

**EVALUASI EFEKTIVITAS PENAMBAHAN POLIMER DAN BIOPOLIMER TERHADAP TANAH
LEMPUNG BERENG BENGKEL DITINJAU DARI KEKUATAN GESER TANAH**

***EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF POLYMER AND BIOPOLYMER ADDITIVES ON
CLAY IN TERMS OF SOIL SHEAR STRENGTH***

Rizkan Maulidi Ansyari^{*1}, Amelia Faradila², Noviyanthi Handayani³ dan Norseta Ajie Saputra⁴

^{1,2,3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya
Korespondensi: rizkanmaulidi@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung memiliki karakteristik plastisitas tinggi dan kekuatan geser yang rendah, sehingga sering menjadi tantangan dalam proyek konstruksi, terutama di wilayah dengan kadar air tinggi seperti Kecamatan Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya. Untuk mengatasi permasalahan ini, polimer dan biopolimer telah digunakan sebagai bahan stabilisasi yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan geser tanah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan polimer dan biopolimer terhadap parameter mekanik tanah lempung, khususnya kohesi (CC) dan sudut geser dalam (ϕ). Eksperimen laboratorium dilakukan dengan mengacu pada SNI 2825:2015 untuk uji geser langsung. Sampel tanah lempung diambil dari Bereng Bengkel penelitian dan dicampur dengan polimer (poliakrilamida) dan biopolimer (*xanthan gum*) dalam konsentrasi 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0%. Parameter kekuatan geser dianalisis untuk menentukan efektivitas setiap bahan stabilisasi, dengan konsentrasi optimal ditentukan berdasarkan nilai kohesi dan sudut geser dalam maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penambahan polimer bisa meningkatkan kohesi hingga 70% dan sudut geser dalam hingga 130% pada konsentrasi 1,0% hingga 1,5%, sementara biopolimer bisa meningkatkan kohesi hingga 39% dan sudut geser dalam hingga 313% pada konsentrasi 1,0% hingga 2% lebih tinggi dari nilai awal. Hasil ini menunjukkan bahwa stabilisasi tanah dengan polimer dan biopolimer meningkatkan kekuatan geser tanah Bereng Bengkel secara signifikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi bahan stabilisasi yang optimal dapat secara signifikan meningkatkan sifat mekanik tanah lempung dan membuka peluang penelitian lanjutan dengan bahan aditif lain seperti kapur atau semen.

Kata Kunci: Stabilisasi, polimer, biopolimer, kekuatan geser, lempung.

ABSTRACT

Clay soil has high plasticity and low shear strength characteristics, making it a challenge in construction projects, especially in areas with high water content, such as Bereng Bengkel District, Palangkaraya City. To address this issue, polymers and biopolymers have been used as stabilization materials to enhance the shear strength of the soil. This study aims to evaluate the effect of adding polymers and biopolymers on the mechanical parameters of clay soil, particularly cohesion (CC) and internal friction angle (ϕ). Laboratory experiments were conducted following SNI 2825:2015 standards for direct shear testing. Clay soil samples

were collected from Bereng Bengkel and mixed with polymer (polyacrylamide) and biopolymer (xanthan gum) at concentrations of 0.5%, 1.0%, 1.5%, and 2.0%. Shear strength parameters were analyzed to determine the effectiveness of each stabilization material, with the optimal concentration determined based on maximum cohesion and internal friction angle values. The results showed that the addition of polymer could increase cohesion by up to 70% and the internal friction angle by up to 130% at concentrations of 1.0% to 1.5%, while biopolymers could increase cohesion by up to 39% and the internal friction angle by up to 313% at concentrations of 1.0% to 2%, compared to the initial values. These findings indicate that soil stabilization with polymers and biopolymers significantly improves the shear strength of Bereng Bengkel soil. The study concludes that the optimal combination of stabilization materials can significantly enhance the mechanical properties of clay soil and opens opportunities for further research with other additive materials such as lime or cement.

