



PENGGARUH PENGGUNAAN LIMBAH FLY ASH DAN EPOXY RESIN SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH DI JALAN IRIGASI PALEMBANG

Ani Firda^{1*}, Dimitri Yulianti²

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tridnanti Palembang

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding Author, Email : ani.firda@gmail.com

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian yang penting dalam suatu konstruksi yang mempunyai fungsi menyangga konstruksi di atasnya, bahan penyusun tanah berupa mineral dan bahan organik. Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik. Setiap tahunnya volume kendaraan meningkat yang akan berdampak pada kerusakan jalan Irigasi Kota Palembang. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dan mengetahui berapa nilai kohesi dan nilai sudut geser dari percobaan triaxial. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu stabilisasi kimiawi dengan cara memperbaiki kondisi tanah yang telah dicampur dengan tanah asli dan stabilizing agent berupa campuran fly ash dan epoxy resin. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan yaitu dengan menambahkan fly ash yang didapatkan dari limbah PT.PUSRI dan campuran epoxy resin, dengan variasi penambahan fly ash 10%, 15 % dan epoxy resin 25 %. Pengujian CBR dilakukan dengan metode unsoaked. CBR unsoaked dilakukan penambahan zat aditif ke sampel tanah asli dengan persentase tanah asli 0% + fly ash + campuran epoxy resin dengan persentase penambahan sebesar 10 %, dan 15 % untuk fly ash terhadap persentase berat tanah, sedangkan untuk epoxy resin persentase penambahannya 25 % terhadap persentase berat tanah asli. Nilai CBR didapatkan bahwa penambahan fly ash 10 % dan epoxy resin 25 % merupakan nilai CBR optimum, sedangkan pada penambahan fly ash 15% dan epoxy resin 25 % mengalami penurunan nilai CBR, tetapi nilainya masih diatas nilai CBR tanah asli. Untuk hasil pengujian triaxial diketahui nilai kohesi pada STA 1 yaitu 0.197 kg/cm², pada STA 2 yaitu 0.118. kg/cm² dan nilai sudut geser (θ) pada STA 1 yaitu 7° dan pada STA 2 yaitu 6°.

Kata Kunci : Stabilisasi Tanah; CBR; Triaxial; Fly Ash; Epoxy Resin

ABSTRACT

Soil is an important has the function of supporting the construction. Every year the volume of vehicles increases which will have impacting road damage on Irigasi Street in Palembang. This study aims to increase the bearing capacity of the subgrade and determine the value of cohesion and the value of the shear angle of the triaxial experiment. The method used in this study is chemical stabilization by improving the condition of the soil that has been mixed with the original soil and a stabilization in the form of a mixture of fly ash and epoxy resin. One solution that can be applied to overcome these problems is to add fly ash obtained from PT. PUSRI waste and a mixture of epoxy resin, with the addition of variations of fly ash 10%, 15%, and epoxy resin by 25%. CBR Unsoaked was done by adding additives to the soil sample with a percentage of 0% + fly ash + a mixture of epoxy resin with an addition percentage of 10% and 15% for fly ash to the percentage of soil weight, while for epoxy resin the percentage addition was 25% to percentage of soil weight. The optimum CBR value can be obtained by adding 10% fly ash and 25% epoxy resin, while the addition of 15% fly ash and 25% epoxy resin will make the CBR value can decrease, but this value is still above the original soil CBR value. The results of this triaxial test can be seen from the value of cohesion at STA 1 is 0.197 kg/cm², at STA 2 is 0.118. kg/cm² and shear angle at STA 1 of 7° and at STA 2 of 6°.

