



## GO-2

### PENGARUH KADAR BUTIR HALUS TERHADAP PERILAKU TEGANGAN-REGANGAN TANAH PASIR TERLIKUEFAKSI YANG DISTABILISASI AGAROSA

Arifin B<sup>1</sup>, Martini<sup>2\*</sup>, Sriyati Ramadhani<sup>3</sup>, Pricilia Mautang<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia  
e-mail: [arifin.b@untad.ac.id](mailto:arifin.b@untad.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu, Indonesia  
e-mail: [martini\\_geotech@yahoo.com](mailto:martini_geotech@yahoo.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tadulako., Palu, Indonesia  
e-mail : [sriyatiramadhani@gmail.com](mailto:sriyatiramadhani@gmail.com)

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu, Indonesia  
e-mail: [mautang@gmail.com](mailto:mautang@gmail.com)

#### ABSTRAK

Fenomena likuefaksi diakibatkan lapisan tanah jenuh air kehilangan kekuatannya akibat beban siklik yang diakibatkan gempa atau disebabkan oleh sifat tanah itu sendiri yang memiliki daya dukung rendah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan fraksi halus dan larutan agarosa terhadap perilaku tegangan regangan tanah pasir terlikuefaksi. Dalam penelitian ini digunakan sampel tanah pasir terlikuefaksi dari desa Jono Oge., dengan kriteria tanah pasir lolos saringan #8 dan tertahan #200 dan fraksi halus yang digunakan lolos saringan #200. Komposisi campuran yang digunakan yaitu larutan agarosa 1% dan 3% dan dengan kandungan fraksi halus mulai dari 0%, 5%, 15% dan 35%, dengan waktu pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan uji kuat tekan bebas. Adapun dari hasil penelitian menunjukkan komposisi campuran yang memiliki tegangan maksimum tertinggi diperoleh dari sampel dengan komposisi fraksi halus 35% dan larutan agarosa 3% dengan waktu pemeraman optimum 28 hari.

Kata kunci: pasir, likuefaksi, butir halus, agarosa, Tegangan – Regangan

#### PENDAHULUAN

Likuefaksi diakibatkan oleh lapisan tanah yang jenuh air dengan kepadatan rendah, mengalami reduksi kekakuan dan kekuatan secara cepat akibat kenaikan tekanan air pori oleh beban siklik dari gaya gempa atau diakibatkan oleh sifat tanah itu sendiri yang memiliki daya dukung rendah. Sehingga diperlukan stabilisasi dengan metode perbaikan tanah untuk memperbaiki atau mempertahankan kemampuan tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan. Menurut Darwis (2017), teknik perbaikan tanah memiliki prinsip dasar bahwa kapasitas tanah yang kurang baik (dalam berbagai aspek), dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat *properties* dari pada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan. Jika yang diinginkan adalah peningkatan daya dukung dan kuat geser tanah, maka beberapa parameter tanah perlu diperbaiki, seperti berat volume tanah ( $\gamma$ ), kohesi tanah ( $c$ ), sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ), dan tekanan air pori dalam tanah ( $u$ ). Demikian pula jika yang ingin adalah mendapatkan lapisan tanah yang kedap air (tanggul), dapat dicapai dengan memperkecil koefisien permeabilitas tanah ( $k$ ). Metode perbaikan tanah secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah, sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurnya, yang bertujuan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis lebih baik dari sebelumnya. Metode perbaikan tanah dengan bahan kimia dapat menggunakan larutan kimia atau bubuk kimia (*powder*), yang dicampurkan ke tanah yang akan diperbaiki, dengan beberapa metode pencampuran yang disesuaikan kondisi bahan *stabilizer* maupun kondisi tanahnya (Singh, 2019).

Batasan lain yang perlu diperhatikan di dalam penerapan perbaikan tanah dengan metode kimia, adalah sifat-sifat reaksi kimia yang terjadi antara mineral tanah dengan zat kimia yang dikandung oleh bahan *stabilizer*. Hal yang harus dihindarkan dalam penggunaan bahan kimia, adalah perambatan atau penjarangan proses reaksi kimia ke massa tanah yang tidak menjadi target perbaikan. Hal ini sangat merugikan

lingkungan, bahkan dapat berakibat fatal apabila zona perambatan reaksi tersebut menjangkau massa tanah yang telah mendukung bangunan lain. Dengan demikian efek penjalaran reaksi tersebut akan berdampak langsung pada bangunan yang didukungnya, yang dapat berupa deformasi akibat dekomposisi mineral tanah, atau dapat pula terjadi *differential settlement* pada bangunan yang terdampak, dan lain sebagainya (Darwis, 2017). Pencampuran tanah dengan berbagai jenis bahan kimia, sasaran utamanya adalah untuk mengoptimalkan berbagai parameter tanah sesuai dengan kebutuhan konstruksi, seperti peningkatan kerapatan relatif ( $D_r$ ), berat volume ( $\gamma$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ). Juga bisa untuk sasaran menurunkan angka pori ( $e$ ), porositas ( $n$ ), permeabilitas ( $k$ ), kompresibilitas ( $C_c$ ), kadar air ( $w$ ), tekanan pori ( $u$ ).