Keywords: *Stabilization, polymer, biopolymer, shear strength, clay.*

PENDAHULUAN

Stabilisasi tanah adalah teknik penting dalam geoteknik untuk meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah, khususnya tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi, daya dukung rendah, dan rentan terhadap perubahan kadar air. Tanah lempung menjadi tantangan besar dalam proyek konstruksi karena sifat mekaniknya yang tidak stabil, terutama saat basah. Penggunaan polimer dan biopolimer sebagai bahan stabilisasi telah menjadi salah satu solusi yang efektif. Polimer, seperti poliakrilamida, mampu memperkuat struktur tanah dengan membentuk ikatan antar partikel, meningkatkan kekuatan geser tanah hingga 30-40% (Wulandari et al., 2023). Sementara itu, biopolimer, seperti xanthan gum dan lignin, tidak hanya meningkatkan kekuatan geser tanah hingga 25-35% (Lestari et al, 2023) tetapi juga menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini berfokus pada evaluasi efektivitas penambahan polimer dan biopolimer pada tanah lempung di Kecamatan Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya, untuk memahami pengaruhnya terhadap kekuatan geser tanah serta membandingkan keunggulan dan kelemahan masing-masing bahan stabilisasi. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi optimal untuk stabilisasi tanah yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan dapat diterapkan pada daerah lain dengan karakteristik tanah serupa. Penelitian ini bertujuan antara lain:

1. Mengetahui perubahan kekuatan geser tanah lempung akibat penambahan polimer dan biopolimer.
2. Mengetahui efektivitas polimer dan biopolimer terhadap kekuatan geser tanah

lempung.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Mekanik dan Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung terdiri dari partikel kecil berukuran kurang dari 2 mikrometer dengan sifat elektrokimia yang aktif (Santosa et al, 2019). Mineral seperti *kaolinit*, *illit*, dan *montmorillonit* memiliki struktur berlapis yang memungkinkan penyerapan air dalam jumlah besar, menyebabkan plastisitas tinggi (Wulandari et al., 2023). *Montmorillonit* memiliki kapasitas ekspansi tinggi yang dapat memicu perubahan volume signifikan, sering kali menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan atau jalan (Rahman et al, 2023). Sebaliknya, *kaolinit* lebih stabil dengan sifat ekspansi rendah, namun daya dukungnya tetap terbatas dibandingkan jenis mineral lainnya.

Kekuatan geser tanah lempung dipengaruhi oleh kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), yang bergantung pada kadar air, tekstur mineral, kepadatan, tekanan vertikal, dan kandungan organik. Faktor-faktor ini menentukan resistensi tanah terhadap pergeseran, dengan kadar air menjadi pengaruh utama yang menurunkan kekuatan geser.

Kekuatan geser tanah dapat diuji menggunakan metode uji geser langsung (*Direct Shear Test*) sesuai SNI 2825:2015 untuk menentukan parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pada uji ini, sampel tanah ditempatkan dalam alat geser yang terdiri dari dua bagian yang bergerak relatif satu sama lain. Beban normal diaplikasikan, lalu gaya geser diterapkan secara bertahap hingga kegagalan terjadi. Nilai c dan ϕ

dihitung dari hubungan antara tegangan normal dan geser yang dihasilkan. Metode ini penting untuk memahami sifat mekanik tanah lempung, sehingga dapat merancang metode stabilisasi yang optimal (Lestari et al, 2022).

Polimer dan Biopolimer sebagai Agen Stabilisasi

Polimer adalah senyawa dengan rantai panjang molekul yang berfungsi sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah, meningkatkan kekuatan dengan membentuk ikatan antar partikel. Polimer terbagi menjadi sintesis, seperti poliakrilamida (PAM) dan *polivinil alkohol* (PVA), yang tahan degradasi dan memiliki daya ikat tinggi, serta alami, seperti karet alam dan gum arab, yang ramah lingkungan meskipun kurang kuat (Rahman et al, 2023; Lestari et al, 2022). Polimer sintesis sering digunakan dalam proyek besar karena daya tahan terhadap kondisi ekstrem, sementara polimer alami menjadi alternatif menarik di wilayah dengan kesadaran lingkungan tinggi (Putra et al, 2023).

