

Analisis Pengaruh Kadar Air Terhadap Penurunan Nilai Kohesi (C) dan Sudut Geser (Φ) pada Tanah Longsoran Sembalun

Lalu Muh Azwari Adha^{1*}, Heni Pujiastuti², Ahmad Zarkasi³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

laluadha89@gmail.com

ABSTRACT

Keywords:

Landslide;
Moisture Content;
Cohesion;
Angle Of Repose;
Shear Strength Of Soil;
Direct Shear Test.

Abstract: Landslides are one of the most frequent natural disasters in Sembalun Subdistrict, East Lombok Regency, due to steep topography, volcanic material, and high rainfall, which increases soil moisture content. Increased moisture content causes a decrease in effective stress, thereby reducing the cohesion (c) and angle of internal friction (ϕ), which leads to a decrease in soil shear strength and an increased risk of landslides. This study aims to analyze the characteristics of landslide soil in Sembalun Bumbung Village and to determine the effect of variations in moisture content on changes in the cohesion (c) and angle of internal friction (ϕ) values. The study employed laboratory methods on landslide soil samples from Sembalun Bumbung Village. The tests included soil physical properties, the Standard Proctor Test to determine the optimum moisture content, and the Direct Shear Test at various moisture contents to determine the cohesion and angle of internal friction. The data were analyzed descriptively to determine the effect of changes in moisture content on the soil's shear strength parameters. The results showed that the soil had a moisture content of 14.27%, a specific gravity of 2.68, a wet bulk density of 1.41 g/cm³, and was classified as SC (Clayey Sand) under the USCS system and A-2-6 under the AASHTO system. An optimum moisture content of 17.53% with a maximum dry bulk density of 1.608 g/cm³ resulted in the highest cohesion of 0.142 kg/cm² and a angle of repose of 33.258°. A gradual increase in moisture content triggers mechanical degradation, from the original condition to 19.294% (cohesion decreased by 18.68%, angle of repose decreased by 0.08%) to 21.048% (cohesion decreased by 9.46%, angle of repose decreased by 6.05%) and up to an extreme moisture content of 43.33% (cohesion decreased by a total of 70.53%, angle of repose decreased by a total of 10.32%). The increase in moisture content was shown to eliminate the binding capacity of the particles and trigger slope instability. These results are expected to serve as a reference for landslide disaster mitigation.

Kata Kunci:

Tanah Longsor;
Kadar Air;
Kohesi;
Sudut Geser;
Kuat Geser Tanah;
Direct Shear Test.

Abstrak: Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, akibat kondisi topografi yang curam, material vulkanik, dan tingginya curah hujan yang meningkatkan kadar air tanah. Peningkatan kadar air menyebabkan penurunan tegangan efektif sehingga nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) berkurang, yang berdampak pada menurunnya kuat geser tanah dan meningkatnya potensi longsor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah longsoran di Desa Sembalun Bumbung serta mengetahui pengaruh variasi kadar air terhadap perubahan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Penelitian menggunakan metode laboratorium terhadap sampel tanah longsoran dari Desa Sembalun Bumbung. Pengujian meliputi sifat fisis tanah, Standard Proctor Test untuk memperoleh kadar air optimum, dan Direct Shear Test pada beberapa variasi kadar air guna menentukan nilai kohesi dan sudut geser. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui pengaruh perubahan kadar air terhadap parameter kuat geser tanah. Hasil penelitian menunjukkan tanah memiliki kadar air 14,27%, berat jenis 2,68, berat isi basah 1,41 g/cm³, serta tergolong SC (Clayey Sand) USCS dan A-2-6 AASHTO. Kadar air optimum 17,53% dengan berat volume kering maksimum 1,608 g/cm³ menghasilkan kohesi tertinggi 0,142 kg/cm² dan sudut geser 33,258°. Peningkatan kadar air secara bertahap memicu degradasi mekanis, dari kondisi asli ke 19,294% (kohesi turun 18,68%, sudut geser turun 0,08%) ke 21,048% (kohesi turun 9,46%, sudut geser 6,05%) hingga kadar air ekstrem 43,33% (kohesi turun total 70,53%, sudut geser turun total 10,32%). Peningkatan kadar air terbukti menghilangkan kapasitas ikat butiran dan memicu ketidakstabilan lereng. Hasil ini diharapkan menjadi acuan mitigasi bencana longsor.

Article History:

Received : 01-10-2026

Accepted : 30-11-2026



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

1. Latar Belakang

Nusa Tenggara Barat, khususnya kawasan berbukit di Kecamatan Sembalun yang berada di lereng Gunung Rinjani, memiliki tingkat kerawanan bencana longsor yang tinggi akibat faktor topografi curam, curah hujan tinggi, dan material geologi berupa hasil pelapukan batuan vulkanik. Bencana longsor seperti kejadian di Jalur Pusuk, Desa Sembalun Bumbung pada Februari 2026 menutup akses jalan utama, menghambat distribusi logistik, serta melumpuhkan perekonomian sektor pertanian dan pariwisata yang menjadi sumber mata pencaharian utama warga. Infiltrasi air hujan yang meresap ke dalam pori-pori tanah meningkatkan kadar air dan tingkat kejenuhan, sehingga menyebabkan tegangan efektif menurun yang berimbas langsung pada berkurangnya kekuatan geser tanah (menurunnya nilai kohesi c dan sudut geser dalam ϕ). Meskipun pengaruh kadar air telah banyak diteliti pada tanah lempung atau tanah timbunan biasa, penelitian ini memiliki kebaruan dengan menjadikan material tanah longsor spesifik dari kawasan vulkanik Sembalun sebagai objek utama untuk dianalisis parameter kuat gesernya menggunakan pengujian Direct Shear Test guna mendukung mitigasi bencana dan investigasi geoteknik.

2. Rumusan Masalah

Pertanyaan penelitian berikut didasarkan pada informasi latar belakang yang diberikan:

- a. Bagaimana karakteristik tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur?
- b. Bagaimana pengaruh variasi kadar air terhadap nilai kohesi (c) pada tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur?
- c. Bagaimana pengaruh variasi kadar air terhadap nilai sudut geser (ϕ) pada tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur?

3. Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan penelitian berdasarkan pertanyaan penelitian:

- a. Menganalisis karakteristik tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur.
- b. Menganalisis pengaruh variasi kadar air terhadap nilai kohesi (c) pada tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur.
- c. Menganalisis pengaruh variasi kadar air terhadap nilai sudut geser dalam (ϕ) pada tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur.

4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut agar lebih terarah dan konsisten dengan tujuannya:

- a. 1. Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan pada area tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur.
- b. 2. Sampel yang digunakan merupakan tanah terganggu (disturbed soil) yang diambil dari lokasi penelitian.
- c. 3. Variasi kadar air pada sampel tanah dibuat sesuai dengan rancangan penelitian di laboratorium.
- d. Pengujian laboratorium yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisis tanah serta pengujian kuat geser langsung (Direct Shear Test) untuk memperoleh nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ).
- e. Penelitian hanya menganalisis pengaruh variasi kadar air terhadap perubahan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), tanpa membahas analisis stabilitas lereng secara numerik maupun desain perkuatan lereng.

5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

a. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi ilmiah mengenai pengaruh variasi kadar air terhadap perubahan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) pada tanah longsor serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang geoteknik.

b. Manfaat Praktis

(1) Bagi pemerintah daerah, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi pendukung dalam upaya mitigasi bencana tanah longsor, khususnya di Kecamatan Sembalun; (2) Bagi praktisi teknik sipil, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi dalam analisis karakteristik tanah dan perencanaan konstruksi pada daerah rawan longsor; dan (3) Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan acuan untuk mengembangkan penelitian mengenai karakteristik mekanik tanah akibat perubahan kadar air.

