

ANALISIS PERKUATAN EMBANKMENT PADA TANAH BERPOTENSI LIKUIFAKSI AKIBAT GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN IJUK

Maria M. Baeruma

Fabian J. Manoppo, Agnes T. Mandagi

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: magdalenabaeruma@yahoo.com

ABSTRAK

Tanah dasar berperan penting dalam pekerjaan-pekerjaan teknik sipil, yang berpengaruh untuk mendukung konstruksi yang berada di atasnya. Salah satu dampak yang disebabkan oleh gempa bumi adalah hilangnya daya dukung tanah akibat getaran gempa atau beban siklik yang disebut dengan peristiwa Likuifaksi.

Area jln tol Manado-Bitung dievaluasi potensi Likuifaksi dengan menggunakan nilai uji Standard Penetration Test (SPT). Berdasarkan evaluasi potensi Likuifaksi, area jln tol Manado-Bitung berpotensi Likuifaksi. Oleh karena itu dilakukan penelitian perkuatan pada tanah dengan menambahkan material serat ijuk pada tanah yang berpotensi Likuifaksi.

Dari hasil perhitungan potensi Likuifaksi pada Moment Magnitude (M_w) 7 – 8 dengan kedalaman 1.5 m – 4.5 m adanya terjadi potensi Likuifaksi dengan kecepatan maksimum yang terjadi di permukaan tanah (a_{max}) = 0.746g.

Hasil pengujian di laboratorium yang dilakukan dengan menggunakan Serat Ijuk sebagai Perkuatan tanah menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung dengan peningkatan terbesar pada variasi campuran tanah+ijuk 0.2% di mana nilai CBR tanah asli sebesar 17.474% meningkat menjadi 24.402%. Di lihat dari output hasil pemodelan menggunakan program slide 6.0 yaitu serat ijuk tidak cukup signifikan untuk membuat perkuatan dengan nilai faktor keamanan menggunakan serat ijuk sebesar 5.767 dan nilai faktor keamanan tanpa menggunakan serat ijuk yaitu 5.358.

Kata Kunci: *Likuifaksi, Standart Penetration Test (SPT), CBR, Serat Ijuk, Slide.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah dasar berperan penting dalam pekerjaan-pekerjaan teknik sipil, yang berpengaruh untuk mendukung konstruksi yang berada di atasnya.

Gempa bumi adalah salah satu bencana yang sangat merusak dengan skala yang besar juga mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit, gempa bumi juga sulit untuk di prediksi kapan dan dimana gempa terjadi. Dampak serius dari gempa bumi bisa sangat merusak segala macam jenis konstruksi yang ada. Salah satu dampak yang di sebabkan oleh gempa bumi adalah hilangnya daya dukung tanah akibat getaran gempa atau beban siklik yang di sebut dengan peristiwa Likuifaksi.

Likuifaksi adalah suatu kejadian dimana tanah terjadi kehilangan kekuatan geser karena meningkatnya tegangan air pori sebagai akibat terjadinya beban siklik (beban gempa) yang sangat cepat dan dalam waktu sesaat (Idriss dan Boulanger, 2008). Karena kehilangan

kekuatan serta tegangan gesernya mengakibatkan sifat tanah yang awalnya padat menjadi cair.

Dalam pengerjaan Jalan Tol Manado-Bitung segmen 1, ditemukan masalah pada area tanah pasir yang berpotensi likuifaksi dengan daya dukung yang rendah, sehingga mengakibatkan pembuatan *embankment* menjadi tidak aman.

Dalam penelitian ini dilakukan perkuatan pada tanah yang berpotensi likuifaksi tersebut dengan menambahkan material serat ijuk. Serat ijuk sendiri mampu memberikan sifat kekakuan dan ulet.

Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas dapat di ambil rumusan masalah yaitu seberapa besar serat ijuk dapat meningkatkan nilai CBR.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi hal-hal berikut:

1. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah pasir pada area jln tol Manado-Bitung segmen 1.
2. Lokasi penelitian hanya dilakukan di jalan tol Manado-Bitung segmen 1.
3. Data percepatan gempa (amax) diambil dari situs website puskim .
4. Serat ijuk yang digunakan adalah serat ijuk dari wilayah tinoor.
5. Variasi penambahan serat ijuk yang digunakan sebesar 0%, 0.2%, 0.3%, 0.4%.
6. Metode yang dipakai untuk menganalisa potensi likuifaksi menggunakan Standard Penetration Test (SPT).
7. Pengujian karakteristik di Laboratorium berupa: Uji Kadar Air, Uji Berat Jenis, Uji Analisa Saringan (Ansar), Uji Pematatan, dan Uji CBR Rendam.
8. Tidak menguji secara detail komposisi pada serat ijuk.
9. Serat ijuk di potong dengan ukuran 2 cm.

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi di area segmen 1 jln tol Manado-Bitung.
2. Untuk mengetahui apakah serat ijuk dapat meningkatkan daya dukung tanah, di tinjau dari nilai CBR tanah, dan beberapa presentase serat ijuk maksimum yang mampu meningkatkan nilai CBR.