Biopolimer adalah polimer alami yang berasal dari mikroorganisme, tumbuhan, atau hasil industri pertanian. Contoh biopolimer yang umum digunakan dalam stabilisasi tanah adalah *Xanthan Gum*, *Guar Gum*, dan *Lignin*. *Xanthan gum*, dihasilkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris*, meningkatkan kohesi tanah dan mempertahankan kelembapan, cocok untuk tanah dengan kadar air tinggi (Wulandari et al., 2023). *Guar gum*, berasal dari biji tanaman guar, membentuk matriks pengikat yang kokoh, meningkatkan kekuatan geser tanah (Santosa et al, 2019). Biopolimer bersifat *biodegradable* dan ramah lingkungan, tetapi memiliki daya tahan lebih rendah terhadap kondisi lingkungan ekstrem.

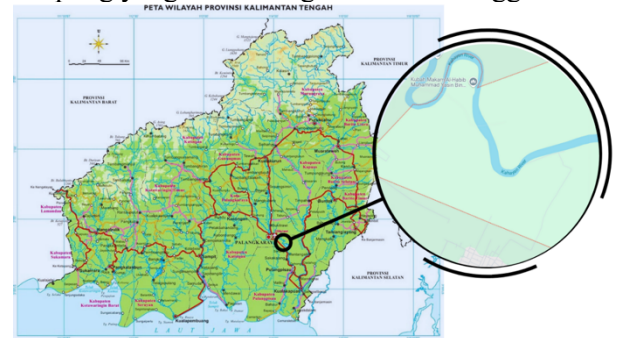
Polimer dan biopolimer meningkatkan stabilitas tanah dengan mengisi pori-pori tanah dan membentuk lapisan pengikat di sekitar partikel tanah, meningkatkan kohesi dan mengurangi deformasi, terutama pada tanah lempung plastis (Lestari et al, 2022). Mekanismenya meliputi tiga tahap: adsorpsi molekular, di mana molekul polimer menempel pada partikel tanah melalui gaya van der Waals atau ikatan hidrogen (Rahman et al, 2023); peningkatan kohesi, dengan pembentukan matriks pengikat antar partikel tanah (Putra et al, 2023); dan reduksi permeabilitas, dengan pengisian pori tanah yang membatasi pergerakan air, meningkatkan stabilitas dalam kondisi basah (Wulandari et al., 2023). Polimer

dan biopolimer menawarkan solusi efektif dan berkelanjutan untuk stabilisasi jangka pendek maupun panjang.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kecamatan Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Lokasi ini dipilih karena kondisi jalan yang sering mengalami kerusakan akibat banjir, serta tanah lempung yang lunak dengan kadar air tinggi.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Tanah.

Sumber: Googlemaps.com (2024)

Persiapan Sampel Tanah

Sampel tanah lempung diambil dari lokasi penelitian dengan karakteristik fisik yang mewakili kondisi lapangan. Proses persiapan melibatkan:

1. Pengujian sifat dasar tanah, seperti kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, dan distribusi ukuran butir.
2. Pengeringan sampel tanah (*air-dried*) untuk mengurangi kadar air alami dan homogenisasi dengan menghancurkan serta menyaring tanah menggunakan ayakan standar.
3. Hasil persiapan memastikan bahwa tanah dalam kondisi seragam sebelum ditambahkan bahan stabilisasi.

Variasi Penambahan Polimer dan Biopolimer

Bahan stabilisasi terdiri dari polimer sintesis dan biopolimer, dengan variasi konsentrasi untuk setiap bahan.

1. Polimer Sintesis: Poliakrilamida (PAM) digunakan dalam konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat kering tanah.
2. Biopolimer: *Xanthan gum* digunakan dalam konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat kering tanah.

Metode pencampuran meliputi:

1. Pencampuran Basah (*Wet Mixing*): Polimer dilarutkan dalam air terlebih dahulu sebelum

dicampurkan dengan tanah untuk memastikan distribusi yang merata.