B. METODE

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar air terhadap penurunan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) pada tanah pasir berlempung di kawasan longsor Sembalun menggunakan hasil uji geser langsung.

2. Lokasi Penelitian

Sampel tanah asli yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan langsung dari Desa Sembalun Bumbung, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi ini dipilih karena kerentanan tanah terhadap variasi kadar air yang disebabkan oleh curah hujan dan faktor lingkungan. Pengujian tambahan terhadap karakteristik mekanik dan fisik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

3. Alat dan Bahan Pengujian Laboratorium

a. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian laboratorium meliputi alat uji geser langsung (Direct Shear Test), timbangan digital, saringan, cawan, spatula, gelas ukur kaca, hidrometer dan tabung ukur, oven laboratorium, piknometer, jangka sorong, alat Casagrande, botol semprot, gelas kaca, alat pemadatan tanah standar (Standard Proctor Compaction Test), baskom pencampur tanah, mesin penggetar, stopwatch, cairan pelarut tanah/waterglass, dan mixer.

b. Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yaitu sampel tanah asli dan air.

c. Tanah Asli

Bahan utama penelitian ini adalah sampel tanah yang diambil langsung dari lokasi penelitian di Desa Sembalun Bumbung, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Setelah diambil, tanah dibawa ke laboratorium untuk dibersihkan dan disiapkan sesuai aturan pengujian. Proses ini dilakukan agar hasil pengujian nanti akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian untuk mengetahui nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Sampel tanah ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel Tanah

d. Air

Air merupakan bahan yang digunakan dalam berbagai pengujian laboratorium tanah. Dalam penelitian ini, air bersih digunakan untuk menambah kadar air pada sampel tanah sesuai yang diinginkan. Penambahan air dilakukan secara bertahap agar campuran tanah dan air dapat tercampur secara merata. Selain digunakan untuk mengatur kadar air sampel, air juga digunakan pada beberapa tahapan pengujian laboratorium, seperti proses pencampuran, pembersihan peralatan, dan pelaksanaan pengujian sifat fisik tanah. Penggunaan air sangat penting untuk menjaga keakuratan hasil pengujian karena air yang tercemar dapat mempengaruhi karakteristik tanah yang diuji. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan air yang digunakan.



Gambar 3. Air

4. Uji Fisik Tanah

Kadar air, berat jenis, berat isi/volume, batas Atterberg, hidrometer, dan analisis ayakan termasuk di antara karakteristik fisik tanah yang diuji.

a. Uji Kadar Air

Alat yang digunakan dalam uji kadar air meliputi oven yang suhunya diatur konstan pada 105°C – 100°C , timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, cawan kadar dan penutup cawan, serta spatula. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan tanah untuk pengujian kadar air. Cawan kosong dibersihkan dan dikeringkan, lalu ditimbang sebagai (w_1). Tanah basah dimasukkan ke dalam cawan kosong yang sudah ditimbang, lalu ditimbang sebagai tanah basah + cawan (w_2). Sampel tanah uji (w_2) kemudian diletakkan di dalam oven dengan suhu yang sudah ditentukan dan didiamkan selama 16 jam sampai 24 jam. Setelah tidak panas, cawan + tanah kering ditimbang sebagai (w_3). Dari data (w_1), (w_2), dan (w_3) tersebut, kadar air dapat dihitung.

b. Uji Berat Isi Tanah

Alat yang digunakan meliputi Sand Cone Set, timbangan digital, oven, jangka sorong, dan sendok. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan tanah yang akan diuji. Cincin uji diambil, dibersihkan, lalu ditimbang beratnya (w_1). Bagian tajam cincin ditempatkan pada permukaan tanah, lalu ditekan secara perlahan hingga seluruh tanah masuk ke dalam cincin. Kedua sisinya dipotong dan diratakan dengan pisau. Apabila ditemukan lubang kecil, dilakukan penambalan menggunakan tanah yang sejenis. Tanah yang menempel di bagian luar cincin dibersihkan, lalu cincin bersama tanah di dalamnya ditimbang. Volume tanah dihitung dengan mengukur dimensi cincin menggunakan ketelitian 0,01 cm.

c. Uji Berat Jenis Tanah

Alat yang digunakan meliputi piknometer, timbangan digital, oven, gelas ukur, thermometer, dan kompor portable. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan sampel tanah untuk pengujian berat jenis tanah. Piknometer kosong ditimbang (w_1). Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam piknometer, lalu ditutup dan ditimbang (w_2). Sebanyak 10 cc air dimasukkan ke dalam piknometer, dipastikan tanah terendam, dan didiamkan selama 2–10 jam. Piknometer diisi air setengah atau $\frac{2}{3}$ penuh, dipastikan tidak ada udara tertinggal. Piknometer dipanaskan sekitar 10 menit. Piknometer diisi air sampai penuh, lalu ditimbang menjadi (w_3). Piknometer dikosongkan dan dibersihkan, lalu diisi dengan air destilasi bebas udara hingga penuh dan ditutup rapat. Bagian luar piknometer dilap dengan kain kering, kemudian piknometer beserta airnya ditimbang (w_4).

d. Uji Hidrometer dan Analisa Saringan

Alat yang digunakan meliputi saringan No. 4 (4,75 mm) sampai No. 200 (0,075 mm), mesin penggetar tanah, timbangan digital, kuas, gelas hidrometer, tabung sedimentasi, alat pengaduk, sodium hexametaphosphate, stopwatch, dan oven.

Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan sampel tanah kering sebanyak 50 gram. Tanah dimasukkan ke dalam gelas berkapasitas 250 ml untuk dicampur dengan larutan sodium hexametaphosphate, lalu didiamkan selama kurang lebih 24 jam. Tanah yang sudah direndam dituang ke dalam cangkir mixer, ditambahkan air sekitar $\frac{2}{3}$ cangkir mixer, lalu diaduk selama 10 menit. Setelah itu, campuran dituang ke dalam gelas hidrometer dan air ditambahkan sampai 1000 ml. Gelas ditutup dengan plastik, lalu digoyangkan bolak-balik arah vertikal selama 1 sampai 2 menit. Tabung sedimentasi diletakkan secara perlahan pada gelas hidrometer. Hidrometer dibaca sesuai ketentuan yang dipakai, lalu disaring menggunakan saringan No. 200. Tanah yang tertinggal dikeringkan di oven, setelah itu dimasukkan ke dalam saringan No. 4 sampai No. 200, kemudian diayak menggunakan mesin penggetar selama 10 menit. Setiap tanah yang tertinggal pada saringan ditimbang.

e. Uji Batas-batas Atterberg

Alat yang digunakan meliputi alat Casagrande untuk menentukan batas cair (liquid limit), alat pembuat alur (grooving tool), pelat kaca sebagai alas pengujian batas plastis, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, oven laboratorium, wadah pencampur sampel, cawan, botol semprot, dan spatula. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan tanah yang sudah kering, kemudian disaring dengan saringan No. 40 (0,425 mm) untuk mengambil butiran tanah yang halus saja. Pada pengujian batas cair, pasta tanah diletakkan pada mangkuk alat Casagrande dan diratakan. Alur lurus dibuat di tengah pasta menggunakan grooving tool. Mangkuk diputar dengan engkol hingga kedua sisi tanah bertemu di dasar alur sepanjang 1 cm. Jumlah ketukan dicatat. Proses ini diulangi dengan kadar air berbeda untuk mendapatkan grafik hubungan jumlah ketukan dan kadar air. Selanjutnya pada pengujian batas plastis, segumpal pasta tanah digulung di atas pelat kaca menggunakan telapak tangan hingga membentuk silinder dengan diameter 3 mm. Jika pada diameter 3 mm tanah mulai retak-retak, itulah titik batas plastisnya. Potongan tanah yang retak tersebut diambil untuk ditimbang beratnya, lalu dioven guna menentukan kadar airnya.

5. Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah meliputi uji pemadatan standar (Standard Proctor Test) dan uji geser langsung (Direct Shear Test).

a. Pemadatan Standar (Standard Proctor Test)

Alat yang digunakan meliputi alat pemadatan standar, spatula, timbangan digital dengan ketelitian 1 gram, oven laboratorium, wadah pencampur sampel, cawan, botol semprot, gelas ukur, dan saringan No. 4. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan sampel tanah kering, kemudian disaring untuk memisahkan kerikil. Tanah ditimbang 2 kg dan dibuat 5 sampel. Setiap bagian sampel tanah dicampur dengan air secara merata di wadah agar mencapai target kadar air yang ditentukan, dari paling kering sampai tanah paling basah, dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar campuran tanah dan air menyatu. Tanah dimasukkan ke dalam cetakan (mold) dengan 3 lapisan yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan cara ditumbuk menggunakan alat penumbuk (hammer) sebanyak 25 kali tumbukan secara merata di seluruh permukaan tanah. Setelah lapisan ketiga selesai, permukaan tanah diratakan dengan spatula agar rata dengan bibir cetakan. Cetakan yang berisi tanah ditimbang untuk mengetahui berat isinya. Sampel tanah diambil sedikit dari bagian tengah untuk dioven, guna mengetahui kadar air aslinya. Hasil data dari seluruh variasi kadar air diplot ke dalam grafik untuk menentukan kandungan air optimum dan berat isi kering maksimum tanah tersebut.

b. Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)

Alat yang digunakan meliputi alat uji geser langsung, spatula, timbangan digital ketelitian 0,01 gram, oven laboratorium, wadah pencampur sampel, cawan, botol semprot, dan gelas ukur. Pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan sampel, kemudian ditimbang sesuai kebutuhan, dan cincin ditimbang menjadi (W1). Jumlah air yang dibutuhkan dihitung berdasarkan kadar air rencana. Tanah dicampur dengan air (aquadest) secara perlahan di dalam wadah, kemudian sampel yang telah dicampur air dipastikan kandungan airnya tersebar merata di setiap butir tanah, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik tertutup selama 12 hingga 24 jam. Tanah yang sudah didiamkan kemudian dimasukkan ke dalam cincin untuk dilakukan pengujian di mesin uji geser. Setiap lapisan dipadatkan hingga mencapai kepadatan yang ditargetkan, permukaan lapisan terakhir diratakan menggunakan spatula, kemudian cincin yang telah terisi tanah ditimbang untuk mengetahui berat tanah basah (W2). Batu pori yang sudah jenuh air diletakkan di bagian bawah dan atas sampel di dalam kotak geser, lalu diberikan beban vertikal (tekanan normal) secara perlahan sesuai dengan tahapan beban yang ditentukan. Angka yang tertera pada dial gauge horizontal (pergeseran) dan proving ring (gaya geser) dicatat pada setiap interval waktu tertentu sampai tanah mengalami patah. Setelah pengujian, tanah dikeluarkan dari kotak untuk ditimbang dan dioven guna mendapatkan kadar air akhir yang sebenarnya. Data pembacaan proving ring diolah menjadi tegangan geser (τ) dan data beban normal menjadi tegangan normal (σ). Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum dibuat untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ).

6. Variabel Penelitian

Bentuk apa pun yang dipilih peneliti untuk diukur, dianalisis, dan disimpulkan dianggap sebagai variabel penelitian. Variabel adalah komponen penting yang membantu temuan penelitian menjadi terukur, dapat diandalkan, dan konsisten. Dua variabel digunakan dalam penelitian ini: variabel bebas dan variabel terikat.

a. Variabel Bebas

Variabel yang sengaja dimodifikasi oleh peneliti untuk mengetahui dampaknya terhadap variabel terikat dikenal sebagai variabel bebas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kadar air pada sampel tanah sebelum dilakukan pengujian kuat geser (Agustina, D. H., & Elfrida, M., 2019).

Tabel 1. Variabel Bebas

No	Variablel	Keterangan
1	Kadar asli	Kadar air alami tanah
2	Variasi OMC -10% OMC (<i>Optimum Moisture Content</i>)	Sampel tanah dengan pengurangan kadar air - 10% OMC
3	Variasi OMC -20% OMC (<i>Optimum Moisture Content</i>)	Sampel tanah dengan pengurangan kadar air - 20% OMC.
4	Tanah OMC (<i>Optimum Moisture Content</i>)	Sampel tanah dengan kadar air Optimum.
5	Variasi OMC +10% OMC (<i>Optimum Moisture Content</i>)	Sampel tanah dengan penambahan kadar air +10% OMC.
6	Variasi OMC +20% OMC (<i>Optimum Moisture Content</i>)	Sampel tanah dengan penambahan kadar air +20% OMC.

b. Variabel Terikat

Pada penelitian ini, variabel terikat didapatkan dari hasil pengujian geser langsung (Direct Shear Test).

Tabel 2. Variabel Terikat

No	Variabel	Satuan	Metode Pengujian
1	Kohesi (c)	Kg/cm ²	<i>Direct Shear Test</i>
2	Sudut geser (ϕ)	°	<i>Direct Shear Test</i>
3	Kuat geser tanah (τ)	Kg/cm ²	<i>Direct Shear Test</i>

Tabel 3. Tahapan Penelitian

No	Tahapan Penelitian	Kegiatan	Output
1	Persiapan	Pengambilan Sampel Tanah	Tanah
2	Pengujian Sifat Fisis tanah	Kadar air, berat isi, berat jenis, batas Atterberg, hidrometer dan saringan.	Data Fisik Tanah
3	Klasifikasi Tanah	Klasifikasi Tanah Metode USCS dan AASHTO	Jenis Tanah
4	Pengujian Pemadatan	Pemadatan Standar	Nilai OMC
5	Pembuatan Sampel Kadar Air	OMC, OMC -10% OMC, OMC -20% OMC, OMC +10% OMC, OMC +20% OMC	Benda Uji <i>Direct Shear</i>
6	Pengujian <i>Direct Shear</i>	Uji Geser Langsung (<i>Direct shear test</i>)	Kohesi dan Sudut Geser
7	Analisis Data	Pengolahan Hasil Pengujian	Kesimpulan

c. Analisis Data

Analisis data merupakan tahap krusial dalam mengolah dan menafsirkan hasil pengujian laboratorium di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar air, berat jenis, berat isi/volume, batas Atterberg, uji pemadatan, dan kekuatan geser. Temuan penelitian berikut akan diperoleh dari analisis hasil pengujian:

Identifikasi jenis tanah dilakukan dengan mengumpulkan data fisik tanah di Desa Sembalun Bumbung, Kabupaten Lombok Timur, Kecamatan Sembalun. Nilai OMC didapatkan dari pengujian pemadatan untuk menjadi acuan variasi kadar air terhadap pengujian geser langsung (Direct Shear Test). Hasil pengujian direct shear test diolah untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah pada masing-masing variasi kadar air. Seluruh data hasil pengujian disusun ke dalam bentuk tabel agar lebih mudah dibaca, dipahami, dan dianalisis. Hubungan antara variasi kadar air dan nilai kuat geser tanah ditampilkan dalam bentuk grafik, sehingga perubahan yang terjadi akibat penambahan kadar air dapat terlihat dengan jelas. Perbandingan terhadap hasil kuat geser pada setiap variasi kadar air dilakukan untuk mengetahui kecenderungan penurunan atau peningkatan nilai kuat geser tanah. Kesimpulan akhir ditarik berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan mengenai pengaruh kadar air terhadap nilai kuat geser tanah.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah

a. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

UJI KADAR AIR TANAH SEMBALUN					
No Cawan			1	2	3
1	2	3	4	5	6
1	Berat Cawan Kosong (W1)	W1 gram	14,60	13,75	13,82
2	Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	W2 gram	37,14	37,51	38,28
3	Berat Cawan + Tanah kering (W3)	W3 gram	34,54	34,42	35,12
4	Berat Air (A) = W2-W3	(W2-W3) gram	2,60	3,09	3,16
5	Berat Tanah Kering (B) = W3-W1	(W3-W1) gram	19,94	20,67	21,30
6	Kadar Air (%)=A/Bx100	%	13,04	14,95	14,84
7	Kadar Air Rata-rata(%)		14,27		

