

## PENGARUH PERBAIKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUTING SEMEN TERHADAP DAYA DUKUNG PASIR LEPAS

**Wulandari, Andriani, Abdul Hakam**

Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Indonesia

Email: wulandrii71@gmail.com, andriani@eng.unand.ac.id,  
abdulhakam2008@gmail.com

### Abstrak

Kota Padang sebagai ibu kota Provinsi Sumatra Barat memiliki kawasan pesisir yang terdiri dari lapisan tanah pasir hingga kedalaman 32 m. Salah satu kawasan pesisir tersebut adalah kawasan pantai pasir Jambak, Padang. Tanah pasir dalam kondisi lepas memiliki kuat geser yang rendah sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah untuk meningkatkan kekuatannya. Pada penelitian ini teknik perbaikan tanah (ground improvement) yang digunakan adalah grouting, bahan grouting yang digunakan adalah semen dan air dengan perbandingan 1:2. Grouting dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan tekanan tertentu (2 Psi), dan pemeraman selama 7 hari. Tujuan utama dari grouting adalah untuk memproduksi tanah atau batuan yang lebih kuat, lebih padat dan kurang permeable, untuk mengisi ruang kosong yang mungkin tidak dapat diakses tanpa adanya tekanan tertentu. Untuk mendapatkan klasifikasi tanah dilapangan, maka dilakukan uji sondir sebelum dan sesudah grouting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat dukung tanah pasir akibat penyuntikan semen kedalam tanah pada lubang tersebut, terlihat pada lubang 1 dan lubang 2 dengan nilai  $q_c$  berkisar 50-55 kg/cm<sup>2</sup> pada jarak 1D dan terlihat nilai  $q_c$  semakin menurun apabila titik sondir semakin menjauh dari kolom grouting, terjadi peningkatan nilai  $q_c$  pada jarak 1D sekitar 2,5-2,75 kali nilai  $q_c$  control pada hari ke 7 setelah dilakukan grouting. Nilai  $q_c$  semakin berkurang apabila jarak titik sondir jauh dari titik grouting.

**Kata Kunci:** Pasir Lepas; Grouting; Uji Sondir

### Abstract

*The city of Padang as the capital city of West Sumatra Province has a coastal area consisting of a layer of sandy soil until depth of 32 m. One of these coastal areas is the Jambak sand beach area, Padang. Sandy soil in loose condition has low shear strength, so it is necessary to improve the soil to increase strength. In this study the ground improvement technique used was grouting, the grouting materials used were cement and water with a ratio of 1:2. Grouting is carried out at a depth of 50 cm with a certain pressure (2 Psi), and curing for 7 days. The main purpose of grouting is to produce soil or rock that is stronger, denser and less permeable, to fill voids that may not be accessible without a certain amount of pressure. To obtain soil classification in the field, sondir tests were carried out before and after grouting. The*

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>How to cite:</b>  | Wulandari, Andriani, Abdul Hakam (2023) Pengaruh Perbaikan Tanah dengan Menggunakan Metode Grouting Semen terhadap Daya Dukung Pasir Lepas, (8) 10, <a href="http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6">http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6</a> |
| <b>E-ISSN:</b>       | 2548-1398   |
| <b>Published by:</b> | Ridwan Institute  |

*results showed the was an increase in the bearing strength of the sandy soil as a result of injecting cement into the soil in the holes, seen in holes 1 and 2 with  $q_c$  values ranging from 50-55 kg/cm<sup>2</sup> at 1D distance and it was seen that the  $q_c$  values decreased as the sondir point got further away from the grouting column, there was an increase in the  $q_c$  value at 1D distance of around 2.5-2.75 times the control  $q_c$  value on the 7th day after grouting. The  $q_c$  value decreases when the sondir point is far from the grouting point.*

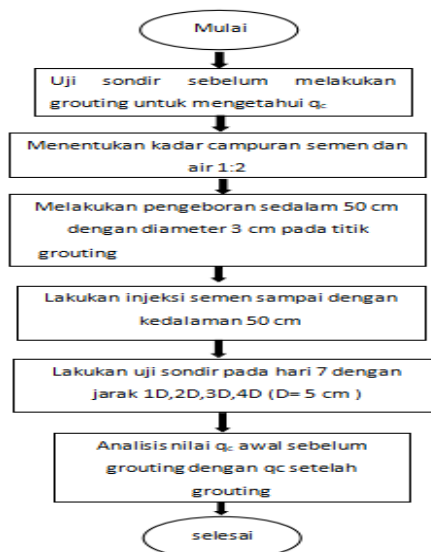
**Keywords:** Loose Sand; Grouting; Sondir Test