2. Pencampuran Kering (*Dry Mixing*): *Biopolymer* dalam bentuk bubuk dicampur langsung dengan tanah kering.

Setelah pencampuran, campuran tanah dan stabilisator dicetak dalam bentuk silinder sesuai standar pengujian *Direct Shear Test*.

Pengujian Parameter Mekanik Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi perubahan sifat mekanik tanah akibat stabilisasi. Metode Uji Kekuatan Geser Langsung (*Direct Shear Test*). Mengacu pada SNI 2825:2015, uji ini mengukur kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) tanah dengan variasi beban normal.

Analisis Data dan Evaluasi Hasil

Setelah pengujian selesai, data hasil eksperimen dianalisis untuk memahami pengaruh penambahan polimer dan biopolimer terhadap sifat mekanik tanah. Proses analisis meliputi:

1. Pengolahan Data Uji Kekuatan Geser

Parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dari uji geser langsung dianalisis untuk melihat hubungan antara konsentrasi bahan stabilisasi dengan peningkatan kekuatan geser. Grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan dibuat untuk mengevaluasi performa polimer dan biopolimer.

2. Perbandingan Efektivitas Polimer dan Biopolimer

Polimer sintesis dan biopolimer dibandingkan dalam hal peningkatan kekuatan geser, pengurangan plastisitas, serta peningkatan kepadatan maksimum. Efisiensi biaya dan keberlanjutan bahan stabilisasi juga diperhitungkan dalam evaluasi ini.

3. Penentuan Konsentrasi Optimum

Konsentrasi polimer dan biopolimer yang memberikan peningkatan maksimal pada kekuatan geser, pengurangan plastisitas, dan stabilitas tanah secara keseluruhan ditentukan sebagai konsentrasi optimum untuk aplikasi di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Bereng Bengkel

Sifat fisik tanah yang dilakukan pengujian meliputi: Analisa saringan, pengujian kadar air,

berat jenis, batas-batas Atterberg. Analisa saringan menunjukkan tanah yang lolos saringan No. 200 adalah 36,39% lebih dari 35%. Maka sesuai klasifikasi AASHTO masuk kedalam kategori tanah berbutir halus.

Tabel 1. Analisa Saringan Tanah Bereng Bengkel

No. Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (%)	Lolos (%)
4	4,750	0	0,00	100,00
10	2,000	20,82	4,16	95,84
20	0,840	32,41	10,65	89,35
40	0,425	47,71	20,19	79,81
60	0,250	89,48	38,08	61,92
100	0,150	50,81	48,25	51,75
200	0,074	76,83	63,61	36,39
Pan		181,94	100,00	0,00

Sumber: Hasil Analisis, 2024

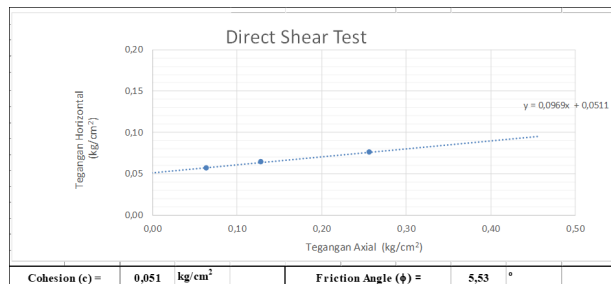
Tabel 2. Klasifikasi Tanah Bereng Bengkel menurut AASHTO

General Classification		Silt - Clay Materials More than 35% of total sample passing No. 200		
Group Classification	A-4	A-5	A-6	A-7*
				A-7-5 A-7-6
Sieve analysis, % passing				
No. 10	---	---	---	---
No. 40	---	---	---	---
No. 200	36 min	36 min	36 min	36 min
Liquid Limit	40 max	41 min	40 max	41 min
Plasticity Index	10 max	10 max	11 min	11 min
Silt			Clay	
General Rating as Subgrade	Fair	to	Poor	

Pada pengujian kadar air tanah Bereng Bengkel yaitu rata-rata sebesar 36,08%. Hasil uji *Specific Gravity* (Gs) tanah diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,59 gr/cm³. Hasil uji batas-batas

Atterberg meliputi nilai batas cair (LL) sebesar 21,20%, batas plastis (PL) sebesar 6,80% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) rata-rata sebesar 14,40%. Hasil analisa saringan dan *Atterberg Limit* diplot ke grafik ASSHTO menunjukkan Tanah Bereng Bengkel masuk ke dalam kategori A-6 yaitu Tanah berlempung.