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3.1 diatas sampel tanah bekas longsor dari Lokasi penelitian, menunjukkan nilai antar sampel yang konsisten, yakni pada sampel 1 sebesar 13,04%, sampel 2 sebesar 14,95%, sampel 3 sebesar 14,84%, dengan nilai rata-rata sebesar 14,27%. Nilai kadar air yang rendah ini mengindikasikan bahwa tanah bekas longsor tersebut memiliki daya ikat air yang rendah. Kondisi ini kemungkinan besar disebabkan oleh peristiwa longsor sebelumnya yang membuat struktur tanah terganggu sehingga tidak mampu mengikat air lebih banyak.

b. Pengujian Berat Isi Tanah

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Berat Isi Tanah

No	Nama Pengujian	Satuan	Sample	
			1	2
1	2	3	4	5
1	Berat Cincin	gr	55,76	55,76
2	Berat Cincin + Tanah Basah	gr	143,2	143,71
3	Berat Tanah Basah (w)	gr	87,39	87,95
4	Volume Tanah Basah = Volume Cincin			
	Diameter	cm	6,30	6,30
	Tinggi	cm	2,00	2,00
	Volume (v)	cm³	62,31	62,31
5	Berat Isi Tanah Basah $\gamma_{wet} = \frac{w}{v}$	gr/cm³	1,40	1,41
	Berat Isi Basah Basah Rata-rata	gr/cm³	1,41	
Uji Kadar Air				
6	No Cawan Timbang		1	2
7	Berat Cawan Kosong (W1)	gr	14,91	15,69
8	Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	50,14	50,31
9	Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	45,25	45,65
10	Berat Air (A) = W2-W3	gr	4,89	4,66
11	Beat Kering (B) = W3-W1	gr	30,34	29,96
12	Kadar Air= (A/B)x100%	%	16,12	15,55
13	Kadar Air rata-rata (w)	%	15,84	
14	Berat Isi Tanah Kering $\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{dry}}{(1 + w)}$	gr/cm³	0,75	0,75
15	Berat Isi rata-rata Tanah Kering	gr/cm³	0,75	

Pada pengujian berat isi tanah didapatkan berat isi tanah basah rata-rata (γ_{wet}) sebesar 1,41 gr/cm³, dan berat isi tanah kering rata-rata (γ_{dry}) sebesar 0,75 gr/cm³, dan menunjukkan kadar air rata-rata sebesar 15,84%.

c. Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

UJI BERAT JENIS TANAH SEMBALUN				
No	Keterangan	Satuan	Sample	
a	b	c	d	e
1	Piknometer no		BT 1	BT 2
2	Massa Piknometer (W1)	gram	23,37	25,56
3	Massa Piknometer + Tanah (W2)	gram	44,59	45,91
4	Massa Piknometer + Tanah + Air (W3)	gram	83,93	82,31
5	Massa Piknometer + Air (W4)	gram	70,72	69,45
6	Temperatur	°C	28	28
7	A = W2-W1	gram	21,22	20,35
8	B = W3-W4	gram	13,21	12,86
9	C = A-B	gram	8,01	7,49
10	Berat Jenis, G1 = A/C		2,65	2,72
11	Rata-rata G1		2,68	

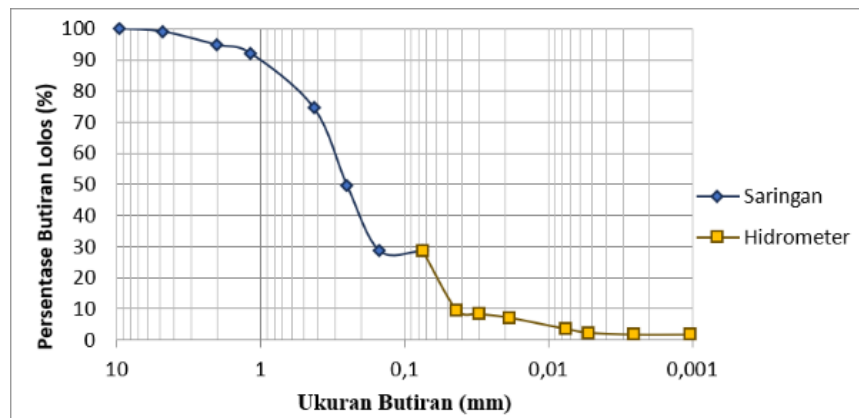
Berdasarkan data hasil pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap dua sampel tanah, diperoleh nilai rata-rata berat jenis tanah G_s sebesar 2,68. Nilai ini merupakan rasio perbandingan antara berat volume butiran padat tanah dengan berat volume air pada suhu standar 28°. Angka 2,68 yang didapatkan ini menjadi indikator penting dalam

mengidentifikasi karakteristik massa padat tanah yang diteliti. Nilai berat jenis ini memegang peranan krusial dalam perhitungan geoteknik lanjutan, seperti penentuan angka pori (*void ratio*), derajat kejenuhan, serta analisis pemadatan.

d. Pengujian Ayakan dan Hidrometer

Tabel 7. Data Hasil Gabungan Analisis Saringan dan Hidrometer

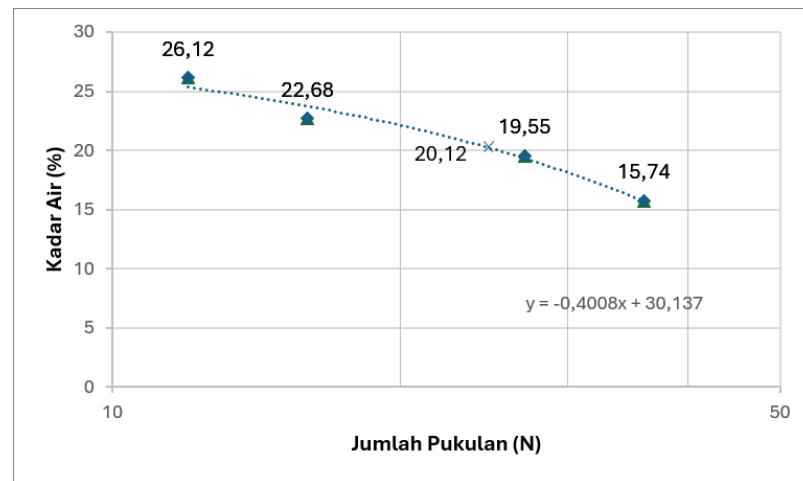
No Saringan	Diameter lubang	% Butiran yang lolos
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
3/8	9,5	100
4	4,75	99,10
10	2	94,82
20	1,18	92,24
40	0,425	74,62
60	0,25	49,74
140	0,15	28,92
200	0,075	28,68
Hidrometer	0,043	9,64
	0,030	8,43
	0,019	7,23
	0,008	3,61
	0,005	2,41
	0,003	1,81
	0,001	1,81



Gambar 4. Distribusi Ukuran Butiran Saringan Hidrometer

Pada pengujian analisis saringan pada table 3.4 diatas menunjukkan bahwa nilai berat butir yang tertinggal pada saringan no.200 sebesar 70,53% sedangkan persentase lolos saringan no.200 sebesar 28,68%, tabel lengkap hidrometer dan gradasi dapat dilihat pada lampiran.

e. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)