## Pendahuluan

Tanah memiliki peranan penting dalam bidang ilmu teknik sipil karena dalam setiap pekerjaan konstruksi selalu bertumpu pada tanah, sifat dan karakteristik tanah, di setiap daerah berbeda-beda. Kota Padang sebagai ibu kota Provinsi Sumatra Barat memiliki lapisan tanah pasir hingga kedalaman 32 m. Salah satu daerah yang terdiri dari pasir lepas terletak di Kawasan pantai Jambak, Padang. Tanah pasir dalam kondisi lepas memiliki kuat geser yang rendah sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah untuk meningkatkan kekuatannya.

Perbaikan tanah yang mampu meningkatkan nilai daya dukung tanah adalah Grouting. Grouting dilakukan dengan menyuntikkan pasta semen ke dalam tanah dengan tekanan tertentu melewati lubang bor. Tujuan utama dari *grouting* adalah untuk memproduksi tanah atau batuan yang lebih kuat, lebih padat, kurang permeable dan mengisi ruang kosong yang mungkin tidak dapat diakses tanpa adanya tekanan tertentu sehingga daya dukung menjadi meningkat. Penelitian daya dukung di Kawasan Pantai Jambak, Padang dengan pengamatan bawah permukaan tanah dengan melakukan sondir yang dilakukan sebelum dan sesudah Grouting.

## Metode Penelitian



Gambar 1Bagan Alir Penelitian

A. Pengujian sondir sebelum Grouting

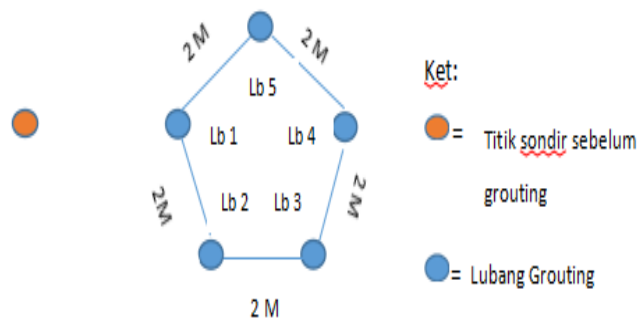
Uji sondir dilakukan sebelum grouting untuk mengetahui nilai  $q_c$  pasir lepas di Pantai pasir Jambak, Padang. Kedalaman uji sondir adalah 50 cm. Apabila nilai  $q_c < 20$  artinya konsistensi tanah bersifat sangat lepas. Maka perlu dilakukan perbaikan tanah dengan Grouting untuk meningkatkan daya dukung meningkat.

B. Pengeboran

Pengeboran dilakukan sebelum dilakukan grouting dengan diameter mata bor 3 cm, kedalaman pengeboran 50 cm.

C. Injeksi Semen/ Grouting

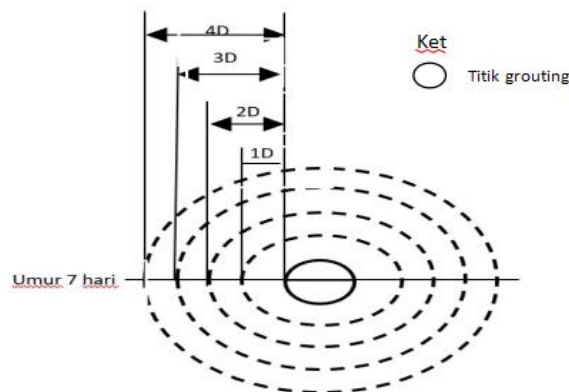
Grouting dilakukan pada kedalaman 50 cm sebanyak 5 titik grouting, jarak antar grouting 2 m. Grouting dilakukan dengan menginjeksi semen pada lubang grouting dengan menggunakan campuran semen dan air perbandingan 1: 2.



Gambar 2 Titik Grouting

D. Pengujian sondir setelah Grouting

Pengujian dilakukan pemeraman 7 hari setelah dilakukan grouting, dengan jarak antar titik 1D, 2D, 3D, 4D ( $D = 5$  cm).



