



ANALISIS POTENSI PERGERAKAN TANAH PASCA LONGSOR AKIBAT PERUBAHAN FUNGSI LAHAN

Muhammad Najib Azhom^{1*}, Gayuh Aji Prasetyaningtiyas²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta, Indonesia, Kode Pos 57102

*Email: d100190108@student.ums.ac.id

Diajukan: 31/07/2024 Direvisi: 17/07/2025 Diterima: 19/07/2025

Abstrak

Pada tahun 2014 terjadi longsor di Karangobar yang menyebabkan ratusan korban jiwa, rumah serta infrastruktur rusak. Longsor yang terjadi di Karangobar disebabkan oleh geometri lingkungan yang berada pada dataran tinggi. Pada tahun 2017 sebuah proyek perumahan dibuka pada lokasi kejadian longsor pada tahun 2014. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi pergerakan tanah pasca longsor akibat adanya perubahan tata guna lahan yaitu sebagai kawasan perumahan. Penelitian ini menggunakan tes laboratorium, asesmen lapangan, dan model numeris dengan Plaxis. Model numeris divalidasi sesuai kejadian longsor tahun 2014, selanjutnya diprediksikan pergerakan tanah untuk tahun 2022. Hasil analisis balik didapatkan (SF) sebesar 0,992. Selanjutnya lereng dimodelkan untuk kondisi tahun 2022, saat pembangunan perumahan dilaksanakan. Hasilnya adalah nilai angka aman (SF) sebesar 1,043 dan terjadi pergerakan tanah atau deformasi sebesar 0,044 m di lokasi didirikan perumahan. Solusi yang dipilih dalam penelitian ini adalah pengaturan drainase bawah tanah dan variasi geometri pada lereng dengan menurunkan sudut kemiringan menjadi 12° dan sistem terasering. Hasilnya adalah nilai angka aman (SF) menjadi 1,898 dan tidak ada pergerakan tanah yang terjadi di lokasi didirikan perumahan. Penelitian ini berguna sebagai referensi instansi terkait dalam mengambil kebijakan mengenai manajemen bencana alam.

Kata kunci: Angka Aman, Longsor, Pergerakan Tanah, Plaxis

Abstract

In 2014, a landslide occurred in Karangobar, resulting in hundreds of casualties and damage to homes and infrastructure. The landslide in Karangobar was caused by the topography of the highland area. The site is planned to be a residential area. This study was conducted to determine the potential for ground movement at the landslide site. The study used laboratory tests, field assessments, and numerical modeling with Plaxis. The numerical model was validated against the 2014 landslide event and produced a safety factor (SF) of 0.992. The slope was then modeled for the conditions in 2022, when the residential development is taking place. The results showed a safety factor (SF) of 1.043 and ground movement or deformation of 0.044 m at the residential site. Therefore, this ground movement poses a danger to the planned residential development. This issue requires an environmentally friendly solution. In this study, drainage arrangements and geometric variations on the slope were selected. The results showed a safety factor (SF) of 1.898 and no ground movement at the residential site. This study is useful as a reference for relevant agencies in making policies regarding natural disaster management.

Keywords: Deformasi, Landslide, Plaxis, Safety Factor

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2014 terdapat bencana longsor di Jl. Banjarnegara-Wanayasa, Kecamatan Karangkobor. Bencana longsor tersebut mengakibatkan lebih dari >100 korban jiwa dan banyak rumah penduduk tertimbun material longsor yang menghambat akses dari Kecamatan Karangkobor menuju Kabupaten Banjarnegara serta kerusakan infrastruktur lainnya (Hidayat, 2018).

Namun pada tahun 2016, dibuka sebuah proyek pembangunan pada area yang pernah mengalami pergerakan tanah. Area tersebut cukup strategis dan dekat dengan fasilitas umum. Diduga dengan alasan pergerakan tanah yang pernah terjadi, maka perumahan dibangun pada area kaki lereng.

Pembangunan perumahan yang dilakukan di lokasi pasca longsor perlu memperhatikan potensi terulangnya bencana longsor pada lereng. Surono (2010) memperkirakan potensi terjadinya longsor sebesar 50 % karena area pasca longsor memiliki tanah yang tidak stabil, karena tanah longsor membawa air dan material-material lain yang terbawa tanah saat longsor (Firdaus & Yuliani, 2021).

