occur in Indonesia. Lately, landslides have become more frequent and have resulted in fatalities. The landslide disaster itself is one of the geological aspects of the disaster which if it occurs it will be difficult to predict where and when the location of the landslide disaster will be. Cimenyan is one of the sub-districts that has relief units from topography with gentle slopes to steep mountains incised with slope percent ranging from 3% to 140%. The sub-district also has a rainfall of 1500 to 2500 mm per year, with this condition. In the calculation of the safety factor in case 5, it is found that areas that have the potential for ground motion are in cell (M,10) with an FK value of 1,235, cell (P,4) with an FK value of 1,199, cell (P,5) with an FK value of 1.07, cell (Q,4) with FK value 1.223, and In cell (Q,5) with FK value 1.245. This value is then overlaid on the Cimenyan 2020 land cover map, but only in cells (M,10).

Keywords: *Landslide, Slope, Disaster Mitigation.*

Abstrak. Bencana tanah longsor/gerakan tanah merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Cimenyan merupakan salah satu kecamatan yang memiliki unit relief dari topografi dengan lereng landai hingga bergunung curam tertoreh dengan persen kemiringan lereng berkisar 3% s/d 140%. Kecamatan tersebut juga memiliki curah 1500 s/d 2500 mm per tahun, dengan keadaan tersebut tidak menutup kemungkinan Kecamatan Cimenyan akan mengalami kondisi pergerakan tanah. Pada hasil perhitungan faktor keamanan pada case 5 didapatkan daerah yang memiliki potensi terjadinya gerakan tanah yakni pada cell (M,10) dengan nilai FK 1,235, cell (P,4) dengan nilai FK 1,199, cell (P,5) dengan nilai FK 1,07, cell (Q,4) dengan nilai FK 1,223, dan pada cell (Q,5) dengan nilai FK 1,245. Nilai tersebut kemudian dilakukan overlay pada peta tutupan lahan Kecamatan Cimenyan 2020, namun hanya pada cell (M,10).

Kata Kunci: *Longsor, Lereng, Mitigasi Bencana.*

A. Pendahuluan

Bencana merupakan rangkaian peristiwa yang mengancam serta mengganggu kehidupan masyarakat yang diakibatkan, baik oleh faktor non-alam ataupun faktor alam. Adapun bencana yang termasuk kedalam bencana faktor alam adalah apabila peristiwa pergerakan tanah atau tanah longsor tersebut mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat sekitar.

Provinsi Jawa Barat telah terjadi sekitar 64 kejadian bencana gerakan tanah yang merugikan manusia. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2019 menunjukkan bahwa Kecamatan Cimendan termasuk kedalam klasifikasi potensi gerakan tanah menengah – tinggi. Wilayah Kecamatan Cimendan memiliki topografi berbukit-bukit dan mempunyai tutupan lahan berupa kebun serta perumahan warga sehingga berpotensi menimbulkan pergerakan tanah dan musti diwaspadai.

Cimendan merupakan salah satu kecamatan yang memiliki unit relief dari topografi dengan lereng landai hingga bergunung curam tertoreh dengan persen kemiringan lereng berkisar 3% s/d 140 %. Kecamatan tersebut juga memiliki curah 1500 s/d 2500 mm per tahun, dengan keadaan tersebut tidak menutup kemungkinan Kecamatan Cimendan akan mengalami kondisi pergerakan tanah, akan tetapi pemerintah masih bersifat kuratif terhadap bencana tanah longsor ini. Hal ini disebabkan karena belum banyaknya informasi agar longsor tidak terjadi atau dilokalisir agar tidak mengakibatkan korban lebih banyak. Pekerjaan pemetaan kerentanan gerakan tanah ini dilakukan agar dapat mengontrol serta mengantisipasi bencana alam khususnya tanah longsor.

B. Metodologi Penelitian

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi 2 metode, yaitu :

1. Pengambilan Data Primer
Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan (analisis kemantapan lereng), di mana jenis data berupa data interval dengan cara pengambilan data yang ada di lapangan yang meliputi data singkapan, koordinat titik pengamatan, sampel tanah, kohesi, sudut geser dalam, sifat fisik tanah, ketebalan tanah serta hasil kegiatan pemetaan geologi pada daerah penelitian.
2. Pengambilan Data Sekunder
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data sekunder dari studi literatur di mana biasanya data ini sebagai pendukung dari data primer. Data sekunder tersebut diperoleh dari BMKG yakni berupa data curah hujan periode 2010-2019. Adapun data base dalam pembuatan peta geologi regional, peta topografi regional, peta administrasi, peta tutupan lahan yang didapatkan dari data RBI (Peta Rupa Bumi Indonesia) dan USGS.

Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada penelitian ini, yaitu teknik langsung. Teknik Langsung adalah teknik pengolahan data hasil pemetaan langsung zona kerentanan gerakan tanah di lapangan. Teknik ini meliputi penelitian gerakan tanah langsung di lapangan, mempelajari sifat fisik dan mekanik batuan/tanah hasil sampel dari pengujian di laboratorium, melakukan analisis kestabilan lereng, dan menganalisis tingkat kerentanan gerakan tanah.

Teknik Analisis Data

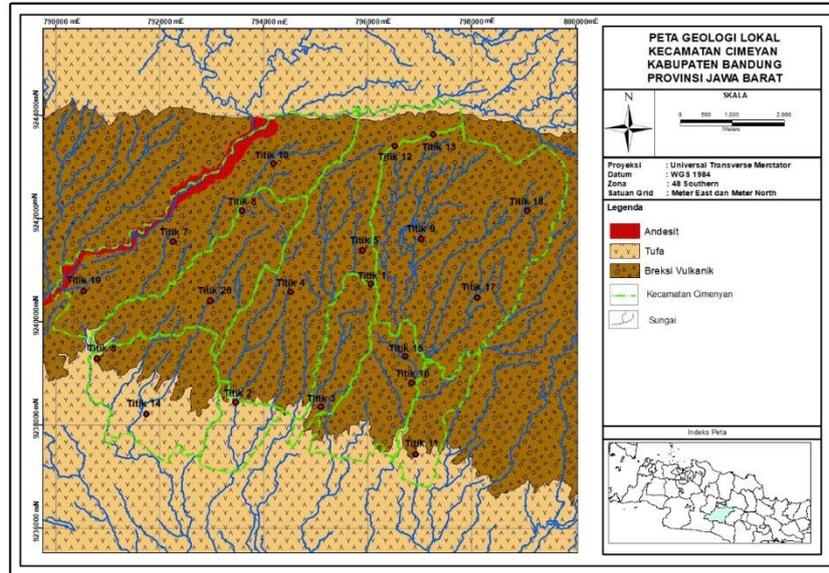
1. Analisis Pemetaan Tidak Langsung Analisis tidak langsung merupakan analisis dari hasil pengolahan data sekunder.
2. Analisis Pemetaan Langsung Analisis pemetaan langsung merupakan analisis dari hasil pengolahan data sekunder.
3. Analisis Data Simulasi Model Analisis data simulasi model bertujuan untuk membuat model konstruksi matematika untuk menduga karakteristik masalah dengan menggunakan model yang diajukan. Teknik ini menyesuaikan Initial Condition dengan

simulasi sebab akibat pada periode yang ingin ditentukan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengamatan Lokasi Penelitian

Titik pengamatan lokasi penelitian terbagi menjadi 20 titik yang tersebar di Kecamatan Cimenyan. Berikut koordinat titik pengamatan dan data pengukuran ketebalan tanah yang didapatkan dari pengamatan lapangan, seperti gambar berikut.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel Pada Kecamatan Cimenyan

Dari hasil pengambilan data lapangan dan pengumpulan data sekunder selanjutnya dilakukan pengolahan data yang bertujuan agar dapat memenuhi output data yang diinginkan. Output data yang dibutuhkan yaitu :

1. Nilai Massa Jenis Tanah;
2. Nilai Kohesi Tanah;
3. Nilai Sudut Geser Dalam Tanah;
4. Kemiringan Lereng;
5. Ketebalan Tanah;
6. Daerah Aktual Tutupan Lahan.

Data Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kelas I Kota Bandung pada tahun 2020 sebagai berikut :

Tabel 1. Curah Hujan Tahun 2010-2019

Tabel Curah Hujan (mm/Bulan)												
Bulan \ Tahun	Jan (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Apr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Aug (mm)	Sep (mm)	Oct (mm)	Nov (mm)	Dec (mm)
2010	353,3	557,1	531	93	345	191,9	220,8	225	424,4	292,2	401,1	237,5
2011	63	76,7	89,4	381,5	193,4	117,6	77,2	3,1	102,8	103,6	321,4	259
2012	120,9	333,6	166,9	186,2	175,4	51,5	22,1	0,1	30,9	33,6	296,5	407,2
2013	236,4	278,9	173,8	262,2	116	138,2	163,1	20,5	1,3	117,7	154,1	396,6
2014	321,3	131,1	244,7	162	141,8	169	128,5	26,3	2,9	46,4	168	323,9
2015	282	289	264	323	78	28	1	0	36	4	356	283
2016	168	214	342	310	269	111	123	89	194	359	381	102
2017	89	204	338	144	137	80,5	50,9	2	70,1	242,9	366	98
2018	248	155	267	149	77	46	28	17	14	66	342	361
2019	185,3	282,2	173,5	237	8,7	0,3	0	0,1	0,1	15	121	277
Rata-rata	206,72	252,16	259,03	224,79	154,13	93,40	81,46	38,31	87,65	128,04	290,71	274,52
Min	63	76,7	89,4	93	8,7	0,3	0	0	0,1	4	121	98
Max	353,3	557,1	531	381,5	345	191,9	220,8	225	424,4	359	401,1	407,2

