

Analisis Potensi Longsor Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, DIY, Menggunakan Perbandingan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Dan Weighted Linear Combination (WLC)

Adam Nurapriyana AMNO¹, Bernadeta Subandini Astuti²

^{1,2} Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : bernadeta@itny.ac.id.

ABSTRAK

Salah satu daerah yang merupakan titik longsor di Indonesia adalah Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian atau penelitian dari peneliti sebelumnya mengenai potensi bencana longsor dan memetakan persebaran daerah rawan bencana longsor dan parameter yang mempengaruhi dari potensi rawan longsor dengan menggunakan perbandingan antara metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC) dengan memakai parameter yang sama, yang dianggap mempengaruhi tingkat kerawanan bencana longsor. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan atau metode yang dilalui, antara lain tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap analisis data, tahap akhir & penyusunan laporan. Berdasarkan hasil analisis pembobotan dan standarisasi nilai dan melakukan perbandingan antara metode AHP dan metode WLC pada daerah penelitian di Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode matriks perbandingan dan *overlay*, didapatkan bahwa pada metode AHP daerah rawan longsor terbagi menjadi 3 indeks bahaya, yaitu bahaya rendah (1906 Ha), bahaya sedang (1835 Ha), dan bahaya tinggi (3062 Ha). Sedangkan pada metode WLC daerah rawan longsor terbagi menjadi 2 indeks bahaya, yaitu bahaya sedang (339 Ha) dan bahaya tinggi (6429 Ha). Kedua metode tersebut parameter yang mempengaruhi atau mendominasi yaitu kelerengan yang sangat curam. Dari hasil validasi lapangan juga menunjukkan bahwa pada daerah penelitian termasuk kawasan rawan longsor, yang terdapat pada peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) tanah longsor yang telah dibuat.

Kata kunci: Analytical Hierarchy Process, Weighted Linear Combination, Tanah longsor, Samigaluh, Kebobutak

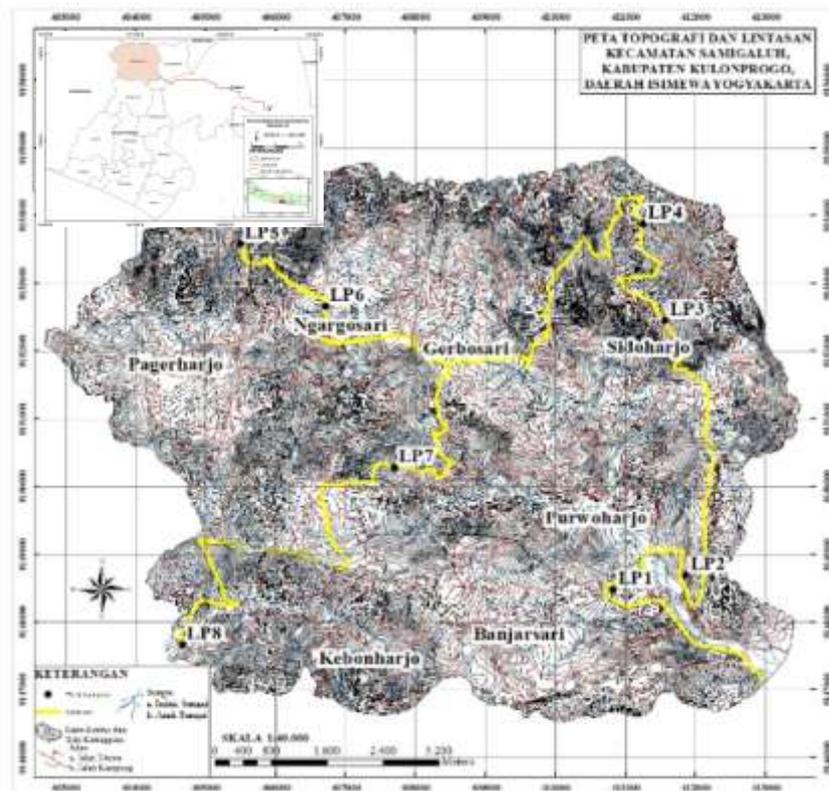
ABSTRACT

One of the areas that is a landslide hotspot in Indonesia is Samigaluh District, Kulonprogo Regency, Yogyakarta Special Region. This research aims to conduct studies or research from previous researchers regarding the potential for landslides and map the distribution of areas prone to landslides and the parameters that influence the potential for landslides using a comparison between the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the Weighted Linear Combination (WLC) method with using the same parameters, which are considered to influence the level of vulnerability to landslides. In this research, there are several stages or methods that are followed, including the preparation stage, data collection stage, data analysis stage, final stage & report preparation. Based on the results of the analysis of weighting and standardization of values and making a comparison between the AHP method and the WLC method in the research area in Samigaluh District, Kulonprogo Regency, Special Region of Yogyakarta based on the results of calculations using the comparison and overlay matrix method, it was found that in the AHP method, the landslide prone areas were divided into 3 danger index, namely low danger (1906 Ha), medium danger (1835 Ha), and high danger (3062 Ha). Meanwhile, in the WLC method, landslide-prone areas are divided into 2 hazard indices, namely medium hazard (339 Ha) and high hazard (6429 Ha). In both methods, the parameter that influences or dominates is the very steep slope. The results of field validation also show that the research area is a class landslide-prone area, which is found on the landslide-prone area (KRB) map that has been created.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Weighted Linear Combination, Tanah Landsor, Samigaluh, Kebobutak

