

GEOLOGI DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK MITIGASI LONGSOR DESA CIWUNI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN KESUGIHAN, KABUPATEN CILACAP, PROVINSI JAWA TENGAH

Zahrotul Istiqomah, Purwanto, Herry Riswandi

Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

Sari – Daerah penelitian secara administratif terletak di Desa Ciwuni dan sekitarnya, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada UTM WGS 1984 Zona 49 S dengan koordinat 289711 mE-284701 mE dan 9156909 mS-9161368 mS. Luas daerah penelitian yaitu 25 km² dengan skala peta 1:12.500. Berdasarkan hasil interpretasi dari peta topografi, daerah penelitian berkembang pola pengaliran radial, subdendritik dan subparalel. Secara geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi lima satuan bentuklahan yaitu bentuklahan perbukitan struktural (S1), bentuklahan pineplain (D1), bukit sisa (D2), dan bentuklahan dasar sungai (F1) dan dataran aluvial (F2).

Stratigrafi daerah penelitian terdiri atas tiga satuan batuan dengan urutan paling tua ke muda, yaitu satuan batupasir Halang, intrusi basalt, dan endapan aluvial. Struktur geologi yang berkembang berupa kekar, sesar dan lipatan dengan arah tegasan utama relatif utara-selatan. Berdasarkan pengamatan massa batuan didapatkan nilai *Rock Mass Rating* (RMR) berkisar baik-sedang. Analisis kestabilan lereng menggunakan Metode Keseimbangan Batas pada lereng dengan material tanah didapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada lereng 1 yaitu 1.284; lereng 2 yaitu 1.428 dan lereng 3 yaitu 1.198. Berdasarkan analisis kestabilan lereng dengan Metode Elemen Hingga pada lereng batuan didapatkan nilai *Strength Reduction Factor* (SRF) pada lereng 4 yaitu 1.75; lereng 5 yaitu 4.8; lereng 6 yaitu 4.81 dan pada lereng 7 sebesar 6.4. Analisis kinematik didapatkan potensi longsor pada lereng 4A berupa longsor bidang dan lereng 4B berupa longsor baji. Upaya pengendalian longsor pada lereng dilakukan dengan memperkecil gaya penggerak yaitu mengubah geometri lereng dan pembuatan saluran air. Selain itu juga dengan cara memperbesar gaya penahan lereng dengan memilih vegetasi jenis tertentu dan membangun dinding penyangga.

Kata Kunci : RMR, Metode Keseimbangan Batas, Metode Elemen Hingga, Analisis Kinematik.

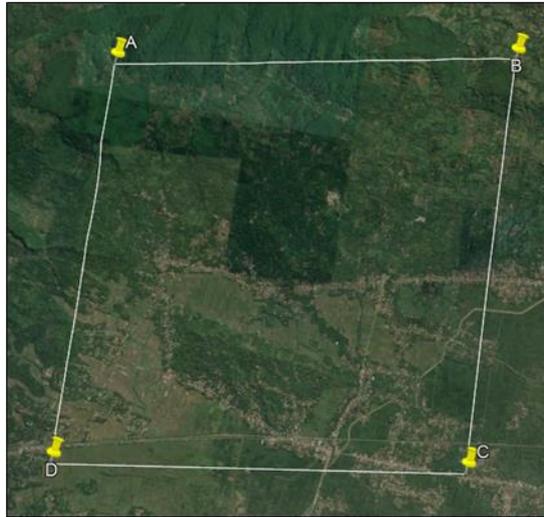
PENDAHULUAN

Daerah penelitian terletak di Desa Ciwuni dan sekitarnya, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap. Secara regional daerah penelitian termasuk dalam fisiografi Pegunungan Serayu Selatan menurut Van Bemmelen (1989). Morfologi daerah penelitian didominasi oleh perbukitan. Mengacu pada Lembar Geologi Regional Banyumas menurut Asikin (1992) dengan skala 1:100.000 daerah penelitian termasuk dalam Formasi Halang dengan litologi penciri yaitu perselingan batupasir dengan batulempung yang merupakan endapan turbidit dan intursi basalt.

Morfologi perbukitan pada daerah penelitian yang disusun oleh lereng dengan kemiringan landai hingga sangat curam menimbulkan adanya potensi kelongsoran. Selain itu, keterdapatannya intrusi basalt pada daerah penelitian yang kemudian dimanfaatkan dengan cara ditambang oleh masyarakat sekitar dengan sistem penambangan terbuka menyebabkan terjadinya perubahan pada geometri lereng dan gaya-gaya yang bekerja pada lereng sehingga akan memengaruhi kestabilan lereng tersebut (Bria, 2015). Pada tahun 2019 terjadi peristiwa longsor lereng pada tambang tersebut. Terjadinya kelongsoran lereng ini menyebabkan banyak kerugian seperti kerugian material, terhambatnya kegiatan penambangan serta yang lebih penting lagi yaitu dapat mengakibatkan korban jiwa (Falahnisa, 2015). Maka diperlukan adanya perancangan dan pengawasan selama kegiatan penambangan agar tidak terjadi lagi kelongsoran pada lereng. Oleh karena itu, perlu dilakukannya analisis kestabilan lereng selama kegiatan penambangan sebagai salah satu pengontrolnya.

LOKASI PENELITIAN

Daerah penelitian mencakup lima desa dengan empat desa terletak di Kecamatan Kesugihan, yaitu Desa Ciwuni, Desa Planjan, Desa Dondong, dan Desa Karangjengkol serta Desa Mandala yang terletak di Kecamatan Jeruklegi, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah dengan luas 25km² dengan rincian panjang dan lebar yaitu memiliki panjang 5 km dengan lebar 5.01 km.



Gambar 13. Lokasi penelitian dilihat dari citra Google Earth

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan berupa pemetaan permukaan yang dibagi menjadi 3 tahapan meliputi tahap akuisisi data, tahap analisis data, dan tahap sintesis. Berikut adalah uraian masing-masing tahapan.

Tahap Akuisisi Data

Tahap akuisisi data merupakan tahapan penelitian berupa pengumpulan data dan kajian pustaka yang berhubungan dengan penelitian yang bersifat menunjang proses penelitian. Tahap akuisisi data dibagi menjadi akuisisi data sekunder dan akuisisi data primer. Akuisisi data sekunder dilakukan sebelum kegiatan lapangan yaitu dengan mengkaji kajian pustaka peneliti terdahulu yang berhubungan dengan geologi dan geologi teknik serta kestabilan lereng batuan daerah penelitian. Sedangkan akuisisi data primer yaitu pengumpulan data lapangan, antara lain dengan melakukan pengamatan geomorfologi, pengamatan geologi, pengamatan geologi struktur dan pengamatan geologi teknik.

Tahap Analisis Data

Tahap analisis data ini merupakan tahapan yang dilakukan setelah tahap akuisisi data. Data yang telah diperoleh baik data primer maupun sekunder dilakukan analisis yang meliputi analisis geomorfologi, analisis stratigrafi, analisis struktur geologi dan analisis geologi teknik.

