

# PENGARUH DRAINASE VERTIKAL SATU ARAH MENGGUNAKAN KOLOM PASIR TERHADAP KECEPATAN PENURUNAN TANAH LUNAK

Muhammad Rizqi Ardiansyah<sup>1)</sup>, Bambang Setiawan<sup>2)</sup>, Noegroho Djarwanti<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Surakarta 57126, Telp (0271) 647069, Fax 662118

Email : [ardiansyahrizqi@gmail.com](mailto:ardiansyahrizqi@gmail.com)

## Abstract

*Soft soil often cause various problems. For example in the process of construction of embankment that has a soft soil of soft underneath. A relatively long settlement or settlement time becomes one of the problems with the heap work. The most common method used before the construction starts is with the use of vertical drain in order to speed up the consolidation process. The working principle of this system is with the formation of channel drainage towards vertical (happened process of consolidation one dimension) so that obtained by drainage path in ground. The aim of this research is to observe the behavior of sand column or vert column drainage as a vertical drainage or soft vertical drain on soft soil which is seen from the decrease of daily and decrease accumulatively for 3 weeks or 21 days with single column, And without vertical drainage. Tests include decreasing, moisture content, obstacles, and consolidation. The decrease in vertical drainage of one-way group columns has a 335.24% higher decrease than the accumulative decrease. Single column has a large decrease 465,097% higher than its accumulative decrease. The consolidation test is conducted before and after the test. Before the test results obtained  $C_c$  and  $C_v$  of 0.4 and 0,78  $cm^2 / sec$ . The greatest results occurred in vertical drainage of group columns with  $C_c$  and  $C_v$  values of 0.427 and 0.138  $cm^2 / sec$ . The addition of vertical drainage to soft soil can accelerate the process of soft soil decline.*

**Keywords :** *soft soil, vertical drain, sand column, settlement, consolidation.*

## Abstrak

Lapisan tanah lunak sering menimbulkan berbagai permasalahan, misalnya pada proses pelaksanaan konstruksi timbunan yang berada diatas lapisan tanah lunak. Waktu penurunan yang relatife lama menjadi salah satu masalah dalam pekerjaan timbunan. Metode yang sering digunakan sebelum pelaksanaan konstruksi dimulai yaitu dengan penggunaan drainase vertikal dengan tujuan untuk mempercepat proses konsolidasi. Prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan terbentuknya saluran drainase kearah vertikal (terjadi proses konsolidasi satu dimensi) sehingga diperoleh lintasan pengaliran di dalam tanah. Penelitian ditujukan untuk melihat perilaku penambahan kolom pasir sebagai drainase vertikal pada tanah lunak yang dilihat dari besar penurunan per hari dan penurunan secara akumulatif selama 3 minggu atau 21 hari dengan kolom tunggal, kolom kelompok, dan tanpa drainase vertikal. Pengujian diantaranya penurunan, kadar air, hambatan, dan konsolidasi. Penurunan drainase vertikal satu arah kolom kelompok memiliki besar penurunan 335,244 % lebih tinggi dari pada penurunan akumulatifnya. Kolom Tunggal memiliki besar penurunan 465,097 % lebih tinggi dari pada penurunan akumulatifnya. Uji konsolidasi dilaksanakan sebelum dan sesudah pengujian. Sebelum pengujian didapatkan hasil  $C_c$  dan  $C_v$  sebesar 0,4 dan 0,78  $cm^2/detik$ . Hasil terbesar terjadi pada drainase vertikal kolom kelompok dengan nilai  $C_c$  dan  $C_v$  sebesar 0,427 dan 0,138  $cm^2/detik$ . Penambahan drainase vertikal pada tanah lunak dapat mempercepat proses penurunan tanah lunak, dan menggunakan variasi drainase vertikal kolom kelompok meningkatkan kecepatan penurunan.

**Kata kunci :** tanah lunak, drainase vertikal, kolom pasir, penurunan tanah, konsolidasi.

## PENDAHULUAN

Permasalahan stabilitas tanah lunak sebagai lapisan tanah dasar sebuah bangunan dapat diperbaiki dengan menggunakan drainase vertikal. Penggunaan *prefabricated vertical drain* (PVD) sudah teruji dan banyak digunakan pada pembangunan proyek-proyek besar pada lahan yang luas. Namun untuk pembangunan rumah-rumah oleh warga tidak diperlukan PVD karena membutuhkan biaya yang mahal untuk menggunakannya.

Hal ini menjadi dasar untuk membuat suatu gagasan untuk menggunakan kolom-kolom pasir sebagai penyerap air pori yang ada di dalam tanah lunak. Jenis drainase vertikal kolom pasir ini juga berguna untuk mempercepat terjadinya *settlement*. Pertimbangan menggunakan bahan pasir yaitu bahan ini mudah ditemukan di Indonesia dan terhitung murah untuk dibeli. Maka dari itu metode ini terhitung ekonomis dan efisien karena dapat dicari dan dibeli dengan mudah serta dapat digunakan dimana saja.

## TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pekerjaan tanah dalam suatu konstruksi sangat penting ditinjau lebih lanjut seperti yang dinyatakan oleh Abadi (2004) “penggunaan drainase vertikal telah sejak lama dilakukan orang. Material yang menjadi bahan utama pengisi drainase

vertikal pada saat itu adalah pasir. Tujuan utamanya adalah mempercepat proses penurunan yang akan terjadi pada suatu lapisan tanah tertentu. Penurunan akan cepat terjadi apabila dipasang suatu sistem drainase vertikal untuk memperpendek jarak yang ditempuh air terdisipasi”.

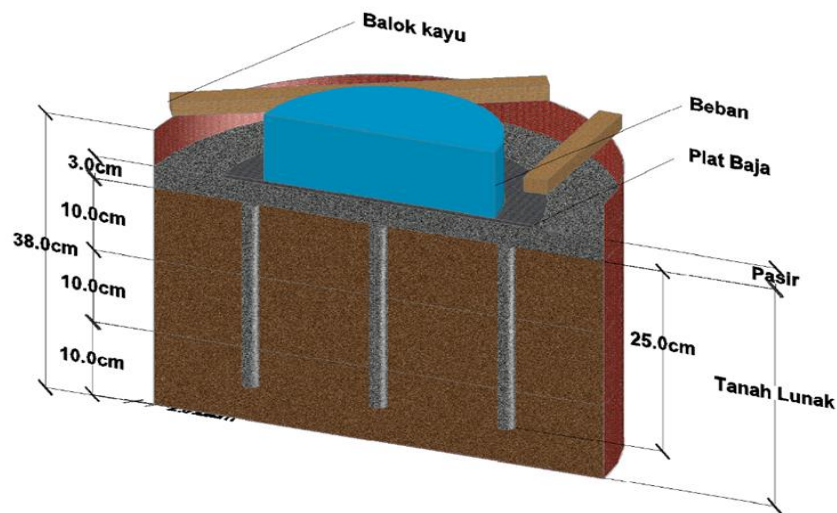
Dimas (2015) menjelaskan bahwa semakin besar diameter kolomnya nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) semakin naik, sedangkan semakin besar diameter kolomnya nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan penurunan konsolidasi ( $S_c$ ) semakin turun. Semakin dekat jarak antar kolom, nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) nya semakin naik sehingga waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi semakin cepat.

Kemudian dilakukan penelitian oleh Listyawan dkk, (2015) mengenai pengaruh kolom pasir terhadap konsolidasi tanah lunak. Kolom pasir diletakan pada tepi timbunan tanah lunak kemudian diambil sampel dari jarak tertentu dari kolom pasir. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan semakin jauh sampel yang diambil dari kolom pasir kecepatan konsolidasi ( $C_v$ ) semakin menurun

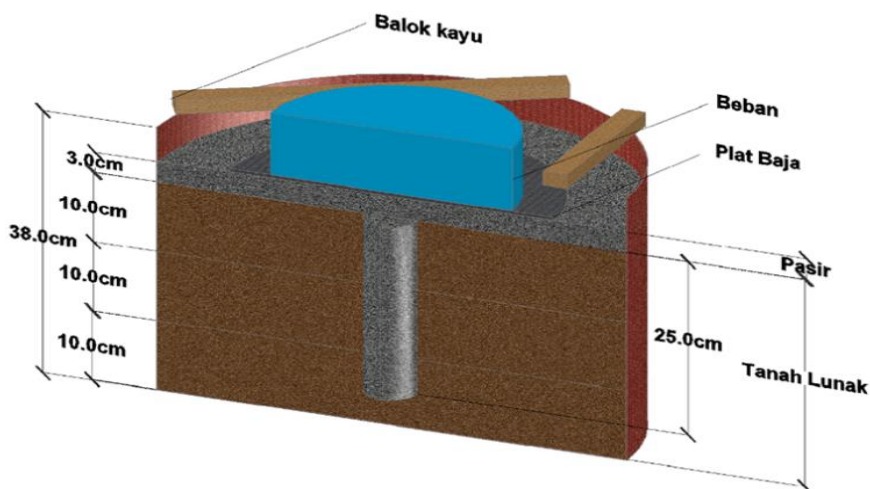
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian berupa eksperimental laboratorium dalam skala kecil. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tanah lunak bila diberi drainase vertikal kolom pasir. Penelitian ini juga memberi gambaran berapa banyak kadar air pada tanah dan pasir setiap harinya melalui pengujian *water content* dan pengujian hambatan listrik.