Gambar 5. Grafik Hubungan Batas Cair

Berdasarkan hasil pengujian, pengujian dilakukan pada empat variasi jumlah pukulan, yaitu 12, 16, 23, dan 32 pukulan. Nilai kadar air rata-rata yang diperoleh masing-masing sebesar 26,12%, 22,68%, 19,55%, dan 15,74%, Didapatkan besar nilai LL = 20,12%.

f. Pengujian Batas Plastis (*Plastis Limit*)

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Batas Plastis

Batas Plastis / <i>Plastic Limit</i>			
No Cawan		1	2
<i>I</i>	2	3	4
Berat Cawan(W1)	gr	13,83	14,95
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	34,67	35,70
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	32,53	33,67
Berat Tanah Kering B = (W3-W1)	gr	18,70	18,72
Berat Air A = (W2-W3)	gr	2,14	2,03
Kadar Air (A/B) x 100%	%	11,44	10,84
Kadar Air Rata-Rata(WC)	%	11,14	
Batas Plastis =		11,14	

Berdasarkan Tabel 3.5 hasil pengujian batas plastis (*Plastic Limit*) pada sampel tanah yang berasal dari Desa Sembalun Bumbung menunjukkan nilai batas plastis sebesar 11,14%. Nilai tersebut menunjukkan kadar air saat tanah mulai berubah dari kondisi plastis menjadi semi padat. Hasil ini mengindikasikan bahwa tanah di lokasi penelitian masih memiliki sifat plastis yang cukup baik, sehingga mampu mengalami perubahan bentuk sebelum mengalami retak. Nilai batas plastis ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan indeks plastisitas dan klasifikasi tanah

g. Indeks Plastisitas (*Plasticity Indeks*)

Tabel 9. Data Hasil Indeks Plastisitas

NILAI INDEKS PLASTISITAS		
NO	KETERANGAN	Tanah
1	Nilai LL (%)	20,12
2	Nilai PL (%)	11,14
3	Nilai IP (indeeks Plastisitas) (%) = (LL-PL)	8,97

h. Klasifikasi Tanah

1) Sistem Klasifikasi AASHTO

Tanah ini diklasifikasikan ke kelompok A-2-6 sistem klasifikasi AASHTO, hal ini didasarkan pada karakteristiknya yang bersifat plastisitas rendah dengan nilai *indeks plastisitas* (PI)

sebesar 8,97 serta dominasi fraksi berbutir kasar yang didominasi oleh material pasir berlempung. Karakteristik fisik yang demikian mengindikasikan bahwa tanah tersebut memiliki tingkat permeabilitas yang relatif baik, sehingga memudahkan drainase air di dalam pori-pori tanah, serta menunjukkan bahwa stabilitas mekanisnya sangat baik, dengan mengandalkan sifat kohesif atau daya ikat lempung yang biasanya ditemukan pada tanah berbutir halus.

2) Sistem Klasifikasi USCS

Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa klasifikasi USCS mengenai sampel tanah sembalun yaitu SC (Clayey Sand) dengan nilai Indeks Plastisitas (PI) 8,97.

Tabel 10. Perbandingan Sistem AASHTO dengan USCS

Kelompok tanah AASHTO	Kelompok Tanah Yang Sebanding Dalam Sistem Unified		
	Sangat Mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A-3	SP	-	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, SM, GM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

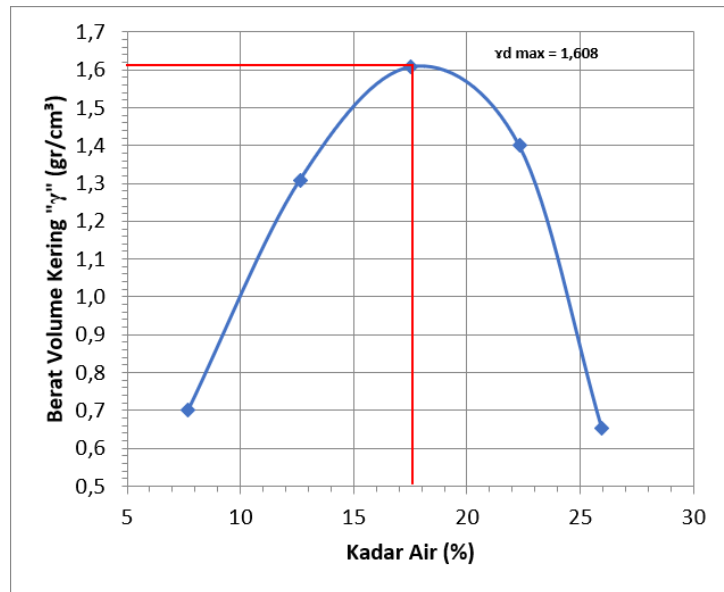
Berdasarkan hasil pengujian diatas maka tanah diklasifikasikan sebagai SC (Clayey Sand) dengan nilai Indeks Plastisitas (PI) 8,97 menurut klasifikasi USCS dan A-2-6 menurut klasifikasi AASHTO. Karakteristik ini menjelaskan mengapa tanah memiliki sudut geser internal yang cukup tinggi namun kohesi yang relatif rendah, karena kekuatan tanah lebih dominan berasal dari gesekan antar butir pasir daripada kohesi lempung.

i. Pengujian Pemadatan Standar (*Standar Proctor*)

Uji pemadatan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentuka hubungan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum (γ_{dmax}), pengujian ini dilakukan menggunakan cetakan mol dengan volume 922,89 cm³, dengan penumbuk seberat 2 kg. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada table dan gambar dibawah ini.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pemadatan Standar

No	Kadar Air Rata-Rata %	Berat Volume Kering (γ_d) (gr/cm ³)
1	7,69	0,700
2	12,63	1,309
3 (Optimum)	17,53	1,608
4	22,31	1,401
5	25,97	0,654



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Air Optimum Dengan Berat Volume Tanah Kering

Dari analisis fisik kurva pemadatan pada puncak tertinggi grafik menentukan nilai Berat Volume Kering Maksimum tanah Sembalun, yaitu 1,608 gr/cm³. Kerapatan massa terbesar terjadi tepat saat kadar air mencapai Optimum Moisture Content (OMC), yaitu 17,53%, sesuai puncak grafik pemadatan. Grafik ini memperlihatkan bahwa saat air ditambahkan, berat volume kering awalnya naik. Air bertindak seperti pelumas, sehingga partikel tanah bisa bergerak dan saling mengisi lebih rapat. Tapi setelah melewati titik optimum itu, menambah air malah membuat berat volume kering turun tajam, karena air mulai mengisi pori-pori yang seharusnya ditempati butiran padat tanah.

2. Variasi Kadar Air

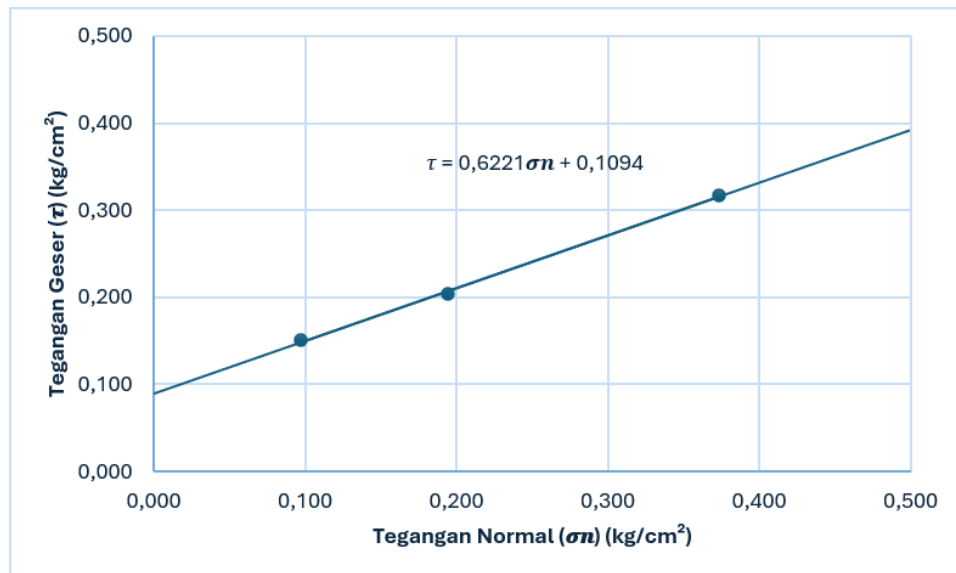
Pada penelitian ini ada 4 variasi kadar air yang akan diuji untuk pengujian geser langsung (Direct Shear Test), diantaranya OMC -10% OMC, OMC -20 OMC%, OMC, OMC +10% OMC, dan OMC +20% OMC. Dari OMC 17,53% masing-masing dikalikan dengan persen variasi kadar air.