## Stabilisasi dengan Biopolimer.

Salah satu bahan stabilisasi yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah adalah biopolimer. Biopolimer adalah bahan kimia alami yang dapat digunakan untuk keperluan rekayasa geoteknik yang berkelanjutan (Bochenska dkk, 2022). Material biopolimer memiliki berbagai gugus fungsi kimiawi yang berhubungan dengan gaya adhesif yang fungsinya untuk menahan partikel tanah dan gel pada permukaannya. Agarosa yang berbentuk agar-agar merupakan salah satu contohnya jenis biopolimer. Agarosa dinilai memberikan kekuatan mekanik tertinggi di antara beberapa jenis biopolimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan butir halus terhadap tanah terlikuefaksi yang distabilisasi dengan agarosa dan bagaimana faktor-faktor seperti kadar air, waktu pemeraman, serta variasi komposisi bahan agarosa mempengaruhi tegangan-regangan pada tanah tersebut.

Agarosa adalah polisakarida alami yang berasal dari hasil ekstraksi rumput laut jenis *Gracilaria sp.* Agarosa dapat membentuk gel dan koloid yang kuat serta dapat menahan suhu tinggi, maka dari itu agarosa dapat digunakan sebagai penstabil makanan. Selama ini penggunaan agarosa mulai banyak digunakan pada bidang bioteknologi, berhubungan dengan sifat agarosa yang memiliki tingkat kristalinitas dan kekakuan yang tinggi sehingga menjadikannya pilihan yang cocok untuk penguatan tanah. Agarosa dalam kemasan komersial umumnya ditemukan dalam bentuk bubuk. Bubuk agarosa dapat menghasilkan gel yang kuat (rigid). Bubuk agarosa mulai larut dengan pemanasan suhu 85 – 90 °C . dengan penurunan suhu perlahan agarosa akan mengeras dan berubah menjadi gel pada suhu 30-40°C (Laily, 2019)

Larutan agarosa nantinya memberikan gaya tarik internal untuk mencegah kegagalan total sampel. Penambahan larutan agarosa mengubah kerapuhan dan kekuatan tanah sehingga larutan agarosa dapat menjadi pilihan utama memperbaiki sifat dasar tanah atau sebagai metode perbaikan tanah secara kimiawi. Menurut Smitha & Sachan (2016). Agarosa juga dapat membentuk jaringan gel tiga dimensi di dalam massa tanah, menghasilkan film padat dan melapisi partikel tanah. hal ini dapat mempengaruhi peningkatan daya dukung tanah yang berpengaruh pada perilaku tegangan- regangan pada tanah yang diberikan beban.

Smitha & Sachan (2016) melakukan penelitian pada pasir Sabarmati terhadap penambahan biopolimer agar-agar. Penggunaan biopolimer agar-agar dipilih untuk memperkuat pasir Sabarmati tanpa kohesi karena kemampuan pembentukan gelnnya dan ramah lingkungan. Pengaruh kandungan biopolimer dan waktu pengeringan terhadap perilaku kuat geser tanah Sabarmati dengan melakukan uji geser langsung pada tanah yang diolah dengan larutan biopolimer yang mengandung agar-agar 0,5, 1, 2, dan 3% pada waktu pemeraman yang berbeda yaitu 4 jam, 8 jam, 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Hasil penelitian diperoleh tanpa penambahan larutan agar-agar memiliki nilai sudut gesek 27 dan kohesi 0 kPa dan dengan larutan agar-agar 0,5% - 3% meningkatkan kekuatan geser di tanah berpasir Sabarmati. Pada kadar larutan agar-agar 3% pada waktu 7 hari pemeraman menunjukkan peningkatan yang besar pada kekuatan geser tanah dengan nilai sudut gesek 34,1 ° dan kohesi 76 kPa.

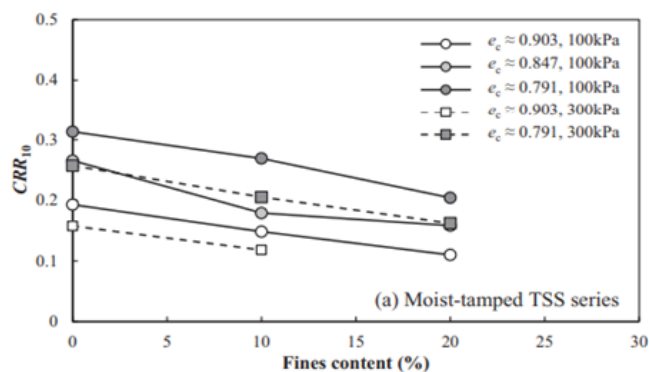
Risky, (2021) melakukan penelitian mengenai perilaku kuat geser pada pasir terlikuefaksi terhadap penambahan larutan agarosa. Pengaruh hubungan kuat geser terhadap larutan agarosa dikaji dengan pengujian geser langsung pada tanah yang mengandung Kadar larutan agarosa: 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%, dan 3,0 % terhadap massa air 50 gram. Dan variasi pemeraman benda uji selama 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nilai kohesi dan nilai sudut gesek yang didapatkan berdasarkan kadar larutan agarosa 0,5% sampai 3,0% meningkat hingga kadar larutan agarosa 1,5% di setiap waktu pemeraman dan mengalami penurunan pada kadar 2,0% sampai 3,0% disetiap waktu pemeraman. Perilaku kuat geser pasir terlikuefaksi terhadap penambahan kadar larutan agarosa dan waktu

pemeraman menunjukkan meningkatkan di setiap kadar larutan agarosa. Kadar larutan agarosa 1,5% merupakan peningkatan puncak kekuatan geser pasir disetiap waktu pemeraman. Penurunan kekuatan geser pada kadar larutan 2,0% sampai 3,0% di setiap waktu II-8 pemeraman tidak lebih kecil dari pada kekuatan geser pasir tanpa larutan agarosa. Kadar larutan agarosa 1,5% dan waktu pemeraman 7 hari menjadi kadar larutan dan waktu pemeraman yang optimum untuk meningkatkan perilaku kekuatan geser pasir terlikuefaksi di Petobo.