Gambar 3 Jarak titik sondir ke titik grouting

## Hasil dan Pembahasan

### A. Pengujian Sondir Sebelum Grouting

Pengujian sondir dilakukan untuk mengetahui nilai  $q_c$  pada pasir lepas di pantai pasir jambak, dari data sondir tersebut dapat diketahui jenis klasifikasi tanah pasir lepas. Data sondir sebelum grouting disajikan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 1. Data Sondir Sebelum Grouting

| Depth<br>(m) | $q_c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $q_t$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $q_s$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $R_f$<br>(%) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|
| 0,00         | 0                              | 0                              | 0                              | 0,00         |
| 0,20         | 10                             | 15                             | 0,5                            | 5,00         |
| 0,40         | 15                             | 20                             | 0,5                            | 3,33         |
| 0,50         | 20                             | 30                             | 1                              | 5,00         |

Uji sondir pada titik ini dilakukan pada kedalaman 50 cm dan pembacaan nilai conus resistensi pada tiap selisih 20 cm. Pada kedalaman 0 sampai 20 cm, nilai conus resistensi berkisar antara 0 kg/cm<sup>2</sup> sampai 10 kg/cm<sup>2</sup>, kedalaman 40 cm sampai 50 cm nilai conus resistensi berkisar 15 kg/cm<sup>2</sup> sampai 20 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai  $q_c$  hasil sondir dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya yang dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984), maka berdasarkan uji sondir tersebut tanah pasir ini memiliki konsistensi tanah pasir dari pasir lepas.

### B. Data sondir setelah grouting LB 1

Pengujian sondir setelah grouting pada lubang 1 dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan jarak 1D (5 cm), 2D (10 cm), 3D (15 cm), 4D (20 cm) dengan lama pemeraman 7 hari. Maka diperoleh nilai  $q_c$  setelah grouting pada lubang 1 pada tabel berikut.

Tabel 2 Data Sondir Setelah di Grouting LB 1

| Range | $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | Kenaikan<br>(x) |
|-------|-----------------------------|--------|-----------------|
|       | Control                     | 7 Days |                 |
| 1 D   | 20                          | 55     | 2,75            |
| 2 D   | 20                          | 50     | 2,5             |
| 3 D   | 20                          | 45     | 2,25            |
| 4 D   | 20                          | 40     | 2               |

Uji sondir pada jarak 1D (5 cm) nilai  $q_c$  berkisar 55 kg/cm<sup>2</sup> terjadi kenaikan nilai  $q_c$  2,75 kali dari  $q_c$  control, untuk jarak 2D (10 cm) nilai  $q_c$  berkisar 50 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2,5 kali  $q_c$  control, jarak 3D (15 cm) nilai  $q_c$  berkisar 45 kg/cm<sup>2</sup>

kenaikan nilai  $q_c$  2,25 kali nilai  $q_c$  control, jarak 4D (20 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2 kali dari nilai  $q_c$  control.

**C. Data Sondir Setelah Grouting LB 2**

Pengujian sondir setelah grouting pada lubang 2 dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan jarak 1D (5 cm), 2D (10 cm), 3D (15 cm), 4D (20 cm) dengan lama pemeraman 7 hari. Maka diperoleh nilai  $q_c$  setelah grouting pada lubang 2 pada tabel berikut.

**Tabel 3. Data sondir sesudah grouting LB 2**

| Range | $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | Kenaikan<br>x |
|-------|-----------------------------|--------|---------------|
|       | Control                     | 7 Days |               |
| 1 D   | 20                          | 55     | 2,75          |
| 2 D   | 20                          | 45     | 2,25          |
| 3 D   | 20                          | 40     | 2             |
| 4 D   | 20                          | 40     | 2             |

Uji sondir pada jarak 1D (5 cm) nilai  $q_c$  berkisar 55 kg/cm<sup>2</sup> terjadi kenaikan nilai  $q_c$  2,75 kali dari  $q_c$  control, untuk jarak 2D (10 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2,25kali  $q_c$  control, jarak 3D (15 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup> kenaikan nilai  $q_c$  2 kali nilai  $q_c$  control, jarak 4D (20 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2 kali dari nilai  $q_c$  control. Berdasarkan data sondir yang diperoleh maka klasifikasi tanah pasir berdasarkan klasifikasi Terzaghi dan Peck (1984) adalah pasir setengah lepas.