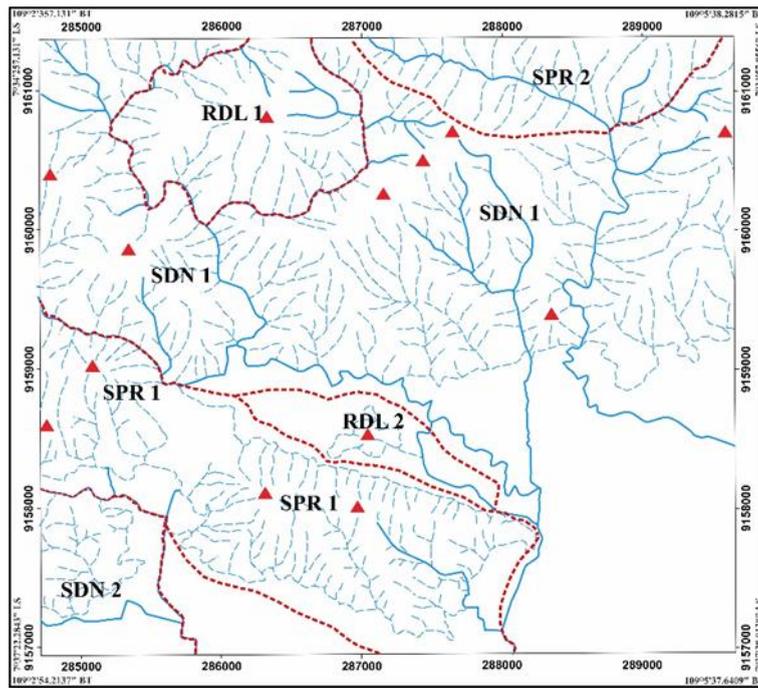
Tahap Sintesis Data

Tahap sintesis adalah tahapan terakhir dalam penelitian ini. Pada tahap sintesis memuat kesimpulan dari tahapan-tahapan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

POLA PENGALIRAN

Berdasarkan interpretasi kenampakan kontur pada peta topografi daerah penelitian dan dibandingkan dengan kenampakan 3D dari DEM pada daerah penelitian berkembang dua jenis pola pengaliran, yaitu: pola pengaliran ubahan subdendritik dan pola pengeringan radial dengan masing-masing pola pengeringan memiliki kontrol kondisi geologi yang berbeda-beda.



Gambar 14. Peta pola pengaliran daerah penelitian

Pola Pengaliran Radial (RDL)

Pola pengaliran radial berkembang pada bagian barat dari daerah penelitian dengan karakteristik aliran yang menyebar dari satu titik puncak. Arah umum aliran menyebar ke segala arah. Berkembang pada bukit kerucut dengan litologi sedimen halus. Pada daerah penelitian pola pengaliran radial dipengaruhi oleh struktur geologi berupa kekar. Tempat mengalir pola pengaliran subparalel berupa *bedrock stream-alluvial stream*.

Mengacu pada jarak antar aliran sungai pada daerah penelitian memiliki tekstur aliran halus berdasarkan perhitungan jarak antar sungai orde 1 adalah 0.4 cm termasuk dalam kerapatan halus (<0.5 cm) yang berarti memiliki tingkat limpasan air permukaan tinggi dan batuan memiliki porositas buruk menurut Van Zuidam (1985). Tidak ditemukan adanya penyimpangan aliran pada pola pengaliran radial.

Pola Pengaliran Subdendritik (SDN)

Pola pengaliran subdendritik memiliki karakteristik aliran relatif menyebar dikontrol oleh kondisi geologi berupa litologi, struktur geologi yang berkembang dan topografinya. Secara struktur geologi pola pengaliran subdendritik pada daerah penelitian dipengaruhi oleh kekar dan sesar. Tempat mengalir pola pengaliran subparalel berupa *bedrock stream-alluvial stream*.

Mengacu pada jarak antar aliran sungai pada daerah penelitian memiliki tekstur aliran halus berdasarkan perhitungan jarak antar sungai orde 1 adalah 0.43 cm termasuk dalam kerapatan halus (<0.5 cm) yang berarti memiliki tingkat limpasan air permukaan tinggi dan batuan memiliki porositas buruk menurut Van Zuidam (1985). Terdapat adanya penyimpangan aliran berupa pembelokan sungai yang bersifat lokal. Berdasarkan perhitungan arah umum alirannya, pola pengeringan subdendritik relatif berarah timur laut-barat daya, tenggara-barat laut, dan barat-timur. Hal ini selaras dengan kedudukan kekar pada daerah penelitian atau dapat disimpulkan bahwa perkembangan pola pengeringan subdendritik pada daerah penelitian banyak dikontrol oleh struktur geologinya.

Pola Pengaliran Subparalel (SPR)

Pola pengaliran subparalel memiliki karakteristik aliran sungai relatif sejajar sungai utama. Pola pengaliran subparalel dikontrol oleh kemiringan lereng dan struktur geologi. Pada daerah penelitian pola pengaliran radial

Perbukitan Struktural (S1)

Bentuklahan perbukitan struktural memiliki morfologi berupa perbukitan dengan presentase ketererangan mencapai 2%-140%, relief bergelombang-berbukit antar 18.75-175 meter diatas permukaan laut dan memiliki bentuk lembah U-V. Berdasarkan aspek morfogenesis dikontrol oleh morfostruktur aktif berupa sesar, lipatan serta intrusi dan morfostruktur pasif berupa batuan sedimen klastik bertekstur halus-sedang dengan resistensi lemah hingga sedang. Proses morfodinamik yang memengaruhi adalah proses pelapukan, erosi dan adanya aktivitas pertambangan. Menempati luasan sekitar 65% pada bagian utara dari keseluruhan daerah penelitian.

Dasar Sungai (F1)

Satuan bentuklahan dasar sungai (F1) memiliki bentuk morfologi lembah memanjang dengan bentuk lembah V-U dengan morfostruktur pasif berupa batuan sedimen klastik bertekstur halus sebagai *badrock* aliran sungai. Bentuklahan dasar sungai memiliki luasan 7% dari keseluruhan luas daerah penelitian.

Pineplain (D1)

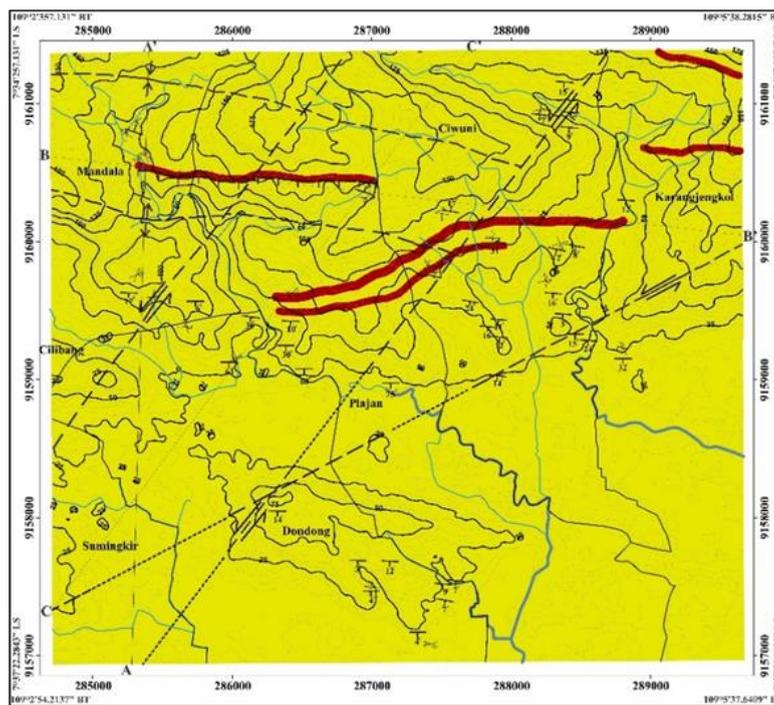
Satuan bentuklahan pineplain menempati bagian selatan daerah penelitian membentang relatif barat-timur dengan luasan sekitar 20% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Memiliki morfologi berupa dataran dengan relief berombak antara 18.75-25 meter diatas permukaan laut dengan tingkat kemiringan lereng berkisar antara 2%-7% dan memiliki bentuk lembah U. Bentuklembah U memiliki kemiringan lereng yang relatif landai dan dipengaruhi oleh erosi secara horizontal. Bentuklahan pineplain tersusun oleh material tak terkonsolidasi dengan ukuran butir halus.