PENDAHULUAN

Gerakan tanah (*mass movement*) merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada musim hujan yang dapat menyebabkan kerugian materil dan korban jiwa. Gerakan tanah secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat [1]. Yogyakarta yang memiliki kawasan berupa dataran, pegunungan dan gunungapi juga memiliki potensi gerakan tanah. Bahaya gerakan tanah/batuan dan erosi di Yogyakarta yang berpotensi terjadi di lereng Pegunungan Kulonprogo bagian Utara dan Barat, serta pada lereng Pegunungan Selatan (Baturagung) yang mengancam wilayah Kabupaten Gunungkidul bagian Utara dan bagian Timur wilayah Kabupaten Bantul [2]. Salah satu daerah yang merupakan titik longsor di Yogyakarta adalah Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah Kulonprogo setiap memasuki musim penghujan, selalu dijumpai gerakan tanah dan menimbulkan korban. Seringnya terjadi bencana tanah longsor yang menimbulkan korban jiwa dan harta benda, daerah tersebut juga sedah sering dilakukan penelitian. Di Kecamatan Samigaluh dalam waktu tiga tahun terakhir sebanyak 7 desa/kelurahan terjadi bencana longsor [3]. Kecamatan Samigaluh, Kecamatan Girimulyo, Kokap dan Kalibawang berada di bagian utara wilayah Kulonprogo, merupakan dataran tinggi/perbukitan Menoreh dengan ketinggian antara 500-1000 meter di atas permukaan air laut. Wilayah ini penggunaan tanah diperuntukkan sebagai kawasan budidaya konservasi dan merupakan kawasan rawan bencana tanah longsor [3]. Hal tersebut yang melatarbelakangi dilakukan penelitian ini, yang difokuskan di Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Terletak \pm 42 km sebelah Barat Kota Yogyakarta (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi dan kesampaian Daerah Penelitian

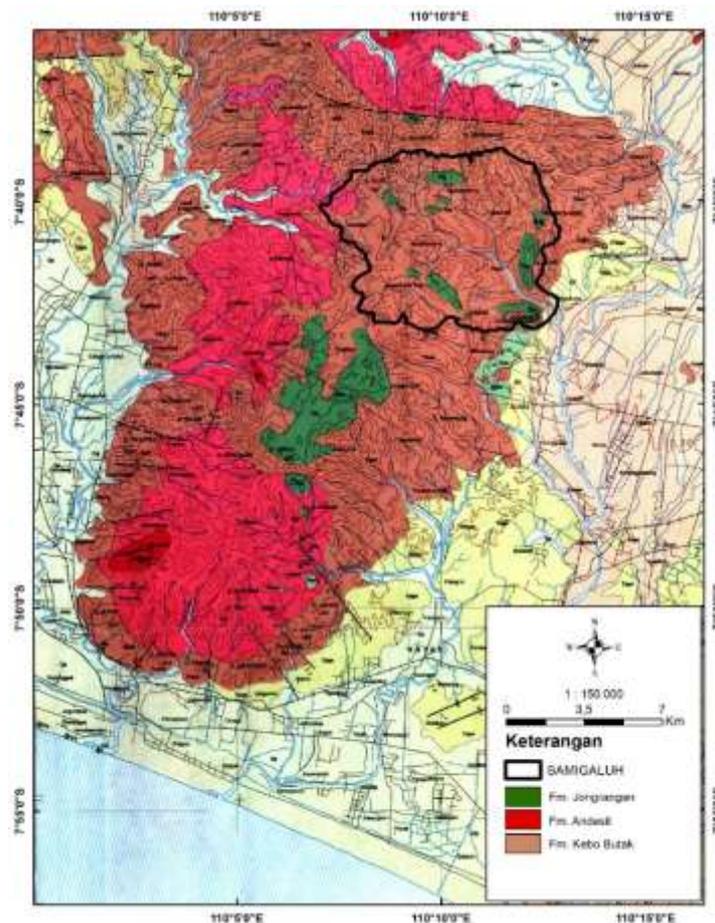
Maksud dilakukannya penelitian ini yaitu untuk melakukan kajian atau penelitian dari peneliti sebelumnya [4] mengenai potensi bencana rawan longsor dengan melakukan perbandingan antara metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) dengan metode *Weighted Linear Combination* (WLC), dengan menggunakan beberapa parameter berupa kelerengan, litologi, curah hujan, dan tataguna lahan, terakhir dilakukan *overlay* untuk mendapatkan peta zonasi potensi Tanah Longsor di Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tujuan dilakukan penelitian adalah mengetahui tingkat kerawanan tanah longsor di



ISSN: 1907-5995

Kecamatan Samigaluh, mengetahui parameter yang mempengaruhi atau mendominasi kemungkinan terjadinya longsor, melakukan perbandingan antara metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) dengan metode *Weighted Linear Combination* (WLC), serta pengaruh sebaran litologi pada daerah penelitian terhadap kedua metode yang digunakan.