Tata Guna Lahan

Data citra satelit dibutuhkan untuk menginterpretasi tutupan lahan di Kecamatan Cimenyan pada periode tahun 2020. Interpretasi citra satelit menggunakan Citra Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) yang mengorbit dari bulan November 2012 sampai dengan saat ini sehingga data hasil perekaman terakhir. Citra Landsat 8 yang dipilih yaitu pada level 1, agar didapatkan analisis RGB yang sesuai dengan kebutuhan interpretasi tutupan lahan meliputi Tutupan Lahan Hutan, Tutupan Lahan Perkebunan/Lahan Tanah dan Tutupan Lahan Permukiman.

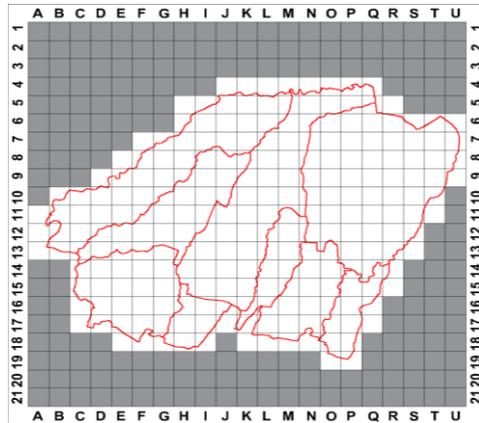
**Gambar 2.** Citra Satelit Kecamatan Cimenyan (Google Earth, 2020)

Agar mempermudah proses interpretasi dipilih penutupan awan pada citra < 10% dengan kualitas multispektral dan resolusi yang baik. Pada kondisi penutupan awan > 10% akan membuat perekaman tertutup awan dan kabut yang menyebabkan terganggunya gambar yang akan diinterpretasi. Data citra satelit diakses dan diunduh di situs <http://www.earthexplorer.usgs.gov>.

Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Berikut hasil penelitian dari rancangan Simulasi Potensi dari Kecamatan Cimenyan dengan konsentrasi luasan penelitian (10.500 m X 10.500 m) terdiri dari 21 X 21 grid. Dari hasil pengolahan data Massa Jenis Tanah, Nilai Kohesi Tanah, Nilai Sudut Geser Tanah, Kemiringan Lereng dan Tinggi Lereng dengan cara metode perhitungan teknik Iterasi Pemecahan data Benda Hingga (Finite Different). Dalam penentuan faktor keamanan, metode pendekatan yang dipakai dengan metode analitik geoteknik yaitu metode yang dikemukakan oleh Hoek and Bray, 1974. Input yang dibutuhkan berasal dari pengolahan data yang telah dijabarkan sebelumnya. Input

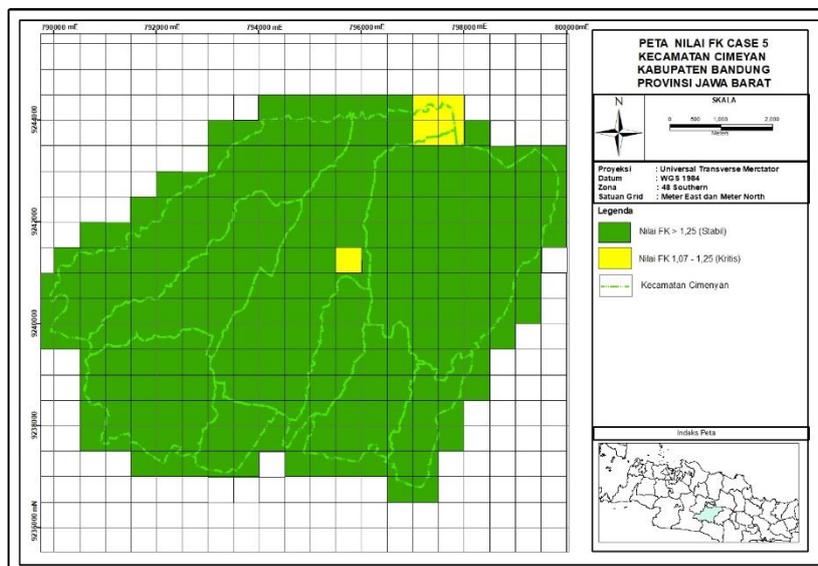
data yang diperlukan meliputi Massa Jenis Tanah, Kohesi Tanah, Sudut Geser Dalam Tanah, Kemiringan Lereng, dan Tinggi Lereng untuk menghasilkan output data berupa nilai Faktor Keamanan. Agar mempermudah proses simulasi, maka perlu dirancang suatu sistem perhitungan nilai Faktor Keamanan yang berdasar dari kelima Case di Chart Hoek And Bray, 1974. Sistem perhitungan nilai Faktor Keamanan, menggunakan perangkat lunak Microsoft Office Excel.