Bukit Sisa (D2)

Morfologi dari bentuklahan ini berupa bukit dengan kemiringan lereng 2% -70% yaitu termasuk dalam kategori landai sampai curam menurut Van Zuidam, 1985. Memiliki relief 18.75-37.5 meter dengan bentuk lembah U-V. Bentuklahan bukit sisa bagian barat daerah penelitian dengan luasan sekitar 8%. Berdasarkan aspek morfogenesis, bentuklahan bukit sisa dikontrol oleh litologi dengan ukuran butir halus dan banyak dipengaruhi proses eksogen berupa pelapukan dan erosi.

STRATIGRAFI

Daerah penelitian yang terletak di Desa Ciwuni dan sekitarnya berdasarkan Peta Lembar Geologi Banyumas menurut Asikin (1992) termasuk dalam Anggota Batupasir Formasi Halang. Anggota Batupasir Formasi Halang ini tersusun atas perselingan batupasir, batulempung, napal dan tuf dengan sisipan breksi. Pengendapan batuan dipengaruhi oleh mekanisme turbidit. Berdasarkan pemetaan geologi pada daerah penelitian dapat dikelompokkan urutan stratigrafi dari tua ke muda sebagai berikut:



Gambar 17 Peta geologi daerah penelitian

Satuan batupasir Halang

Satuan ini tersusun oleh batuan sedimen klastik berbutir halus sampai kasar yaitu berupa batupasir, batulempung, napal dan tuff. Struktur sedimen yang berkembang pada satuan ini antar perlapisan, masif, dan laminasi. Berdasarkan deksripsi mikroskopis sayatan tipis batupasir pada salah satu lokasi pengamatan didapatkan penamaan batupasir yaitu *Feldspar Greywacke* menurut Pettijohn (1957) dengan komposisi mineral penyusun plagioklas (25%), kuarsa (10%), piroksen (5%), mineral opak (15%) dan debu vulkanik (45%). Ketebalan satuan batupasir Halang pada daerah penelitian tidak dapat diketahui secara pasti karena tidak tersingkapnya formasi batuan yang lebih tua dibawah satuan ini.

Penentuan umur satuan batupasir Halang didasarkan hasil analisis forminifera planctonik yang menunjukkan umur Miosen Akhir- Pliosen (N17-N18) pada fase transgresi di lingkungan neritik tengah-bathial.

Intrusi basalt

Intrusi basalt tersingkap di beberapa tempat dengan bentuk memanjang relati mengikuti arah umum kemenerusan satuan batupasir Halang yang memiliki umur lebih tua yaitu relatif barat-timur. Pengamatan secara mikroskopis didapatkan batuan beku basalt dengan warna abu-abu dan indeks warna 55%; kristalinitas hipokristalin dengan granularitas fanerik sedang-afanitik. Kristal penyusun batuan berbentuk euhedral-anhedral dengan ukuran <4 mm; relasi inequigranular vitroverik dan disusun oleh mineral plagioklas, piroksen, mineral opak dan massa dasar gelas. Intrusi basalt memiliki ketebalan yang bervariasi antara 5 meter hingga mencapai ketebalan sekitar 12 meter.

Penentuan umur intrusi basalt mengacu pada peneliti terdahulu. Menurut Asikin (1992) intrusi basalt terjadi pada kala Pliosen. Diinterpretasikan intrusi basalt berasosiasi dengan aktivitas magmatik mio-pliosen di Pulau Jawa. Hubungan stratigrafi intrusi basalt dengan batuan yang diterobos yaitu satuan batupasir Halang memiliki hubungan ketidakselarasan *nonconformity*.

Endapan aluvial

Berdasarkan data lapangan hasil pemetaan geologi lokasi penelitian didapatkan endapan aluvial yang merupakan endapan permukaan hasil pelapukan dan erosi batuan yang telah tertransportasi dengan media sungai terdapat pada bagian selatan kavling daerah penelitian. Endapan aluvial pada daerah penelitian umumnya berwarna coklat hingga coklat kehitaman. Tersusun oleh dari material tidak terkonsolidasi berukuran butir lempung sampai pasir kasar.

Endapan aluvial menurut Asikin (1992) memiliki umur Holosen dan diendapkan pada lingkungan darat. Hubungan stratigrafi endapan aluvial dengan satuan batupasir Halang menunjukkan ketidakselarasan akibat adanya jeda waktu pengendapan.

STRUKTUR GEOLOGI

Pengamatan dan pengukuran struktur geologi pada daerah penelitian berupa pengukuran bidang perlapisan, kekar, sesar, dan lipatan yang diindikasikan oleh adanya pembalikan jurus dan kemiringan lapisan batuan.

Kekar

Pada daerah penelitian ditemukan banyak kekar berpasangan. Berdasarkan analisis kedudukan kekar menggunakan stereonet, didapatkan arah tegasan utama yaitu relatif selatan barat daya-utara timur laut.

Sesar

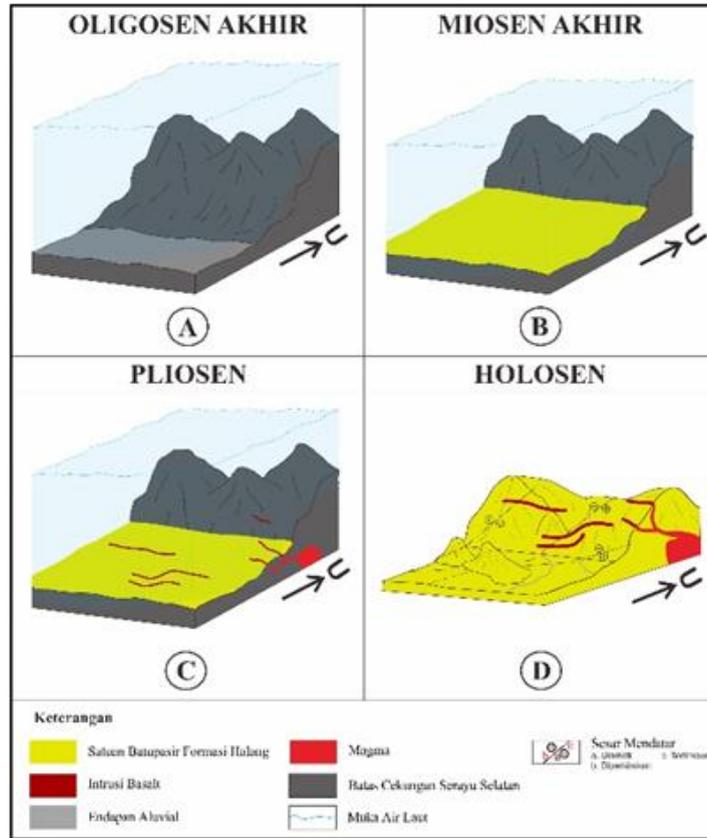
Selain kekar, pada daerah penelitian juga dijumpai adanya tiga sesar mendatar kiri yang masing-masing memiliki nama Sesar Mendatar Kiri Mandala yang berarah N040°E/70°, Sesar Mendatar Kiri Ciwuni yang berarah N040°E/72° dan Sesar Mendatar Kiri Karangjengkol dengan arah bidang sesar N062°E/72°.