### Butir Halus (*fine content*)

Butir halus (*fine content*) merupakan partikel tanah yang termasuk dalam pengelompokan tanah yang lolos saringan No. 200. Kandungan butir halus dalam pasir dapat meningkatkan ikatan di antara partikel pasir dan mengurangi ruang antara pori. Hal ini dapat mempengaruhi perilaku tegangan-regangan tanah pasir terlikuefaksi yang di stabilisasi agarosa dengan cara meningkatkan kekuatannya dan menambah sifat elastisitasnya. Serta dapat mengurangi kemampuan pasir untuk bergoyang akibat adanya beban dan akhirnya mengurangi potensi terjadinya likuefaksi. Hal tersebut membantu meningkatkan kekuatan tanah dan meningkatkan kemampuan pasir untuk menahan beban struktural dan vibrasi.

Xiao Wei & Jun Yang (2019) melakukan penelitian pengaruh penambahan *fine content* dan sifat material pada ketahanan siklik pasir berlanau terhadap likuefaksi atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR). Penelitian ini dilakukan pada pasir berlanau dengan uji triaksial siklik untuk melihat perbandingan antara nilai CRR dengan variasi penambahan *fine content* terhadap nilai angka pori. Hasil dari penelitian pada pasir berlanau dengan penambahan *fine content* pada beberapa nilai angka pori menunjukkan nilai CRR semakin menurun seiring meningkatnya variasi *fine content*.



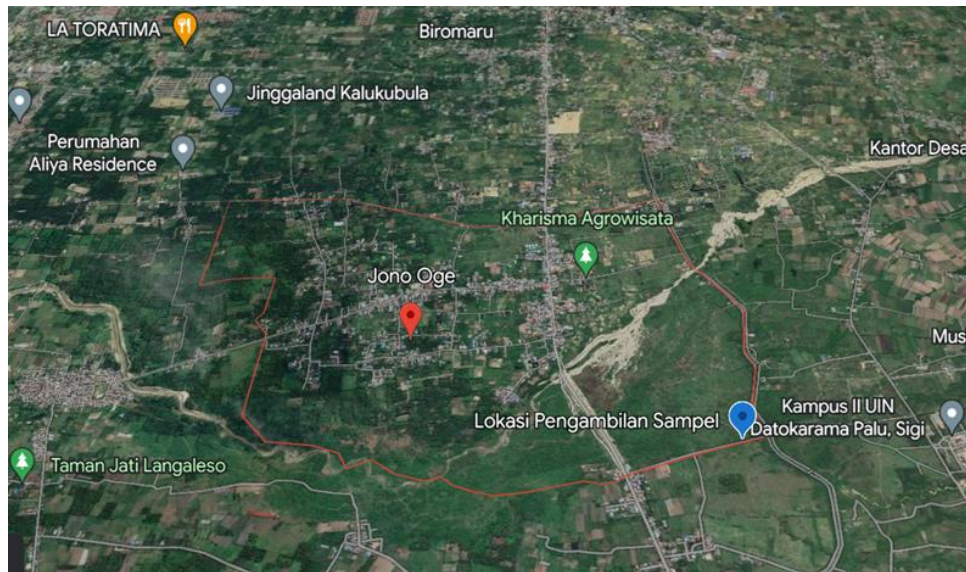
Gambar 1. Grafik hubungan nilai angka pori dan variasi penambahan *fine content* terhadap nilai CRR.  
Sumber: Xiao Wei & Jun Yang (2019)

Irdhiani, dkk (2013) melakukan penelitian karakteristik pasir siuri yang ditambahkan butiran halus non plastis untuk mengetahui perubahan karakteristik yang terjadi akibat kandungan butiran halus tersebut baik pada sifat fisik maupun pada sifat mekaniknya beberapa parameter yang diamati yaitu  $\gamma d$ ,  $\gamma d_{maks}$ ,  $\gamma d_{min}$ ,  $\Phi$ , dan  $\tau$ . Pengujian dilakukan terhadap pasir siuri murni terhadap variasi komposisi butiran halus lolos saringan no.200 dengan presentase 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90% terhadap berat campuran. Hasil penelitian menunjukkan perubahan pada beberapa parameter seperti yaitu  $\gamma d$ ,  $\gamma d_{maks}$ ,  $\gamma d_{min}$ ,  $\Phi$ , dan  $\tau$ , nilai parameter tersebut mengalami peningkatan sampai pada kadar butiran halus 30%, kemudian hal yang sebaliknya terjadi pada kadar butiran halus 40%, maka dipastikan ambang batas dari kandungan butiran halus terletak pada campuran dengan kadar butiran halus 30-40%. Hal ini dikarenakan pada kondisi peralihan, butiran halus yang berlebihan akan mendominasi butiran kasar sehingga mampu memisahkan antar butiran kasar sehingga memberikan kontribusi tidak baik.