**D. Data Sondir Setelah Grouting LB 3**

Pengujian sondir setelah grouting pada lubang 3 dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan jarak 1D (5 cm), 2D (10 cm), 3D (15 cm), 4D (20 cm) dengan lama pemeraman 7 hari. Maka diperoleh nilai  $q_c$  setelah grouting pada lubang 3 pada tabel berikut.

**Tabel 4. Data sondir setelah digrouting Lb 3**

| Range | $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | Kenaikan<br>(x) |
|-------|-----------------------------|--------|-----------------|
|       | Control                     | 7 Days |                 |
| 1 D   | 20                          | 50     | 2,5             |
| 2 D   | 20                          | 45     | 2,25            |
| 3 D   | 20                          | 45     | 2,25            |
| 4 D   | 20                          | 40     | 2               |

Uji sondir pada jarak 1D (5 cm) nilai  $q_c$  berkisar 50 kg/cm<sup>2</sup> terjadi kenaikan nilai  $q_c$  2,5 kali dari  $q_c$  control, untuk jarak 2D (10 cm) nilai  $q_c$  berkisar 45 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2,25 kali  $q_c$  control, jarak 3D (15 cm) nilai  $q_c$  berkisar 45 kg/cm<sup>2</sup> kenaikan nilai  $q_c$  2,25 kali nilai  $q_c$  control, jarak 4D (20 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup>

dengan kenaikan nilai  $q_c$  2 kali dari nilai  $q_c$  control. Berdasarkan data sondir yang diperoleh maka klasifikasi tanah pasir berdasarkan klasifikasi Terzaghi dan Peck (1984) adalah pasir setengah lepas.

#### E. Data Sondir Setelah Grouting LB 4

Pengujian sondir setelah grouting pada lubang 4 dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan jarak 1D (5 cm), 2D (10 cm), 3D (15 cm), 4D (20 cm) dengan lama pemeraman 7 hari. Maka diperoleh nilai  $q_c$  setelah grouting pada lubang 4 pada tabel berikut.

Tabel 5 data sondir setelah grouting Lb 4

| Range | $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | Kenaikan (x) |
|-------|-----------------------------|--------|--------------|
|       | Control                     | 7 Days |              |
| 1D    | 20                          | 50     | 2,5          |
| 2D    | 20                          | 45     | 2,25         |
| 3D    | 20                          | 40     | 2            |
| 4D    | 20                          | 30     | 1,5          |

Uji sondir pada jarak 1D (5 cm) nilai  $q_c$  berkisar 50 kg/cm<sup>2</sup> terjadi kenaikan nilai  $q_c$  2,5 kali dari  $q_c$  control, untuk jarak 2D (10 cm) nilai  $q_c$  berkisar 45 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2,25 kali  $q_c$  control, jarak 3D (15 cm) nilai  $q_c$  berkisar 40 kg/cm<sup>2</sup> kenaikan nilai  $q_c$  2 kali nilai  $q_c$  control, jarak 4D (20 cm) nilai  $q_c$  berkisar 30 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  1,5 kali dari nilai  $q_c$  control. Berdasarkan data sondir yang diperoleh maka klasifikasi tanah pasir berdasarkan klasifikasi Terzaghi dan Peck (1984) adalah pasir setengah lepas.

#### F. Data Sondir Setelah Grouting Lb 5

Pengujian sondir setelah grouting pada lubang 5 dilakukan pada kedalaman 50 cm dengan jarak 1D (5 cm), 2D (10 cm), 3D (15 cm), 4D (20 cm) dengan lama pemeraman 7 hari. Maka diperoleh nilai  $q_c$  setelah grouting pada lubang 5 pada tabel berikut.

Tabel 6 Data sondir setelah di grouting Lb 5

| Range | $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | Kenaikan (x) |
|-------|-----------------------------|--------|--------------|
|       | Control                     | 7 Days |              |
| 1D    | 20                          | 55     | 2,75         |
| 2D    | 20                          | 50     | 2,5          |
| 3D    | 20                          | 45     | 2,25         |
| 4D    | 20                          | 35     | 1,75         |

Uji sondir pada jarak 1D (5 cm) nilai  $q_c$  berkisar 55 kg/cm<sup>2</sup> terjadi kenaikan nilai  $q_c$  2,75 kali dari  $q_c$  control, untuk jarak 2D (10 cm) nilai  $q_c$  berkisar 50 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  2,5 kali  $q_c$  control, jarak 3D (15 cm) nilai  $q_c$  berkisar 45 kg/cm<sup>2</sup> kenaikan nilai  $q_c$  2,25 kali nilai  $q_c$  control, jarak 4D (20 cm) nilai  $q_c$  berkisar 35 kg/cm<sup>2</sup> dengan kenaikan nilai  $q_c$  1,75 kali nilai  $q_c$  control. Berdasarkan data sondir yang

diperoleh maka klasifikasi tanah pasir berdasarkan klasifikasi Terzaghi dan Peck (1984) adalah pasir setengah lepas.