Daerah Kulonprogo sudah sering dilakukan penelitian detail, termasuk didalamnya untuk sripsi, tesis dan disertasi. Beberapa peneliti terdahulu terutama telah membahas terkait paleontologi, sedimentologi, fasies, petrologi, dan tektonik. Harapannya dari penelitian-penelitian tersebut selain untuk perkembangan secara akademis juga dapat membantu menyelesaikan permasalahan kebencanaan didaerah Kulonprogo. Secara regional stratigrafi regional Pegunungan Kulonprogo dari yang tertua ke muda tersusun oleh Formasi Nanggulan, Formasi andesit Tua (OAF), Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, dan Endapan Alluvial [5 dan 6] (Gambar 2), dan yang berada di area penelitian adalah batuan beku d Formasi Andesit Tua, dan batuan dari Formasi Kebobutak dan beberapa tempat adalah batugamping Formasi Njonggrangan. Breksi dari Formasi Kebobutak diregional sebagai breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Secara umum batuan beku adalah batuan yang relatif stabil, namun keberadaan tuf yang mudah lapuk masih perlu dilakukan penelitian dan pengamatan lebih lanjut.



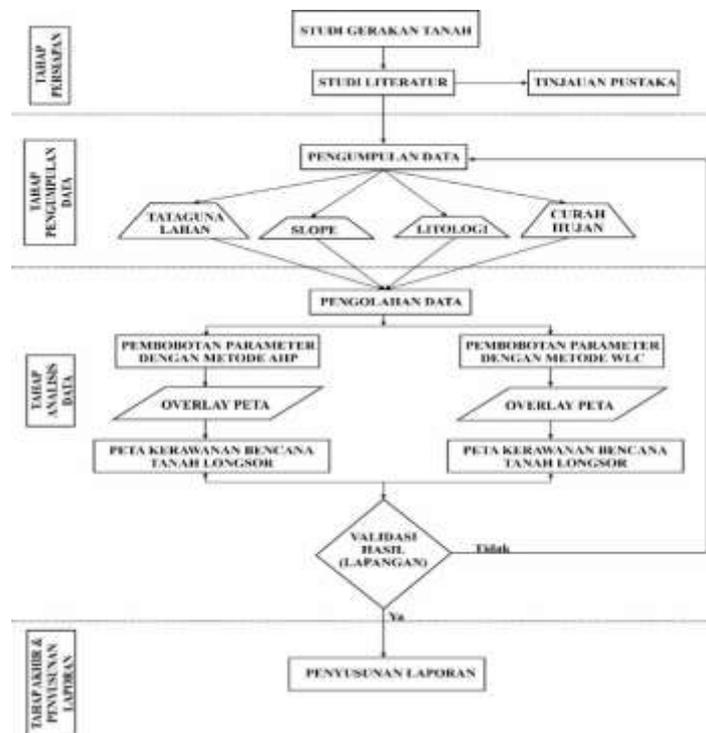
Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian [10]

Untuk mengetahui tingkat kelongsoran batuan pada daerah yang rentan longsor tersebut digunakan analisis dengan metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). Metode AHP adalah suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh [7]. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Metode AHP digunakan untuk melakukan penilaian bobot masing-masing indikator. Hal ini dikarenakan masing-masing indikator memiliki tingkat kepentingan atau kontribusi yang berbeda-beda dalam penilaian kerentanan tanah longsor. Metode WLC adalah salah satu *Geographic Information System-Multit*