Manfaat Penelitian

1. Dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemanfaatan penggunaan serat ijuk sebagai bahan untuk perkuatan tanah.
2. Memperoleh pengetahuan tentang perkuatan pada area tanah yang berpotensi likuifaksi dengan cara perkuatan menggunakan serat ijuk.

LANDASAN TEORI

Tanah Pasir

Pasir memiliki kapasitas serat air yang rendah karena sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar* yang berukuran antara 0,05 mm-2 mm. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini. Pasir dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (*gap-graded*).

Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). Tanah non kohesif

mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*). Tanah pasir memiliki tekstur yang kasar. Terdapat ruang pori-pori yang besar diantara butiran-butirannya sehingga kondisi tanah ini menjadi struktur yang lepas dan gembur. Dengan kondisi yang seperti itu menjadikan tanah pasir ini memiliki kemampuan yang rendah untuk dapat mengikat air.

Hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Pasir dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Pasir Alam, yaitu pasir yang bersumber dari gunung, sungai, pasir laut, bekas rawa dan ada juga dari pasir galian .
2. Pasir Pabrikasi, yaitu pasir yang didapatkan dari penggilingan bebatuan yang kemudian diolah dan disaring sesuai dengan ukuran maksimum dan minimum agregat halus.

Secara permeabilitas, pasir merupakan material yang memiliki permeabilitas tinggi, mudah di tembus air.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das, 1991):

1. Ukuran butiran antara 0,05 mm – 2 mm.
2. Bersifat non kohesif.
3. Kenaikan air kapiler yang rendah, antara 0,12 – 1,2m.
4. Memiliki nilai koefisien permeabilitas antara 0,001 – 1,0 cm/det.
5. Proses penurunan sedang sampai cepat.

Teori Likuifaksi

Menurut Seed et al (1975), Likuifaksi adalah proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair akibat meningkatnya tekanan air pori yang harganya menjadi sama dengan tekanan total oleh sebab terjadinya beban dinamik, sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol.

Likuifaksi adalah fenomena dimana tanah kehilangan banyak kekuatan (*strength*) dan kekakuannya (*stiffness*) untuk waktu yang singkat namun meskipun demikian likuifaksi menjadi penyebab banyaknya kerusakan, kematian, dan kerugian ekonomi yang besar.

Likuifaksi hanya terjadi pada tanah jenuh, sehingga kedalaman muka air tanah akan mempengaruhi kerentanan terhadap likuifaksi. Kerentanan terhadap likuifaksi akan menurun dengan bertambah dalamnya muka air tanah, dan pengaruh likuifaksi secara langsung dimana muka air tanah berada beberapa meter dari permukaan tanah. Di daerah dimana level

muka air tanah berfluktuasi (berubah) secara jelas, bahaya likuifaksi juga akan berubah.

Fenomena likuifaksi terjadi seiring terjadinya gempa bumi. Secara visual peristiwa likuifaksi ini ditandai munculnya lumpur pasir di permukaan tanah berupa semburan pasir (sand boil), rembesan air melalui rekahan tanah, atau juga dalam bentuk tenggelamnya struktur bangunan di atas permukaan, penurunan muka tanah dan perpindahan lateral. Pada saat gempa terjadi, gelombang gempa merambat ke segala arah, salah satunya adalah perambatan gelombang geser yang berasal dari pusat pelepasan energy (Kramer, 1996).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Likuifaksi

Likuifaksi biasanya terjadi pada kondisi tanah atau lahan yang jenuh air, contohnya tanah yang banyak mengandung pasir atau terbentuk dari pasir, tanah bekas dari endapan bekas delta suatu sungai. Tanah yang berjenis seperti itu cenderung memiliki kerapatan yang rendah sehingga terdapat banyak rongga.

Likuifaksi juga bisa terjadi kalau muka air tanah dangkal, misalnya kedalaman muka air tanah hanya 2 sampai 4 meter. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi terjadi potensi likuifaksi, yaitu:

1. Intensitas dan Durasi Dari Gempa
2. Posisi Letak Muka Air Tanah
3. Rapat Relatif Tanah (Dr)
4. Gradasi Ukuran Partikel
5. Letak Geologis Tanah
6. Kondisi-Kondisi Drainase
7. Tegangan Selimut (*Confining Pressures*)
8. Sejarah Tanah
9. Beban Bangunan

Dampak dari Terjadinya Likuifaksi

Karena tanah berubah menjadi cairan maka paling beresiko adalah tempat yang memiliki tipe tanah berpasir, karena pasir cenderung memiliki pori atau rongga dan mudah untuk terkena tarikan. Hilangnya struktur tanah akibat kehilangan kekuatan atau kemampuan untuk memindahkan tegangan geser inilah yang disebut sebagai pencairan. Dan dampak yang akan terjadi jika se sebuah area terkena pencairan tanah atau likuifaksi,

1. Tanah bergeser, khususnya rumah dan bangunan yang ada di atasnya akan roboh atau ikut bergeser.

2. Permukaan tanah menjadi turun dan membuat perbedaan permukaan (akhirnya area tersebut akan seperti bukit ada yang turun dan naik permukaannya).
3. Material diatas tanah dapat hanyut semua.