**G. Data Grouting**

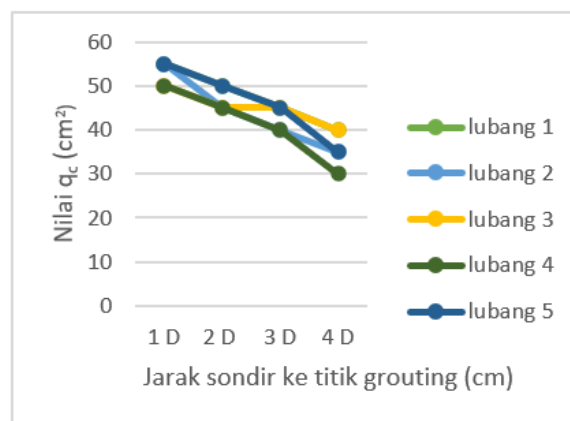
Injeksi semen dilakukan pada lokasi pantai pasir Jambak dengan 5 titik kedalaman per titik 50 cm, diameter 3 cm, jarak antar titik grouting 2 m. Berdasarkan pengujian grouting dilapangan, maka diperoleh volume grouting pada tabel berikut.

Table . 7 Volume Grouting

| NO    | NOMOR LUBANG GROURING | KEDALAMAN | TEKANAN | VOLUME GROUTING |
|-------|-----------------------|-----------|---------|-----------------|
| 1.    | LB 1                  | 50 CM     | 2,5 PSI | 10 L            |
| 2.    | LB 2                  | 50 CM     | 2 PSI   | 8,5 L           |
| 3.    | LB 3                  | 50 CM     | 2 PSI   | 7,325 L         |
| 4.    | LB 4                  | 50 CM     | 2 PSI   | 7 L             |
| 5.    | LB 5                  | 50 CM     | 2 PSI   | 8 L             |
| TOTAL |                       |           |         | 40.825 L        |

**H. Perubahan nilai  $q_c$  (*Conus Resistance*)**

Berdasarkan uji sondir setelah dilakukan grouting mengalami peningkatan yang cukup tinggi terlihat pada lubang 1 dan lubang 2 dengan nilai  $q_c$  berkisar 50-55 kg/cm<sup>2</sup> pada jarak 1D dan nilai  $q_c$  semakin menurun apabila titik sondir semakin menjauh dari kolom grouting yang terlihat pada jarak 4D hanya mengalami peningkatan nilai  $q_c$  berkisar 30-40 kg/cm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini dapat menjelaskan bahwa proses pengerasan telah menyebabkan rendahnya nilai porositas tanah yang mengakibatkan partikel semen tidak mampu bermigrasi lebih jauh.



Gambar 4 Hubungan Antara Nilai  $q_c$  Dan Jarak Dari Kolom Setelah Di Grouting

**I. Perbandingan Kenaikan Nilai  $q_c$**

Hasil klasifikasi konsistensi tanah berdasarkan nilai *Conus Resintence* yang dilakukan data pengujian sondir sebelum dilakukannya grouting menunjukkan konsistensi tanah pasir lepas dengan nilai  $q_c$  20 kg/cm<sup>2</sup> dengan kedalaman sondir 50 cm. Setelah dilakukannya grouting pada lubang 1 hingga 5 menunjukkan nilai  $q_c$  meningkat menjadi 35-55 kg/cm<sup>2</sup> yang artinya konsistensi tanah tersebut setengah lepas.