Sifat mekanik tanah yang dilakukan meliputi pengujian kekuatan geser tanah. Pada pengujian tersebut diperoleh nilai kohesi sebesar 0,109 kg/cm² dan sudut geser dalam tanah sebesar 33,57° seperti yang ditunjukkan grafik *direct shear test*



Gambar 2. Grafik Pengujian Direct Shear Test Tanah Bereng Bengkel (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Tanah Bereng Bengkel

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Specific Gravity	gr/cm ³	2,59
Kadar Air	%	36,08
Batas Cair (LL)	%	21,20
Batas Plastis (PL)	%	6,80
Indeks Plastisitas (PI)	%	14,40
Kohesi	kg/cm ²	0,051
Sudut Geser Dalam	°	5,53

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Pengujian Variasi Penambahan Polimer dan Biopolimer

Pengujian pengaruh penambahan polimer dan biopolimer menggunakan pengujian kekuatan geser tanah langsung. Polimer yang digunakan Poliakrilamida (PAM) dengan variasi konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat kering tanah. Biopolimer yang digunakan adalah *Xanthan gum* dengan variasi konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat kering tanah. Dari hasil pengujian diperoleh variasi nilai kohesi (C) dan sudut geser

internal tanah (ϕ), berikut hasil pengujiannya.

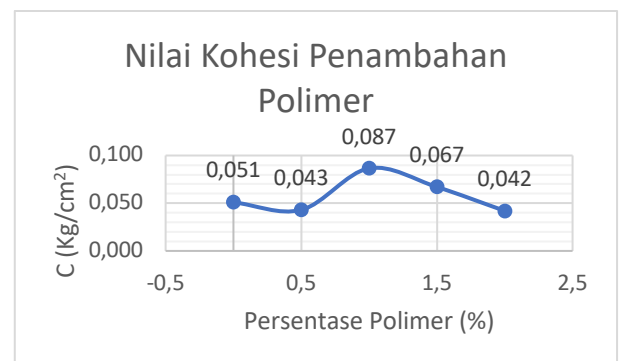
Pengujian Pengaruh Penambahan Polimer

Hasil pengujian menunjukkan penurunan nilai kohesi kohesi (C) dan sudut geser internal tanah (ϕ) dari tanah asli dan meningkat pada saat pembahan kadar polimer. Rekapitulasi hasil pengujian uji geser langsung akibat penambahan polimer dapat dilihat pada **Tabel 4**.

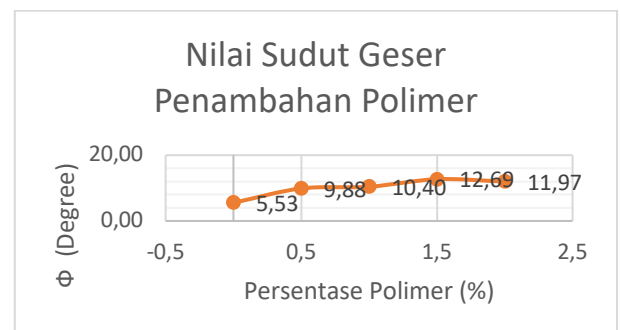
Tabel 4. Rekapitulasi Hasil *Direct Shear Test* akibat penambahan Polimer

Parameter	Asli		Polimer		
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
Kohesi (kg/cm ²)	0,051	0,043	0,087	0,067	0,042
Sudut Geser (Degree)	5,53	9,88	10,40	12,69	11,97

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 3. Nilai Kohesi akibat Penambahan Polimer (Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 4. Nilai Sudut Geser Tanah akibat Penambahan Polimer (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Pengujian Pengaruh Penambahan Biopolimer

