

Pengaruh Peningkatan Infiltrasi Hujan terhadap *Suction* dan Stabilitas Lereng pada Tanah tak Jenuh

RIZAL AHMAD FAUZI¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email : rizalraf12345@gmail.com

ABSTRAK

*Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki iklim hujan tropis yang menyebabkan bervariasinya intensitas curah hujan. Salah satu penyebab terjadinya longsor pada musim hujan disebabkan oleh infiltrasi air hujan yang menyebabkan tanah menjadi jenuh disertai perubahan pada karakteristik tanah terutama kekuatannya. Penelitian ini membahas pengaruh peningkatan infiltrasi hujan terhadap perubahan tekanan air pori negatif dan stabilitas lereng tanah tak jenuh dengan menggunakan metode elemen hingga berbasis Program Plaxis 2D. Analisis dilakukan dengan memvariasikan intensitas curah hujan sebesar 100 mm/hari, 150 mm/hari, dan 200 mm/hari selama durasi 3 (tiga) hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa infiltrasi hujan menyebabkan penurunan tekanan air pori negatif (*suction*) dan faktor keamanan lereng pada tiap skenarionya dengan intensitas 200 mm/hari selama 3 (tiga) hari menghasilkan penurunan yang lebih besar dengan rata – rata penurunan yaitu 4,98% untuk *suction* dan 2,285% untuk nilai faktor keamanan. Derajat kejenuhan tanah meningkat mendekati 100% karena infiltrasi air hujan.*

Kata kunci: *Infiltrasi, Stabilitas Lereng, Tanah tak Jenuh, Suction, Faktor keamanan*

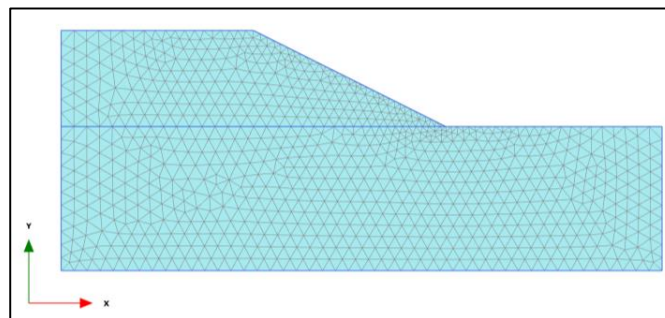
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki iklim hujan tropis yang menyebabkan bervariasinya intensitas curah hujan. Hal ini dapat mempengaruhi kondisi tanah di Indonesia, baik dari segi fisis maupun mekanis. Intensitas curah hujan yang tinggi dapat membahayakan tanah di lereng karena dapat menyebabkan terjadinya longsor. Salah satu penyebab terjadinya longsor pada musim hujan disebabkan oleh infiltrasi air hujan yang menyebabkan tanah menjadi jenuh disertai perubahan pada karakteristik tanah terutama kekuatannya, faktor utama yang menyebabkan longsor adalah berkurangnya tekanan air pori negatif (*Suction*) sampai mencapai nol akibat infiltrasi. Tanah tak jenuh (*unsaturated soil*) memiliki karakteristik unik karena adanya tekanan air pori negatif yang memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan geser tanah. Namun, ketika terjadi infiltrasi hujan, air yang meresap ke dalam tanah dapat mengurangi tekanan air pori, sehingga kekuatan geser tanah akan berkurang dan meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng. Fenomena ini menjadi lebih kompleks ketika variasi intensitas dan durasi hujan diperhitungkan, karena setiap variasi infiltrasi dapat menghasilkan respon tekanan air pori negatif dan stabilitas lereng yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh peningkatan infiltrasi hujan terhadap perubahan *suction*, *saturation* dan faktor keamanan lereng pada tanah lempung dengan kondisi *undrained* menggunakan metode elemen hingga.

2. METODOLOGI

Data yang digunakan meliputi data sekunder yang didapatkan dari studi literatur berupa pengumpulan data pada penelitian sebelumnya. Pada pemodelan lereng, data yang dibutuhkan yaitu berupa jenis tanah, parameter tanah, geometri lereng dan data curah hujan. Jenis tanah yang digunakan yaitu hasil korelasi berdasarkan jenis tanah yaitu tanah lempung dan hanya terdiri dari satu lapisan saja. Pemodelan lereng yang digunakan dengan kemiringan 1V:2H, tinggi 10 m, dan panjang 25 m yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Model Geometri Lereng

Tanah yang digunakan adalah lempung lunak (*soft clay*) dengan parameter yang digunakan dari kondisi *undrained* menggunakan kuat geser total. Parameter tanah dapat dilihat sebagai berikut:

- Berat volume jenuh (γ_{sat}) = 20 kN/m³
- Berat volume tidak jenuh (γ_{unsat}) = 18 kN/m³
- Kohesi *undrained* (c_u) = 30 kN/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 0°
- Modulus elastisitas (E) = 2000 kN/m²
- Koefisien permeabilitas (k) = 0,04752 m/hari

Variasi intensitas hujan yang digunakan yaitu hujan intensitas linear dengan durasi yang digunakan 3 hari. Berikut variasi intensitas hujan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Variasi Intensitas Hujan

Variasi	Intensitas (mm/hari)	Durasi
Skenario 1	100	3 hari
Skenario 2	150	3 hari
Skenario 3	200	3 hari

Analisis stabilitas dilakukan menggunakan PLAXIS 2D dengan metode elemen hingga. Kondisi *undrained* dianalisis menggunakan parameter tegangan total. Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengetahui daerah bidang longsor, diagram *suction* dan *degree of saturation*, serta nilai faktor keamanan pada lereng akibat adanya pengaruh air hujan. Jenis teori keruntuhan yang digunakan, yaitu menggunakan teori keruntuhan *Mohr Coulomb*.

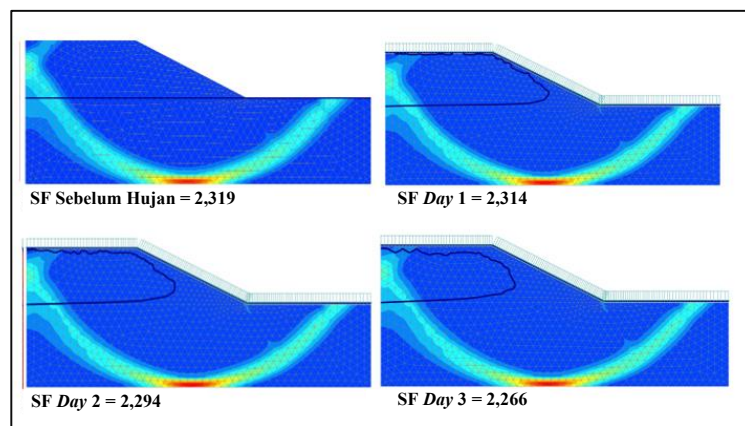
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan analisis dengan kondisi *undrained* untuk memahami respons lereng tanah tak jenuh terhadap infiltrasi hujan, khususnya terhadap perubahan tekanan air pori negatif

(*suction*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*) dan faktor keamanan. Pemodelan ini memvariasikan intensitas hujan dengan beberapa skenario, dengan intensitas yang digunakan yaitu 100 mm/hari, 150 mm/hari, dan 200 mm/hari dengan durasi 3 (tiga) hari.

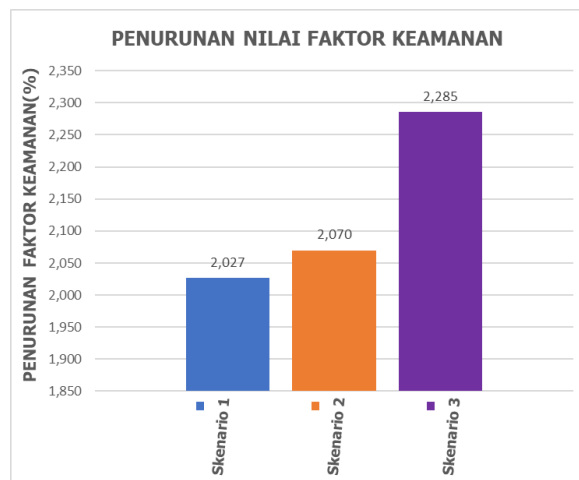
1) Nilai *Safety Factor* (SF)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (SF) lebih rendah terjadi pada skenario 3 (tiga) dengan intensitas terbesar yaitu 200 mm/hari selama 3 (tiga) hari. Dapat dilihat pada **Gambar 2**. bidang longsor pada skenario 3 (tiga) dengan nilai faktor keamanan sebelum hujan sebesar 2,319 dan menurun setelah terinfiltrasi hujan selama 3 (tiga) hari menjadi 2,266. Penurunan nilai faktor keamanan tersebut membuktikan bahwa adanya pengaruh infiltrasi air hujan terhadap lereng.