Hujan di Kabupaten Banjarnegara memiliki intensitas yang tinggi, yaitu sebesar 100 mm dalam dua hari (BPS Kabupaten Banjarnegara, 2015). Intensitas hujan yang tinggi maka menunjukkan potensi air yang masuk ke dalam pori-pori tanah sehingga akan memperparah longsor (Yudiawati & Rusdiansyah, 2024). Intensitas hujan yang tinggi akan mengakibatkan meningkatnya kadar air pada tanah (Troncone dkk., 2023). Dengan bertambahnya kadar air dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan geser tanah sehingga tanah menjadi tidak stabil (Fikri dkk., 2022). Pada tahun 2018, penulis melakukan investigasi pada area perumahan, dan didapatkan bahwa terjadi retakan pada salah satu rumah dengan arah vertikal.

Dengan melihat keadaan tersebut, perlu ada analisis terhadap kondisi lereng pasca perumahan tersebut terbangun. Hal tersebut dilakukan sebagai langkah antisipasi terhadap potensi longsor di kemudian hari, terutama pada area longsor. Dalam penelitian ini dilakukan variasi geometri dan pengendalian muka air tanah, untuk melakukan penelitian tersebut dilakukan dengan *finite element*

dengan menggunakan validasi analisis balik kejadian longsor sebelumnya.

Penelitian mengenai potensi pergerakan tanah telah banyak dilakukan antara lain, analisis pergerakan tanah dengan menggunakan sistem informasi geografis (Adfy & Marzuki, 2021), pemetaan pergerakan tanah menggunakan sistem informasi geografis (Merawati, Yustiana & Somantri, 2022), dan stabilitas lereng dengan menggunakan metode elemen hingga (Nurhasanti, 2023). Namun penelitian di atas tidak pernah membahas mengenai potensi kelongsoran dengan analisis balik.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Adfy & Marzuki, (2021) analisis pergerakan tanah dilakukan menggunakan sistem informasi geografis. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pergerakan tanah dan menggunakan validasi analisis balik (Prasetyaningtiyas dkk., 2024) dimana analisis balik harus memiliki tingkat keamanan yang mirip dengan kejadian longsor tahun 2014. Penelitian-penelitian yang telah disebutkan sebelumnya menunjukkan analisi balik ini masih sangat jarang digunakan.

2. METODOLOGI

2.1. Identifikasi Tanah

Identifikasi tanah dilakukan untuk mengetahui data mengenai tanah pada lokasi penelitian. Lokasi pada penelitian ini di Jl. Banjarnegara – Wanayasa STA 72+800. Untuk mendapatkan data tanah dilakukan pengambilan sampel menggunakan bor mesin.

Setelah diambil sampel tanah tak terganggu, langkah selanjutnya yaitu melakukan identifikasi tanah di laboratorium. Data tanah yang diperoleh dari identifikasi antara lain, jenis tanah, berat jenis tanah, modulus elastisitas tanah, kohesi, dan sudut geser. Hasil dari identifikasi tanah tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai kuat geser tanah dengan rumus *Mohr-Coulomb* sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

dengan:

τ : kuat geser tanah (kN/m²)

c : kohesi tanah (kN/m²)

ϕ : sudut dalam tanah (°)

σ : tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)
(Rengach, 1973)

2.2. Pemodelan Geometri dan Beban

Geometri lereng pada penelitian ini diperoleh dari *Google Earth*. Pada penelitian ini kondisi lereng garis lurus antara titik koordinat ($7^{\circ}16'15.2''\text{S}$ $109^{\circ}43'48.9''\text{E}$) dan ($7^{\circ}16'11.6''\text{S}$ $109^{\circ}43'48.4''\text{E}$). Hasil dari *Google Earth* diperoleh elevasi lereng.

Beban yang ada dalam pemodelan lereng adalah beban lalu lintas dan beban perumahan. Menurut SNI 8460:2017 beban lalu lintas diperoleh sebesar 15 kN/m^2 untuk jalan arteri dan 10 kN/m^2 untuk jalan lokal. Sedangkan beban perumahan sebesar 12 kN/m^2 .