## METODE PENELITIAN

### Material penelitian

Material tanah yang diambil untuk penelitian ini yaitu tanah pasir yang berada pada lokasi terjadinya likuefaksi di Desa Jono Oge, Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel pasir di daerah Jono Oge

Butiran halus merupakan bagian dari partikel tanah yang dalam pengelompokan tanah termasuk dalam tanah yang berukuran  $<0.150$  mm. Butir halus yang digunakan dalam variasi campuran ini merupakan sampel yang sama dari tanah pasir yang digunakan, hanya saja tanah yang digunakan lolos saringan No. 200. Kadar butiran halus bervariasi dari 5%, 15%, dan 35% terhadap berat campuran.

Larutan agarosa merupakan pencampuran air dan bubuk agarosa. Bubuk agarosa yang akan digunakan adalah berupa agarosa bubuk kemasan komersial yang banyak dijual di pasaran, yaitu agarosa bubuk bermerek “CAP BOLA DUNIA”. Kadar larutan agarosa yang digunakan adalah 1% dan 3%. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Resky (2021), kadar larutan agarosa yang digunakan 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% terhadap massa air 50 gram yang dicampurkan pada pasir dari Petobo dengan waktu pemeraman 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Dari penelitian ini maka penulis ingin mengembangkan dengan menggunakan kadar larutan agarosa 1% dan 3% terhadap massa air 100 gram yang pastinya menghasilkan larutan yang lebih encer, sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan penelitian sebelumnya. Adapun dengan waktu pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari, 21 hari dan 28 hari.

### 2.1 Metode Pencampuran dan Pengujian

Pasir yang telah lolos saringan #8 dan tertahan saringan #200 dipisahkan kemudian dicampurkan dengan butiran halus. Selanjutnya dicampurkan dengan larutan agarosa saat suhu larutan  $>40^{\circ}\text{C}$  pada wadah. Pencampuran dilakukan dengan teknik basah. Untuk sampel dengan tambahan butir halus dilakukan pencampuran dengan teknik yang sama, hanya saja setelah dicampur pasir dan larutan agarosa, kemudian dimasukkan butir halus dengan variasi yang telah ditentukan yaitu 5%, 15%, dan 35% terhadap berat kering tanah

Setelah tercampur, sampel dimasukkan ke dalam cincin cetakan kemudian didiamkan sesuai dengan waktu pemeraman benda uji.

Langkah-langkah pencampuran sampel telah diuraikan sebagai berikut.

- Tanah yang pasir yang telah disaring dimasukkan ke wadah. Dan melakukan persiapan pencampuran.
- Bubuk agarosa yang sudah dihitung massanya kemudian dicampurkan ke air yang telah dipanaskan  $>85^{\circ}\text{C}$  menggunakan pemanas mug elektrik.



**Gambar 3.** Proses Pembuatan Larutan Agarosa

- Larutan agarosa dicampurkan pada tanah yang telah ditimbang pada saat suhu larutan masih  $>40^{\circ}\text{C}$  pada wadah. Lalu aduk hingga tercampur merata.



**Gambar 4.** Larutan Agarosa Dicampurkan Pada Tanah



**Gambar 5.** Prosedur Pencampuran Sampel

- Setelah dimasukkan dicetakkan, sampel didiamkan hingga mulai menyatu dan dikeluarkan dari cetakkan silinder lalu sampel didiamkan selama waktu pemeraman yang diinginkan.



Gambar 6. Sampel tanah + agarose ayang telah dicetak

Benda uji yang telah didiamkan sesuai waktu pemeraman, kemudian diuji pada alat uji Kuat Tekan Bebas sesuai prosedur pengujian pada ASTM D 2166-66.

### Perhitungan

Kadar Air ( $w$ )

$$w = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Tanah Kering}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Berat Isi Basah ( $\gamma_b$ )

$$\gamma_b = \frac{\text{Berat Tanah Basah}}{\text{Volume Benda Uji}} \quad (3.2)$$

Berat Isi Kering ( $\gamma_d$ )

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{100+w} \times 100 \quad (3.3)$$

Keterangan:

$\gamma_b$  = Berat Isi Basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$w$  = Kadar Air (%)

Regangan Aksial ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\delta h}{h} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

$\delta h$  = Perubahan tinggi benda uji (mm)

$h$  = Tinggi benda uji (mm)

Beban Aksial ( $P$ )

$$P = \text{Pembacaan dial} \times \text{proving ring} \quad (3.5)$$

Tegangan Normal ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.6)$$



$$A = \frac{A_0}{1-\varepsilon} \quad (3.7)$$

Keterangan :

- $\sigma$  = Tegangan Normal (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = Beban Aksial (kg)
- A = Luasan Terkoreksi (cm<sup>2</sup>)
- A<sub>0</sub> = Luas awal benda uji (cm<sup>2</sup>)
- $\varepsilon$  = Regangan Aksial (%)