Keywords : Soil Stabilization; CBR; Triaxial; Fly Ash; Epoxy Resin

PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen penting dalam sebuah konstruksi jalan, dimana tanah merupakan penopang bagi struktur diatasnya (Soehardi et al ;2017). Permasalahan yang sering dihadapi dalam mengatasi tanah dasar yang kurang baik pada suatu konstruksi antara lain : (1) Adanya sifat mengembang dan menyusut yang sangat kontras akibat adanya perubahan kadar air. (2) Intrusi / masuknya air dan pemompaan (pumping) yang terjadi pada sambungan, retakan, dan tepi-tepi pelat sebagai akibat dari tekanan beban lalu lintas. (3) Daya dukung yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan. (4) Adanya tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik (Purwanto, 2011). Dalam penelitian ini metode stabilisasi kimiawi digunakan sebagai cara untuk memperbaiki kondisi tanah dasar yaitu dengan mencampur tanah asli dengan *stabilizing agent* berupa campuran *fly ash* dan *epoxy resin*. Hasil limbah padat dari pengolahan batu bara yang disebut *fly ash* atau abu terbang memiliki beberapa keuntungan dan kerugian. Dalam buku Teknologi Bangunan dan Material Fatriady MR et al(2022) Keuntungan yang didapat yaitu batu bara sebagai salah satu alternatif pengganti sumber daya seperti minyak dan salah satu kerugian yang didapat yaitu limbah yang dihasilkan oleh batu bara menyebabkan polusi udara di sekitar pabrik. Salah satunya pabrik yang menghasilkan *fly ash* cukup tinggi di wilayah Kota Palembang yaitu di pabrik PT. PUPUK SRIWIJAYA. Pemanfaatan limbah batubara (*fly ash*) akan sangat membantu program pemerintah dalam mengatasi pencemaran lingkungan sekaligus sebagai bahan stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan, pada tanah-tanah yang secara teknis bermasalah. Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut : Bagaimana pengaruh penggunaan limbah *fly ash* dan *epoxy resin* sebagai bahan stabilisasi tanah terhadap daya dukung tanah di Jalan Irigasi Kota Palembang, ditinjau terhadap nilai kohesi dan sudut geser yang akan didapat dari pengujian *triaxial*.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan stabilisasi tanah dasar dengan menambahkan *fly ash* dan campuran *epoxy resin* terhadap daya dukung tanah dasar dan untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dari pengujian *triaxial*.

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Klasifikasi tanah bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol dan nama yang sama. Ada dua sistem klasifikasi yang biasa dipakai dalam bidang teknik yaitu (1) *Sistem Klasifikasi American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)*, sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2, dan

A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung; (2) Sistem Klasifikasi Tanah Unifed Soil Classification System (USCS) Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Pada sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar, yaitu (a) tanah berbutir kasar (coarse-grained-soil), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (Sand) atau tanah berpasir; (b) tanah berbutir halus (fine-grained-soil), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung; (c) tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar $> 25\%$. Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah W – untuk gradasi baik (Wells graded), P – gradasi buruk (poorly graded), L – plastisitas tinggi (low plasticity) dan H – plastistas tinggi (high plasticity).

Tabel 1. Klasifikasi Tanah (Sistem AASHTO)

Kualifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah berbutir (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis Ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 36	≤ 36	≤ 36	≤ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	≤ 41	≥ 41	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≤ 41	≤ 40	≥ 41	
Indeks Elastisitas (PI)	≤ 6	NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil & pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar tanah	Baik sekali sampai baik							Sedang sampai jelek			
Keterangan	: * Untuk A-7-5, $PI \leq LL-30$; ** Untuk A-7-6, $PI \geq LL-30$										

Sumber: Das, 1995

Tanah Rawa

Lahan rawa merupakan lahan yang selalu tergenang sepanjang tahun dan terletak di antara daratan dan perairan. Menurut Najiyati et al, (2005), rawa pasang surut dibedakan menjadi dua yaitu pasang surut air asin dan pasang surut air tawar : 1. Pasang surut air asin payau Pasang air asin berada di posisi Zona1. Wilayah ini dipengaruhi dengan gerakan pasang surut air laut, akibatnya wilayah tersebut cenderung asin, baik pada pasang besar maupun pasang kecil, selama musim hujan dan kemarau. Pada zona ini biasanya di dominasi oleh tumbuhan bakau. Pasang surut air tawar Pasang ini di posisi Zona 2 . Wilayah ini kekuatan arus air pasang dari laut sedikit besar atau sam dengan kekuatan arus air dari hulu sungai. Pada kawasan ini gerakan pasang surut harian masih terlihat, hanya airnya disominasi oleh air tawar yang berasal dari sungai itu sendiri.