Metode Untuk Mengevaluasi Potensi Likuifaksi

Dalam menganalisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu tes uji laboratorium dan hasil tes uji lapangan yang kemudian dihitung faktor keamanannya (Emora dkk 2019). Dalam penelitian ini penulis bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai potensi likuifaksi dari hasil uji lapangan yaitu data SPT. Adapun untuk menganalisis potensi likuifaksi dibutuhkan nilai rasio tegangan siklik (CSR) dan nilai rasio tahanan siklik (CRR) yang bisa didapatkan dari nilai CPT (sondir), SPT (bor dalam), V_s (shearwave velocity), dan beberapa uji tanah lainnya termasuk Becker Penetration Test (BPT). Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan dari data SPT.

Metode untuk mengevaluasi potensi likuifaksi adalah dengan cara mendapatkan nilai faktor keamanan dari hasil perbandingan nilai CRR (Cyclic Resistance Ratio) yaitu nilai yang mencerminkan kekuatan tanah terhadap beban siklik yang biasanya diakibatkan oleh beban gempa bumi dengan CSR (Cyclic Stress Ratio) yaitu nilai tegangan yang disebabkan oleh gempa bumi. Faktor keamanan yang digunakan tidak boleh kurang dari satu, karena jika kurang dari satu maka tanah akan mengalami likuifaksi. Berikut sedikit diilustrasikan oleh sebuah persamaan:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

$$\text{jika } FS = \frac{CRR}{CSR} < 1 \text{ (terjadi likuifaksi)}$$

$$\text{jika } FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ (kondisi kritis)}$$

$$\text{jika } FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ (tidak terjadi likuifaksi)}$$

Metode evaluasi Cyclic Stress Ratio (CSR)

CSR merupakan nilai perbandingan antara tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh gempa dengan tegangan vertikal efektif di tiap lapisan. Nilai CSR pada suatu lapisan tanah sangat dipengaruhi oleh nilai percepatan gempa (a).

Pada tahun 1971, Seed dan Idris memformulirkan suatu persamaan untuk rasio tegangan siklik, yaitu:

$$CSR = 0.65 (a_{max} / g)(\sigma_{vo} / \sigma'_v)$$

dimana:

σ_{vo} dan σ'_v = tegangan tanah total dan tegangan tanah efektif.

a_{max} = akselerasi puncak horizontal pada permukaan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi.

g = gravitasi. (9.81 m/s²), dan

r_d = koefisien tegangan reduksi.

Idriss dan Boulanger (2010) menyimpulkan bahwa nilai koefisien tegangan reduksi (r_d) harus menunjukkan fungsi dari kedalaman juga *earthquake magnitude* (M_w). Berikut persamaan dari analisis tersebut:

$$r_d = \exp(\alpha + \beta \times M_w) \quad (1)$$

$$\alpha = -1,012 - 1,126 \sin\left(5,133 + \frac{z}{11,73}\right) \quad (2)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \sin\left(5,142 + \frac{z}{11,28}\right) \quad (3)$$

dengan z adalah kedalaman dalam satuan meter, sedangkan M_w adalah *moment magnitude*.

Metode evaluasi Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Dalam menghitung dan mengevaluasi nilai CRR dilakukan dengan pendekatan perhitungan yang diformulirkan Youd and Idris (2001).

1. Menghitung nilai $(N1)_{60}$

$$(N1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (4)$$

dimana:

N_m = N-SPT yang diperoleh dari tes lapangan

C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan *overburden* pada umumnya

C_E = Koreksi rasio energi *hammer*

C_B = Koreksi untuk diameter lubang bor

C_R = Faktor koreksi dari panjang batang

C_S = Koreksi untuk sampel

Setelah didapat hasil nilai N-SPT yang telah dikoreksi 60% efiseiensi energi (N_{60}) dihitung pula faktor koreksi tekanan *overburden* karena adanya peningkatan nilai N-SPT dengan meningkatnya tekanan *overburden*, faktor koreksi tegangan *overburden* harus digunakan (Seed and Idriss, 1982). Faktor koreksi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$(N1)_{60} = (N1)_{60} * C_N \quad (5)$$

$$C_N = 2,2 / \left(1,2 + \frac{\sigma'_{v0}}{P_a}\right) \quad (6)$$

Liao-Whitman (1986) juga memformulasikan faktor koreksi tegangan *overburden* efektif dengan persamaan:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^{0,5} \quad (7)$$

dimana:

σ'_{vo} = Tekanan tanah efektif

P_a = tekanan atmosfer 100 kpa (1atm)

Faktor koreksi lain nilai *Standard Penetration Test* (SPT) dapat dikoreksi dengan tabel 1 dan 2. berikut:

Tabel 1. Faktor Koreksi Terhadap Efisiensi pemukul SPT (Clayton, 1990)