2.3. Pemodelan Numerik

Pemodelan numerik dilakukan dengan menggunakan metode *finite element*, yaitu suatu model numeris yang membagi bidang menjadi partikel kecil segitiga (Ereiz dkk., 2022). *Finite element* dalam penelitian ini diwakili dengan aplikasi *Plaxis*. Fokus utama analisis *finite element* adalah untuk menghitung deformasi sebelum dan sesudah adanya bangunan. Analisis dilakukan 2 tahap, yaitu analisis pra konstruksi dan analisis selama konstruksi.

Analisis pra konstruksi divalidasi dengan menggunakan analisis balik. Analisis balik dilakukan untuk memvalidasi lereng yang dimodelkan sesuai dengan lapangan. Analisis setelah konstruksi digunakan untuk mengetahui seberapa besar deformasi yang terjadi di perumahan sekaligus untuk mengetahui angka aman lereng. Jika diperoleh nilai deformasi besar dan indikator angka aman (SF) kurang baik, maka dilakukan Analisis variasi geometri. Analisis variasi geometri dilakukan untuk memperbesar nilai angka aman (SF) sekaligus untuk memperkecil pergerakan tanah yang terjadi di lokasi didirikan perumahan. Nilai angka aman (SF) untuk analisis keseimbangan lereng dapat dilihat pada Tabel 1. Angka aman (SF) pada *Plaxis* didapatkan dengan reduksi kekuatan tanah yang diwakili dengan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ), umumnya angka yang digunakan adalah 0.8. Faktor

reduksi tersebut diterapkan hingga tanah mengalami keruntuhan, dan pada keruntuhan tersebut dihitunglah nilai angka aman (SF) (Ambassa, dkk., 2023).

Lereng dimodelkan 2 dimensi sesuai data topografi dan lapisan tanah di lapangan. Data tanah seperti kohesi, sudut geser dalam, berat volume dan kadar air (c dan ϕ' , γ , w) didapatkan menggunakan data sekunder, yaitu data laporan tanah pada analisis longsor tahun 2014-2020. Untuk data hujan didapatkan melalui data curah hujan Badan Pusat statistik (2018) dan Prasetyaningtiyas dkk., (2024). Data topografi didapatkan melalui peta DEM dan *Google Earth*.

Boundary condition atau batasan-batasan yang dilakukan untuk menggambarkan kondisi lereng, didapatkan melalui data-data yang telah disebutkan di atas dan divalidasi dengan analisis balik pada kejadian longsor tahun 2014. *Boundary condition* yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu, tumpuan dalam pemodelan, beban yang digunakan, muka air tanah, dan geometri lereng. Tumpuan dalam pemodelan numerik menggunakan rol untuk sumbu x, karena dengan tumpuan rol dapat menerima beban secara vertikal dan sendi pada sumbu y, karena dapat menerima beban secara vertikal dan horizontal.

Tabel 1. Angka Aman

Angka Aman (SF)	Deskripsi
$SF < 1,00$	Lereng dengan kondisi tidak mantap
$1,00 < SF < 1,20$	Lereng dengan kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < SF < 1,40$	Lereng dengan kondisi memuaskan
$SF > 1,50$	Lereng dengan kondisi mantap

(Sosrodarsono, 1994)

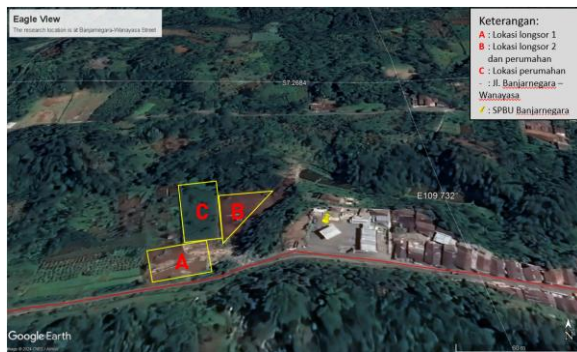
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Lapisan Tanah dan Kondisi Awal

3.1.1. Analisis Elevasi Tanah

Kondisi awal lokasi penelitian adalah perbukitan yang pernah terjadi longsor pada tahun 2014. Situasi area longsor pada tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 1. Lokasi A dan B pada Gambar 1 adalah area longsor yang terjadi pada tahun 2014. Pada lokasi B yang dulu sebagai area longsor akan dijadikan perumahan. Sedangkan lokasi C adalah area

perumahan yang akan didirikan selain lokasi B. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa area longsor sangat berdekatan dengan infrastruktur publik terutama akses utama jalan menuju kecamatan Karangkobar dan Kabupaten Banjarnegara, yang diwakili dengan garis merah pada Gambar 1. Sebagai informasi, puncak lereng pada analisis dua dimensi dimulai pada jalan tersebut.