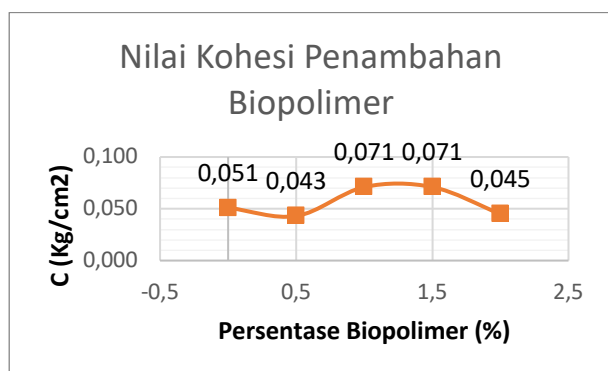
Pada pengujian penambahan biopolimer,

terdapat empat variasi yaitu konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat kering tanah. Hasil pengujian menunjukkan penurunan nilai kohesi kohesi (C) dan sudut geser internal tanah (ϕ) dari tanah asli dan meningkat pada saat penambahan kadar biopolimer. Rekapitulasi hasil pengujian uji geser langsung akibat penambahan polimer dapat dilihat pada **Tabel 5**.

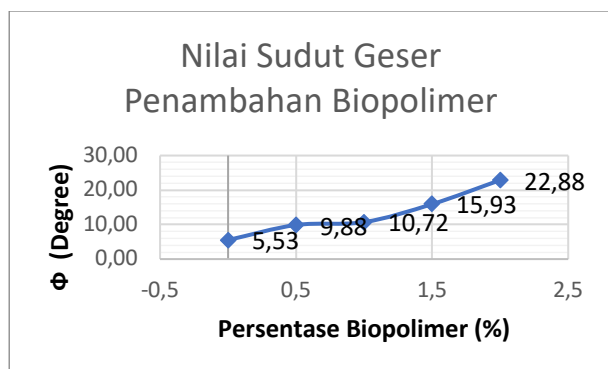
Tabel 5. Rekapitulasi Hasil *Direct Shear Test* akibat penambahan Biopolimer

Parameter	Asli	Biopolimer				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	
Kohesi (kg/cm ²)	0,051	0,043	0,071	0,071	0,045	
Sudut Geser (Degree)	5,53	9,88	10,72	15,93	22,88	

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 5. Nilai Kohesi Tanah akibat Penambahan Biopolimer (Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 6. Nilai Sudut Geser Tanah akibat Penambahan Biopolimer (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Perbandingan Efektivitas Polimer dan Biopolimer

Penambahan polimer dan biopolimer mempengaruhi nilai Kohesi dan sudut geser dalam tanah. Nilai awal kohesi tanah (c) tanpa stabilisasi adalah 0,051 kg/cm², yang menggambarkan gaya tarik antar partikel tanah dalam kondisi alami. Pada Tabel 4.7 menunjukkan penambahan polimer pada konsentrasi rendah (0,5%) menurunkan kohesi menjadi 0,043 kg/cm² akibat interaksi awal polimer dengan partikel tanah.

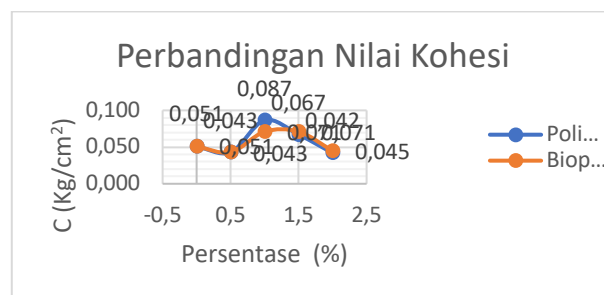
Pada konsentrasi 1,0%, kohesi meningkat menjadi 0,087 kg/cm², menunjukkan peningkatan efektivitas stabilisasi. Namun, pada konsentrasi lebih tinggi (1,5% dan 2,0%), kohesi kembali menurun masing-masing menjadi 0,067 kg/cm² dan 0,042 kg/cm², mengindikasikan adanya pengurangan efektivitas stabilisasi pada konsentrasi berlebih. Biopolimer menunjukkan pola yang sama, dengan nilai kohesi yang sama pada konsentrasi 0,5% (0,043 kg/cm²) seperti polimer, namun lebih stabil pada konsentrasi 1,0% dan 1,5%, masing-masing sebesar 0,071 kg/cm².