Criteria Decision Analysis (GIS-MCDA) yang paling umum digunakan [8]. Teknik WLC adalah metode populer yang disesuaikan di banyak GIS dan berlaku untuk kombinasi peta yang fleksibel [9]. Metode ini awalnya membutuhkan standarisasi kelas disetiap faktor ke rentang numerik umum. Peringkat kelas dalam setiap faktor didasarkan pada kepentingan relatif masing-masing kelas menurut pengamatan lapangan di wilayah studi dan literatur yang ada, yang menunjukkan kondisi tertentu sebagai yang paling menguntungkan untuk keruntuhan lereng [10]. Pada penelitian ini peneliti ingin melakukan perbandingan antara kedua metode tersebut untuk analisis potensi longsor di daerah penelitian yang hasil akhirnya berupa *overlay* Peta Kawasan Bencana (KRB) tanah longsor.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode yang bersifat semi kuantitatif dan observasi lapangan. Metode semi kuantitatif menggunakan metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). Tahapan penelitian mulai dari persiapan, tahap pengumpulan data, tahap analisis data, dan tahap akhir penyusunan makalah (Gambar 3). Tahapan Persiapan, berupa pengumpulan semua hasil studi dari peneliti terdahulu dengan literatur mengenai geologi regional Kulonprogo serta semua studi tentang daerah penelitian dan metode yang digunakan dalam penelitian. Tahapan pengumpulan data berupa data kelerengan, litologi, curah hujan dan tataguna lahan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Kelerengan merupakan salah satu parameter penting dalam analisa gerakan tanah, semakin tinggi atau semakin curam lereng maka potensi untuk terjadinya bencana gerakan tanah akan semakin besar. Klasifikasi kelerengan dapat dilakukan dengan membuat slope dari data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) yang diolah menggunakan *software* ArcGIS. Data litologi dilakukan dengan didelineasi dari peta geologi regional Lembar Yogyakarta [6] pada *Software* ArcGIS, untuk memberikan kontrol yang berbeda terhadap potensi longsor. Data Curah didapat dari data *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station* (CHIRPS) yang mana data yang sudah ada kemudian dihitung rata-rata curah hujan tahunan daerah penelitiannya dalam kurun waktu 5 tahun ke belakang. Hujan semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi pula potensi longsor pada suatu daerah. Data tataguna lahan, didapatkan dari hasil pengolahan data-data peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) menjadi peta tataguna lahan dan diolah lagi pada *software* ArcGIS dan kemudian dilakukan pembobotan sesuai tingkat erosi sesuai dengan klasifikasi pemanfaatan lahan. Tahap analisis data



berupa pengolahan data dan validasi hasil (lapangan). Pengolahan data dilakukan dengan melakukan pembobotan dan standarisasi nilai dengan dimasukan ke dalam rumus metode *Analytical Hierarchy Proccess* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). Kemudian setelah dilakukan pembobotan dan standarisasi yaitu menggabungkan semua data yang sudah diolah untuk *overlay* pada ArcGIS dan membuat Peta Kerawanan Bencana (KRB) tanah longsor dengan metode AHP dan metode WLC. Validasi hasil dilakukan setelah peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) tanah longsor dari kedua metode dibuat. Hal ini dilakukan karena untuk memvalidasi data yang telah diolah apakah sesuai atau tidak dengan data di lapangan. Tahap penyusunan makalah, dilakukan setelah menghasilkan Peta Kerawanan Bencana Tanah Longsor, yang dimana dapat mengetahui tingkat kerawanan serta mengetahui daerah–daerah yang rawan terhadap tanah longsor dan kemudian dilakukan penyusunan laporan dari penelitian ini

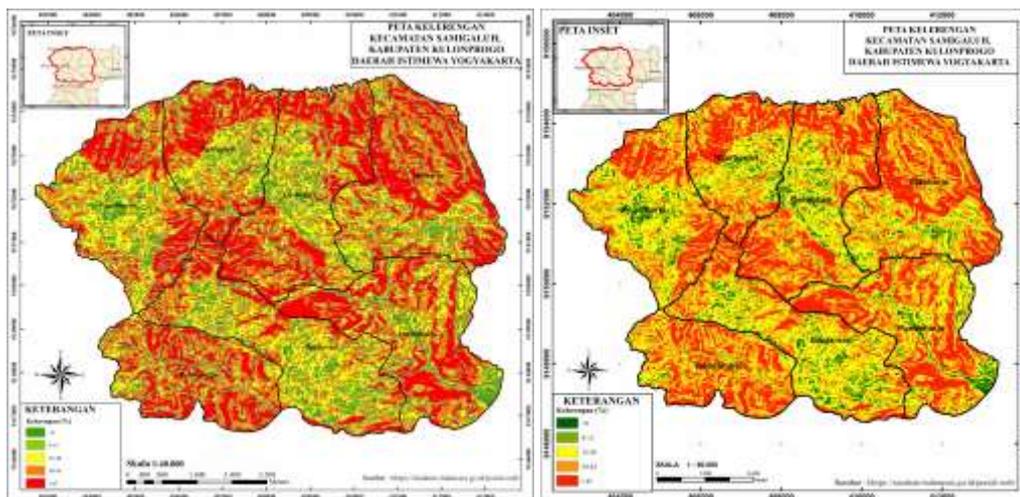
HASIL DAN ANALISIS

Kelerengan

Kelerengan adalah sudut yang terbentuk oleh perbedaan tinggi permukaan lahan (*reflief*), yaitu antara bidang datar tanah dengan bidang horizontal dan pada umumnya dihitung dengan derajat (°) atau persen (%) [11]. Peta kelerengan dibuat dengan analisis *Geographic Information System* (GIS) dengan memperhatikan garis kontur berdasarkan analisis spasial. Sebelum dibuat peta kelerengan, terlebih dahulu dilakukan pembobotan untuk metode AHP (Tabel 1) dan standarisasi untuk metode WLC (Tabel 2) berdasarkan dengan tabel klasifikasi [12]. Setelah dilakukan pembobotan dan standarisasi selanjutnya adalah membuat peta kelerengan dengan metode AHP dan peta kelerengan dengan metode WLC (Gambar 4).