Gambar 2. Bidang Longsor dan Nilai Faktor Keamanan Skenario 3

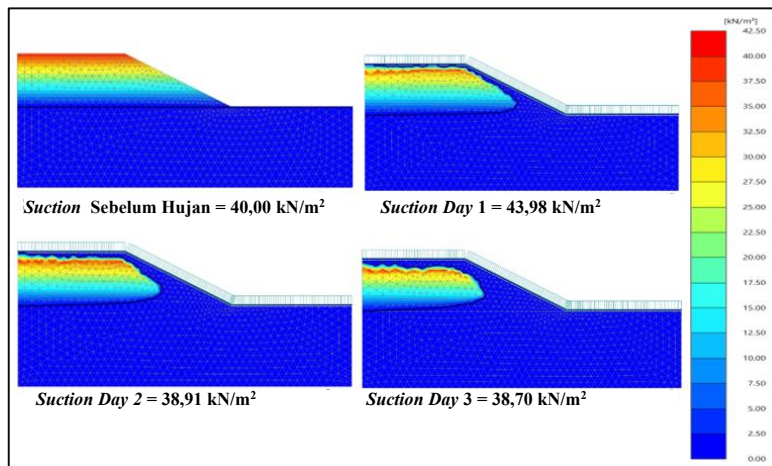
Adapun untuk penurunan nilai faktor keamanan pada tiap skenarionya dapat dilihat pada **Gambar 3**. Didapat penurunan nilai faktor keamanan pada skenario 1 (satu) sebesar 2,027%, penurunan pada skenario 2 (dua) sebesar 2,070% dan penurunan terbesar terjadi pada skenario 3 (tiga) yaitu sebesar 2,285%.



Gambar 3. Grafik Penurunan Faktor Keamanan

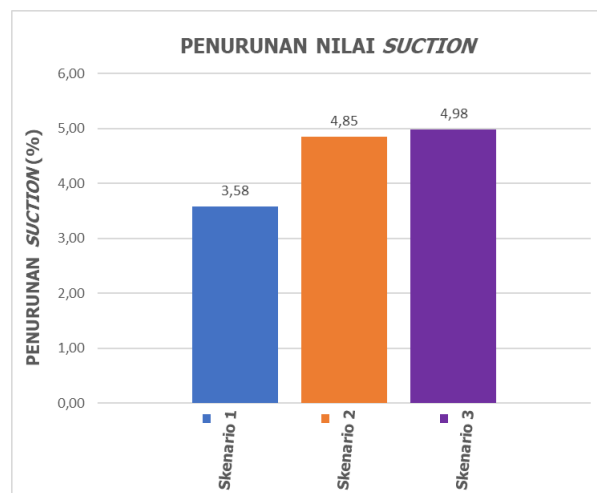
2) Nilai *Suction*

Penurunan nilai *suction* terjadi pada hujan setelah terinfiltrasi selama 3 (tiga) hari, namun pada hujan hari pertama mengalami sedikit kenaikan yang disebabkan oleh proses infiltrasi yang belum menyebabkan tanah menjadi jenuh sepenuhnya. Penurunan *suction* terbesar terjadi pada skenario 3 (tiga) dengan intensitas 200 mm/hari. Diagram *suction* pada skenario 3 (tiga) dapat dilihat pada **Gambar 4**. dengan nilai *suction* sebelum terjadi hujan sebesar 40,00 kN/m² dan setelah terinfiltrasi hujan 3 (tiga) hari menjadi 38,70 kN/m².



Gambar 4. Diagram *Suction* Pada Skenario 3

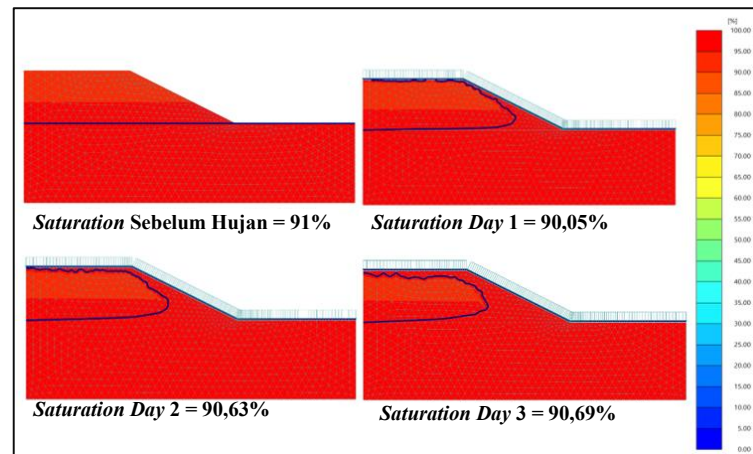
Adapun untuk grafik penurunan nilai *suction* pada tiap skenarionya dapat dilihat pada **Gambar 5**. dibawah ini. Didapat penurunan pada skenario 1 (tiga) sebesar 3,58%, penurunan pada skenario 2 (dua) yaitu 4,85% dan penurunan terbesar pada skenario 3 (tiga) sebesar 4,98%. Penurunan dari ketiga skenario ini menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan dikarenakan durasi yang digunakan singkat hanya 3 (tiga) hari.