Negara	Tipe pemukul	Mekanisme pelepasan pemukul	Efisiensi pemukul, E_f
Argentina	Donat	Cathead	0,45
Brasil	Pin weight	Dilepas tangan	0,72
China	Otomatis	Trip	0,60
	Donat	Dilepas tangan	0,55
	Donat	Cathead	0,50
Columbia	Donat	Cathead	0,50
Jepang	Donat	Tombi trigger	0,78 – 0,85
	Donat	Cathead 2 turn + pelepas spesial	0,65 – 0,67
Inggris	Otomatis	Trip	0,73
Amerika	Aman	2 turn on cathead	0,55 – 0,60
	Donat	2 turn on cathead	0,45
Venezuela	Donat	Cathead	0,43

Tabel 2. Faktor Koreksi SPT Akibat Pengaruh Lubang Bor, Tabung Sampler, Batang Bor (Skempton, 1986)

Faktor	Variasi alat	Nilai koreksi
Diameter lubang bor (C_b)	65 – 115 mm	1,00
	150 mm	1,05
	200 mm	1,15
Tabung sampler (C_s)	Tabung sampler standar	1,00
	Tabung sampler tanpa liner (tidak direkomendasikan)	1,20
Panjang batang bor (C_l)	3 – 4 m	0,75
	4 – 6 m	0,85
	6 – 10 m	0,95
	> 10	1,00

Sumber: Buku " Pondasi I, 2nd Edition" Harry Christady Hardiyatmo,

2. Menghitung nilai $(N1)_{60cs}$

Pada perkembangannya, Seed et.al (1985) mengidentifikasi kenaikan nilai CRR yang seiring dengan naiknya *finest content*. Berdasarkan data-data pendekatan yang ada Seed dkk mengembangkan kurva CRR untuk bermacam kandungan butiran halus (*finest content*) agar lebih sesuai dengan dasar dari data pendekatan.

Persamaan berikut diformulirkan oleh IM Idriss dan R.B. Seed untuk faktor koreksi $(N1)_{60}$ penyetaraan nilai *clean sand*, $(N1)_{60cs}$.

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta (N1)_{60} \quad (8)$$

Dimana α dan β adalah koefisein yang didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$\alpha = 0$ untuk $FC \leq 5\%$

$\alpha = \exp[1,76 - (190/FC^2)]$ untuk $5\% < FC < 35\%$

$\alpha = 5,0$ untuk $FC \geq 35\%$
 $\beta = 1,0$ untuk $FC \leq 5\%$

$\beta = [0,99 + (FC^{1,5}/1,000)]$ untuk $5\% < FC < 35\%$

$\beta = 1,2$ untuk $FC \geq 35\%$

persamaan ini bisa digunakan untuk menghitung ketahanan likuifaksi pada umumnya.

Menghitung Nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Idriss & Boulanger (2010) memformulirkan beberapa parameter nilai yang sudah dirubah rumusnya, sehingga untuk persamaan menghitung nilai CRR yang ditambahkan dengan nilai momen magnitude sebesar 7.5 diformulirkan sebagai berikut:

$$CRR_{7,5} = \exp\left\{\frac{(N1)60cs}{14.1} + \left[\frac{(N1)60cs}{126}\right]^2 - \left[\frac{(N1)60cs}{23.6}\right]^3 + \left[\frac{(N1)60cs}{25.4}\right]^4 - 2.8\right\}$$

Pada skala gempa yang berbeda dengan gempa 7,5 skala Richter diperlukan faktor koreksi yang disebut *Magnitude Scale Factor (MSF)* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$CRR_M = CRR_{7,5} \cdot K_\sigma \cdot MSF \quad (9)$$

dimana:

$CRR_{7,5}$ = CRR pada skala 7,5 skala Richter

K_σ = Faktor koreksi overburden

MSF = Faktor skala gempa

Dalam penelitian ini untuk menganalisis nilai MSF atau *Magnitude Scalling Factor* digunakan rumus persamaan yang dikemukakan oleh idriss (1999) yaitu sebagai berikut:

$$MSF = -0.058 + 6.9 \exp(-0.25Mw) \leq 1.8 \quad (10)$$

Faktor koreksi overburden dihitung dengan memakai persamaan:

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma_v}{P_a}\right)^f \quad (11)$$

Dimana f adalah faktor kerapatan relatif tanah, dihitung dengan memakai persamaan:

$$f = 0,831 - \frac{(N1)60cs}{160}$$

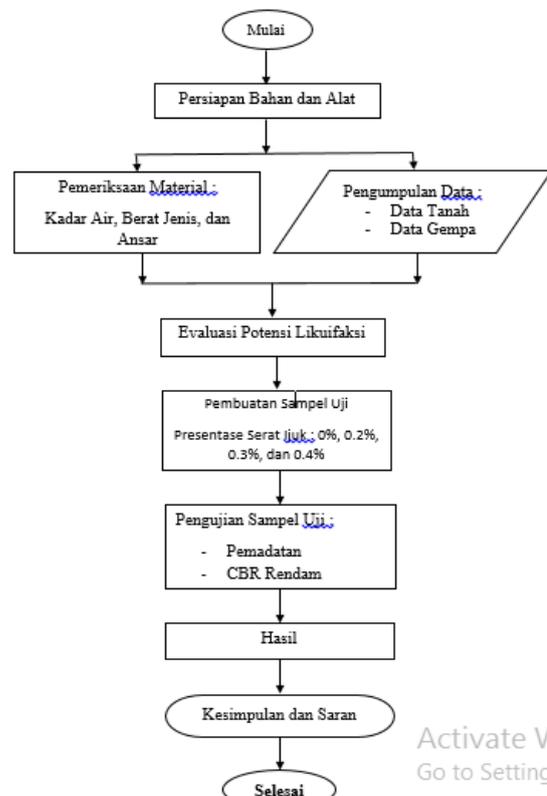
Serat Ijuk

Serat Ijuk adalah serat alam yang mungkin hanya sebagian orang yang mengetahui kalau serat ini sangatlah istimewa dibandingkan dengan serat alam lainnya. Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya: Tahan lama hingga ratusan bahkan ribuan tahun lebih, Tahan terhadap asam dan garam air laut, Mencengah penembusan rayap tanah. Selain itu ijuk tidak mudah busuk baik dalam keadaan terbuka (tahan terhadap cuaca) maupun tertanam dalam tanah. Di samping itu sifat ijuk yang mudah menyerap air, dapat mengurangi tekanan air pori yang naik pada waktu terjadi gempa.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada Gambar 1 merupakan langkah-langkah untuk mendukung proses penelitian yang akan di lakukan, sehingga penelitian dapat berjalan lebih terarah dan sistematis.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Activate W
Go to Settings

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Tanah

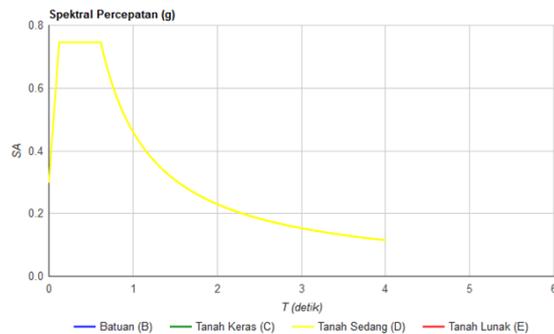
Tabel 1. Data tanah pengujian SPT

Lapisan Tanah ke	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT	Tebal Lapisan Tanah (m)	di/Ni
1	SC Clayey Sand/Brown	2.00	1.5	0.75
2	SC Clayey Sand/Brown	5.00	1.5	0.3
3	SC Clayey Sand/Brown	6.00	1.5	0.25
4	SC Clayey Sand/Brown	11.00	1.5	0.136364
5	SC Clayey Sand/Brown	17.00	1.5	0.088235
6	SC Clayey Sand/Brown	39.00	1.5	0.038462
7	SC Clayey Sand/Brown	40.00	1.5	0.0375
8	SC Clayey Sand/Brown	53.00	1.5	0.028302
9	SC Clayey Sand/Brown	60.00	1.5	0.025
10	SC Clayey Sand/Brown	60.00	1.5	0.025
11	SC Clayey Sand/Brown	60.00	1.5	0.025
12	SC Clayey Sand/Brown	60.00	1.5	0.025
13	SC Clayey Sand/Brown	60.00	2	0.033333
Σ			20	1.762196
N̄		Σdi/(Σdi/ΣNi)		20

Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 1, dapat diketahui bahwa nilai standart penetrasi rata-rata berada di angka < 50. Berdasarkan klasifikasi jenis tanah SNI 1726:2002 jenis tanah di titik yang ditinjau masuk dalam jenis Tanah Sedang.

Data Gempa

Data percepatan maksimum di permukaan (amax) didapatkan dari situs desain spectra Indonesia, dengan memasukkan koordinat lokasi tujauan di area segmen 1 jln Tol Manado-Bitung yaitu terletak pada (1°27'49"N 124°54'19"E), didapat nilai amax seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil perhitungan dan grafik percepatan vs periode gempa

Nilai percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (amax) sekitar 0.746g.

Analisis Likuifaksi

Menghitung nilai Cyclic Stress Ratio (CSR)

Dalam menghitung nilai CSR, terlebih dahulu menghitung nilai parameter-parameter yang mempengaruhi nilai CSR yaitu nilai tegangan vertikal total, tegangan vertikal efektif dan nilai koefisien tegangan reduksi,

berikut hasil perhitungan nilai CSR yang di dapat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Cyclic Stress Ratio (CSR)