Lipatan

Pembalikan kedudukan lapisan batuan menyebabkan pada daerah penelitian berkembang struktur geologi berupa lipatan sinklin dan lipatan antiklin. Berdasarkan hasil analisis stereonet didapatkan arah tegasan utama pembentuk lipatan di daerah penelitian relatif berarah utara-selatan.

SEJARAH GEOLOGI

Sejarah geologi disusun berdasarkan data-data geologi yaitu meliputi deksirpsi litologi, umur dan lingkungan pengendapan berdasarkan analisis fosil foraminifera, serta hasil analisis struktur geologi. Penulis juga mengacu pada penelitian terdahulu oleh Purwasatriya (2019) di Cekungan Serayu Selatan dalam penyusunan sejarah geologi di daerah penelitian.



Gambar .18. Sejarah geologi daerah penelitian

- Sejarah geologi pada daerah penelitian dimulai saat Cekungan Serayu Selatan terbentuk yaitu pada kala Oligosen Akhir.
- Pada Miosen Akhir mulai terjadi pengendapan di Cekungan Serayu Selatan pada daerah penelitian. Material berasal dari longoran lereng bawah laut dengan mekanisme pengendapan turbidit. Satuan batuan tertua pada daerah penelitian merupakan satuan batupasir dengan litologi berupa perselingan batupasir dengan batulempung. Pada beberapa tempat juga ditemukan adanya sisipan tuff dari produk letusan gunungapi. Penulis mengacu pada Purwasatriya (2019) mengasumsikan letusan berasal dari jalur magmatik Mio-Pliosen pada bagian utara Cekungan Serayu Selatan. Lingkungan pengendapan satuan batupasir adalah bathial tepi hingga neritik tengah.
- Jalur penunjaman yang terus bergerak ke arah utara menyebabkan terbentuknya jalur magmatik baru di utara jalur magmatik Mio-Pliosen. Jalur magmatik Plio-Pleistosen pada daerah penelitian menyebabkan pada beberapa lokasi di daerah penelitian ditemukan adanya intrusi basalt searah kedudukan lapisan batuan.
- Akibat aktivitas tektonik terjadi penangkatan pada daerah penelitian. Proses eksogen mulai mendominasi berupa pelapukan, erosi, dan transportasi oleh media sungai yang endapannya pada daerah penelitian terdapat di bagian selatan kavling.

ANALISIS KESTABILAN LERENG

Pengamatan geologi teknik dilakukan di 7 titik lokasi pengamatan dengan rincian tiga lereng yang tersusun oleh material penyusun tanah dan empat lereng tersusun oleh material batuan; yang terletak di Desa Karangjengkol, Desa Ciwuni, dan di Desa Planjan.

Analisis Kestabilan Lereng Metode Kesetimbangan Batas

Penentuan tingkat kestabilan lereng tanah dilakukan dengan menggunakan *software Slide 6.0* dengan menggunakan metode kesetimbangan batas *Bishop Simplified*. Metode ini mengasumsikan kemungkinan bidang longsor. Perhitungan dilakukan dengan mengasumsikan bidang longsor terbagi dalam irisan-irisan. Berdasarkan sampel tanah yang telah dilakukan uji laboratorium didapatkan nilai sifat fisik dan mekanik sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil uji sifat fisik dan mekanik pada sampel undisturb tanah

Kode Lereng	Kadar Air (%)	Bobor Isi Asli (kN/m ³)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser (°)
1	41.35	13.63	24.51	23
2	29.32	11.08	16.67	24
3	33.03	13.43	20.59	24

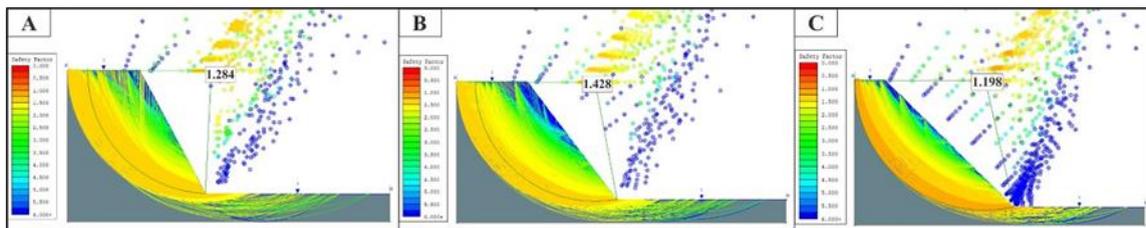
Analisis lereng dengan material penyusun tanah dilakukan pada tiga desa, yaitu berturut-turut terletak di Desa Ciwuni, Desa Karangjengkol, dan Desa Planjan sebagai berikut:

Tabel 6 Rincian geometri masing-masing lereng

Desa Ciwuni	Desa Karangjengkol	Desa Planjan
• Panjang lereng 7.4 meter	• Panjang lereng 6.3 meter	• Panjang lereng 15 meter
• Tinggi lereng 6.5 meter	• Tinggi lereng 5 meter	• Tinggi lereng 10.5 meter
• Lebar bench 3.8 meter	• Lebar bench 3 meter	• Lebar bench 2.5 meter
• Slope lereng 62°	• Slope lereng 53°	• Slope lereng 45°

Berdasarkan gambar dibawah ini, garis circular pada lereng menunjukkan bidang longsor. Sedangkan titik berwarna biru hingga oren merupakan titik pusat lingkaran tinjau dengan masing-masing warna menunjukkan nilai faktor keamanan yang berbeda. Hasil analisis kestabilan lereng menunjukkan semakin kecil angka faktor keamanan ditunjukkan oleh gradasi warna dari biru sampai oren, dengan masing-masing warna menunjukkan nilai faktor keamanan yang berbeda sesuai dengan keterangan pada samping kiri gambar.

Bidang longsor yang terbentuk pada lereng 1 berupa bidang *circular* dengan angka faktor keamanan sebesar 1.284 yaitu termasuk dalam kelas kritis (Bowles, 1991), pada lereng 2 berupa bidang *circular* dengan angka faktor keamanan sebesar 1.428 yaitu termasuk dalam kelas kritis (Bowles, 1991), dan pada lereng 3 berupa bidang *circular* dengan angka faktor keamanan sebesar 1.198 yaitu termasuk dalam kelas labil (Bowles, 1991) dengan potensi akan sering terjadi longsor.