Gambar 3. Simulasi Faktor Keamanan pada Perangkat Lunak Microsoft Excel

Hasil Perhitungan Faktor Keamanan

Berikut hasil simulasi perhitungan faktor keamanan pada 5 keadaan Case yang dikemukakan oleh Hoek And Bray, 1974.



Gambar 4. Peta Nilai Faktor Keamanan pada Case 5

Analisis Zona Kerentanan Gerakan Tanah

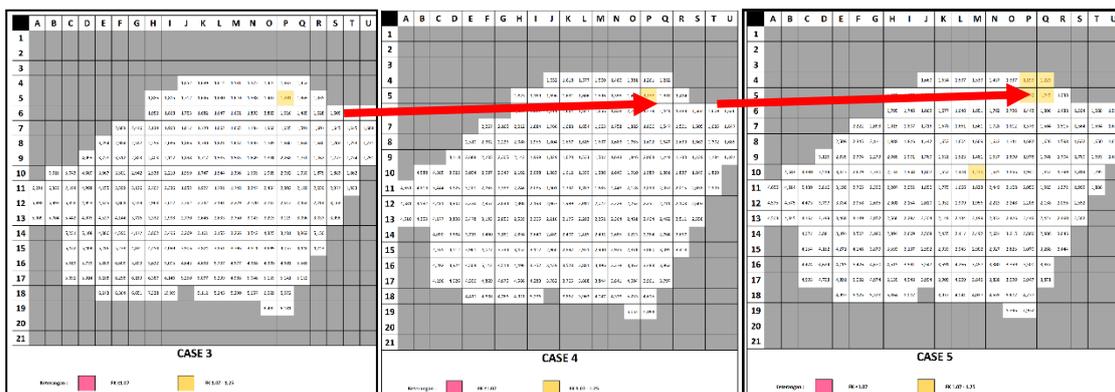
Zona kerentanan gerakan tanah didasari oleh nilai faktor keamanan yang didapatkan. Kriteria faktor keamanan menggunakan kriteria dari Bowles, 1991. Berikut kriteria Bowles, 1991 yaitu :

Tabel 2. Kriteria Faktor Keamanan

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

Sumber : (Bowles,1991)

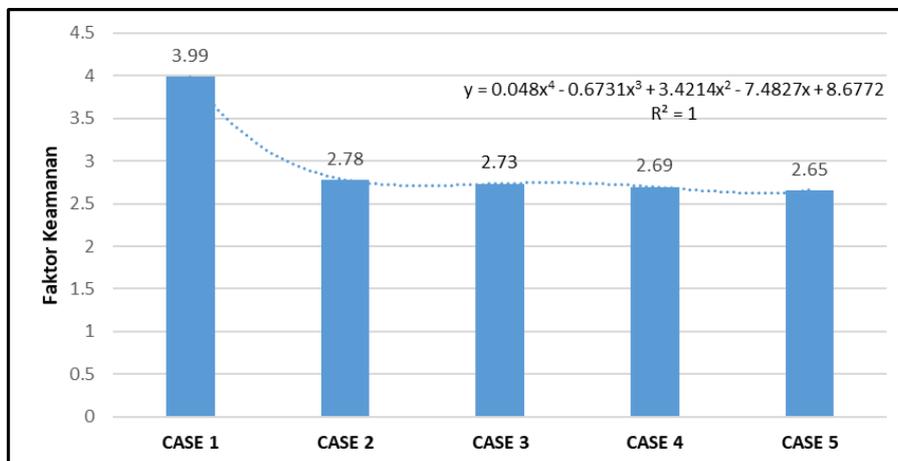
Secara umum pada daerah Kecamatan Cimencyan didominasi oleh kategori stabil dan beberapa titik berkembang menjadi kategori kritis seiring dengan meningkatnya keadaan case yang dipakai. Pada Kecamatan Cimencyan, daerah yang awalnya stabil mulai muncul grid labil di grid (P5) pada keadaan Case 3 yaitu keadaan setengah jenuh dan setengah kering dengan nilai 1,201. Kemudian ketika disimulasikan menjadi keadaan Case 4, grid (P5) mengalami penurunan nilai menjadi 1,133. Dan setelah disimulasikan menjadi keadaan Case 5, grid (P5) memiliki nilai faktor keamanan menjadi 1,070. Selain itu pada keadaan Case 5 mulai banyak grid yang menjadi kategori kritis, yaitu pada grid (P4) dengan nilai 1,199; grid (Q4) dengan nilai 1,223; grid (Q5) dengan nilai 1,245; dan grid (M10) dengan nilai 1,235. Secara garis besar daerah labil terbentuk dan berkembang di daerah Utara hingga Timur Laut Kecamatan Cimencyan.