Lapisan	Kedalaman (m)	ov (kN/m ²)	σ'v (kN/m ²)	amax (m/s ²)	rd	CSR
1	1.5	22.5	7.17	0.746	0.995242	0.154374
2	3	51.9	21.24	0.746	0.981875	0.118591
3	4.5	77.85	31.86	0.746	0.966421	0.116725
4	6	108.6	47.28	0.746	0.949127	0.107761
5	7.5	141	64.35	0.746	0.930263	0.100753
6	9	184.5	92.52	0.746	0.910111	0.089709
7	10.5	215.25	107.94	0.746	0.888963	0.087625
8	12	246	123.36	0.746	0.826702	0.081488
9	13.5	283.5	145.53	0.746	0.844848	0.081351
10	15	315	161.7	0.746	0.822452	0.079194
11	16.5	346.5	177.87	0.746	0.800191	0.077051
12	18	378	194.04	0.746	0.778319	0.074945
13	20	420	215.6	0.746	0.750164	0.072234

Menghitung Nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Dalam menghitung nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) terdapat beberapa parameter yang harus diperhitungkan yaitu nilai N-SPT yang dikoreksi efisiensi energi dan koreksi tegangan overburden (N1)60, nilai CRR karena peningkatan fines content (N1)60_{cs}, nilai CRR pada skala gempa Mw = 7.5, dan nilai CRR pada skala gempa selain Mw = 7.5 dengan memakai koreksi Magnitude Scalling Factor (MSF). Parameter-parameter nilai yang menghitung nilai CRR sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Nilai N-SPT yang dikorelasi 60% efisiensi energi

Kedalaman (m)	N-SPT	Koreksi N-SPT				N60
		EF	CB	CS	CR	
1.5	2.00	0.85	1	1	0.85	2.408333
3	5.00	0.85	1	1	0.85	6.020833
4.5	6.00	0.85	1	1	0.85	7.225
6	11.00	0.85	1	1	0.85	13.24583
7.5	17.00	0.85	1	1	0.85	20.47083
9	39.00	0.85	1	1	0.85	46.9625
10.5	40.00	0.85	1	1	0.85	48.16667
12	53.00	0.85	1	1	0.85	63.82083
13.5	60.00	0.85	1	1	0.85	72.25
15	60.00	0.85	1	1	0.85	72.25
16.5	60.00	0.85	1	1	0.85	72.25
18	60.00	0.85	1	1	0.85	72.25
20	60.00	0.85	1	1	0.85	72.25

Tabel 4. Hasil Nilai (N1)60 yang dikoreksi tegangan overburden (CN)

CN	N60	(N1)60
1.729968	2.408333	4.166338
1.557632	6.020833	9.378245
1.448703	7.225	10.46688
1.31516	13.24583	17.42039
1.192218	20.47083	24.40569
1.035197	46.9625	48.61542
0.965166	48.16667	46.48885
0.904011	63.82083	57.6947
0.828532	72.25	59.86141
0.780973	72.25	56.42528
0.738577	72.25	53.3622
0.700548	72.25	50.61457
0.655542	72.25	47.36293

Tabel 5. Hasil Perhitungan nilai (N1)60cs

α	β	(N1)60cs
0	1	4.1663
0	1	9.3782
0	1	10.4669
0	1	17.4204
0	1	24.4057
0	1	48.6154
0	1	46.4889
0	1	57.6947
0	1	59.8614
0	1	56.4553
0	1	53.3622
0	1	50.6146
0	1	47.3629

Selanjutnya hitung nilai $K\sigma$ dan nilai CRR dengan $M_w = 7.0$, $M_w = 7.4$, $M_w = 7.5$, $M_w = 7.8$, dan $M_w = 8.0$.

Tabel 6. Hasil Perhitungan nilai $K\sigma$ dan nilai CRR dengan $M_w = 7.0$, $M_w = 7.4$, $M_w = 7.5$, $M_w = 7.8$, dan $M_w = 8.0$

Kedalaman (m)	CRR7.5	f	$K\sigma$	CRR7.0	CRR7.4	CRR7.8	CRR8.0
1.5	0.0814145	0.8049606	0.30097639	0.02796	0.025164	0.022634	0.021461
3	0.1137779	0.7723863	0.60255845	0.078227	0.070405	0.063326	0.060044
4.5	0.1213386	0.7655819	0.82556176	0.121339	0.102871	0.092528	0.087732
6	0.1779354	0.7221225	1.06138641	0.215495	0.193945	0.174447	0.165405
7.5	0.2766055	0.6784644	1.26252461	0.398475	0.358628	0.322573	0.305853
9	238.77641	0.5271538	1.38108683	376.2819	338.6538	304.6065	288.8178
10.5	67.43502	0.5404444	1.5133426	116.4458	104.8012	94.26479	89.37877
12	737345.75	0.4704081	1.52721103	1284905	1156415	1040152	986238.3
13.5	10870935	0.4568663	1.6097418	19967516	17970769	16164038	15208
15	177798.13	0.4783419	1.73126203	351229.5	316106.6	284326.1	269588.7
16.5	8815.0477	0.4974863	1.85564519	18664.68	16798.22	15109.37	14326.21
18	947.5531	0.5146588	1.98249092	2143.462	1929.116	1735.168	1645.229
20	110.72268	0.5349819	2.15489977	272.2479	245.0232	220.3893	208.9658

Untuk menghitung Magnitude Scalling Factor (MSF) memakai persamaan 10, berikut hasil perhitungan nilai MSF.