Gambar 19 (A) Hasil analisis kestabilan lereng 1 (B) Hasil analisis kestabilan lereng 2 (C) Hasil analisis kestabilan lereng 3

ANALISIS KESTABILAN LERENG METODE ELEMEN HINGGA

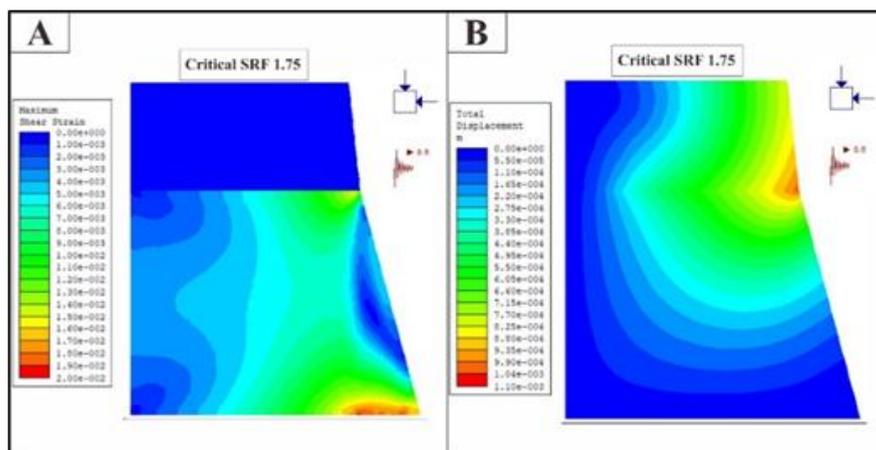
Sedangkan analisis lereng batuan dilakukan dengan menggunakan *software Phase2* menggunakan metode elemen hingga dengan kriteria keruntuhan *Generalized Hoek Brown*. Metode ini dalam perhitungannya membagi tubuh lereng menjadi bagian-bagian yang lebih kecil berbentuk segitiga dengan dibatasi oleh titik-titik tertentu (nodul).

Tabel 7 Tabulasi nilai parameter Generalized Hoek Brown lereng batuan

Lereng 4						
Segmen	Litologi	Nilai GSI (Hoek 2013)	Nilai Kuat Tekan Batuan (MPa)	Nilai mi	Faktor D	Nilai Parameter
A	Basalt	72	6.87	4	0	mb = 1.472
						s = 0.0446
						a = 0.501
B	Basalt	74	10.43	25	0	mb = 9.878
						s = 0.0559
						a = 0.501
Lereng 5						
Segmen	Litologi	Nilai GSI (Hoek 2013)	Nilai Kuat Tekan Batuan (MPa)	Nilai mi	Faktor D	Nilai Parameter
A	Basalt	76	8.93	25	0	mb = 10.609
						s = 0.0695
						a = 0.501
B	Basalt	81	8.93	25	0	mb = 12.684
						s = 0.1211
						a = 0.501
Lereng 6						
Segmen	Litologi	Nilai GSI (Hoek 2013)	Nilai Kuat Tekan Batuan (MPa)	Nilai mi	Faktor D	Nilai Parameter
A	Basalt	75	9.42	25	0	mb = 10.237
						s = 0.0622
						a = 0.501
B	Basalt	71	9.42	25	0	mb = 8.874
						s = 0.0399
						a = 0.501
C	Basalt	78	9.42	25	0	mb = 11.395
						s = 0.0868
						a = 0.501
Lereng 7						
Segmen	Litologi	Nilai GSI (Hoek 2013)	Nilai Kuat Tekan Batuan (MPa)	Nilai mi	Faktor D	Nilai Parameter
A	Basalt	81	10.09	25	0	mb = 12.648
						s = 0.1211
						a = 0.501
B	Basalt	81	10.09	25	0	mb = 12.648
						s = 0.1211
						a = 0.501
C	Basalt	78	10.09	25	0	mb = 11.395
						s = 0.0868
						a = 0.501

Hasil analisis kestabilan lereng 4 seperti pada **Gambar 8 (A)** menunjukkan pada sebagian tubuh lereng memiliki *maximum shear strain* semakin tinggi ditunjukkan oleh warna gradasi warna biru tua hingga oren kemerahan. Nilai *maximum shear strain* tinggi pada lereng terletak pada kontak bidang lapisan antara batulempung dengan basalt dan pada bagian ujung bawah lereng. Nilai *maximum shear strain* tinggi menunjukkan potensi terjadinya longsoran.

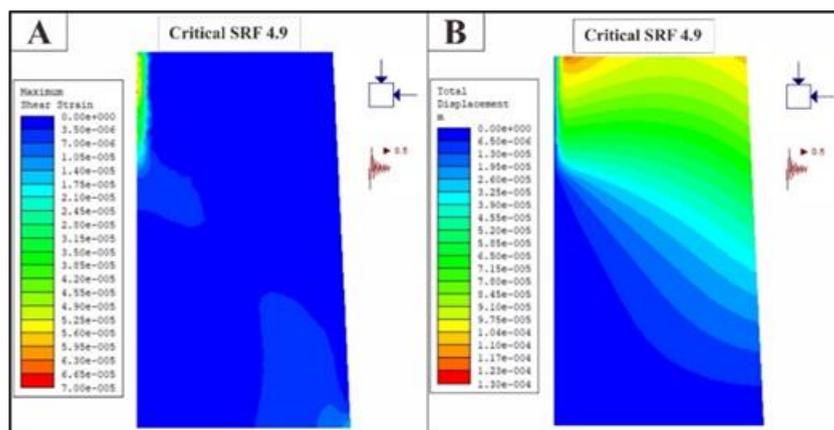
Sedangkan pada **Gambar 8 (B)** menunjukkan distribusi nilai nilai *total displacement*. Semakin tinggi nilai *total displacement* masa batuan ditunjukkan oleh perubahan warna dari biru tua hingga oren. Hasil analisis lereng didapatkan nilai SRF 1.75. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai *total displacement* lereng sebesar 0.031 meter. Nilai *total displacement* menunjukkan besarnya material yang bergerak.



Gambar 20. (A) Hasil analisis *Maximum Shear Strain* pada lereng 4
(B) Hasil analisis *Total Displacement* pada lereng 4

Hasil analisis kestabilan lereng 5 seperti pada **Gambar 9 (A)** menunjukkan distribusi nilai *maximum shear strain* pada lereng. Semakin tinggi nilai *maximum shear strain* ditunjukkan oleh gradasi warna dari biru tua sampai oren kemerahan. Pada lereng 5 nilai *maximum shear strain* paling tinggi berada pada lereng bagian atas ditunjukkan oleh warna oren kemerahan. Nilai *shear strain* tinggi menunjukkan kemungkinan potensi bidang longsoran.