Gambar 5. Simulasi Perubahan Nilai Faktor Keamanan pada Case 3, Case 4 dan Case 5

Hubungan Zona Kerentanan Gerakan Tanah dan Air

Semakin jenuh keadaan lereng, maka nilai faktor keamanan akan semakin kecil. Berikut nilai rata-rata faktor keamanan yang dihasilkan dari setiap case.



Grafik 1. Nilai Rata – Rata Setiap Case

Berdasarkan grafik di atas, dapat ditarik informasi bahwa laju penurunan faktor keamanan dari Case 1 ke Case 2 sebesar 30,33% dan dari Case 2, Case 3, Case 4 hingga Case 5 nilai faktor keamanan mengalami penurunan yang tidak signifikan. Perbedaan antara setiap Case yaitu kondisi air yang ada pada lereng yang disesuaikan dengan berbagai kondisi. Pada case 1 lereng disimulasikan kering, sedangkan pada case lainnya lereng disimulasikan sudah jenuh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi lereng yang jenuh bisa mengakibatkan penurunan nilai faktor keamanan yang cukup drastis dan signifikan. Lereng yang jenuh biasanya didominasi oleh faktor air dari hujan yang mengisi lereng sehingga lereng menjadi berat.

Tabel 3. Asumsi Kriteria Penilaian Curah Hujan dan Case

No	Bulan	Range (mm/jam)	Range (mm/hari)	Case FK
1	Agt	<1,17	<3,39	1
2	Jul, Sep	1,17-2,59	3,39 - 7,47	2
3	Apr, May, Jun, Oct	2,59-2,85	7,47 - 8,23	3
4	Jan, Feb, Mar, Des	2,85-4,51	8,23 - 11,98	4
5	Nov	>4,51	> 11,98	5

Analisis Hubungan Tutupan Lahan dengan Curah Hujan

Hubungan tutupan lahan dengan hujan yakni di mana tutupan lahan tersebut yang berupa hutan nilainya koefisien resapan air akan berbeda dengan tutupan permukiman. Hal tersebut menjadikan terdapat klasifikasi hubungan tutupan lahan dengan hujan sebagai berikut.

Tabel 3. Koefisien Air Hujan yang Terserap

No	Kemiringan	Tutupan Lahan	Koefisien Limpasan	Koefisien Serapan
1	< 3%	A. Sawah, Rawa	0,2	0,8
		B. Hutan, Perkebunan	0,3	0,7
		C. Perumahan dengan Kebun	0,4	0,6
2	3-5%	A. Hutan, Perkebunan	0,4	0,6
		B. Perumahan	0,5	0,5
		C. Tumbuhan yang Jarang	0,6	0,4
		D. Tanpa Tumbuhan, Daerah Penimbunan	0,7	0,3
3	>15%	A. Hutan	0,6	0,4
		B. Perumahan, Kebun	0,7	0,3
		C. Tumbuhan yang Jarang	0,8	0,2
		D. Tanpa Tumbuhan, Daerah Tambang	0,9	0,1

Sumber : Rudy Sayoga Gautama, 1999

Mekanisme Pengerjaan Simulasi Pergerakan Tanah

Dari analisis yang sudah didapatkan berupa nilai FK, Intensitas Hujan, dan tutupan lahan kemudian di hubungkan menjadi satu untuk mendapatkan hasil simulasi. Pada cell (M,10) di dapatkan nilai FK sebesar 1,234 pada kondisi case 5 yang artinya kondisi jenuh dengan intensitas hujan > 4,51 mm/jam. Pada cell (M,10) memiliki tutupan lahan permukiman adalah 161559,081 m², perkebunan pada adalah 55310,763 m², dan hutan pada cell (M,10) adalah