a. Pengujian Geser Langsung (Direct Shear Test)

Pengujian ini dilakukan untuk membahas secara mendalam bagaimana nilai kuat geser tanah Sembalun menurun ketika kadar airnya meningkat. Di laboratorium, pengujian mekanis dilakukan dengan metode Direct Shear Test (uji geser langsung). Ringkasan angka tentang turunnya nilai kohesi nominal (c) dan sudut geser (ϕ) karena kenaikan persentase kadar air.

b. Hubungan Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ)

Berdasarkan hubungan Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ) terlihat bahwa semakin besar tegangan normal (σ_n) yang diberikan pada benda uji, maka semakin besar pula tegangan geser (τ) yang dapat ditahan oleh tanah. Hal ini ditunjukkan oleh garis yang membentuk hubungan linier dengan persamaan $\tau = 0,6221\sigma_n + 0,1094$, yang berarti setiap kenaikan tegangan normal akan diikuti oleh peningkatan tegangan geser. Nilai 0,6221 menunjukkan besarnya pengaruh tegangan normal terhadap tegangan geser, sedangkan nilai 0,1094 kg/cm² merupakan kohesi tanah yang masih dimiliki meskipun tanpa adanya tegangan normal. Contoh perhitungan dilakukan pada gambar 3.4 Hubungan Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ) Pada Sampel OMC -20% OMC dengan memasukkan nilai tegangan normal ke dalam persamaan tersebut. pada $\sigma_n 1 = 0,097$ kg/cm² diperoleh nilai $\tau = (0,6221 \times 0,097) + 0,1094 = 0,151$ kg/cm². Selanjutnya, pada $\sigma_n 2 = 0,194$ kg/cm² diperoleh $\tau = 0,203$ kg/cm², sedangkan pada $\sigma_n 3 = 0,373$ kg/cm² diperoleh $\tau = 0,317$ kg/cm². Perhitungan tersebut dilakukan juga untuk sampel lainnya dan gambar grafik hubungan Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ) pada berbagai variasi kadar air dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Hubungan Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ) pada Sampel Tanah OMC -20% OMC

Untuk data berikutnya disajikan dalam tabel dibawah ini.

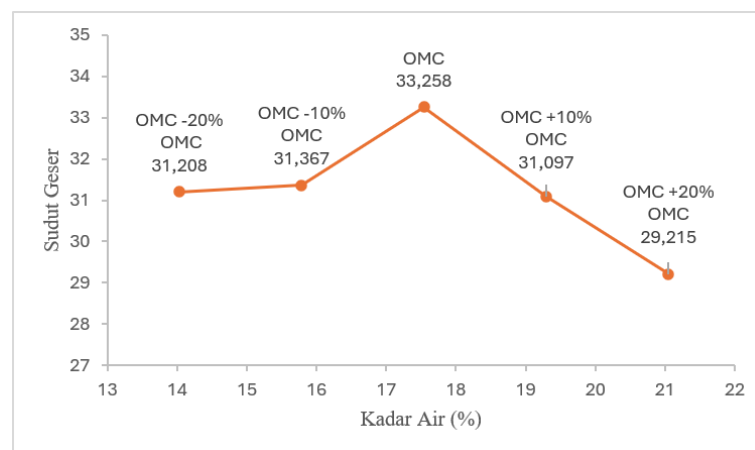
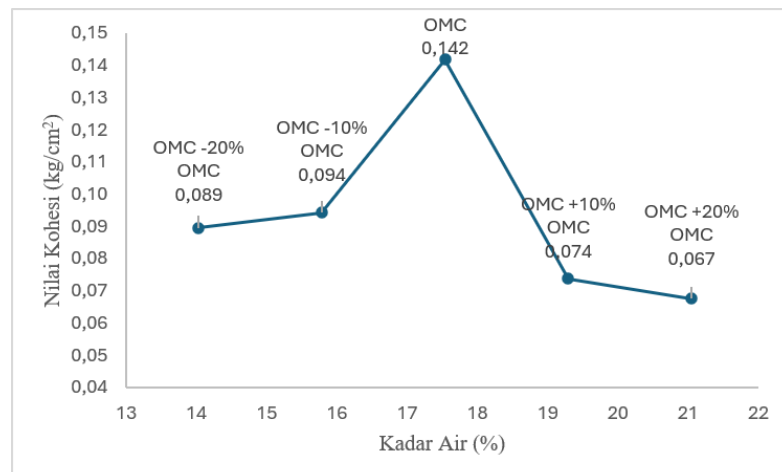
Tabel 12. Rekapitulasi Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ)

Sampel	Beban	Koreksi Beban	Tegangan Normal	Tegangan Geser
Tanah OMC -20% OMC	1	3.733 kg	0,097	0,151
	2	7.466 kg	0,194	0,203
	3	14.358 kg	0,373	0,317
Tanah OMC -10% OMC	1	3.733 kg	0,097	0,155
	2	7.466 kg	0,194	0,209
	3	14.358 kg	0,373	0,323
Tanah OMC	1	3.733 kg	0,097	0,209
	2	7.466 kg	0,194	0,263
	3	14.358 kg	0,373	0,389
Tanah OMC +10% OMC	1	3.733 kg	0,097	0,144
	2	7.466 kg	0,194	0,173
	3	14.358 kg	0,373	0,305
Tanah OMC +20% OMC	1	3.733 kg	0,097	0,120
	2	7.466 kg	0,194	0,179
	3	14.358 kg	0,373	0,275

c. Analisis Nilai Kohesi (c) Dan Sudut Geser (ϕ)

Tabel 13. Rekapitulasi Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Variasi Kadar Air

Kode Sampel	Kadar Air Pengujian (%)	Nilai Kohesi (c)	Sudut Geser (ϕ) (°)	Keterangan Kondisi Sampel
Variasi 1 OMC -20% OMC	14,032	0,089	31,208	Tanah OMC -20% OMC
Variasi 2 OMC -10% OMC	15,79	0,094	31,367	Tanah OMC -10% OMC
OMC	17,54	0,142	33,258	Tanah OMC
Variasi 3 OMC +10% OMC	19,29	0,074	31,097	Tanah OMC +10% OMC
Variasi 4 OMC +20% OMC	21,048	0,067	29,215	Tanah OMC +20% OMC

**Gambar 9.** Grafik Korelasi Peningkatan Kadar Air terhadap Degradasi Sudut Geser (ϕ) pada Tanah Sembalun**Gambar 10.** Grafik Korelasi Peningkatan Kadar Air terhadap Degradasi Nilai Kohesi (c) pada Tanah Sembalun