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki daya dukung tanah dan meningkatkan mutu dari tanah agar mendapatkan kondisi tanah yang memenuhi spesifikasi teknis yang disyaratkan. Stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dan mendapatkan tanah yang stabil pada semua kondisi musim (Hardiyatmo dalam Purwanto et. Al , 2020). Stabilisasi tanah adalah alternatif yang dapat diambil untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada. Pada prinsipnya stabilisasi tanah merupakan suatu penyusunan kembali butir-butir tanah agar lebih rapat dan saling mengunci. Tanah dibuat stabil agar dapat mendukung beban yang direncanakan dan tidak terjadi penurunan (*settlement*) yang melebihi penurunan yang diijinkan. Tanah dasar minimal harus bisa dilewati kendaraan proyek. Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi. Tujuan perbaikan tanah tersebut adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi. Usaha stabilisasi dilakukan hanya seperlunya saja, tidak menguntungkan secara ekonomis untuk membuat sesuatu bagian konstruksi yang lebih kuat dari yang diperlukan.

Stabilisasi Tanah Rawa Menggunakan *Fly Ash*

Fly ash adalah bagian sisa pembakaran batubara yang memiliki kadar silika yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk bahan campuran beton. *Fly ash* bersifat pozzolan yaitu bahan yang mengandung senyawa silika, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus. Ani Firda, et al (2021) melakukan studi mengenai pemanfaatan limbah *fly ash* pada pembuatan beton ringan, *fly ash* yang dicampurkan resin dengan perbandingan 60:40 dapat mengurangi berat beton. Ade Lisantono, dkk (2014) melakukan studi tentang penggantian pasir dengan *fly ash* pada beton. Beton yang mengandung *fly ash* sebagai pengganti sebagian pasir akan meningkatkan kekuatan jangka panjang. Setiap katagori dibandingkan dengan presentase *fly ash* 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari berat pasir. Pergantian pasir sampai 50% sangat bagus untuk pekerjaan beton. Muhammad Zahid, et al (2020) melakukan penelitian mengenai pengaruh dua parameter: rasio pasir/abu terbang (S/FA) dan rasio air terhadap geopolimer-padat (W/GS) pada komposit geopolimer yang direkayasa. Desain campuran percobaan dioptimalkan menggunakan metode permukaan respons. Dalam penelitian ini, nilai optimal dari rasio S/FA dan rasio W/GS diperoleh masing-masing sebesar 0,341701 dan 0,225184. Untuk memvalidasi rasio S/FA dan rasio W/GS yang dioptimalkan, studi eksperimental dilakukan, dan perbedaan kurang dari 5% ditemukan antara hasil prediksi dan eksperimen.

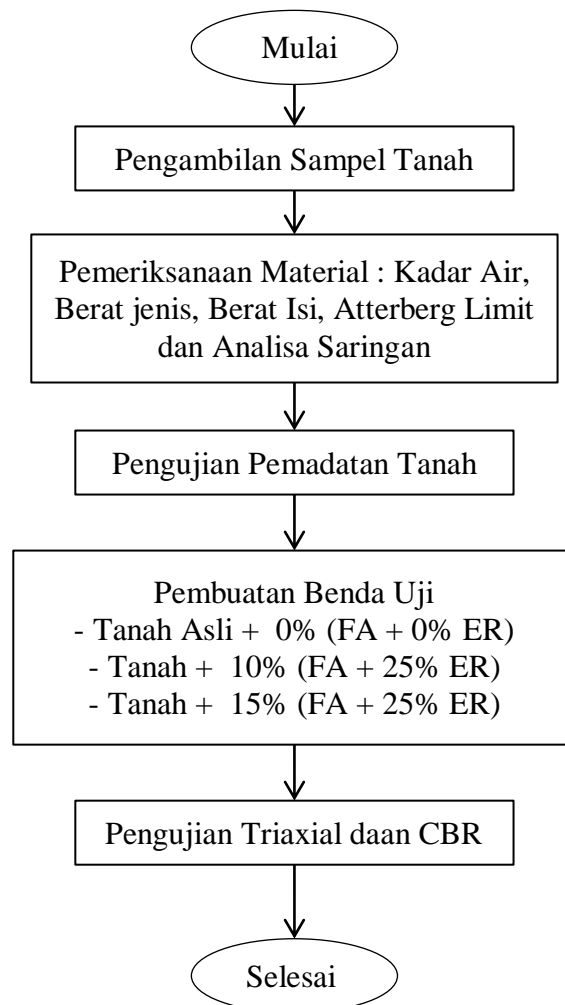
Epoxy Resin

Epoxy Resin merupakan polimer termoset yang banyak digunakan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan komposit. Keunggulan yang dimiliki *epoxy resin* adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembapan, sifat mekanik yang baik tahan terhadap