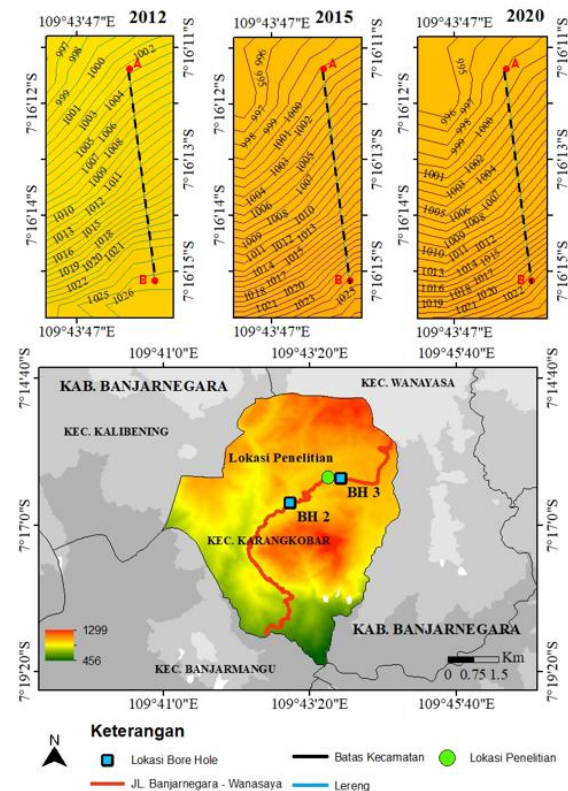


Gambar 1. Peta Situasi Longsor 2014

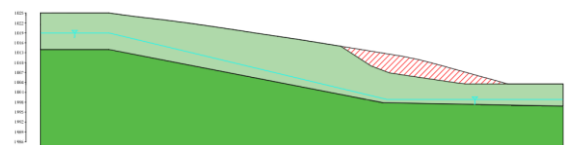
Peta topografi dapat dibuat dengan menggunakan satelit dan *Google Earth*. Dengan menggunakan analisis historis, didapatkan adanya perubahan elevasi lereng (Gambar 2). Gambar 2 menunjukkan bahwa bentuk topografi pada lereng dari tahun 2012-2015 mengalami perubahan dari ketinggian 1002 mdpl menjadi 1000 mdpl, hal ini disebabkan adanya longsor pada bulan Desember 2014. Sedangkan pada tahun 2015-2020 atau pasca longsor, lereng tidak mengalami perubahan elevasi yang berarti. Pergerakan tanah yang terjadi pada rentang waktu tahun 2015-2020 sebesar 0-1 m, dengan ketinggian awal 1000 mdpl menjadi 999 mdpl pada titik "A". Pada bagian bawah lereng (titik B) terjadi hal serupa. Dari tahun 2012-2020 terjadi pergerakan tanah terjadi sebesar 0-2 m, dengan ketinggian awal 1024 mdpl menjadi 1022 mdpl. Artinya tetap terjadi pergerakan dalam kurun waktu 8 tahun, meski longsor telah terjadi.

Analisis Plaxis ditetapkan berdasarkan data tanah dari bor-hole pada BH1 dan BH2 (Gambar 2). Berdasarkan Gambar 2 diperoleh hasil model lereng pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan memang ada pergerakan yang cukup signifikan pada bagian bawah lereng sesuai dengan kondisi historis yang didapatkan dari informasi elevasi. Dengan adanya *slip surface* pada bagian bawah lereng, tidak menutup kemungkinan bahwa lereng bagian

atas pun bergerak ke bawah akibat pengaruh pergerakan kaki lereng.