Berdasarkan hasil analisis data laboratorium yang telah dilakukan, terlihat adanya perubahan nilai kohesi (c) yang dipengaruhi oleh kadar air dalam tanah, di mana perubahan tersebut tidak bersifat linear melainkan mengikuti pola kenaikan hingga mencapai titik puncak (optimum) sebelum akhirnya mengalami penurunan. Pada tahapan awal penelitian, peningkatan kadar air dari OMC -20% OMC ($0,089 \text{ kg/cm}^2$) ke OMC -10% OMC ($0,094 \text{ kg/cm}^2$) menunjukkan tren kenaikan nilai kohesi sebesar 5,62%, yang mengindikasikan bahwa pada rentang kadar air tersebut, penambahan air masih membantu proses pemadatan dan pembentukan ikatan antarpartikel tanah menjadi lebih rapat. Tren positif ini terus berlanjut dan bahkan melesat secara signifikan saat kadar air meningkat dari OMC -10% OMC ($0,094 \text{ kg/cm}^2$) menuju kondisi OMC ($0,142 \text{ kg/cm}^2$), di mana terjadi kenaikan nilai kohesi sebesar 51,06%, yang membuktikan bahwa pada kondisi Optimum Moisture Content, tanah mencapai titik kepadatan dan interaksi antarpartikel yang paling ideal untuk menahan beban geser. Namun, kondisi stabilitas ini berbalik secara ekstrem tepat setelah melewati batas optimum, di mana infiltrasi air lebih lanjut mulai merusak mekanisme ikat antarbutir tanah. Hal ini terlihat nyata saat kadar air meningkat dari kondisi OMC ($0,142 \text{ kg/cm}^2$) ke OMC +10% OMC ($0,074 \text{ kg/cm}^2$), yang menyebabkan penurunan nilai kohesi sebesar 47,89%, menandakan bahwa kelebihan air mulai mengisi pori-pori tanah dan menekan kekuatan struktur internal tanah secara signifikan.

Penurunan kekuatan ini terus berlanjut meski dengan laju yang sedikit melambat, yaitu saat kadar air meningkat dari OMC +10% OMC ($0,074 \text{ kg/cm}^2$) ke OMC +20% OMC ($0,067 \text{ kg/cm}^2$) yang menghasilkan penurunan tambahan sebesar 9,46. Nilai sudut geser (ϕ) juga mengalami perubahan akibat variasi kadar air, dengan pola yang meningkat hingga mencapai kondisi optimum (OMC) kemudian menurun setelah melewati kondisi tersebut. Pada tahap awal, peningkatan kadar air dari OMC -20% OMC ($31,208^\circ$) ke OMC -10% OMC ($31,367^\circ$) menyebabkan kenaikan sudut geser sebesar 0,51%, yang menunjukkan bahwa penambahan kadar air masih meningkatkan kontak antarbutir tanah. Selanjutnya, saat kadar air meningkat dari OMC -10% OMC ($31,367^\circ$) menuju OMC ($33,258^\circ$), nilai sudut geser meningkat sebesar 6,03%, sehingga pada kondisi OMC tanah memiliki kemampuan maksimum dalam menahan gaya geser. Setelah melewati kadar air optimum, peningkatan kadar air dari OMC ($33,258^\circ$) ke OMC +10% OMC ($31,097^\circ$) menyebabkan penurunan sudut geser sebesar 6,50%, kemudian kembali menurun menjadi $29,215^\circ$ pada OMC +20% OMC atau turun sebesar 6,05%. Hasil ini menunjukkan bahwa sudut geser maksimum dicapai pada kondisi kadar air optimum, sedangkan kelebihan kadar air mengurangi gesekan antarpartikel tanah sehingga menurunkan kuat geser tanah dan meningkatkan potensi terjadinya longsor.

d. Perubahan Parameter Kuat Geser Akibat Peningkatan Kadar Air Sampai Mencapai Kondisi Longsor

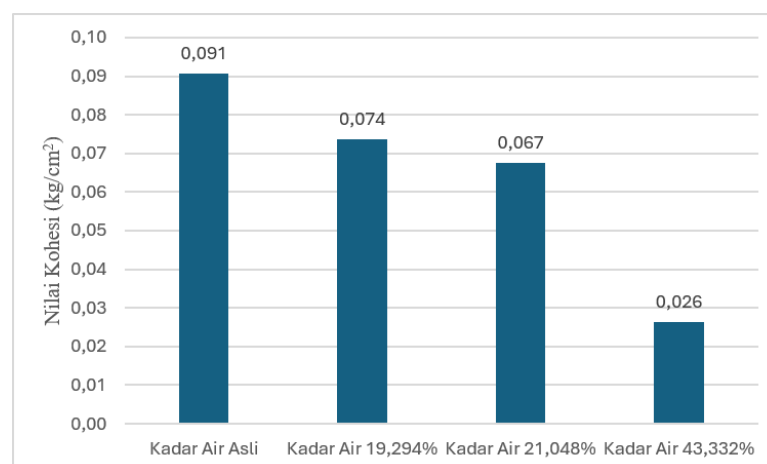
Pada bagian ini, dilakukan analisis terhadap nilai parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), yang diperoleh dari hasil pengujian Direct Shear sampel dengan kadar air pada kondisi mencapai longsoran kadar air sebesar 43,33%. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana peningkatan kadar air mempengaruhi parameter kuat geser tanah yang menjadi pemicu utama ketidakstabilan lereng. Diharapkan dapat diketahui pada rentang kadar air berapa tanah mencapai yang menyebabkan hilangnya kekuatan geser tanah secara signifikan.

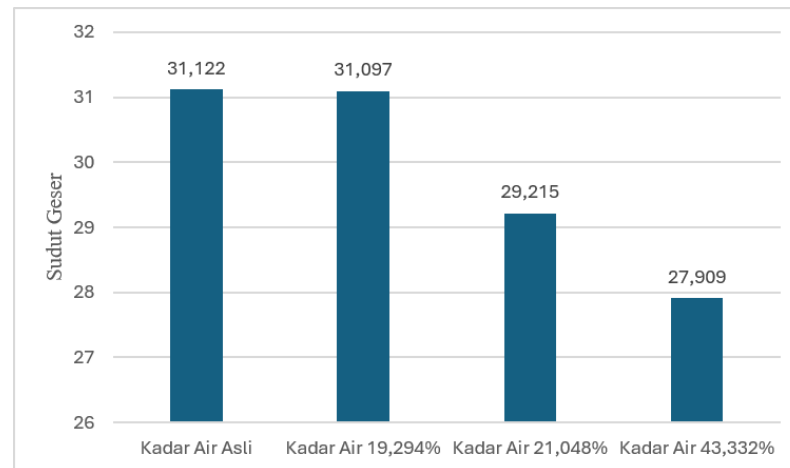
Tabel 14. Rekapitulasi Tegangan Normal (σ_n) terhadap Tegangan Geser (τ) akibat Peningkatan Tanah Kadar Air

Sampel	Beban	Koreksi Beban	Tegangan Normal	Tegangan Geser
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
TANAH ASLI	1	3.733 kg	0,097	0,152
	2	7.466 kg	0,194	0,203
	3	14.358 kg	0,373	0,317
Kadar Air 19,294%	1	3.733 kg	0,097	0,144
	2	7.466 kg	0,194	0,173
	3	14.358 kg	0,373	0,305
Kadar Air 21,048%	1	3.733 kg	0,097	0,120
	2	7.466 kg	0,194	0,179
	3	14.358 kg	0,373	0,275
Kadar Air 43,332%	1	3.733 kg	0,097	0,084
	2	7.466 kg	0,194	0,120
	3	14.358 kg	0,373	0,227

Tabel 15. Rekapitulasi Nilai Kohesi Dan Sudut Geser akibat Peningkatan Kadar Air Mendekati Longsoran

Kode sampel tanah	Hasil uji <i>direct shear</i>	
	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut geser (°)
Kadar Air Asli	0,093	31,122
Kadar Air 19,294%	0,074	31,097
Kadar Air 21,048%	0,067	29,215
Kadar Air 43,332%	0,026	27,909

**Gambar 11.** Grafik Korelasi Peningkatan Kadar Air dan Kadar Air Kondisi Kritis Terhadap Degradasi Sudut Geser (ϕ) pada Tanah Sembalun