bahan – bahan kimia, sifat isolator, sifat perekat yang baik terhadap berbagai bahan, dan mudah diproses. Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang atau berupa material padatan yang akan meleleh pada suhu diatas 200°C. Resin dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu (1) Resin Termoset Resin termoset adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak atau dengan kata lain proses pengerasannya *irreversible*. Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*); (2) Resin termoplastik Resin termoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika di dinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari tahap persiapan, pemeriksaan mutu bahan (berupa tanah asli dan *fly ash*), tahap perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian di laboratorium. Adapun pengujian pada metode penelitian yaitu *soil properties*, *sieve analisis*, *atterberg limit*, uji Standar Proctor, uji CBR dan uji *Triaxial*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material

Pengujian material tanah pada setiap pengujian dilakukan dengan 2 sampel untuk 2 STA, yaitu 2 sampel pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, Atterberg limit, analisa saringan, dan pemadatan tanah untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) yang kemudian digunakan untuk pengujian CBR. Rekapitulasi pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian Material Tanah Asli

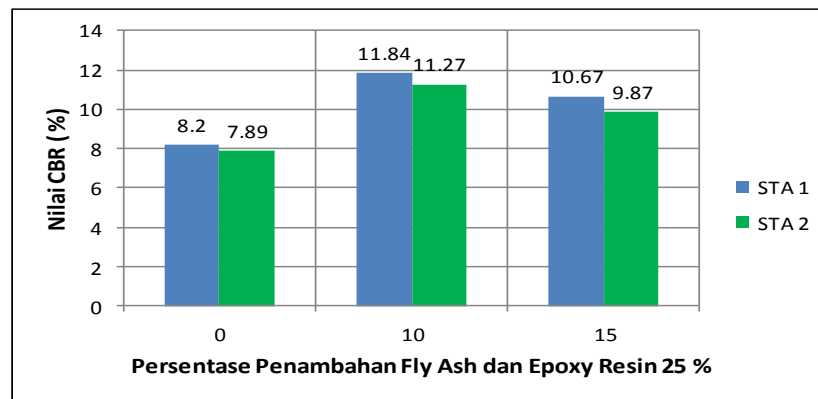
Parameter	Satuan	STA 1	STA 2
Kadar air	%	36,59	46,58
Berat jenis		1,79	1,73
Berat Isi	gr/cm ³	1,619	1,119
Analisa saringan			
No. 3/8'	%	100	100
No. 4	%	99,63	99,78
No. 10	%	51,72	64,52
No. 20	%	26,48	33,42
No. 40	%	10,73	14,32
No. 60	%	3,39	5,07
No. 100	%	1,91	3,20
No. 200	%	0,61	1,47
Batas-batas Konsistensi			
Batas Cair (LL)	%	48	54
Batas Plastis (PL)	%	35,02	39,96
Indeks Plastisitas (PI)	%	12,98	14,04
Proktor Standar			
MDD	gr/cm ³	1,32	1,34
OMC	%	19,52	21,54

Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan dengan perlakuan CBR *unsoaked*. CBR *unsoaked* dilakukan penambahan zat aditif ke sampel tanah asli dengan persentase tanah asli 0% + *fly ash* + campuran *epoxy resin* dengan persentase penambahan sebesar 10 %, dan 15 % untuk *fly ash* terhadap persentase berat tanah, sedangkan untuk *epoxy resin* persentase penambahannya 25 % terhadap persentase berat tanah asli. Tanah langsung dicampur *fly ash* dan *epoxy resin* yang sudah di campur sebelumnya. Setelah merata baru dicetak pada *Mold CBR* dengan jumlah 3 lapis, dan setiap lapis ditumbuk sebanyak 56 kali. Adapun pengaruh penambahan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar berikut.

Tabel 3. Nilai Pengujian CBR Variasi Campuran Pada STA 1 dan STA 2

No	Pengujian CBR	Variasi Persentase Campuran		
		FA 0% + EP 0%	FA 10% + EP 25%	FA 15% + EP 25%
1	Nilai CBR (%) STA 1	8,2	11,84	10,67
2	Nilai CBR (%) STA 2	7,89	11,27	9,87



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai CBR Pada STA 1 dan STA 2 Dengan Persentase Penambahan *Fly Ash* dan *Epoxy Resin*.