Gambar 2. Topografi Lereng



Gambar 3. Kondisi Lereng Setelah Longsor

3.1.2. Kondisi Awal

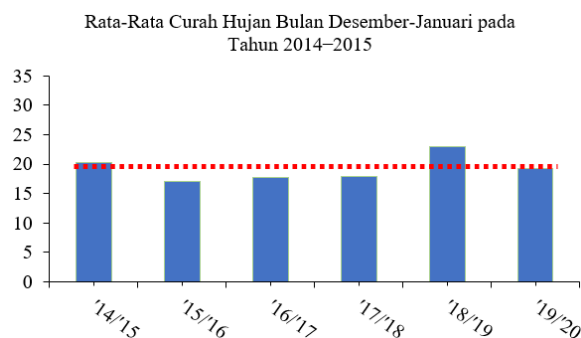
Dalam memodelkan lereng perlu menggunakan data *properties* tanah. Data *properties* tanah dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa seluruh data *properties* tanah didapatkan melalui data sekunder. Data elastisitas tanah didapatkan melalui Tang dkk., (2023), karena memiliki kondisi tanah yang mirip dengan studi kasus.

Tabel 2. Data Tanah

Depth (m)	γ_{unsat} (kN/m ³)	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	Φ °
0-6	8,492	1467	11,77	15
6-11	15,37	703	13,64	13
11-29	14,44	703	1,632	16,23

Properties tanah yang digunakan dalam memodelkan lereng adalah berat volume, modulus elastisitas, *poisson's ratio*, kohesi, dan sudut geser. Berat volume tanah berdasarkan Tabel 2 dibedakan menjadi 2, yaitu berat volume tanah (γ) pada keadaan *unsaturated* dan keadaan *saturated*. Nilai *poisson ratio* tanah lanau sebesar 0,3 (Das, 1984). Ketinggian muka air tanah yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan acuan pada data *bore hole*. Seluruh data tadi menjadi dasar *Data-boundary condition* pada Plaxis.

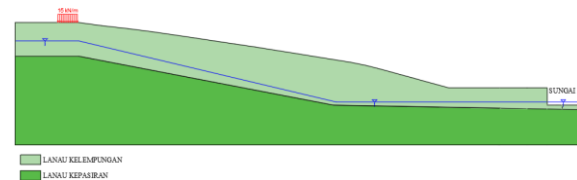
Beban yang digunakan dalam pemodelan sebesar 15 kN/m^2 untuk beban jalan arteri, 10 kN/m^2 untuk jalan lokal, 12 kN/m^2 untuk beban rumah sesuai dengan SNI 8460:2017. Pada lokasi penelitian telah diketahui data muka air tanah bulan Januari 2015 berada pada kedalaman 6 m. Dengan data curah hujan rata-rata bulan Desember 2014 – Januari 2015 sebesar 20,35 mm. Pada penelitian ini dilakukan analisis dengan topografi lereng pada tahun 2019. Gambar 4 menunjukkan curah hujan rata-rata pada bulan Desember 2019 - Januari 2020 sebesar 19,25 mm. Selisih dari curah hujan tahun 2014 dengan 2019 adalah sebesar 1,1 mm. Perbedaan curah hujan pada kedua waktu tersebut terbilang kecil. Oleh sebab itu, muka air tanah pada analisis lereng yang akan dilakukan dengan topografi tahun 2019 di simulasikan sama dengan pada tahun 2015 yaitu dengan kedalaman 6 m dari permukaan tanah.



Gambar 4. Grafik Curah Hujan Rata-Rata Bulan Desember-Januari dari Tahun 2014-2020

Analisis kondisi awal ini dilakukan untuk memodelkan lereng pada *Plaxis* serupa dengan kondisi di lapangan. Muka air tanah pada pemodelan lereng di asumsikan turun hampir

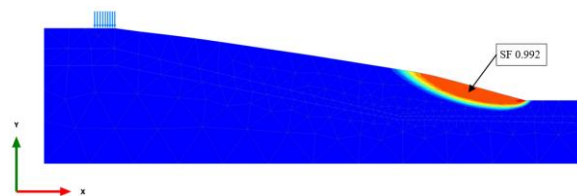
mengikuti bentuk lereng disebabkan di bawah lereng terdapat sungai sehingga, muka air tanah akan mengarah ke bawah. Model lereng pada analisis kondisi awal adalah seperti Gambar 5. Beban yang digunakan dalam analisis balik adalah beban kendaraan berdasarkan jenis dan fungsi Jl. Banjarnegara – Wanayasa yaitu sistem jaringan primer dan fungsi jalan arteri dengan nilai beban 15 kN/m .