Tabel 6. Rekapitulasi perbandingan nilai kohesi

Variasi Penambahan	Asli	Nilai Kohesi				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	
Polimer	0,051	0,043	0,087	0,067	0,042	
Biopolimer	0,051	0,043	0,071	0,071	0,045	

akibat penambahan polimer dan biopolimer

Sumber: Hasil Analisis (2024)



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Kohesi akibat Penambahan Polimer dan Biopolimer (Sumber: Hasil Analisis 2024)

Sedangkan untuk nilai sudut geser dalam tanah nilai awal tanpa stabilisasi adalah 5,53°, yang mencerminkan resistensi geser tanah dalam kondisi alami. Penambahan polimer pada konsentrasi rendah (0,5%) meningkatkan nilai ϕ menjadi 9,88°, menunjukkan kenaikan resistensi akibat interaksi awal polimer dengan partikel tanah. Pada konsentrasi 1,0%, nilai ϕ meningkat

menjadi 10,40°, dan mencapai puncaknya pada konsentrasi 1,5% dengan $\phi = 12,69^\circ$, sebelum menurun kembali menjadi 11,97° pada konsentrasi 2,0%, yang mengindikasikan batas efektivitas stabilisasi polimer yang ditunjukkan pada **Tabel 7**.

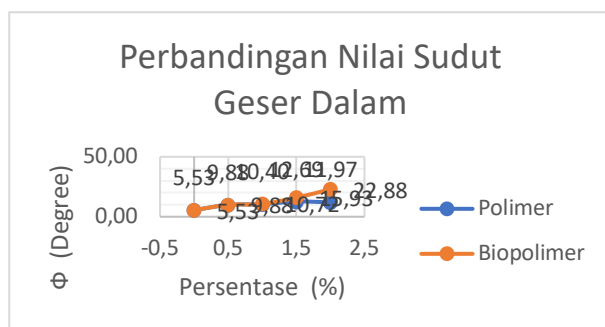
Sebaliknya, biopolimer memberikan hasil yang lebih signifikan pada konsentrasi sedang hingga tinggi. Pada konsentrasi rendah (0,5%), sudut geser dalam juga turun menjadi 9,88°, tetapi pada konsentrasi 1,0%, nilai sudut geser dalam sedikit lebih tinggi dibandingkan polimer, yaitu 10,72°.

Tabel 7. Rekapitulasi perbandingan nilai kohesi akibat penambahan Polimer dan biopolimer

Variasi Penambahan	Asli 0	Nilai Kohesi				
		0,5	1,0	1,5	2,0	
Polimer	0,051	0,043	0,087	0,067	0,042	
Biopolimer	0,051	0,043	0,071	0,071	0,045	

Sumber: Hasil Analisis (2024)

Konsentrasi 1,5% menghasilkan peningkatan yang signifikan dengan sudut geser dalam 15,93°, dan konsentrasi 2,0% memberikan nilai sudut geser dalam tertinggi, yaitu 22,88°, mencerminkan efektivitas biopolimer yang superior dalam meningkatkan resistensi geser tanah pada konsentrasi tinggi. Biopolimer menunjukkan stabilisasi yang lebih konsisten dan efektif dibandingkan polimer, terutama pada aplikasi dengan konsentrasi tinggi.



Gambar 6. Nilai Sudut Geser Tanah akibat Penambahan Biopolimer (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Kesimpulan Dan Implikasi Penelitian

Polimer dan biopolimer memiliki perbedaan efektivitas sebagai bahan stabilisasi tanah, khususnya dalam memengaruhi nilai kohesi dan sudut geser dalam. Penambahan polimer pada

konsentrasi 1,0% menyebabkan peningkatan nilai kohesi hingga 70% dibandingkan kondisi awal. Pada sudut geser dalam, polimer meningkatkan nilai hingga 79% pada konsentrasi 0,5% dan terus meningkat hingga mencapai 130% pada konsentrasi 1,5%.