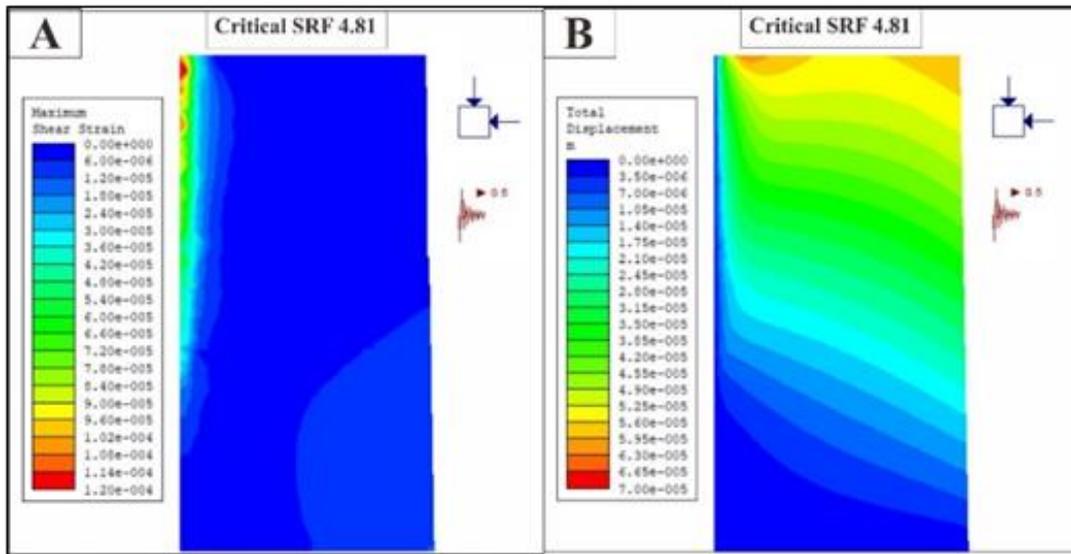
Sedangkan pada **Gambar 9 (B)** menunjukkan tingkatan nilai *total displacement* pada SRF 4.9. Gradasi warna biru tua hingga oren pada penampang sayatan lereng menunjukkan semakin tinggi nilai *total displacement*-nya. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai *total displacement* lereng sebesar 0.000141 meter. Nilai *total displacement* menunjukkan besarnya material bergerak.



Gambar 21. (A) Hasil analisis *Maximum Shear Strain* pada lereng 5
(B) Hasil analisis *Total Displacement* pada lereng 5

Hasil analisis kestabilan lereng 6 seperti pada **Gambar 10 (A)** menunjukkan distribusi nilai *maximum shear strain* pada lereng. Semakin tinggi nilai *maximum shear strain* ditunjukkan oleh gradasi warna dari biru tua sampai oren kemerahan. Pada lereng 6 nilai *maximum shear strain* paling tinggi berada pada lereng bagian atas ditunjukkan oleh oren kemerahan. Nilai *maximum shear strain* tinggi menunjukkan kemungkinan potensi bidang longsoran.

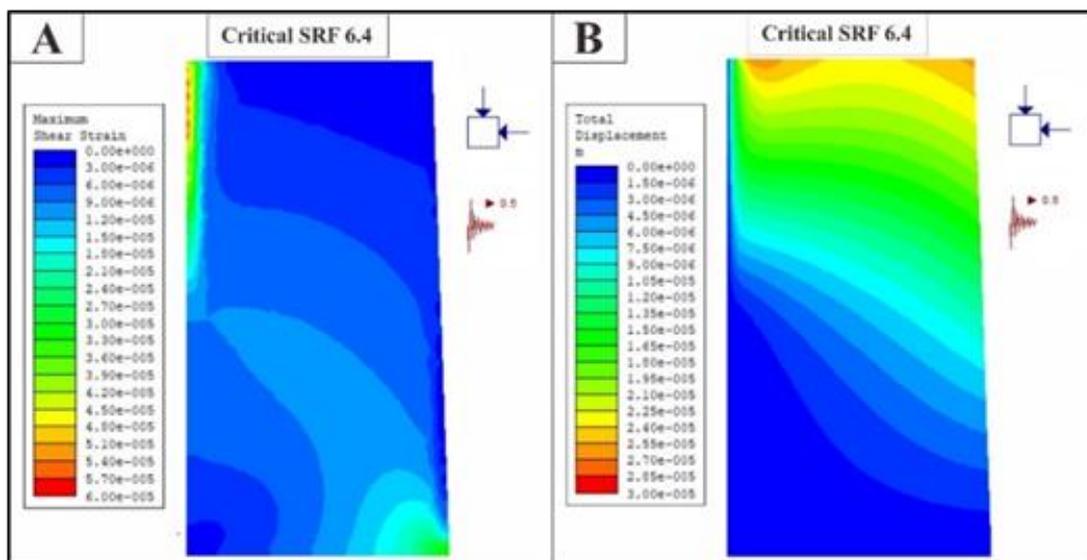
Sedangkan pada **Gambar 10 (B)** menunjukkan tingkatan nilai *total displacement* pada SRF 4.81. Gradasi warna biru tua hingga oren kemerahan pada penampang sayatan lereng menunjukkan semakin tinggi nilai *total displacement*-nya. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai *total displacement* lereng sebesar 0.000095 meter. Nilai *total displacement* menunjukkan besarnya material bergerak.



Gambar 22 (A) Hasil analisis *Maximum Shear Strain* pada lereng 6
(B) Hasil analisis *Total Displacement* pada lereng 6

Hasil analisis kestabilan lereng 7 seperti pada **Gambar 11** (A) menunjukkan distribusi nilai *maximum shear strain* pada lereng. Semakin tinggi nilai *maximum shear strain* ditunjukkan oleh gradasi warna dari biru tua sampai kuning. Pada lereng 7 nilai *maximum shear strain* paling tinggi berada pada ujung kaki lereng ditunjukkan oleh kuning. Nilai *maximum shear strain* tinggi menunjukkan kemungkinan potensi bidang longsoran.

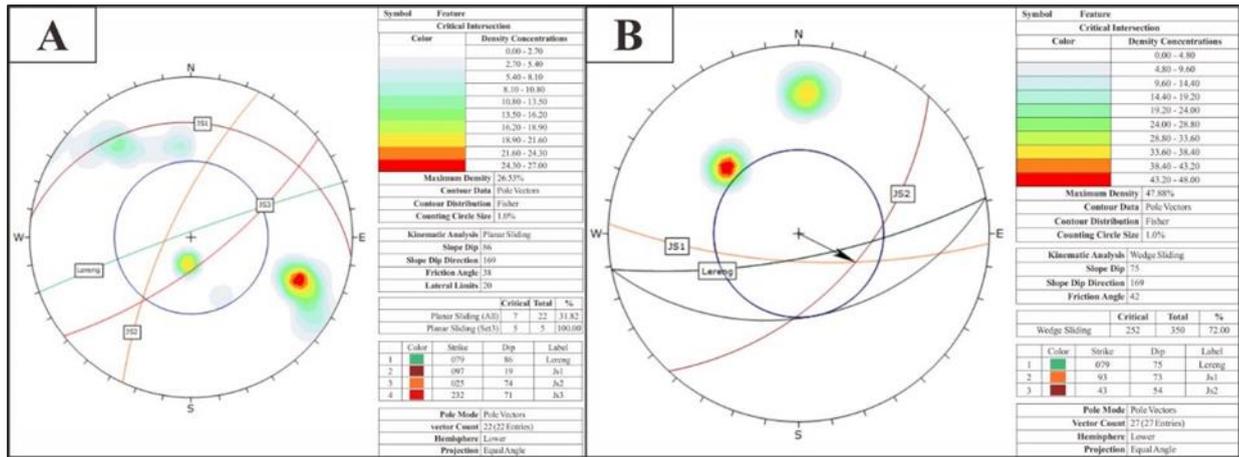
Sedangkan pada **Gambar 11** (B) menunjukkan tingkatan nilai *total displacement* pada SRF 6.4. Gradasi warna biru tua hingga biru muda pada penampang sayatan lereng menunjukkan semakin tinggi nilai *total displacement*-nya. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai total displacement lereng sebesar 0.00007 meter. Nilai *total displacement* menunjukkan besarnya material bergerak.