Gambar 5. Analisis Kondisi Awal

3.2. Analisis Balik Lereng

Analisis balik adalah analisis yang dilakukan untuk memastikan bahwa *boundary condition* yang diterapkan sudah sesuai dengan cara validasi angka aman lereng dengan kejadian longsor tahun 2014. Kondisi *boundary condition* disesuaikan dengan lereng sebelum longsor. Pada analisis balik ini dilakukan dengan memodelkan lereng kondisi awal menggunakan aplikasi *Plaxis* dengan hasil Gambar 6. Topografi yang digunakan dalam melakukan analisis balik adalah topografi tahun 2014. Muka air tanah yang digunakan dalam analisis balik adalah muka air tanah tahun 2014. Data-data properties tanah yang digunakan dalam analisis balik adalah menggunakan data tanah yang tahun 2014.



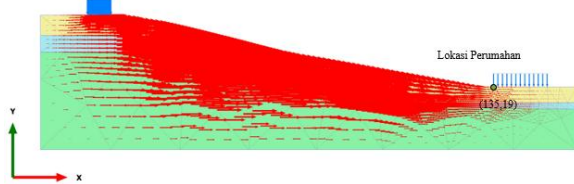
Gambar 6. Analisis Balik

Setelah dilakukan analisis menggunakan aplikasi *Plaxis* dapat diperoleh nilai angka aman $SF < 1,2$. Nilai $SF < 1,2$ maka dapat dikatakan lereng yang dibuat pada *Plaxis* terjadi longsor, sehingga *boundary condition* yang telah dibuat sudah sesuai, karena lereng

yang di buat memperoleh nilai $SF < 1,2$. Dengan hasil yang sesuai, oleh karena itu parameter-parameter yang digunakan pada analisis balik dapat dilakukan pada analisis selanjutnya.

3.3. Analisis Selama Konstruksi

Analisis deformasi pada fase ini dilakukan untuk mengetahui potensi pergerakan tanah ketika didirikan perumahan di kawasan tersebut. Analisis ini menggunakan parameter-parameter yang sama dengan analisis balik ditambah dengan beban rencana perumahan yang akan dibangun. Pada saat memodelkan lereng dengan *Plaxis* dimasukkan beban 15 kN/m sebagai beban kendaraan dan 12 kN/m beban perumahan.



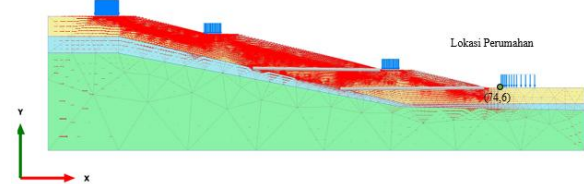
Gambar 7. Deformasi Awal Perencanaan Perumahan

Hasil dari analisis deformasi pada awal perencanaan perumahan dapat dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut dapat dilihat nilai deformasi atau pergerakan tanah yang terjadi sampai kawasan perumahan ux sebesar 0,033 m dan uy sebesar 0,011 m. Artinya terjadi pergerakan pada arah horizontal sebesar 3.3 cm dan arah vertikal sebesar 1.1 cm setelah adanya beban perumahan. Dari Gambar 7 terlihat bahwa deformasi tersebut akan berdampak pada perumahan. Dengan adanya nilai deformasi tersebut, maka perlu dilakukan beberapa hal untuk membebaskan kawasan perumahan dari pergerakan tanah sekaligus memperkuat lereng pada kawasan perumahan.

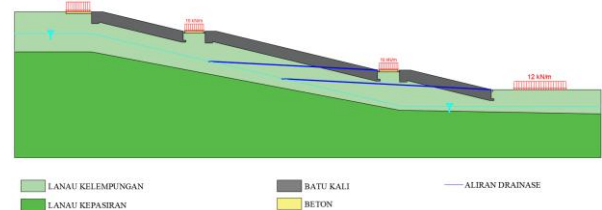
3.4. Analisis Variasi Geometri dan Subdrain

Analisis deformasi dengan variasi geometri dilakukan untuk mengetahui nilai pergerakan tanah setelah dilakukan perubahan

geometri serta memperkuat lereng. Nilai deformasi pada analisis ini digunakan untuk memastikan kawasan perumahan aman dari pergerakan tanah yang terjadi karena kemiringan lereng yang tajam. Untuk membuat lereng menjadi lebih aman sekaligus memperkecil nilai deformasi dapat menggunakan cara mengubah geometri lereng dan memperkuat lereng.