Pada penambahan *fly ash* 0% dan campuran *epoxy resin* 0% didapat nilai CBR pada STA 1 yaitu 8,2% dan pada STA 2 yaitu 7,89% selisihnya adalah 0,31% dan selanjutnya ditambahkan *fly ash* 10% + campuran *epoxy resin* 25 % didapat nilai CBR pada STA 1 yaitu 11,84% dan pada STA 2 yaitu 11,27 % selisihnya adalah 0,57% dan tahap terakhir ditambahkan *fly ash* 15% + campuran *epoxy resin* 25 % didapat nilai CBR pada STA 1 yaitu 10,67% dan pada STA 2 yaitu 9,87 % selisihnya adalah 0,8%. Dari Gambar.1 diatas dapat dianalisa pada penambahan *fly ash* 10% + campuran *epoxy resin* 25 % adalah nilai optimumnya.

Pengujian *Triaxial*

Pada pengujian ini didapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada sampel tanah. Data yang didapatkan bisa dilihat berikut ini.

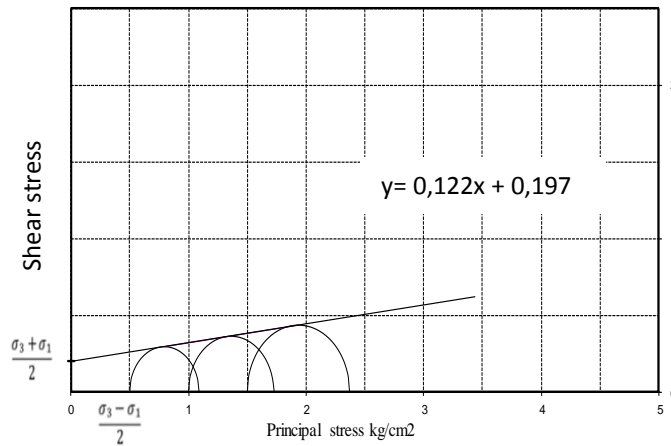
1) Hasil pengujian *triaxial* pada STA 1 dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 serta gambar 3 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Percobaan *Triaxial* Pada STA 1

Tekanan Sel	0,5	1	1,5					
B. Tanah Basah	113	112	112					
B. Tanah Kering	73	73	72					
Kadar Air	54,8	53,4	55,6					
ΔL	e	A'	Pemb. Dial	$S_{1'} - S_{3'}$	Pemb. Dial	$S_{1'} - S_{3'}$	Pemb. Dial	$S_{1'} - S_{3'}$
0,1	0,0143	9,7391	3	0,308	4	0,4107	5	0,5134
0,2	0,0286	9,8824	3,5	0,352	5	5060	7	0,7083
0,3	0,0429	10,0299	4	0,3988	5,5	0,5484	8	0,7976
0,4	0,0571	10,1818	6	0,5893	6	0,58930	8,5	0,8384
0,5	0,0714	10,3385	6	0,5804	7,5	0,7254	9	0,8705
0,6	0,0857	10,5000	6	0,5714	7,5	0,7143	9	0,8571
0,7	0,1000	10,6667			7,5	0,7031	9	0,8438

Tabel 5. Perhitungan Lingkaran Mohr Pada STA 1

σ_3 (kg/cm ²)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm ²)	σ_1 (kg/cm ²)	X (kg/cm ²)	Y (kg/cm ²)
0,50	0,589	1,089	0,7945	0,2945
1,00	0,725	1,725	1,3625	0,3625
1,50	0,87	2,37	1,935	0,435



Gambar 3. Grafik Mohr pada STA 1

Dari tabel dan grafik ini, garis lurus untuk menentukan kohesi dan sudut geser adalah $y = mx + c$. Adapun titik titik potong yang didapat adalah : $x_1=0,7945$, $x_2=1,935$, $y_1=0,295$, $y_2=0,435$. Dengan menggunakan persamaan garis lurus :

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots\dots\dots (Pers.1)$$

didapatkan persamaan garis lurus : $y = 0,122x + 0,197$. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 1, dimana sudut geser adalah $\text{ATan}(0,122)$, didapatkan nilai sudut geser (θ) = 7° . Untuk mencari nilai kohesi, digunakan rumus persamaan 2 dimana kohesi adalah $c = y - mx$. Selanjutnya didapatkan nilai kohesi (c) adalah 0.197.