Gambar 23 (A) Hasil analisis *Maximum Shear Strain* pada lereng 7
(B) Hasil analisis *Total Displacement* pada lereng 7

ANALISIS KINEMATIK

Analisis kinematik lereng juga dilakukan pada lereng 4 dikarenakan banyak dipengaruhi bidang diskontinuitas. Pengukuran bidang diskontinuitas dilakukan pada batulempung pada bagian atas dan basalt pada bagian bawah lereng. Dari data orientasi kedudukan bidang diskontinuitas dilakukan analisis kinematik dengan menggunakan *software Dips v.6.0*. Berdasarkan hasil analisis kinematik lereng didapatkan sebagai berikut:



Gambar 24. Hasil Analisis Kinematik lereng

Tabel 8. Tabulasi Hasil Analisis Kinematik Lereng

No	Kriteria Longsoran Baji	Kriteria	Lereng 4A	Kriteria	Lereng 4B
1	Besarnya sudut kemiringan lereng lebih besar dibandingkan dengan sudut dari perpotongan dua sudut bidang diskontinuitas	Besarnya kemiringan lereng $86^\circ >$ sudut perpotongan bidang diskontinuitas JS1&JS2 (81°); JS1&JS3 (77°); JS2&JS 3 (67°).	Terpenuhi	Besarnya kemiringan lereng $75^\circ >$ sudut perpotongan bidang diskontinuitas 53° .	Terpenuhi
2	Arah garis perpotongan kedua bidang diskontinuitas harus mendekati arah kemiringan muka lereng	Arah perpotongan bidang diskontinuitas JS1&JS2 ($N019^\circ E$); JS1&JS3 ($N056^\circ E$); JS2&JS 3 ($N217^\circ E$) arah muka lereng $N179^\circ E$.	Tidak Terpenuhi	Arah perpotongan bidang diskontinuitas $N152^\circ E$ arah muka lereng $N169^\circ E$.	Terpenuhi
3	Plunge perpotongan bidang diskontinuitas harus lebih besar dari nilai sudut geser dalam	Plunge JS1&JS2 (18°); JS1&JS3 (12°); JS2&JS 3 (36°). $>$ sudut geser dalam 38° .	Tidak Terpenuhi	Plunge $53^\circ >$ sudut geser dalam 41.99° .	Terpenuhi
Kriteria Longsoran Planar		Kriteria	Keterangan	Kriteria	Keterangan
1	Longsoran bidang terjadi apabila dip direction dari bidang diskontinuitas dengan bidang lereng kurang dari 20°	Arah bidang diskontinuitas JS1 $N187^\circ E$; JS2 $N115^\circ E$ dan JS3 $N322^\circ E$ dan muka lereng $N179^\circ E$.	Terpenuhi	Arah bidang diskontinuitas JS1 $N134^\circ E$; JS2 $N193^\circ E$ dan muka lereng $N179^\circ E$.	Terpenuhi
2	Sudut kemiringan lereng harus lebih besar dari sudut kemiringan planar	Kemiringan lereng $86^\circ >$ kemiringan bidang diskontinuitas JS1 74° ; JS2 67° dan JS3 19° .	Terpenuhi	Kemiringan lereng $75^\circ E$ dan kemiringan bidang diskontinuitas JS1 54° dan JS2 72°	Terpenuhi
3	Sudut kemiringan bidang harus lebih besar dari sudut geser dalam batuan penyusun lereng	Kemiringan bidang diskontinuitas JS1 74° ; JS2 67° dan JS3 $19^\circ >$ besar sudut geser dalam 38° .	Terpenuhi	Kemiringan bidang diskontinuitas JS1 54° dan JS2 72° dan besar sudut	Terpenuhi

Kriteria Longsoran Guling		Kriteria	Keterangan	geer dalam 41.99°	Keterangan
1	Arah dip direction dari bidang diskontinuitas berlawanan dengan arah dip direction lereng sekitar 10°	Dip direction JS1 N164°E; JS2 N202°E dan JS3 N109°E sedangkan dip direction muka lereng N179°E.	Tidak Terpenuhi	Dip direction JS 1 N134°E dan JS 2 N193°E sedangkan dip direction muka lereng N179°E	Tidak Terpenuhi

Berdasarkan hasil analisis kinematik pada lereng 4A dari kemungkinan terjadinya longsoran bidang, baji dan guling dapat disimpulkan potensi longsoran yang mungkin terjadi pada lereng ini berupa longsoran bidang dengan semua kriteria longsoran bidang terpenuhi. Presentasi longsoran bidang berdasarkan analisis kinematik didapatkan sebesar 31.8%. Sedangkan pada lereng 4B kemungkinan longsoran baji akan terjadi dengan semua kriteria longsoran terpenuhi dengan presentase longsoran sebesar 72%. Arah longsoran baji yaitu N118°E. Longsoran bidang juga berpotensi terjadi pada lereng 4B dengan presentase longsoran 85.15%.

MITIGASI LONGSOR

Upaya mitigasi longsor perlu dilakukan terutama pada daerah dengan resiko longsoran tinggi. Upaya mitigasi perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan apabila terjadi longsoran. Penanganan potensi longsor pada lereng dapat diatasi dengan memperkecil gaya penggerak dan memperbesar gaya penahan lereng, antara lain sebagai berikut:

Mengubah geometri lereng

Mengubah geometri lereng dengan melakukan pelandaian sudut lereng dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya longsoran. Pengubahan sudut lereng batuan dapat dilakukan dengan didasarkan dari hasil pembobotan massa batuanya. Pada lereng 4 mengacu Orr (1992) dalam Zakaria (2019) penentuan sudut kemiringan lereng berdasarkan nilai RMR massa batuan dapat ditentukan dari persamaan:

$$SMR = 35 \ln(RMR) - 71$$

Berdasarkan pembobotan masa batuan yang telah dilakukan pada lereng 4 berdasarkan persamaan diatas didapatkan sudut lereng adalah sebagai berikut:

Tabel 9 Rekomendasi sudut kemiringan lereng berdasarkan pembobotan massa batuan menurut Orr (1992)

Kode Lereng	Litologi	Nilai RMR	Sudut Lereng
4A	Batulempung	49	65°
4B	Basalt	50	66°

Pembangunan dinding penyangga lereng

Pembuatan dinding penyangga lereng dapat dilakukan dalam upaya pencegahan longsoran. Apabila material penyusun lereng berupa tanah, maka sebelum dibuat dinding penyangga perlu dibangun fondasi atau diperlukan adanya tumpuan yang kompak sehingga tidak menambah beban lereng.