Gambar 8. Hasil Analisis Variasi Geometri Lereng



Gambar 9. Geometri Lereng Optimum

Beberapa hal yang dilakukan untuk membebaskan deformasi yang terjadi pada lokasi perumahan seperti terlihat pada Gambar 9. Pertama, mengubah geometri lereng dengan cara menggunakan model lereng terasering, sehingga kemiringan yang sebelumnya $>15^\circ$ berkurang menjadi 12° . Kedua, memperkuat lereng dengan menggunakan beton. Hal ini tentu saja akan menyebabkan runoff pada permukaan tanah, maka perlu ada drainase permukaan agar saat terjadi run-off menuju drainase permukaan pada Gambar 9. Ketiga, pembuatan saluran drainase aliran dalam tanah, agar apabila terjadi infiltrasi tanah, maka aliran akan bisa tetap mengalir keluar melalui drainase bawah tanah menuju drainase permukaan. Ketiga hal tersebut secara efektif dapat mengurangi nilai deformasi yang terjadi pada perumahan yang berada di bawah lereng. Hasil analisis menggunakan aplikasi *Plaxis* dapat dilihat pada Gambar 8 bahwa lokasi perumahan terjadi pergerakan tanah ux sebesar

0,0003 m dan u_y sebesar 0,0002 m. Dilihat dari nilai pergerakan tanah yang terjadi sangat kecil, sehingga dapat dikatakan tidak ada pergerakan tanah.

3.5. Angka Aman Lereng

Hasil dari analisis menggunakan aplikasi *Plaxis* salah satunya adalah nilai SF . Nilai SF ini menjadi indikator apakah lereng mengalami longsor atau stabil. Pada setiap analisis penelitian ini menghasilkan nilai SF . Nilai SF dari setiap analisis dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Angka aman (SF) pada analisis numeris

No.	Jenis Analisis	Nilai SF
1	Analisis Balik	0,992
2	Analisis Awal Perumahan	1,043
3	Analisis Variasi Lereng	1,898

Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya perubahan angka aman pada akhir analisis.

Pada analisis balik, nilai angka aman < 1 menunjukkan bahwa hasil tersebut sesuai dengan kondisi di lapangan saat terjadi longsor tahun 2014. Dengan hasil ini maka pemodelan numeris dapat dilanjutkan pada kondisi konstruksi dan pasca konstruksi. Hasil analisis pasca konstruksi menunjukkan bahwa, nilai SF sangat kritis mendekati 1. Perlu diketahui bahwa standar SF dapat dikatakan aman dari longsor adalah 1.21 (Zheng, dkk., 2024; Bezie, dkk., 2024; Tun, dkk., 2025). Hal tersebut disebabkan adanya beban tambahan perumahan dan kondisi tanah yang berubah akibat tutupan lahan berupa fondasi perumahan.

Namun setelah adanya variasi geometri, perkuatan tanah dan drainase, SF meningkat melebihi standar keamanan lereng. Faktanya, saat ini kelongsoran local di sepanjang jalan area perumahan masih terjadi sebagai pergerakan tanah tahunan.

4. KESIMPULAN

Penelitian potensi pergerakan tanah pasca longsor telah dilaksanakan dengan baik. Hasil

penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan validasi mengenai kejadian masa lampau dan analisis dua dimensi terjadi kecocokan perubahan elevasi permukaan tanah. Pada analisis historis terlihat adanya perubahan elevasi hingga -3m sedangkan pada analisis dua dimensi terlihat adanya *slip surface* pada bagian kaki lereng.
2. Terlihat adanya penurunan angka aman (SF) pasca dibangunnya perumahan dan deformasi pada arah horizontal dan vertikal hingga mencapai -3cm, dalam kurun waktu 1 tahun.
3. Perbaikan yang direkomendasikan cukup dapat meningkatkan SF . Perbaikan tersebut adalah, tersering lereng, perkuatan tanah disertai drainase permukaan dan drainase bawah tanah (subdrain)
4. Kenyataan yang terjadi, hingga saat ini longsor local pada area tersebut terus terjadi di saat perbaikan yang disebutkan di atas tidak dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adfy, D.M. and Marzuki, M. 2021. Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam. *Jurnal Fisika Unand*, 10(1), pp.8-14.
- Ambassa, Z., Amba, J.C. and Tamaskovics, N. 2023. Implementation of the C-Phi Reduction Procedure in Cast3M Code for Calculating The Stability of Retaining Walls in the Layered Backfill With Strength Parameters Reduction By Elasto-Plastic Finite Element Analysis Using Fields Data. *Comptes Rendus. Mécanique*, 351(G2), pp.485-523.
- Badan Pusat Statistik, J. T. 2018. Statistics Of Jawa Tengah Province [Online]. Semarang. Available: <https://jateng.bps.go.id/statictable/2019/10/15/1718/rata-rata-suhu-udara-kelembaban-tekanan-udara-kecepatan-angin-curah-hujan-dan-penyinaran-matahari-menurut-stasiun-di-provinsi-jawa-tengah-2018.html> [Accessed March, 23 2023].
- Bezie, G., Chala, E. T., Jilo, N. Z., Birhanu, S., Berta, K. K., Assefa, S. M., & Gissila, B.