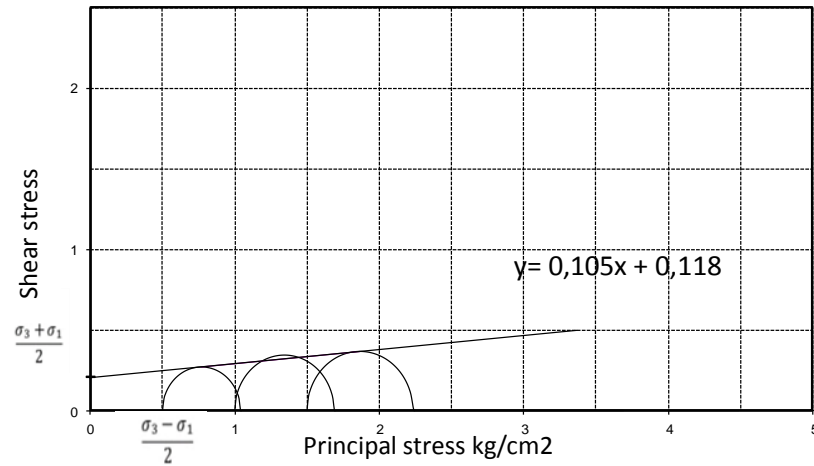
2) Hasil pengujian Triaxial pada STA 2 dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7 serta gambar 4 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Percobaan Triaxial Pada STA 2

Tekanan Sel	0,5	1	1					
B. Tanah Basah	100	113	114					
B. Tanah Kering	61,5	71	71					
Kadar Air	62,6	59,15	60,56					
ΔL	e	A'	Pemb. Dial	$S_1' - S_3'$	Pemb. Dial	$S_1' - S_3'$	Pemb. Dial	$S_1' - S_3'$
0,1	0,0143	9,7391	2	0,20536	3,5	0,35938	2	0,20536
0,2	0,0286	9,8824	2,5	0,25298	5	0,50595	5	0,50595
0,3	0,0429	10,0299	4	0,39881	6	0,59821	5,5	0,54836
0,4	0,0571	10,1818	5,5	0,54018	7	0,68750	6	0,58929
0,5	0,0714	10,3385	5,5	0,53199	7	0,67708	8	0,77381
0,6	0,0857	10,5000	5,5	0,52381	7	0,66667	8	0,7619
0,7	0,1000	10,6667					8	0,75

Tabel 7. Perhitungan Lingkaran Mohr Pada STA 2

σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	σ_1	X	Y
(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0,50	0,54	1,04	0,77	0,27
1,00	0,6875	1,688	1,344	0,344
1,50	0,773	2,27	1,8865	0,3865

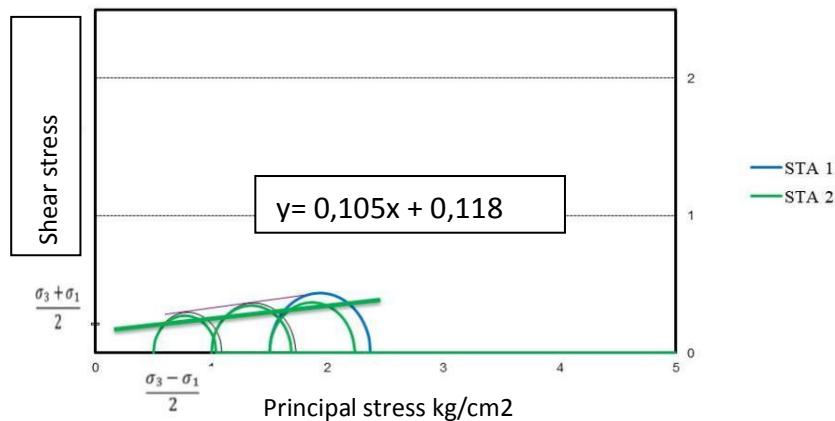


Gambar 4. Grafik Mohr untuk tanah pada STA 2

Dari tabel dan grafik ini garis lurus untuk menentukan kohesi dan sudut geser adalah $y = mx + c$ (Pers. 1) adapun titik titik potong yang didapat adalah : $x_1=0.77$, $x_2=1.866$, $y_1=0.27$, $y_2=0,3865$. Dengan menggunakan persamaan garis lurus :

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2)}$$

didapat persamaan garis lurus : $y= 0,105 x + 0.118$. Selanjutnya dengan menggunakan rumus persamaan 1 dimana sudut geser adalah $\text{ATan}(0.105)$, didapatkan nilai sudut geser (θ) 6° dan untuk mencari nilai kohesi menggunakan rumus persamaan 2 yang lama maka kohesi adalah $C= y-mx$ didapatlah nilai kohesi (c) yaitu 0.118 kg/cm^2 .