33130,156 m². Pada cell (M,10) terdapat 3 klasifikasi untuk Hutan koefisien resapan 0,4, dan untuk rumah dan kebun 0,3. Adapun ketebalan tanah pada daerah tersebut adalah 3,7 m, kemudian kami melakukan kalibrasi untuk mengetahui keadaan sebenarnya muka air tanah pada lokasi cell (M,10).

$$\text{Kondisi Tanah Jenuh} = \frac{\text{Luas Tutupan Lahan (permukiman)} \times \text{Ketebalan Tanah}}{\text{Luas Tutupan Lahan} \times \text{Intensitas Hujan} \times \text{Koefisien Tutupan lahan}}$$

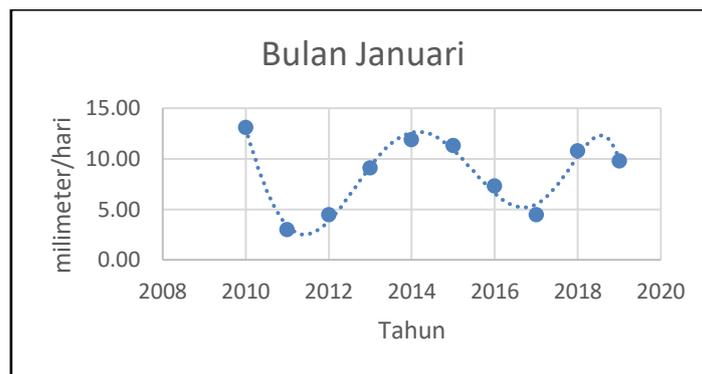
Tabel 4. Perhitungan Rancangan Model

No	Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan (m ²)	Kedalamam Muka Air Tanah (m)	Koefisien Resapan Air	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	(A).(H)	(A).(i).(k)	Waktu Jenuh (Jam)
		(A)	(H)	(k)	(i)	(I)	(II)	(I)/(II)
1	Permukiman	161.559,081	11,2	0,3	4,51	1.809.461,71	218.589,44	8,28
		161.559,081	11,2	0,3	8,42	1.809.461,71	408.098,24	4,43
2	Kebun	55.310,763	11,2	0,3	4,51	619.480,55	74.835,46	8,28
		55.310,763	11,2	0,3	8,42	619.480,55	139.714,99	4,43
3	Hutan	33.139,156	11,2	0,4	4,51	371.158,55	59.783,04	6,21
		33.139,156	11,2	0,4	8,42	371.158,55	111.612,68	3,33

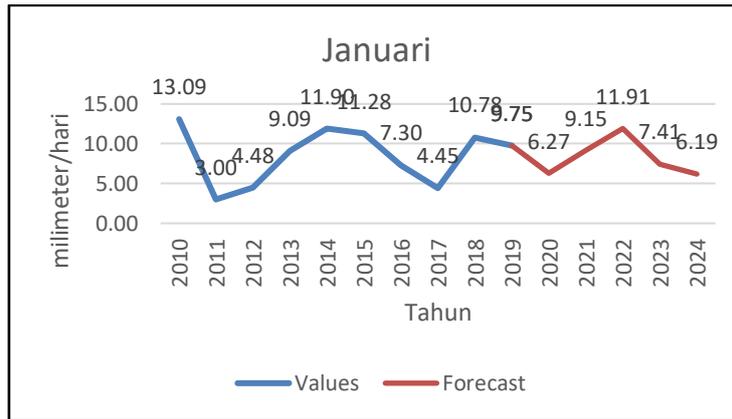
Hubungan *Polynomial Forecast* Hujan dengan Gerakan Tanah

Curah hujan sangatlah mempengaruhi nilai dari faktor keamanan (FK), yang mana nilai curah hujan semakin tinggi maka akan mempercepat lereng menjadi kondisi jenuh sehingga nilai FK semakin mengecil. Hal tersebut tentunya akan mengakibatkan terjadinya pergerakan tanah. Adanya indikasi pergerakan tanah yang sudah dibahas sebelumnya, tentunya dapat dijadikan indikasi awal agar di jadikan mitikagasi pergerakan tanah agar peringatan dini untuk mencegah adanya korban ataupun kerusakan.