2024. Rock slope stability analysis of a limestone quarry in a case study of a National Cement Factory in Eastern Ethiopia. *Scientific Reports*, 14(1), 18541.
- Banjarnegara, B.P.S.K. 2015. Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka 2015. BPS Kabupaten Banjarnegara, Banjarnegara.
- Ereiz, S., Duvnjak, I. and Jiménez-Alonso, J.F. 2022, July. Review of Finite Element Model Updating Methods for Structural Applications. In *Structures* (Vol. 41, pp. 684-723). Elsevier.
- Fikri, M.A. Et Al. 2022. Analisa Penyebab Terjadi Longsoran Ditinjau dari Stabilitas Tanah dan Pengurangan Resikonya, *Student Journal Gelagar*. Available At: <https://Regional.Kompas.Com/Read>.
- Firdaus, M.I. and Yuliani, E. 2022. Kesesuaian Lahan Permukiman Terhadap Kawasan Rawan Bencana Longsor. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2), pp.216-237.
- Hidayat, R. 2018. Kondisi Geologi Teknik Daerah Rawan Longsor Kecamatan Karangkobar, Banjarnegara. In *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS* (pp. 95-104). Available At: https://Publikasiilmiah.Ums.Ac.Id/Xmlui/Bitstream/Handle/11617/10285/PaperG_01.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y (Accessed: 17 March 2023).
- Merawati, M., Yustiana, I. and Somantri, S. 2022. Sistem Informasi Geografis Pemetaan Bencana Pergerakan Tanah Kabupaten Sukabumi. *JlPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 7(3), pp.945-957.
- Nurhasanti, D.Z. 2023. Analisis Stabilitas Lereng pada Bahu Jalan Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Studi Kasus Jalan Rancacili (Doctoral dissertation, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widyatama).
- Prasetyaningtiyas, G.A., Mase, L.Z., Rifa'i, A., Fathani, T.F., Listyawan, A.B. and Azhom, M.N. 2024. The Influence of Rainfall Variation on Slope Stability: Case Study of Wanayasa Street Slope, Banjarnegara, Indonesia. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 11(4), pp.2406-2424.
- Rengach, V.N. 1973. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*.
- Tang, Q., Chen, Y., Jia, R., Guo, W., Chen, W., Li, X., Gao, H. and Zhou, Y. 2023. Effect of Clay Type and Content on The Mechanical Properties of Clayey Silt Hydrate Sediments. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 220, p.111203.
- Tun, S. H., Zeng, C., & Jamil, F. 2025. Prediction Of Slope Stability Based On Five Machine learning Techniques Approaches: A Comparative Study. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 8(5), 224.
- Troncone, A., Pugliese, L. and Conte, E. 2022. Rainfall Threshold for Shallow Landslide Triggering Due to Rising Water Table. *Water*, 14(19), p.2966.
- Yudiawati, Y. 2024. Analisis Penyebab Amblasan Ruas Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Gunung Ulin–Gunung Sari). *Journal Serambi Engineering*, 9(2), pp.8457-8466.
- Zeng, Y., Zhang, Y., Hu, W., Chen, M., Hu, Q., Liu, X. and Zhu, X. 2024. A Case Study on Soil Slope Landslide Failure and Parameter Analysis of Influencing Factors for Safety Factor Based on Strength Reduction Method and Orthogonal Experimental Design. *PloS One*, 19(5), p.e0300586.