Tabel 1. Perhitungan skor dan persen kemiringan lereng metode AHP menurut Puslittanak Bogor (2004)

Parameter	Skor	Persen
>45	0,52	52,17
30-45	0,25	25,06
15-30	0,13	13,31
8-15	0,07	6,60
8	0,03	2,86
TOTAL	1	100



Gambar 4 Peta Kelerengan dengan metode AHP (kiri) dan Peta Kelerengan dengan metode WLC (kanan)

Tabel 2. Parameter Kelerengan standarisasi metode WLC menurut Puslittanak Bogor (2004)

Parameter %	Skor	Standarisasi
>45	5	1,000
30-45	4	0,800
15-30	3	0,600

8--15	2	0,400
<8	1	0,200

Tataguna Lahan

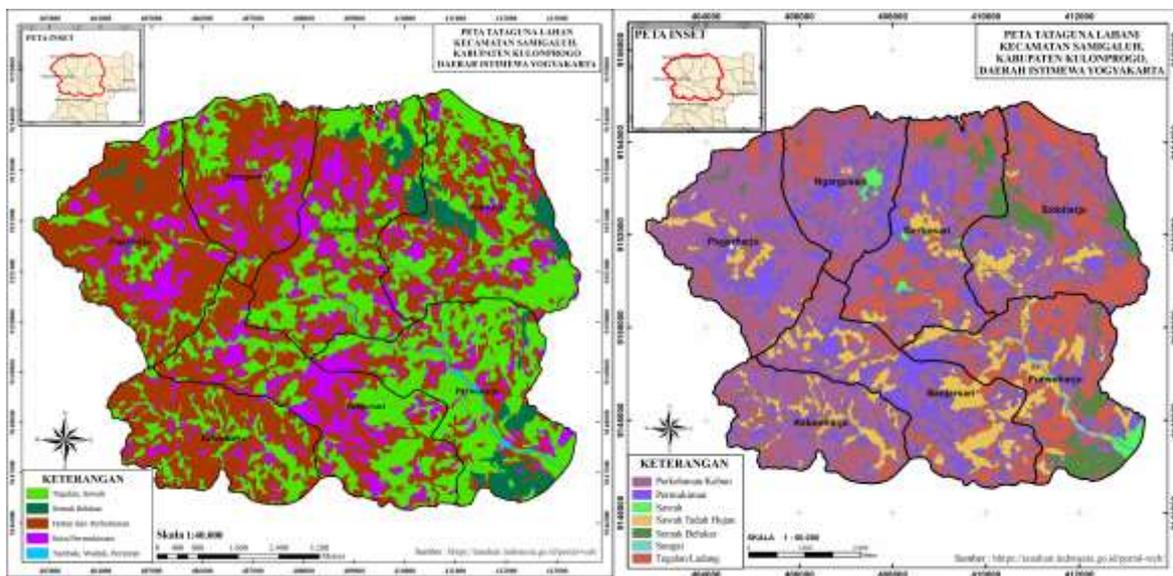
Tataguna lahan di daerah penelitian diperuntukan antara lain untuk pemukiman, tegalan sawah, dan perkebunan. Sebelum dibuat peta tataguna lahan terlebih dahulu dilakukan pembobotan untuk metode AHP (Tabel 3) dan standarisasi untuk metode WLC (Tabel 4) berdasarkan dengan tabel klasifikasi menurut [12]. Setelah dilakukan pembobotan dan standarisasi selanjutnya adalah membuat peta tataguna lahan dengan metode AHP dan peta tataguna lahan dengan metode WLC (Gambar 5).

Tabel 3. Perhitungan skor dn persen tataguna lahan metode AHP menurut Puslittanak Bogor (2004)

Parameter	Skor	Persen
Tegalan, sawah	0,46	45,94
Semak belukar	0,26	25,85
Hutan dan perkebunan	0,15	15,00
Kota/pemukiman	0,09	8,53
Tambak, waduk, perairan	0,05	4,68
TOTAL	1	100

Tabel 4. Parameter Tataguna Lahan standarisasi metode WLC menurut Puslittanak Bogor (2004)

PARAMETER %	SKOR	STANDARISASI
Tegalan, Sawah	5	1,000
Semak belukar	4	0,800
Hutan dan perkebunan	3	0,600
Kota Pemukiman	2	0,400
Tambak, Waduk, Perairan	1	0,200



Gambar 5. Peta Tataguna Lahan dengan metode AHP (kiri) dan metode WLC (kanan)