Sebaliknya, biopolimer menunjukkan penurunan nilai kohesi yang sama yaitu sekitar 16% pada konsentrasi 0,5% lalu meningkat hingga 39% dibandingkan kondisi awal. Untuk sudut geser dalam, biopolimer menghasilkan peningkatan sebesar 79% pada konsentrasi 0,5% lalu menunjukkan peningkatan yang signifikan hingga 314% lebih tinggi dari nilai awal pada konsentrasi 2%.

Secara keseluruhan, penambahan polimer dan biopolimer lebih efektif pada konsentrasi 1% karena memberikan nilai peningkatan yang signifikan. Polimer lebih efektif pada konsentrasi rendah hingga sedang untuk meningkatkan kohesi, sementara biopolimer menunjukkan stabilisasi yang lebih konsisten dan unggul, terutama dalam meningkatkan sudut geser dalam tanah pada konsentrasi tinggi. Pemilihan bahan tergantung pada kebutuhan spesifik proyek, dengan polimer lebih cocok untuk stabilisasi moderat dan biopolimer untuk kebutuhan jangka panjang pada kondisi tanah yang lebih lunak.

KESIMPULAN

1. Perubahan Kekuatan Geser Tanah Lempung
Penambahan polimer bisa meningkatkan kohesi hingga 70% dan sudut geser dalam hingga 130% pada konsentrasi 1,0% hingga 1,5%, sementara biopolimer bisa meningkatkan kohesi hingga 39% dan sudut geser dalam hingga 313% pada konsentrasi 1,0% hingga 2% lebih tinggi dari nilai awal. Hasil ini menunjukkan bahwa stabilisasi tanah dengan polimer dan biopolimer meningkatkan kekuatan geser tanah Bereng Bengkel secara signifikan.
2. Efektivitas Polimer dan Biopolimer
Penambahan Polimer dan biopolimer optimal pada konsentasi 1,0%-1,5%. Dari hasil pengujian Biopolimer lebih baik dalam meningkatkan nilai sudut geser tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2825:2015 - Metode uji kuat geser tanah dengan alat geser langsung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 6425:2015 - Metode uji kuat geser tanah dengan alat triaxial*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Lestari, R., & Widjaja, P. (2022). Analisis mekanisme stabilisasi tanah menggunakan biopolymer ramah lingkungan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 7(1), 45-57. <https://doi.org/10.xxxx/jri.v7i1.98765>
- Putra, B., & Lestari, D. (2023). Pengaruh penggunaan biopolymer terhadap stabilisasi tanah lempung: Studi kasus pada tanah lokal Indonesia. *Jurnal Geoteknik dan Rekayasa Lingkungan*, 15(2), 123-134. <https://doi.org/10.xxxx/jgrl.v15i2.12345>
- Rahman, T., & Hakim, F. (2023). Stabilisasi tanah lempung dengan kombinasi polymer dan biopolymer. *Jurnal Inovasi Teknik Sipil*, 8(2), 78-89. <https://doi.org/10.xxxx/jits.v8i2.45678>
- Santosa, H., & Wibowo, A. (2019). Perilaku pengembangan tanah lempung akibat fluktuasi kadar air. *Jurnal Geoteknik Indonesia*, 12(3), 167-180. <https://doi.org/10.xxxx/jgi.v12i3.11223>
- Suryadi, M., & Hartono, A. (2021). Stabilisasi tanah menggunakan polymer: Studi eksperimental pada tanah dengan plastisitas tinggi. *Jurnal Konstruksi dan Material*, 12(4), 211-225. <https://doi.org/10.xxxx/jkm.v12i4.12398>
- Wulandari, A., Nugraha, F., & Pratama, H. (2023). Efektivitas polimer poliakrilamida dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 10(3), 98-112. <https://doi.org/10.xxxx/jtsi.v10i3.56789>