### HASIL PENELITIAN

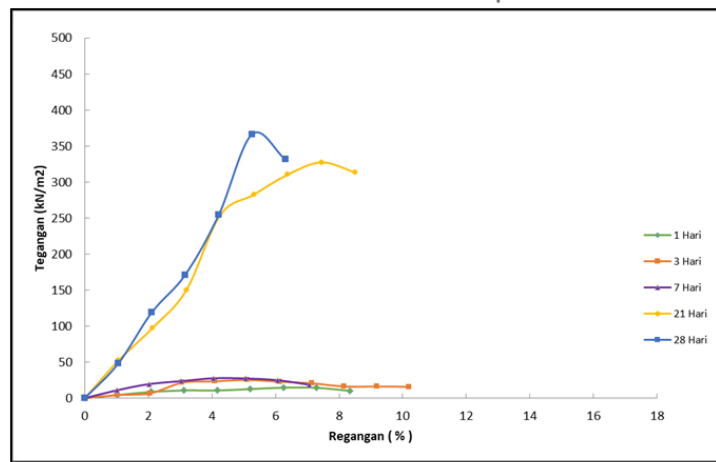
Hasil pengujian analisa saringan terhadap material tanah pasir terlikuefaksi dari Desa Jono Oge, berdasarkan persentase lolos saringan No. 200 < 5% serta nilai Cu < 6 dan Nilai Cc < 1, diklasifikasikan menurut *Unified Soil Classification System (USCS)* maka material tanah yang digunakan termasuk tanah pasir bergradasi buruk .

#### 3.1 Hubungan Tegangan-Regangan terhadap waktu pemeraman dan kadar agarosa

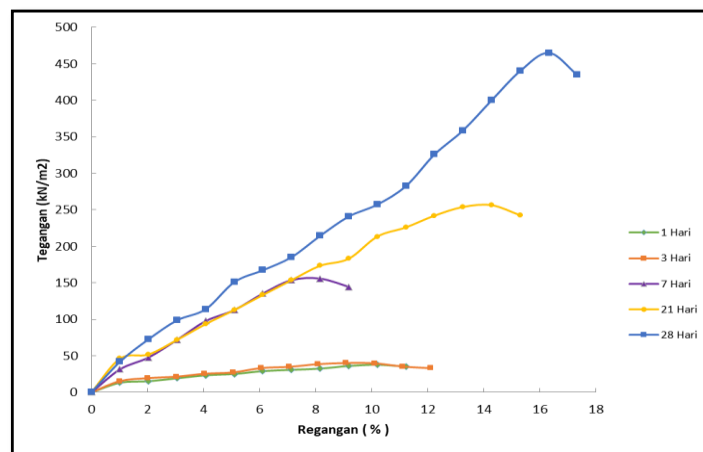
Tabel 1. memperlihatkan nilai tegangan maksimum pada masa pemeraman 28 hari sebesar 366,48 kN/m<sup>2</sup>. Untuk nilai regangan terbesar diperoleh pada masa pemeraman 3 hari sebesar 10,20%. Dan nilai regangan terkecil pada masa pemeraman 28 hari. Hal ini disebabkan karena pada masa pemeraman 28 hari, sampel semakin kering dan kandungan agarosa 1% cukup sebagai pengikat sehingga tidak terjadi regangan yang besar pada sampel bila dibandingkan dengan masa pemeraman 3 hari, sampel belum cukup kering sehingga terjadi regangan yang cukup besar. Grafik hasil pengujian uji kuat tekan bebas disajikan pada Gambar 7.

Tabel 1. Nilai Regangan dan Tegangan terhadap waktu pemeraman pada kadar agarosa 1 % dan kadar butir halus 0%

Pembacaan Deformasi	1 HARI		3 HARI		7 HARI		21 HARI		28 HARI	
	Regangan Aksial $\varepsilon=\delta h/h$ (%)	Tegangan $\sigma=P/A$ (kN/m <sup>2</sup> )	Regangan Aksial $\varepsilon=\delta h/h$ (%)	Tegangan $\sigma=P/A$ (kN/m <sup>2</sup> )	Regangan Aksial $\varepsilon=\delta h/h$ (%)	Tegangan $\sigma=P/A$ (kN/m <sup>2</sup> )	Regangan Aksial $\varepsilon=\delta h/h$ (%)	Tegangan $\sigma=P/A$ (kN/m <sup>2</sup> )	Regangan Aksial $\varepsilon=\delta h/h$ (%)	Tegangan $\sigma=P/A$ (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.04	4.37	1.02	4.38	1.01	10.94	1.06	52.49	1.05	48.12
0.20	2.08	8.66	2.04	6.50	2.02	19.49	2.13	97.36	2.11	119.02
0.30	3.13	10.71	3.06	21.43	3.03	23.58	3.19	149.80	3.16	171.25
0.40	4.17	10.59	4.08	23.32	4.04	27.58	4.26	253.97	4.21	254.09
0.50	5.21	12.57	5.10	25.17	5.05	27.28	5.32	282.54	5.26	366.48
0.60	6.25	14.51	6.12	22.83	6.06	24.92	6.38	310.41	6.32	331.34
0.70	7.29	14.35	7.14	20.53	7.07	18.49	7.45	327.34		
0.80	8.33	10.13	8.16	16.24			8.51	313.47		
0.90			9.18	16.06						
1.00			10.20	15.88						



**Gambar 7** Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Sampel dengan Komposisi Fraksi Halus 0% dan Larutan Agarosa 1%



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Sampel dengan Komposisi Fraksi Halus 35% dan Larutan Agarosa 3%

Grafik pada gambar 8 memperlihatkan hubungan tegangan-regangan untuk sampel yang ditambahkan fraksi halus 35% dengan larutan Agarosa 3%. Sampel mencapai tegangan maksimum adalah sampel dengan lama waktu pemeraman 28 hari dan nilai regangan terbesar diperoleh pada sampel dengan masa pemeraman.