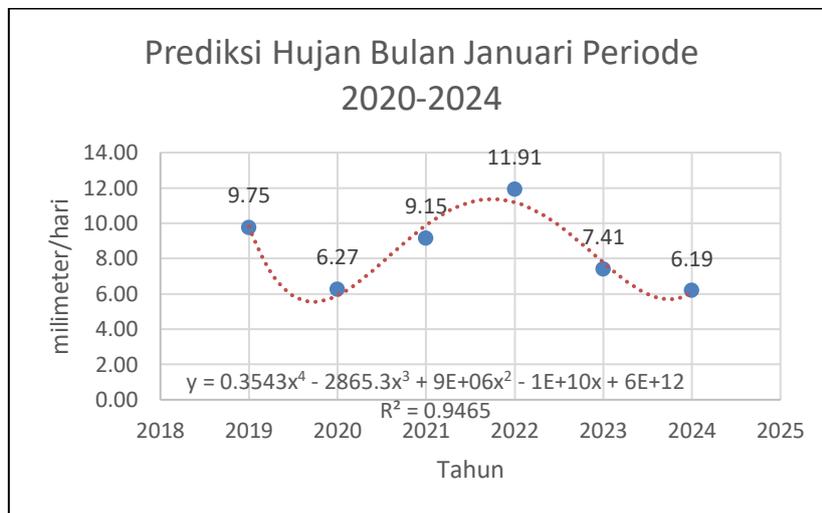
Hal tersebut tentunya diperlukan prediksi curah hujan untuk beberapa tahun kedepan sehingga curah hujan yang tergolong menjadikan lereng menjadi jenuh dapat diprediksi agar dijadikan peringatan dini. Adapun curah hujan dari data yang didapatkan pada periode tahun 2010-2019 diolah menggunakan metode *Polynomial Forecast* dengan perhitungan statistik untuk mendapatkan prediksi hujan hingga periode tahun 2022. Berikut merupakan data curah hujan bulanan periode 2010-2019 yang tergambarakan pada tabel dan grafik berikut.



Grafik 2. Grafik *Trend* Curah Hujan Bulan Januari Periode 2010-2019



Grafik 3. Prediksi Curah Hujan Bulan Januari Metode *Polynomial Forecast*



Grafik 4. Prediksi Curah Hujan Periode 2020-2024

Berdasarkan perhitungan prediksi hujan periode 2020-2024 menurut klasifikasi pada maka curah hujan yang memiliki potensi terbentuknya case 5 (> 11,98 mm/hari) terjadi pada bulan Februari tahun 2020-2021, Maret tahun 2022, April tahun 2023, September tahun 2021, Oktober 2020-2024, dan November 2020 – 2024.

Tabel 5. Prediksi Curah Hujan Periode 2020-2024

Tahun \ Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2020	6,27	14,12	7,52	11,78	4,25	4,52	5,05	6,65	9,02	13,49	14,25
2021	9,15	12,83	8,78	8,97	2,48	8,73	7,88	4,15	14,23	15,51	15,38	8,96
2022	11,91	8,39	12,65	9,55	11,00	8,54	5,70	5,09	6,95	13,05	15,13	5,56
2023	7,41	8,33	7,83	12,31	5,60	7,80	0,52	1,97	1,90	14,52	12,56	5,04
2024	6,19	11,73	9,09	9,49	3,58	4,33	4,23	8,09	3,63	20,02	12,46	7,68

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Hujan deras 4,15 mm/jam dengan durasi hujan 8,28 jam, Maka kondisi tutupan lahan

perumahan dan perkebunan akan jenuh seperti model hujan ke 3. Apabila menggunakan model hujan ke 4 maka tutupan lahan permukiman dan perkebunan akan jenuh pada hari ke dua pada daerah cell (M,10). Model hujan 3 dan 4 cenderung terjadi pada bulan basah di mana hujan terjadi dengan durasi yang lama serta intensitas yang besar. Adapun bulan basah tersebut ialah Oktober, November dan Desember;

2. Daerah Kecamatan Cimenyan yang memiliki nilai FK kritis apabila terjadi hujan dengan ketentuan case 5 yakni pada cell (M,10) dengan nilai FK 1,235, cell (P,4) dengan nilai FK 1,199, cell (P,5) dengan nilai FK 1,07, cell (Q,4) dengan nilai FK 1,223, dan pada cell (Q,5) dengan nilai FK 1,245. Namun hanya pada cell (M,10) yang berdekatan dengan permukiman warga, sehingga perhitungan ini bisa menjadikan mitigasi bencana dini.
3. Adapun prediksi curah hujan periode 2020-2024 untuk menjadiantisipasi yang dapat menyebabkan kondisi lereng kritis sehingga perlu diwaspadai yakni pada bulan Februari tahun 2020-2021, Maret tahun 2022, April tahun 2023, September tahun 2021, Oktober 2020-2024, dan November 2020 – 2024.