Tabel 7. Hasil perhitungan MSF divariasasi gempa

MSF			
$M_w = 7.0$	$M_w = 7.4$	$M_w = 7.8$	$M_w = 8.0$
1.14104021	1.0269364	0.9236911	0.87581345

Kemudian hitung masing-masing faktor keamanan pada setiap variable gempa yang pada penelitian ini dipakai mulai dari $M_w = 7.0$, $M_w = 7.4$, $M_w = 7.8$, $M_w = 8.0$.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa $M_w = 7.0$ dan $a_{max} = 0.746$

Kedalaman (m)	CSR	CRR7.0	FS
1.5	0.154374	0.02796	0.181119
3	0.118591	0.078227	0.659637
4.5	0.116725	0.121339	1.039529
6	0.107761	0.215495	1.999749
7.5	0.100753	0.398475	3.954969

Tabel 9. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa $M_w = 7.4$ dan $a_{max} = 0.746$

Kedalaman (m)	CSR	CRR7.4	FS
1.5	0.154374	0.025164	0.163007
3	0.118591	0.070405	0.593679
4.5	0.116725	0.102871	0.881311
6	0.107761	0.193945	1.79977
7.5	0.100753	0.358628	3.559477

Tabel 10. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa $M_w = 7.8$ dan $a_{max} = 0.746$

Kedalaman (m)	CSR	CRR7.8	FS
1.5	0.154374	0.022634	0.146618
3	0.118591	0.063326	0.533987
4.5	0.116725	0.092528	0.792701
6	0.107761	0.174447	1.618832
7.5	0.100753	0.322573	3.201622

Tabel 11. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa $M_w = 8.0$ dan $a_{max} = 0.746$

Kedalaman (m)	CSR	CRR8.0	FS
1.5	0.154374	0.021461	0.13902
3	0.118591	0.060044	0.506312
4.5	0.116725	0.087732	0.751613
6	0.107761	0.165405	1.534925
7.5	0.100753	0.305853	3.035671

Hasil Pengujian Laboratorium

Telah dilakukan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari sampel tanah yang akan diperkuat. Berikut pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 12. Hasil Uji Karakteristik Tanah

No	Karakteristik	Nilai
1	Kadar Air	12.12%
2	Berat Jenis	2.614
3	Lolos Saringan no. 200	0.21%

Pengujian Pemadatan Tanah

Pada pengujian ini didapatkan nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum. Berikut tabel yang menunjukkan berat isi kering dan $W_{optimum}$.

Tabel 13. Hasil Berat Isi Kering Maksimum

Berat Isi Kering	Persen Serat Ijuk
1.789	0
1.62	0.2
1.688	0.3
1.709	0.4

Tabel 14. Hasil Pengujian CBR Rendam Campuran Tanah Pasir dan Variasi Serat Ijuk

Kadar Air Optimum	Persen Serat Ijuk
12.7	0
14	0.2
14.8	0.3
15	0.4

Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Pada pengujian ini didapatkan nilai CBR Rendam dari tanah setelah diperkuat dengan menggunakan serat ijuk. Berikut data yang didapatkan.

Tabel 15. Hasil Pengujian CBR Rendam Campuran Tanah Pasir dan Variasi Serat Ijuk

Serat Ijuk (%)	Nilai CBR (%)		
	0.1"	0.2"	Rata-rata
0%	15.046	20.448	17.747
0.2%	19.483	29.321	24.402
0.3%	15.239	27.649	21.444
0.4%	13.503	27.006	20.2545



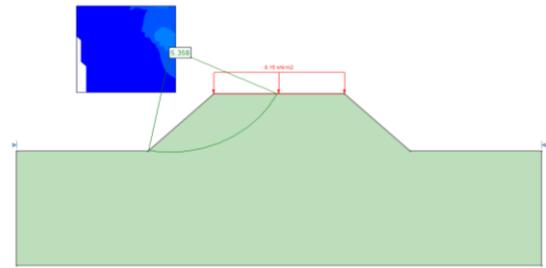
Gambar 3. Hubungan Nilai Antara Presentase Serat Ijuk dengan CBR

Pemodelan Embankment dengan Menggunakan Program Slide

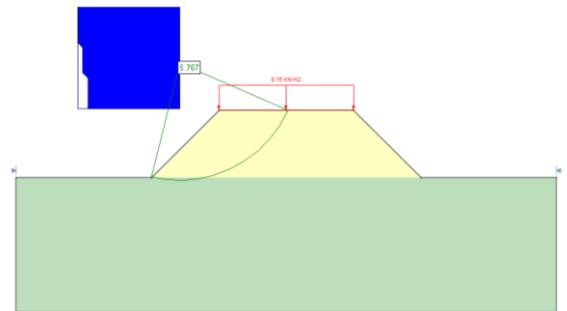
Tabel 16. Parameter-Parameter Yang di Gunakan