### 3.2 Hubungan Nilai Tegangan Maksimum dengan Waktu Pemeraman Terhadap Komposisi Campuran

**Tabel 2.** Nilai Tegangan Maksimum Sampel Untuk Larutan Agarosa 1%

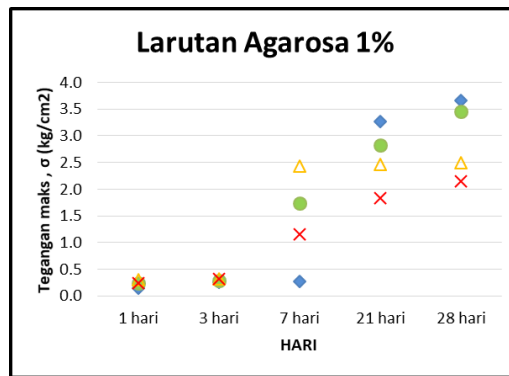
Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Tegangan maks (kN/m <sup>2</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 1%	14.51	25.17	27.58	327.34	366.48
FC 5% + Agarosa 1%	24.76	29.03	173.37	281.86	345.29
FC 15% + Agarosa 1%	29.77	31.43	243.08	246.92	248.91
FC 35% + Agarosa 1%	24.34	31.13	115.34	182.54	215.18



**Tabel 3.** Nilai Tegangan Maksimum Sampel Untuk Larutan Agarosa 3%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Tegangan maks (kN/m <sup>2</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 3%	18.47	40.11	41.10	353.99	400.21
FC 5% + Agarosa 3%	35.06	44.58	188.96	295.75	416.16
FC 15% + Agarosa 3%	45.13	43.62	257.43	287.48	403.30
FC 35% + Agarosa 3%	37.71	40.19	155.84	256.36	465.02

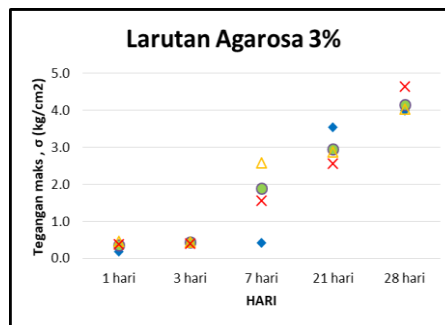
Dari tabel 2 dan 3 dapat dilihat untuk sampel dengan larutan agarosa 1% dan 3%, tegangan maksimum diperoleh pada masa pemeraman 28 hari dan dengan komposisi campuran fraksi halus 0% dan 35%.



Keterangan:   
◆ Fraksi Halus 0% △ Fraksi Halus 15%   
● Fraksi Halus 5% × Fraksi Halus 35%

**Gambar 9.** Grafik Hubungan Nilai Tegangan Maksimum dengan Waktu Pemeraman Terhadap

### Komposisi Campuran



Keterangan:   
◆ Fraksi Halus 0% △ Fraksi Halus 15%   
● Fraksi Halus 5% × Fraksi Halus 35%

**Gambar 10.** Grafik Hubungan Nilai Tegangan Maksimum dengan Waktu Pemeraman Terhadap Komposisi Campuran

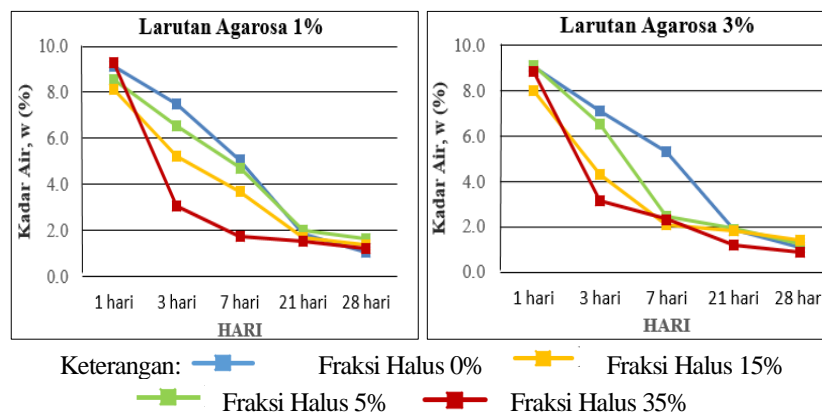
### 3.3 Hubungan Kadar Air dan Komposisi Campuran Terhadap Waktu Pemeraman.