Daftar Pustaka

- [1] Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta. Rineka Cipta.
- [2] BPBD. 2013. *Data Rekapitulasi Bencana Kabupaten Temanggung*. Temanggung. BPBD
- [3] Badan Pusat Statistik. 2011. *Kecamatan Kemiri Dalam Angka*. Purworejo: BPS.
- [4] Efendi, Ahmad Danil. 2008. *Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor- Faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor*. Skripsi. Bogor. Fakultas Kehutanan, ITB.
- [5] Gunadi, Sunarto dkk. 2004. *Tingkat Bahaya Longsor di Kecamatan Samigaluh dan Sekitarnya Kabupaten Kulonprogo DIY*. Kongres MKTI Ke V dan Seminar Nasional Degradasi Hutan dan Lahan. Yogyakarta. UGM.
- [6] Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta. UGM Press.
- [7] Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- [8] Kusrini. (2007). *Tuntutan praktis membangun sistem informasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [9] Majid, Kusnoto Alvin. 2008. *Tanah Longsor dan Antisipasinya*. Semarang. Aneka Ilmu.
- [10] Nandi. 2007. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. Bandung. FPIPS-UPI.
- [11] Nurjanah, Adikoesoemo, Dede K, Siswanto BP, Sugiharto R. 2011. *Manajemen Bencana*. Bandung. Alfabeta.
- [12] Peraturan Direktorat Jendral Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor : P. 4/V-SET/2013.
- [13] Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana. BNPB.
- [14] Ramli, Soehatman. 2010. *Pedoman Praktis Manajemen Bencana*. Jakarta. Dian Rakyat.
- [15] Rohman, Rizka Zaenur. 2013. *Analisis Tingkat Kerawanan Longsorklahan dan Mitigasi Bencana di Kecamatan Karangsembung Kabupaten Kebumen*. Skripsi. FKIP. UNS.
- [16] Setyowati, Dewi Liesnoor. 2010. *Buku Ajar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Semarang: CV. Sanggar Krida Aditama.
- [17] Sitanala, Arsyad. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor.
- [18] Sriyono. 2006. *Buku Ajar Geologi Umum*. Jurusan Geografi. FIS. UNNES Sugiharyanto, Nursa'ban Muhammad, dkk. 2009. *Studi Kerentanan Longsor Lahan di Kecamatan Samigaluh Dalam Upaya Mitigasi Bencana Alam*. Jurusan Pendidikan Geografi. FISE. UNY.
- [19] Suprojo, Suratman Woro dan Jamulya. 1993. *Pengantar Geografi Tanah*. Departemen

- Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Gajah Mada, Fakultas Geografi. Yogyakarta.
- [20] Suranto, Joko Purwoko. 2008. *Kajian Pemanfaatan Lahan Pada Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor di Gunung Lurah Colongok Kabupaten Banyumas*. Tesis. Semarang. Magister Teknik Pembangunan Wilayah Kota, UNDIP.
- [21] Sutikno. 2002. *Panduan Mitigasi Bencana Tanah Longsor*. PSBA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [22] Taufik, H.P. dan Suryadi. 2008. *Landslide Risk Spatial Modeling Using Geographical Information System*. Tutorial *Landslide*. Laboratorium Sistem Informasi Geografis. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. 9 halaman.
- [23] Tika, Moh. Pabundu. 2005. *Metode Penelitian Geografi*. Jakarta. Bumi Aksara.
- [24] Tjahjono, Heri. 2003. *Kerentanan Medan Terhadap Longsoran dan Stabilitas Lereng di Daerah Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang (Suatu Aplikasi Pendekatan Medan)*. Tesis. Yogyakarta. Program Pasca Sarjana UGM.
- [25] Tjahjono, Heri dan Lashari. 2007. *Model Penentuan Tingkat Bahaya Longsoran, Stabilitas Lereng dan Risiko Longsoran Dengan Bantuan Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Semarang*. Semarang. FIS- UNNES.
- [26] Tukidi. 2004. *Diktat Perkuliahan Meteorologi Dan Klimatologi*. Proyek SP4. Jurusan Geografi. Semarang. FIS-UNNES.
- [27] Van Zuidam. 1979. *Terrain Clasification Using Aerial Photograph*. A Geomorphological Approach. International Institute For Aerospace Survey and Earth Science (ITC). Enschede.