Curah Hujan

Data curah hujan pada daerah penelitian didapat dari data *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station (CHIRPS)* Kabupaten Kulonprogo. Data yang diambil merupakan data curah hujan dari tahun 2016 – 2021. Intensitas curah hujan pada daerah penelitian yaitu sekitar 1500 – 2500 mm/tahun. Sebelum dibuat peta curah hujan terlebih dahulu dilakukan pembobotan untuk metode AHP (Tabel 5) dan standarisasi untuk metode



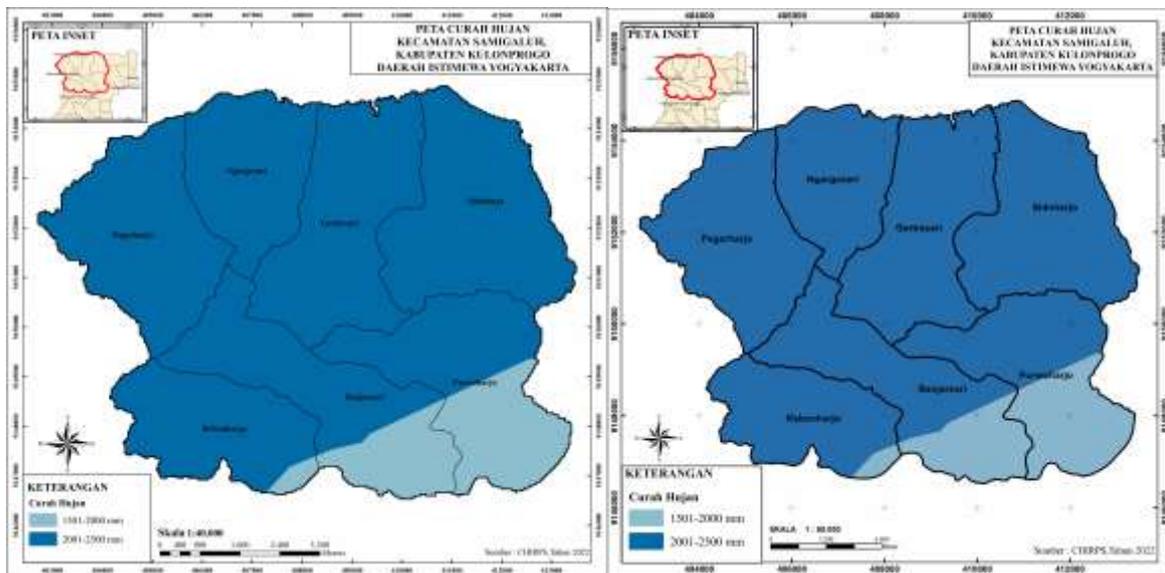
WLC (Tabel 6) berdasarkan dengan tabel klasifikasi [12]. Setelah dilakukan pembobotan dan standarisasi selanjutnya adalah membuat peta curah hujan dengan metode AHP dan peta curah hujan dengan metode WLC (Gambar 6).

Tabel 5. Perhitungan skor dan persen curah hujan metode AHP menurut Pustlittanak Bogor (2004)

Parameter	Skor	Persen
>3000	0,42	41,62
2501-2300	0,26	26,18
2001-2500	0,16	16,11
1501-2000	0,10	9,86
<15000	0,06	6,24
TOTAL	1	100

Tabel 6. Parameter Curah Hujan standarisasi metode WLC menurut Pustlittanak Bogor (2004)

PARAMETER	SKOR	STANDARISASI
Sangat basah (>3000 mm)	5	1,000
Basah (2501 - 3000 mm)	4	0,800
Sedang (2000 - 2500 mm)	3	0,600
Kering (1501 - 2000 mm)	2	0,400
Sangat kering (<1500 mm)	1	0,200



Gambar 6. Peta Curah Hujan dengan metode AHP (kiri) dan metode WLC (kanan)