**Tabel 4.** Nilai Kadar Air Sampel dengan Larutan Agarosa 1%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Kadar Air, w (%)				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 1%	9.161	7.474	5.061	1.857	1.021
FC 5% + Agarosa 1%	8.545	6.543	4.721	1.975	1.645
FC 15% + Agarosa 1%	8.124	5.206	3.711	1.701	1.349
FC 35% + Agarosa 1%	9.301	3.061	1.713	1.536	1.212

**Tabel 5.** Nilai Kadar Air Sampel dengan Larutan Agarosa 3%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Kadar Air, w (%)				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 3%	9.064	7.085	5.302	1.848	1.089
FC 5% + Agarosa 3%	9.134	6.543	2.437	1.901	1.264
FC 15% + Agarosa 3%	7.994	4.298	2.072	1.812	1.397
FC 35% + Agarosa 3%	8.834	3.154	2.326	1.202	0.866



**Gambar 11.** Grafik Hubungan Waktu Pemeraman dengan Kadar Air

Gambar 11. menunjukkan hubungan waktu pemeraman dengan kadar air. Dapat dilihat bahwa semakin lama sampel didiamkan atau diperam, kadar air semakin menurun yang berarti sampel semakin kering. Selain lama pemeraman, hal ini juga dipengaruhi oleh fraksi halus. Dapat dilihat pada sampel tanpa fraksi halus memiliki nilai kadar air tertinggi di setiap pemeraman, dan semakin banyak fraksi halus kadar air semakin berkurang dikarenakan saat fraksi halus masih sedikit, masih banyak rongga pori yang dapat dimasuki air sedangkan apabila semakin banyak fraksi halus, rongga pori semakin berkurang sehingga kadar air dalam sampel tidak banyak. Larutan agarosa pun menjadi salah satu faktor berkurangnya kadar air, dikarenakan dengan adanya agarosa dapat menyerap air dalam sampel tanah sehingga apabila dilihat grafik dengan larutan agarosa 3%, nilai kadar airnya sedikit lebih kecil dibandingkan dengan larutan agarosa 1%.

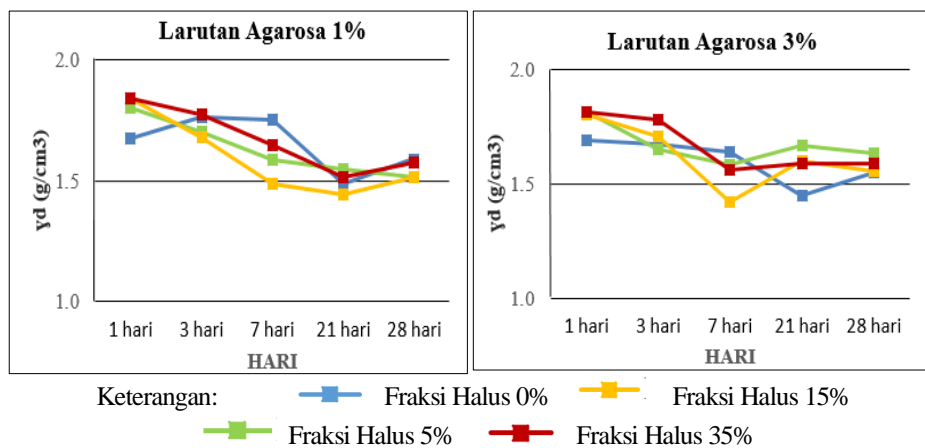
### 3.4 Hubungan Berat Isi Kering dengan Komposisi Campuran Terhadap Waktu Pemeraman

**Tabel 6.** Nilai Berat Isi Kering Sampel dengan Larutan Agarosa 1%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Berat Isi Kering, $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 1%	1.675	1.763	1.753	1.489	1.590
FC 5% + Agarosa 1%	1.802	1.703	1.587	1.551	1.516
FC 15% + Agarosa 1 %	1.841	1.682	1.487	1.446	1.514
FC 35% + Agarosa 1 %	1.841	1.777	1.651	1.518	1.578

**Tabel 7.** Nilai Berat Isi Kering Sampel dengan Larutan Agarosa 3%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Berat Isi Kering, $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 3%	1.693	1.674	1.641	1.447	1.550
FC 5% + Agarosa 3%	1.816	1.649	1.584	1.668	1.634
FC 15% + Agarosa 3 %	1.803	1.707	1.423	1.598	1.555
FC 35% + Agarosa 3 %	1.816	1.780	1.562	1.587	1.590



**Gambar 12.** Grafik Hubungan Berat Isi Kering Terhadap Waktu Pemeraman

Dari Tabel 6 dan 7 terlihat semakin lama waktu pemeraman, nilai berat isi kering semakin menurun. Dikarenakan berat isi kering dipengaruhi oleh kadar air yang di mana semakin lama pemeraman, kadar air semakin menurun.