Variasi Campuran	Berat Volume	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (φ)
	Tanah Basah (ysat)		
Tanah+Ijuk 0%	1.756 (kN/m ³)	16.42 (kN/m ²)	22.08 (°)
Tanah+Ijuk 0.2%	1.772 (kN/m ³)	18.53 (kN/m ²)	22.91 (°)
Tanah+Ijuk 0.3%	1.807 (kN/m ³)	17.64 (kN/m ²)	22.57 (°)
Tanah+Ijuk 0.4%	2.039 (kN/m ³)	17.26 (kN/m ²)	22.42 (°)

Dengan mengetahui nilai parameter-parameter di atas, berikut pemodelan embankment :



Gambar 4 Faktor Keamanan Tanah+Ijuk 0 % (SF = 5.358)



Gambar 5 Faktor Keamanan Tanah+Ijuk 0.2% (SF = 5.767)

PENUTUP

Kesimpulan

1. Data tanah yang di dapatkan dari hasil pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) pada titik yang di tinjau digolongkan kedalam tanah sedang, dengan penetrasi rata-rata 20. Dari hasil perhitungan potensi Likuifaksi pada *Moment Magnitude* (Mw) 7 – 8 terjadi potensi Likuifaksi pada kedalaman 1.5 m – 4.5 m dengan kecepatan maksimum yang terjadi di permukaan tanah (amax) yaitu 0.746g.
2. Dari hasil pengujian di laboratorium terjadi peningkatan nilai CBR dengan penambahan serat ijuk pada variasi campuran 0.2% dan 0.3%, dengan peningkatan terbesar terjadi pada variasi campuran 0.2% di mana nilai CBR tanah asli sebesar 17.474% meningkat menjadi 24.402%. Namun pada penambahan serat ijuk sebesar 0.4% nilai CBR menurun menjadi 20.2545%. Di lihat dari output hasil pemodelan menggunakan program slide 6.0 yaitu serat ijuk tidak cukup signifikan untuk membuat perkuatan dengan nilai faktor keamanan menggunakan serat ijuk sebesar 5.767 dan nilai faktor keamanan tanpa menggunakan serat ijuk yaitu 5.358.

Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan penulis sehubungan dengan penelitian ini adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya pada tanah pasir di sarankan agar serat ijuk tidak di potong-potong tetapi di buat dalam bentuk anyaman.
2. Penelitian dapat menggunakan jenis pengujian lain seperti uji Direct Shear Test untuk mendapatkan nilai parameter sudut geser dalam dan kohesi tanah pasir yang telah diperkuat dengan serat ijuk.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat di uji coba pada tanah lempung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariandi, Emora Sesaro., Fabian J.Manoppo, J. E. R. Sumampouw, 2019. *Kajian Potensi Likuifaksi pada Sekitar Pondasi Jembatan Prategang di Sawangan*. Jurnal Tekno, Vol. 17, no 71, 2019, ISSN : 0215-9617. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Warouw, A. G. D., Fabian J. Manoppo, Steeva G. Rondonuwu. 2019. *Analisis Potensi Likuifaksi dengan Menggunakan Nilai SPT (Studi Kasus : Jembatan Ir. Soekarno Manado)*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.11 November 2019 (1453-1464) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lope, Brandon Winslow., Agnes T. Mandagi, Josef E.R. Sumampouw., 2019. *Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanpa Rendam*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.11 November 2019 (1427-1434) ISSN: 2337-6732
- Bowles, J. E., *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, McGraw-Hill, New York, 1984, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1989.
- Manoppo, Charity Joseph., Fabian J. Manoppo, Steeva Rondonuwu., 2017. *Analisis Perkuatan Tanah dengan Metode Sand Compaction Pile Pada Tanah Rawa (Studi Kasus: Jalan Tol Manado Bitung Sulut)*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (357-362) ISSN: 2337-6732
- Tandaju, C. A. V., Fabian J. Manoppo, Jack H. TicoH. (2019). *Analisis Potensi Likuifaksi (Studi Kasus: PLTU Area Gorontalo)*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1081-1094) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Idriss, I. M., and R. W. Boulanger., 2008. *Soil Liquefaction During Earthquakes*. Earthquake Engineering Research Institute. Engineering Research Institute.
- Legrans, R. I., 2016. *Studi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Uji Penetrasi Standar (SPT) Di Pesisir Pantai Belang Minahasa Tenggara*. Tekno Vol.14/No.65/April 2016. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Seed, H. B., Makdisi, F., Idriss, I. M., and Lee, K.L. (1975). (n.d.). *The slides in the San Fernando Dams during the earthquake of february, 9,1971.* . J. Geotech. Geoenviron. Eng. 13:7, 707-716.
- Gunawan, W. N., Fabian J. Manoppo, Alva Sarajar. (2018). *Analisis Stabilitas Tanah Rawa Terhadap Embankment Jalan Tol Manado Bitung Dengan Menggunakan Semen yang dipadukan dengan Abu Terbang (FLY ASH)*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.3 Maret 2018 (189-198) ISSN: 2337-6732

Halaman ini sengaja dikosongkan