# Pengaruh Perbaikan Tanah dengan Menggunakan Metode Grouting Semen terhadap Daya Dukung Pasir Lepas

**Tabel . 8 Perbandingan nilai  $q_c$**

|    |      |      |
|----|------|------|
| 1D | LB 1 | 2,75 |
|    | LB 2 | 2,75 |
|    | LB 3 | 2,5  |
|    | LB 4 | 2,5  |
|    | LB 5 | 2,75 |
| 2D | LB 1 | 2,5  |
|    | LB 2 | 2,25 |
|    | LB 3 | 2,25 |
|    | LB 4 | 2,25 |
|    | LB 5 | 2,5  |
| 3D | LB 1 | 2,25 |
|    | LB 2 | 2    |
|    | LB 3 | 2,25 |
|    | LB 4 | 2    |
|    | LB 5 | 2,25 |
| 4D | LB 1 | 2    |
|    | LB 2 | 1,75 |
|    | LB 3 | 2    |
|    | LB 4 | 1,5  |
|    | LB 5 | 1,75 |

Berdasarkan nilai conus resistance yang didapatkan dari pengujian sondir maka kita dapatkan nilai  $q_c$  pada gambar 1 untuk titik sondir 1 sampai 5 terjadi peningkatan nilai  $q_c$  pada jarak 1D sekitar 2,5-2,75 kali nilai  $q_c$  control pada hari ke 7 setelah dilakukan grouting. Peningkatan nilai  $q_c$  ini berangsur-angsur berkurang dengan semakin bertambahnya jarak dari kolom semen, seperti pada jarak 4D hanya terjadi peningkatan pada nilai  $q_c$  sekitar 1,5-2 kali nilai  $q_c$  control pada hari ke 7 setelah dilakukan grouting, dengan meningkatnya nilai  $q_c$  setelah digrouting maka menunjukkan bahwa grouting mampu meningkatkan kekuatan tanah pada pasir lepas.

## Kesimpulan

Berdasarkan pengujian sondir yang dilakukan dilapangan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut; 1) Jenis tanah di daerah penelitian ini berupa Pasir Lepas dengan nilai  $q_c$  adalah  $20 \text{ kg/cm}^2$ . 2) Terjadi perubahan nilai  $q_c$  dari sebelum grouting dengan sesudah grouting. a) Terjadinya peningkatan nilai  $q_c$  setelah dilakukannya grouting sebesar 2,5-2,75 kali dari nilai  $q_c$  sebelum dilakukan grouting pada jarak 1D (5 CM) dengan lama pemeraman 7 hari, sedangkan pada jarak 4D nilai  $q_c$  meningkat sebesar 1,5-2 kali dari nilai  $q_c$  sebelum dilakukan grouting. b) Nilai  $q_c$  semakin berkurang apabila jarak titik sondir jauh dari titik grouting.



## BIBLIOGRAFI

- Asbella, K.A. (2014). Evaluasi Grouting Pada section Retaining Wall-B (Downstream) di Kali Semarang
- Ayu, S (2012). Grouting Test Dilapangan Titab Dam Bali.
- Agnes Maria Mutiha Manalu. (2014). Peningkatan Daya Dukung Tanah Urugan dengan Metode Grouting di SMK Teuku Umar, Semarang
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- Das, B.M., & Sobhan, K. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering*.
- DPU. (2005). Pedoman Grouting Untuk Bendungan
- Dhani, N. (2013). *Karakteristik kolom pasir grouting sebagai characteristic of grouted sand column as a method for sandy clay soil strengthen*.
- Hakam, A., & Darjanto, H. (2013). Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar.
- Hatmoko, J.T., & Hendra, S. (2020). Teknologi Perbaikan Tanah.
- Kurniawan, & Dio, A.H., (2019). Pengaruh Nilai Lugeun (Lv) Pada test Grouting Proyek Pembangunan Waduk Gongseng Di Kabupaten Bojonegoro.
- Mur, S. (2013). Aplikasi teknik Kolom Semen Pada Tanah berpasir.
- Nurnawaty, F (2015). Studi Pengaruh Sekat Grouting Air- Semen Pada Pasir Pantai Untuk Mengurangi Intrusi Air Laut.
- Paulus Pramono Rahardjo (2010). Kajian Potensi Likuifaksi Berdasarkan Konsep critical state dan Uji Piezocone Pada Sedimen Pasiran kota Padang.
- Suprpto, & Dwiyanto, J. (2005). Pekerjaan Grouting.
- SNI Pedoman Grouting Bendungan (2005).
- Rahardian Aksono (2012). Peningkatan Daya Dukung Tanah dengan Metode Grouting.
- Robertson, P.K., (1990). *Soil Classification using the cone penetration test*.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B Peek. (1993). Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa.
- Widioko, G., (2007). Panduan Pratikum Geologi Teknik.

**Copyright holder:**

Wulandari, Andriani, Abdul Hakam (2023)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