Gambar 5. Grafik Mohr perbandingan STA 1 dan STA 2

Dari pengujian ini dapat di analisa nilai kohesi (c) pada STA 1 yaitu 0.197 kg/cm^2 dan pada STA 2 yaitu $0.118. \text{ kg/cm}^2$ dengan selisih nilai 0.079 kg/cm^2 . Adapun nilai sudut geser (θ) pada STA 1 yaitu 7° dan pada STA 2 yaitu 6° dengan selisih nilai 1° , dan dapat dilihat juga pada gambar 4

KESIMPULAN

Pengujian CBR pada STA 1 yaitu tanah asli 8,2 %, pada penambahan 10 % *fly ash* dan 25 % campuran *epoxy resin* didapatkan nilai CBR meningkat menjadi 11,84 % dan pada penambahan 15 % *fly ash* dan 25 % campuran *epoxy resin* didapatkan nilai CBR mengalami penurunan nilai CBR, tetapi nilainya masih diatas nilai CBR tanah asli yaitu 10,67 %. Adapun nilai CBR pada STA 2 yaitu tanah asli 7,89 %. Pada penambahan 10 % *fly ash* dan 25 % campuran *epoxy resin* didapatkan nilai CBR mengalami penurunan nilai CBR, tetapi nilainya masih diatas nilai CBR tanah asli yaitu 9,87 %. Dari hasil pengujian didapat nilai kohesi (c) pada STA 1 sebesar 0,197 kg/cm² dan pada STA 2 sebesar 0,118 kg/cm². Adapun nilai sudut geser (θ) didapat nilai pada STA 1 sebesar 7⁰ dan pada STA 2 sebesar 6⁰. Saran yang diperlukan untuk penambahan variasi waktu (setting time) antara proses pencampuran tanah, *fly ash*, campuran *epoxy resin* dengan pengujian CBR.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO 1993, *Guid for Design Of Pavement Stuctures*. AASHTO, Washington, DC.
- Ade Lisantono, Haryanto Yoso Wigroho, Daniel Krisna Murti, 2014. *High volume fly ash as substitution of fine aggregates with the proportion of 50%, 60%, and 70% to the shear strength of reinforced concrete beams*, MATEC Web of Conferences 195, 02024 (2018) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819502024>
- ASTM International. *Standar Test Methods for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (ASTM D1883-14)*, United State, ASTM International.
- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. 2010. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid I. PT. Erlangga. Jakarta.
- Denaldi Fadli, 2021. *Stabilisasi Tanah Dasar Menggunakan Fly Ash Dan Epoxy Resin Terhadap Daya Dukung Tanah Di Jalan Irigasi Sematang Borang Palembang*, Universitas Tridinanti, Palembang
- Devi Oktaviana Latif, Hotma Prawoto, 2019. *The Effect Of Epoxy Resin and Cement On Soil And Piile Interface Friction In Direct Shear*, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota* No. 038/T/BM/1997, Jakarta, Indonesia.
- Doni Romadhon, 2015. *Dampak Campuran Serbuk Kaca dan Serbuk Kayu Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung*, Universitas Tridinanti, Palembang.
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan*. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1-8.

Muhammad Zahid and Nasir Shafiq, 2020. *Effects of Sand/Fly Ash and the Water/Solid Ratio on the Mechanical Properties of Engineered Geopolymer Composite and Mix Design Optimization*, *Minerals*, 10, 333; doi:10.3390/min10040333
www.mdpi.com /journal/minerals.

Purwanto, H., Adiguna, A., Rustam, R. K., & Budiarto, B. A. (2020). *Pemanfaatan Minyak Mentah (Crude Oil) untuk Meningkatkan Stabilisasi Jalan Tanah pada Daerah Makarti Jaya Kabupaten Banyuasin*. *Jurnal Deformasi*, 4(2), 64-72.

Soehardi, F., Lubis, F., & Putri, L. D. (2017). *Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman*. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan KN-TSP*, 54-60.



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License