Gambar 12. Grafik Korelasi Peningkatan Kadar Air Terhadap Degradasi Nilai Kohesi (c) pada Tanah Sembalun

Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan kadar air secara bertahap dari kondisi asli memicu degradasi mekanis pada tanah. Dari kondisi Kadar Air Asli ke kadar air 19,294%, nilai kohesi turun sebesar 18,68% dan sudut geser turun 0,08%; kemudian berlanjut pada kenaikan kadar air 21,048% yang menurunkan kohesi sebesar 9,46% dan sudut geser sebesar 6,05%. Puncaknya pada kadar air ekstrem 43,332%, nilai kohesi merosot tajam sebesar 61,19% dari tahap sebelumnya (atau turun total 71,43% dari kondisi awal) dan sudut geser mengalami penurunan lanjutan sebesar 4,47% dari tahap sebelumnya (atau total turun 10,32% dari kondisi awal), yang menegaskan bahwa kejenuhan air secara drastis menghilangkan kapasitas ikat butiran tanah dan memicu ketidakstabilan lereng. kejenuhan air menjadi faktor determinan yang menghilangkan kapasitas ikat butiran tanah, sehingga memicu ketidakstabilan lereng yang berujung pada peristiwa longsor.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data uji laboratorium yang diteliti mengenai dampak kadar air terhadap penurunan kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) pada tanah longsor Sembalun, dapat disimpulkan hal-hal berikut: Penilaian sifat fisik tanah longsor di Desa Sembalun Bumbung menunjukkan kadar air alami sebesar 14,27%, berat isi basah sebesar 1,41 g/cm³, berat jenis (Gs) sebesar 2,68, dan didominasi fraksi pasir sebesar 70,53%. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah termasuk SC (Clayey Sand), sedangkan menurut AASHTO termasuk kelompok A-2-6. Hasil pengujian pemadatan standar menunjukkan kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) sebesar 17,53% dengan berat volume kering maksimum sebesar 1,608 g/cm³. Variasi kadar air berpengaruh terhadap nilai kohesi (c) tanah longsor. Nilai kohesi tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum sebesar 17,53%, yaitu 0,142 kg/cm². Seiring dengan meningkatnya kadar air hingga 21,048% dan mencapai kondisi kritis 43,33%, nilai kohesi mengalami penurunan berturut-turut menjadi 0,067 kg/cm² dan 0,026 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar air menyebabkan berkurangnya ikatan antarpartikel tanah sehingga kemampuan tanah dalam menahan gaya geser semakin menurun. Variasi kadar air juga berpengaruh terhadap nilai sudut geser (ϕ) tanah longsor. Nilai sudut geser tertinggi diperoleh pada kadar air optimum sebesar 33,258°, kemudian menurun menjadi 29,215° pada kadar air 21,048%, dan mencapai 27,909° pada kondisi kadar air kritis sebesar 43,33%. Penurunan nilai sudut geser menunjukkan bahwa peningkatan kadar air mengurangi gaya gesek antarbutir tanah, sehingga kuat geser tanah semakin rendah dan potensi terjadinya longsor semakin besar.

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai analisis stabilitas lereng menggunakan parameter kuat geser yang telah didapatkan agar dapat mengetahui faktor keamanan (Safety Factor) lereng pada kondisi kadar air kritis. Mengingat tanah di kawasan Sembalun sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, disarankan untuk melakukan perbaikan sistem drainase pada area lereng guna mencegah infiltrasi air hujan yang berlebihan ke dalam tanah yang dapat memicu longsor. Dalam merencanakan pembangunan infrastruktur di kawasan Sembalun, disarankan untuk tidak hanya mengacu pada kondisi tanah kering, tetapi harus mempertimbangkan kondisi kadar air jenuh

(kondisi terburuk) dalam analisis stabilitas lereng agar bangunan lebih aman. Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan menambahkan upaya perkuatan lereng atau penggunaan material perbaikan tanah untuk mengetahui metode mitigasi yang paling efektif pada jenis tanah berpasir non-plastis di lokasi tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- AASHTO. (1978). *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing* (12th ed.). Washington, D.C., USA.
- Agustina, D. H., & Elfrida, M. (2019). Pengaruh perubahan kadar air terhadap kekuatan geser tanah lempung. *SIGMA TEKNIKA*, 2(1), 115–122. <https://doi.org/10.33373/sigma.v2i1.1935>
- Amalia, G., Minaka, U. S., & Aprilianda, A. (2025). Karakteristik parameter kuat geser tanah pada lereng akibat perubahan kadar air tanah. *Jurnal Teknik Sipil*, 21(1), 174–188. <https://doi.org/10.28932/jts.v21i1.7509>
- Anggraini, M., Haris, V. T., & Saleh, A. (2023). Kuat geser tanah timbunan akibat perubahan kadar air. *SAINSTEK*, 11(2), 128–134. <https://doi.org/10.35583/js.v11i2.209>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2025). *Data Bencana Indonesia 2024* (Vol. 3). Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan, BNPB (NTB).
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1743:2008: Cara uji kepadatan berat untuk tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1964:2008: Cara uji berat jenis tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1965:2008: Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1966:2008: Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1967:2008: Cara uji penentuan batas cair tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 3423:2008: Cara uji analisis ukuran butir tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 3420:2017: Metode uji kuat geser langsung (Direct Shear Test) tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase di laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soils* (2nd ed.). New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Craig, R. F. (2004). *Craig's Soil Mechanics* (7th ed.). London, England: Spon Press.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah: Jilid 1* (N. Endah & I. B. Mochtar, Penerj.). Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Boston, MA, USA: Cengage Learning.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering* (9th ed.). Boston, MA, USA: Cengage Learning.
- Erdawaty, Rachim, F., Utanaka, A., Mahyuni, E. T., Taliding, T. U., Basri, M. S., Budhi, W. S., Mursalim, & Mahyuddin. (2024). *Mekanika tanah untuk teknik*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Gilson Co. (n.d.). Proctor compaction test: A basic guide. <https://www.globalgilson.com/blog/proctor-compaction-test-guide>
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika tanah 1* (Ed. 7). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Iskandar, R. M., Djoeddawi, A. A., Karim, A., Alifuddin, A., & Maruddin. (2022). Pengujian kuat geser tanah dengan metode langsung (Direct Shear) terhadap perubahan persentase kadar air. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(2), 149–155. <https://doi.org/10.33096/qnnnhg81>
- Kurnia, D., & Sarie, F. (2022). Pengaruh penambahan air terhadap kuat geser dan daya dukung tanah lempung. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 202–212. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6427>
- Pujiastuti, H., Fitrayudha, A., Hidayati, N., Hafiz, S., & Bandu, A. R. (2025, June). Analisis perilaku kuat geser tanah pasir berlempung yang distabilisasi dengan serat polypropylene daur ulang pada kondisi kadar air berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 337–345). <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/5621>

- Pujiastuti, H., Hamdani, H., & Jaelani, A. K. (2023, May). Karakteristik kuat geser material random tanah Bendungan Meninting dengan energi kompaksi yang bervariasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 315–319). <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/2727>
- Rahim, A., & Lenggu, J. C. A. L. (2024). Analisa kuat geser tanah pada lokasi Km 9 Kampung Kadun Jaya menggunakan alat uji geser langsung (Direct Shear). *Jurnal Teknik AMATA*, 5(2), 85–89. <https://doi.org/10.55334/jtam.v5i2.229>
- Saragih, S. (2012). *Mekanika tanah* [PowerPoint slides]. SlideShare. <https://www.slideshare.net/slideshow/mechanika-tanah/14485628>
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika tanah 1* (Ed. 7). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sitompul, E. P., & Desiani, A. (2025). Analisis interaksi tanah-geofom terhadap parameter kuat geser tanah. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 8(1), 253–262. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i1.31934>