Litologi

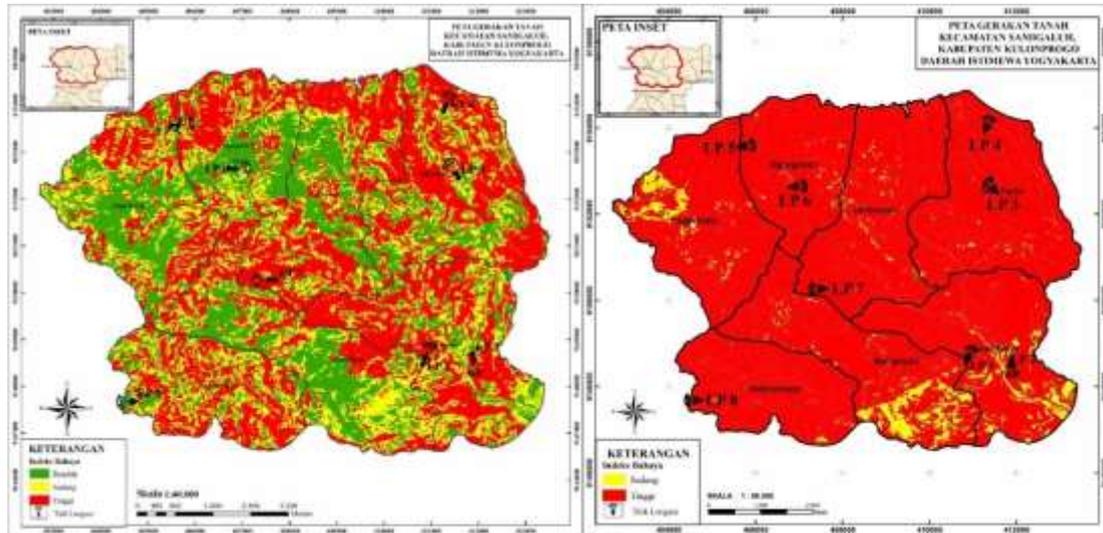
Pembuatan peta geologi dibuat berdasarkan deliniasi Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta [10]. Lokasi penelitian terdiri atas Formasi Andesit Tua, Formasi Jongrangan, dan Formasi Kebo-Butak. Sebelum dibuat peta litologi terlebih dahulu dilakukan pembobotan untuk metode AHP (Tabel 7) dan standarisasi untuk metode WLC (Tabel 8) berdasarkan dengan tabel klasifikasi [12]. Setelah dilakukan pembobotan dan standarisasi selanjutnya adalah membuat peta litologi dengan metode AHP dan peta litologi dengan metode WLC (Gambar 7).

Tabel 10. Perhitungan Nilai Eigen Normalisasi Perbandingan Setiap Parameter

Parameter	kelerengan	Curah hujan	Tataguna lahan	Litologi	Total
kelerengan	0,41	0,78	4	0,08	1,6
Curah hujan	0,07	0,13	2	0,50	1,0
Tataguna lahan	0,10	0,07	1	0,33	0,6
litologi	0,41	0,02	0,25	0,08	0,55
TOTAL	1	1	1	1	4

Tabel 11. Perhitungan Bobot dan Persen Setiap Parameter

Parameter	Bobot	Persen
kelerengan	0,42	41,77
Curah hujan	0,26	26,19
Tataguna lahan	0,17	17,18
litologi	0,15	14,86
TOTAL	1	100

**Gambar 8.** Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gerakan Tanah dengan metode AHP (kiri) dan metode WLC (kanan)

3.2 Validasi Lapangan

Setelah selesai membuat peta Kawasan Rawan Bencana (KRB), selanjutnya yaitu melakukan validasi hasil atau validasi lapangan. Rute dan lokasi dijumpai adanya longsor dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 9. Keberadaan titik longsor (Gambar 9) dijumpai pada batuan dari Formasi Kebobutak. Hasil pengamatan dilapangan bahwa bidang gelincir dari longsor tersebut adalah tuf, baik tuf yang sebagai matrik dari breksi, maupun sebagai perlapisan batuan.

Hasil validasi lapangan menunjukkan bahwa daerah penelitian Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk kedalam kawasan rawan bencana longsor dengan kelas tingkat tinggi atau rawan (Gambar 8). Hal ini ditunjukkan dari adanya longsor pada gerakan tanah yang bersifat kecil (minor) sampai besar (major) (Gambar 9).

3.3 Perbandingan Antara Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan Metode *Weighted Linear Combination* (WLC)

Dari kedua metode yang digunakan untuk menentukan daerah Kawasan Rawan Bencana (KRB) tanah longsor dan dilakukannya perbandingan melalui pembobotan dan standarisasi setiap masing-masing metode dengan menggunakan 4 parameter yang sama yaitu curah hujan, tataguna lahan, sebaran litologi dan kelerengan.

Setelah dilakukannya pembobotan hasil *overlay* pada daerah penelitian di Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta, bahwa pada metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) daerah rawan longsor, terbagi menjadi 3 indeks bahaya, yaitu Rendah (1906 Ha), Sedang (1835 Ha), dan Tinggi (3062 Ha) (Gambar 8). Sedangkan pada metode *Weighted Linear Combination* (WLC) daerah rawan longsor terbagi menjadi 2 indeks bahaya, yaitu Sedang (339 Ha) dan Tinggi (6429 Ha) (Gambar 9).

Pada daerah rawan longsor termasuk kedalam kelas tinggi atau kelas rawan terhadap gerakan tanah berdasarkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). Berdasarkan Tabel 11, parameter yang mempengaruhi atau mendominasi sehingga menjadi potensi rawan longsor yaitu kelerengan sebesar 41,77%. Yang termasuk kedalam kelas rendah sampai sedang dipengaruhi oleh parameter yang berupa parameter curah hujan 26,19%, tataguna lahan 17,18%, dan litologi 14,86%. Sehingga pada daerah penelitian termasuk daerah rawan longsor yang masuk kedalam kelas tinggi atau kelas rawan terhadap gerakan tanah.