Pembuatan saluran air

Hasil analisis uji sifat fisik tanah didapatkan pada sampel lereng nomor 1 memiliki nilai kadar air yang tinggi, yaitu mencapai 41.35%. Berdasarkan hal tersebut, pencegahan longsoran dapat diatasi dengan membuat parit-parit saluran air pada sepanjang tubuh lereng. Upaya ini sangat efektif dilakukan terutama pada musim penghujan. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsoran pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air (Premchit, 1995; Karnawati, 1996, 1997, dalam Karnawati, 2005), seperti misalnya pada tanah lempung pasir atau tanah pasir yang bersifat permeable (Lestari, 2017)

Pemilihan tipe vegetasi

Fungsi vegetasi sangat penting dalam sistem rekayasa lereng stabil di area tanah longsor. Vegetasi berfungsi sebagai agen pencegahan erosi, pengurangan infiltrasi dan alir limpasan, pencegah longsor dan perkuatan lereng. (Zufiardi Zakaria, 2013). Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum (2007) No. 22/PRT/M/2007 menyarankan untuk menanam jenis tanaman sesuai dengan kemiringan lereng. Untuk dapat

menguatkan tanah pada lereng di antaranya adalah pohon kemiri, laban, dlingsem, mindi, johar, bungur, banyan, mahoni, renghas, jati, kosambi, sonokeling, trengguli, tayuman, asam jawa dan pilang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pemetaan geologi dan analisis kestabilan lereng yang dilakukan di Desa Ciwuni dan sekitarnya, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pola pengaliran yang berkembang berupa pola pengaliran radial, subdendritik dan subparalel yang pada daerah penelitian dikontrol oleh morfologi dan struktur geologi.
2. Secara geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi tiga bentuk asal, yaitu bentuk asal struktural berupa bentuklahan perbukitan struktural (S1), bentuk asal fluvial berupa bentuklahan dasar sungai (F1) dan dataran aluvial (F2) serta bentuk asal denuadasional yaitu bentuklahan pineplain (D1) dan bukit sisa (D2).
3. Stratigrafi daerah penelitian terdiri atas tiga satuan batuan dengan urutan paling tua ke muda, yaitu satuan batupasir Halang yang berumur miosen akhir-pliosen awal (N17-N18), intrusi basalt yang mengintrusi pada kala Pliosen, dan endapan aluvial yang berumur holosen.
4. Struktur geologi yang berkembang berupa kekar, sesar dan lipatan. Sesar pada daerah penelitian berupa *Left Slip Fault* (Rickard, 1972), sedangkan lipatan berupa *Upright Horizontal Fold* (Fluety, 1964). Berdasarkan hasil analisis stereonet memiliki arah tegasan utama relatif utara-selatan.
5. Berdasarkan pengamatan massa batuan didapatkan nilai RMR berkisar baik-sedang, yaitu pada lereng 4 didapatkan nilai RMR berkisar anantara 49-50, pada lereng 5 didapatkan nilai RMR antara 60-64, pada lereng 6 didapatkan nilai RMR berkisar antara 56-60, dan pada lereng 7 didapatkan nilai RMR antara 55-73.
6. Analisis kestabilan lereng tanah menggunakan metode kesetimbangan batas serta *Bishop Simplified Method* dengan parameter analisis berupa geometri lereng, sifat fisik, dan sifat mekanik material, didapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada lereng 1 yaitu 1.284; lereng 2 yaitu 1.428 dan lereng 3 yaitu 1.198. Hasil analisis lereng 1 dan 2 termasuk dalam kelas kritis dan lereng 3 termasuk dalam kelas labil menurut klasifikasi Bowles (1991).
7. Berdasarkan analisis kestabilan lereng batuan menggunakan metode elemen hingga kriteria keruntuhan *Generalized Hoek-Brown* dengan parameter berupa geometri lereng, sifat fisik batuan, sifat mekanik batuan, dan nilai hasil pemobotan massa batuan didapatkan nilai SRF pada lereng 4 yaitu 1.75; lereng 5 yaitu 4.8; lereng 6 yaitu 4.81 dan pada lereng 7 sebesar 6.4.
8. Analisis kinematik pada lereng 4 didapatkan potensi longsoran pada lereng 4A berupa longsoran bidang dan lereng 4B dengan jenis longsoran baji.
9. Upaya penanganan longsoran dilakukan mengendalikan faktor penggerak dan penahan lereng, seperti mengubah geometri kereng, pembangunan dinding penyangga, pembuatan saluran air dan pemilihan jenis vegetasi untuk ditanam disepanjang lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., Handoyo, A., Prastistho, B., Herman, D. Z., & Simanjuntak, T. O. 1992. Peta Lembar Geologi Regional Banyumas skala 1:100.000.
- Bieniawski. 1989. *Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual For Engineers And Geologists In Mining, Civil, And Petroleum Engineering*. John Wiley & Sons. h57-68
- Deere, D. 1988. The rock quality designation (RQD) index in practice. In *Rock Classification Systems For Engineering Purposes*. ASTM International. h91-93.
- Edelbro, C. 2003. *Rock mass strength: a review*.
- Falahnsia, A. R. 2015. Analisa Bencana Longsor Berdasarkan Nilai Kerapatan Vegetasi Menggunakan Citra Aster Dan Landsat 8 (Studi Kasus: Sekitar Sungai Bedadung, Kabupaten Jember) (*Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- Hammah, R. E., Curran, J. H., Yacoub, T. E., & Corkum, B. 2004. Stability analysis of rock slopes using the finite element method. In *Proceedings of the ISRM regional symposium EUROCK*.
- Hammah, R. E., Yacoub, T. E., Corkum, B. C., & Curran, J. H. 2005. The shear strength reduction method for the generalized Hoek-Brown criterion. In *Alaska Rocks 2005, The 40th US Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*. OnePetro.
- Hoek, E., Carter, T. G., & Diederichs, M. S. 2013. Quantification of the geological strength index chart. In *47th US rock mechanics/geomechanics symposium*. OnePetro.
- Peng, S., & Zhang, J. 2007. *Engineering Geology For Underground Rocks*. Springer Science & Business Media.

- Purwasatriya, E. B., Surjono, S. S., & Amijaya, D. H. (2019). Sejarah Geologi Pembentukan Cekungan Banyumas Serta Implikasinya Terhadap Sistem Minyak dan Gas Bumi. *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 15(1), 25-34.
- Satyana & Purwaningsih. 2002. Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar. *Prosiding Akatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI)*, Yogyakarta, 1-14.
- Warren, S. N. 2016. *Empirical ground support recommendations and weak rock mass classification for underground gold mines in Nevada, USA* (Doctoral Dissertation).
- Wyllie, D. C. dan Mah, C. W. 2004. *Rock Slope Engineering: 4th Edition*. London and New York: Spon Press. h35-39, h11-12
- Zakaria, Z., Muslim, D., Jihadi, L. H., & Sabila, Z. S. 2015. Modification of slope mass rating for stable slope design. In *10th Asian Regional Conference of IAEG. Kyoto: Japan Society of Engineering Geology* (pp. 1-6).