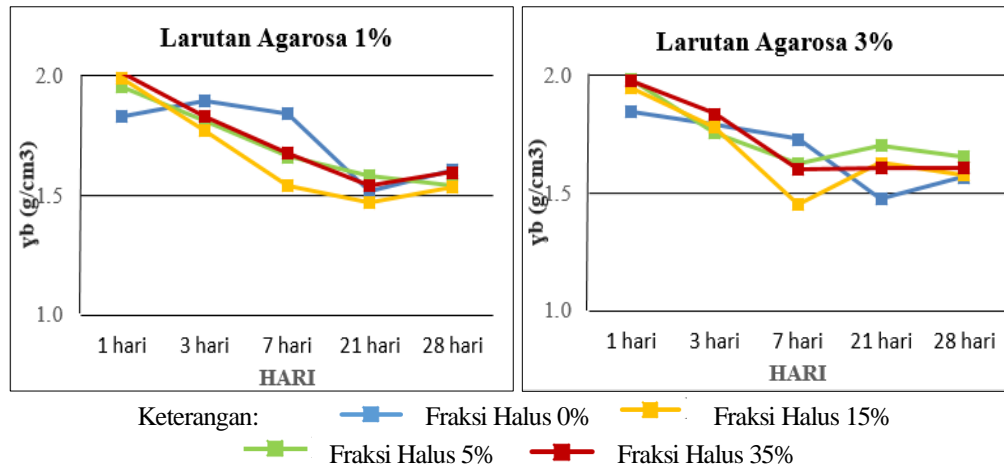
### 3.5 Hubungan Berat Isi Basah dengan Komposisi Campuran Terhadap Waktu Pemeraman.

**Tabel 8.** Nilai Berat Isi Basah Sampel dengan Larutan Agarosa 1%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Berat Isi Basah $\gamma_b$ (kg/cm <sup>3</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 1%	1.828	1.895	1.841	1.517	1.606
FC 5% + Agarosa 1%	1.956	1.815	1.662	1.582	1.541
FC 15% + Agarosa 1 %	1.990	1.769	1.542	1.471	1.535
FC 35% + Agarosa 1 %	2.012	1.831	1.679	1.541	1.597

**Tabel 9.** Nilai Berat Isi Basah Sampel dengan Larutan Agarosa 3%

Campuran Fraksi Halus + Larutan Agarosa	Berat Isi Basah $y_b$ (kg/cm <sup>3</sup> )				
	1 hari	3 hari	7 hari	21 hari	28 hari
FC 0% + Agarosa 3%	1.846	1.793	1.728	1.474	1.567
FC 5% + Agarosa 3%	1.982	1.754	1.622	1.699	1.654
FC 15% + Agarosa 3%	1.947	1.780	1.453	1.627	1.577
FC 35% + Agarosa 3%	1.977	1.836	1.599	1.606	1.604



**Gambar 12.** Grafik Hubungan Berat Isi Basah Terhadap Waktu Pemeraman

Dari Tabel 8 dan 9 dapat disimpulkan bahwa berat isi basah semakin menurun apabila semakin lama waktu pemeraman. Sama halnya dengan berat isi kering, keduanya dipengaruhi oleh kadar air yang dimana semakin lama pemeraman, kadar air semakin menurun.

## KESIMPULAN

Nilai tegangan maksimum dari tiap campuran diperoleh pada waktu pemeraman 28 hari dengan nilai sebagai berikut :

- Nilai tegangan maksimum pada sampel tanpa fraksi halus diperoleh sebesar 366,48 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 1% dan 400,21 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 3%.
- Nilai tegangan maksimum pada sampel dengan fraksi halus 5% diperoleh sebesar 345,29 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 1% dan 416,16 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 3%.
- Nilai tegangan maksimum pada sampel dengan fraksi halus 15% diperoleh sebesar 248,91 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 1% dan 403,30 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 3% .
- Nilai tegangan maksimum pada sampel dengan fraksi halus 35% diperoleh sebesar 215,18 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 1% dan 465,02 kN/m<sup>2</sup> untuk agarosa 3% . Komposisi campuran yang paling maksimum diperoleh pada sampel dengan campuran komposisi fraksi halus 35% dan larutan agarosa 3%.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 2166. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. West Conshohocken, PA, United States. (2016).
- ASTM D 2847. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes; American Society for Testing and Material; (2006).
- Bowles, J. E., & Hainim, J. K. (1984). Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah).



- Gurbaksh, S. & Goyal, R. (2019). "Analysis of Heavy Metals Concentration in Landfill Soil." *International Journal of Engineering Research And*, vol. V8, no.12, 2019,.
- Irdhiani, Chandra, H., & Oktaviani, I.S. (2013). *Studi Karakteristik Pasir Siuri dengan Penambahan Butiran Halus Nonplastis (Studi Kasus FC<FCth)*.
- Laily, K. (2019). *Jenis Bahan Penstabil Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik pada Leather Labu Air (Lagenaria Siceraria)*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Semarang, Semarang.
- Risky., A. M. (2021). *Studi Perilaku Kuat Geser Pada Pasir Terlikuifaksi Di Petobo Dengan Penambahan Larutan Agarosa*. Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu.
- Smitha, S., & Sachan, A. (2016). Use of agar biopolymer to improve the shear strength behavior of sabarmati sand. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 10(4), 387–400.
- Smitha, S., & Rangaswamy, K. (2020). Effect of Biopolymer Treatment on Pore Pressure Response and Dynamic Properties of Silty Sand. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(8), 1–15.
- SNI 1965: 2008 Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium. Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU. (n.d.).
- SNI 3423: 2008 Cara uji analisis ukuran butiran tanah. Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU. (n.d.).
- Unified Soil Classification System (USCS). (2006). *Standard Practice for Classification of Soil Engineering Purpose*. ASTM Standard D2487, West Conshohocken, PA. (2006).
- Wei, X., & Yang, J. (2019). Machine Translated by Google Mencirikan efek denda pada ketahanan likuifaksi pasir berlumpur. 59, 1800–1812.