Gambar 5. Grafik Penurunan Nilai *Suction*

3) Degree Of Saturation

Diagram *degree of saturation* pada tanah lempung pada skenario 3 (tiga) dapat dilihat pada **Gambar 6**. Terlihat pada gambar bahwa nilai minimum *saturation* di atas muka air tanah mendekati 100% pada tiap harinya. Perubahan nilai *saturation* menunjukkan adanya pengaruh infiltrasi hujan terhadap lereng. Semakin tinggi nilai *saturation*, maka semakin tinggi pula tingkat kejenuhan tanah terhadap air.



Gambar 6. Diagram Saturation Pada Skenario 3

Hasil rekapitulasi dari ketiga skenario dengan intensitas 100 mm/hari, 150 mm/hari, dan 200 mm/hari dengan durasi 3 (tiga) hari dapat dilihat pada **Tabel 2** dibawah ini. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya perubahan pada nilai faktor keamanan, *suction*, dan *saturation* akibat pengaruh infiltrasi hujan. Namun dari ketiga skenario menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan yang disebabkan durasi yang digunakan singkat (3 hari) dan nilai permeabilitas pada tanah lempung yang kecil sehingga proses infiltrasi menjadi lebih lambat.

Variasi	Intensitas (mm/hari)	Nilai SF	Nilai <i>Suction</i> (kN/m ²)	Nilai <i>Degree Of Saturation</i> (%)
Skenario 1 (100 mm/hari)	Sebelum Hujan	2,319	40,00	91,00
	Day 1	2,316	44,10	89,99
	Day 2	2,296	40,17	90,53
	Day 3	2,272	38,57	90,55
Skenario 2 (150 mm/hari)	Sebelum Hujan	2,319	40,00	91,00
	Day 1	2,315	43,88	90,06
	Day 2	2,295	40,29	90,60
	Day 3	2,271	38,06	90,64
Skenario 3 (200 mm/hari)	Sebelum Hujan	2,319	40,00	91,00
	Day 1	2,314	43,98	90,05
	Day 2	2,294	38,91	90,63
	Day 3	2,266	38,01	90,69

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi perubahan nilai tekanan air pori negatif (*suction*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*), dan *safety factor* (SF) akibat adanya pengaruh infiltrasi hujan terhadap tanah lempung. Namun perbedaan dari ketiga skenario tidak terlalu signifikan, karena durasi yang digunakan singkat (3 hari) dan permeabilitas tanah lempung yang rendah.
2. Variasi intensitas hujan (100 mm/hari, 150 mm/hari, dan 200 mm/hari) dengan durasi 3 (tiga) hari menunjukkan bahwa dengan intensitas hujan sebesar 200 mm/hari selama 3 (tiga) hari menyebabkan penurunan *suction* dan faktor keamanan yang lebih besar. Pada kondisi sebelum hujan nilai *suction* sebesar 40,00 kN/m², setelah terinfiltrasi hujan selama 3 (tiga) hari menjadi 38,01 kN/m² dengan presentase penurunan sebesar 4,98%. Sedangkan untuk nilai faktor keamanan pada skenario 3 (tiga) sebesar 2,319 dan setelah terinfiltrasi hujan selama 3 (tiga) hari turun menjadi 2,266 dengan presentase penurunan sebesar 2,285%
3. Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) pada tanah lempung dengan kondisi *undrained* ini menghasilkan peningkatan yang hampir mencapai 100% pada tanah yang terjadi di atas permukaan air tanah yang diakibatkan oleh infiltrasi hujan dengan rata-rata tiap skenarionya yaitu 90,63%.

DAFTAR RUJUKAN

- Hidayat, R. (2020). Analisis Numerik Pengaruh Infiltrasi Hujan terhadap Stabilitas Lereng Di Pangkalan, Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 11(1), 25–36.
- Ng, C. W. W., & Shi, Q. (1998). Influence of rainfall intensity and duration on slope stability in unsaturated soils. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 31(2), 105–113.
- Putra, H. (2014). Pengaruh Infiltrasi terhadap Perubahan Parameter Tanah Jenuh Sebagian dalam Analisis Stabilitas Lereng. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 45–56.
- Koven, W. & Hamdany, A. H. (2024). Analisis Numerik Pengaruh Beban Hujan dan Gempa pada Stabilitas Lereng Tanah Tak Jenuh. *Jurnal Teknik Sipil*, 31(2), 179–192.