Gambar 9. Kenampakan Longsor di Kecamatan Samigaluh

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sampai pada laporan kemajuan ini terdapat beberapa kesimpulan berikut.

1. Pada daerah penelitian yaitu di Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Weighted Linear Combination* (WLC) termasuk dalam kelas tinggi atau kelas rawan terhadap gerakan tanah.
2. Parameter yang mempengaruhi atau mendominasi sehingga menjadi potensi rawan longsor yaitu kelerengan sebesar 41,77%.
3. Perbandingan antara metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan metode *Weighted Linear Combination* (WLC) dari hasil nilai pembobotan dan standarisasi dari setiap metode didapatkan perbedaan indeks bahaya terhadap longsor, dengan metode AHP didapatkan 3 indeks bahaya, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sedangkan pada metode WLC didapatkan 2 indeks bahaya, yaitu sedang dan tinggi.
4. Sebaran litologi mempengaruhi juga terhadap analisis potensi longsor ini, hasil validasi lapangan menunjukkan bahwa titik longsor berada pada Formasi Kebo-Butak, dengan bidang gelincir berupa tuff.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah bagian dari Seminar Geologi. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY), dan penulis pertama juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman dan mahasiswa Teknik Geologi ITNY yang telah membantu mengambil dan mengolah data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Zuidam RA, Zuidam-Cancelado FI. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. The Hague: Smits Publishers; 1986.
- [2] Gunadi S, Sartohadi J, Hadmoko DS, Hardiatmo HC, Giyarsih SR. Tingkat Bahaya Longsor di Kecamatan Samigaluh dan Daerah Sekitarnya, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. InMakalah Kongres MKTI ke V dan Seminar Nasional Degradasi Hutan dan Lahan 2004 Dec (pp. 10-11).
- [3] BPS Kabupaten Kulon Progo. 2020. "Kabupaten Kulon Progo Dalam Angka 2020" *Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo* 462.
- [4] Apriani A, Putra BP, Alfariji M, Al Habib J, Trisnaning PT. Analytic Hierarchy Process pada Evaluasi Kejadian Longsor di Kecamatan Samigaluh Kulon Progo, DI Yogyakarta. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 2022 Sep 7;13(2).
- [5] Budiadi E. The Role of Tectonism in Controlling Geomorphology in Kulon Progo Area, Yogyakarta. *Proceedings PIT IAGI Semarang, The 38th IAGI Annual Conventional and Exhibition*. 2009.
- [6] Rahardjo W. Sukandarrumidi, dan Rosidi, HMD, 1995. Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala.;1(100.000).
- [7] Saaty, T. Lorie. (1993). Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks. *Pustaka Binama Pressindo*.
- [8] Drobné S, Lisec A. Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*. 2009;33(4).
- [9] Malczewski J. On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. *Transactions in GIS*. 2000 Jan;4(1):5-22.
- [10] Kritikos TR, Davies TR. GIS-based multi-criteria decision analysis for landslide susceptibility mapping at northern Evia, Greece. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*. 2011 Dec 1:421-34.
- [11] Karnawati D. Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan upaya penanggulangannya. *Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*. 2005.
- [12] (Puslittanak) Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. *Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi*.
- [13] Highland L. *Landslide Types And Processes*. 2004.
- [14] Rahmad R, Suib S, Nurman A. Aplikasi Sig Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Majalah Geografi Indonesia*. 2018;32(1):1-3.
- [15] Fitrianingrum Me. Zonasi Rawan Longsor Di Desa Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta. *Jurnal Geografi Gea*. 2018;18(2):181-90.
- [16] Hidayah A, Paharuddin P, Massinai Ma. Analisis Rawan Bencana Lonsor Menggunakan Metode Ahp (Analytical Hierarchy Process) Di Kabupaten Toraja Utara. *Jurnal Geoelebes*. 2017 May 17;1(1):1-4.
- [17] Pangaribuan J, Sabri Lm, Amarrohman Fj. Analisis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Magelang Menggunakan Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Standar Nasional Indonesia Dan Analytical Hierarchy Process. *Jurnal Geodesi Undip*. 2019 Jan 7;8(1):288-97.
- [18] Prastowo R, Trianda O, Novitasari S. Identifikasi Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Data Geologi Daerah Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Kurvatek*. 2018 Nov;3(2):31-40.
- [19] Putra Bp. Tingkat Kerawanan Longsor Berdasarkan Peralihan Fungsi Kawasan: Studi Kasus Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Di Yogyakarta. *Retii*. 2020 Oct 27:162-9.
- [20] Pratama Ry. Analisis Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Modifikasi Metode Storie Studi Kasus Daerah Pundungsari, Kecamatan Semin, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Retii*. 2022 Nov 11:223-31.