Pemodelan yang dibuat adalah variasi tanpa menggunakan perkuatan drainase vertikal dan dengan perkuatan drainase vertikal satu arah dengan variasi bentuk kolom pasir kelompok dan tunggal. Ketiga pemodelan diuji dengan tiga pengujian yaitu penurunan (*Settlement*), kadar air pasir permukaan dengan tanah, dan hambatan listrik. Pengujian dilakukan selama 21 hari karena telah dilakukan percobaan sebelumnya dalam skala lebih kecil dalam waktu 7 hari sudah mendekati asimtot, sehingga penelitian ini dapat dilihat penurunan primer dan sekunder serta data yang diperoleh lebih teliti. Gambar 1. Menunjukkan pemodelan dengan variasi drainase vertikal kolom pasir kelompok dan tunggal.



a. Drainase vertikal satu arah kolom kelompok



b. Drainase vertikal satu arah kolom tunggal

Gambar 1. Pemodelan dengan perkuatan drainase vertikal

a. Persiapan media tanah

Media tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lunak yang diambil dari daerah Bulakmanyar Kabupaten Sragen dengan sistem pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed sample*). Persiapan media tanah ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. mengambil media tanah dengan cangkul dan linggis kemudian menyimpan sampel tanah ke dalam kantong plastik (*trash bag*) untuk menjaga kondisi tanah agar tetap seperti kondisi pada saat pengambilan.
2. menyimpan sampel tanah di tempat yang teduh untuk menjaga kadar air dan kelembaban tanah, setelah itu tanah dimasukkan ke drum pengujian.

Pada setiap drum pemodelan, kadar air tanah lunak diusahakan dalam kondisi sama. Usaha yang dilakukan yaitu dengan menghitung kadar air pada setiap tanah pada *plastic bag* yang akan dimasukkan ke dalam drum uji. Kadar air yang diharapkan adalah 60% pada setiap *plastic bag*. Sehingga pada setiap tanah di *plastic bag* yang kurang perlu ditambahkan air hingga mencapai kadar yang diharapkan. Setelah dimasukkan ke dalam drum uji, tutup permukaan atas drum dengan plastik tebal yang kedap air agar tanah dalam kondisi yang relatif konstan/sama.

b. Persiapan alat dan bahan

Mekanisme pembuatan model uji dengan sistem drainase satu arah adalah sebagai berikut :

1. memasukkan tanah ke dalam drum uji setiap 5 cm di isi dengan tanah seberat 20,5 kg
2. menumbuk tanah dan memadatkannya hingga mencapai tinggi kotak uji yaitu 30 cm,
3. membuat lubang-lubang untuk perletakan *sand column* dengan pipa *stainless steel* diameter 25 mm dan kedalaman 250 mm pada setiap jarak 165 mm untuk variasi kolom pasir kelompok, dan *stainless steel* diameter 65 mm dan kedalaman 250 mm di tengah drum uji untuk variasi kolom pasir tunggal. Lubang yang dibuat diusahakan benar-benar pada posisi vertikal dan tegak lurus dari permukaan tanah.
4. memasukan pasir kedalam lubang yang telah dibuat.
5. menambahkan lapisan pasir pada permukaan tanah dengan ketebalan 30 mm.
6. meletakkan pelat baja berbentuk lingkaran dengan ketebalan 4 mm dengan diameter 400 mm di atas permukaan lapisan pasir.

Pengujian dilakukan setelah disiapkan balok kayu sebagai acuan pengukuran titik pelat menggunakan jangka sorong, setelah itu beban berupa ember berisi pasir diletakkan diatas pelat baja hingga total beban 40 kg. Pengambilan data dilakukan secara pengamatan berkala terhadap beberapa hal antara lain:

**Pengujian Penurunan Tanah (*Settlement*)**

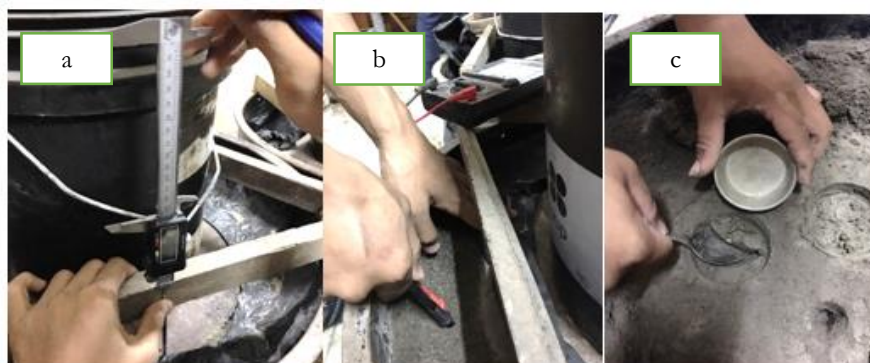
Pengukuran penurunan dilakukan dengan mengukur jarak antara balok acuan dan titik tertentu pada pelat baja menggunakan jangka sorong digital, sehingga setiap harinya akan ada perubahan jarak. Selisih dari jarak sesudah dengan jarak sebelumnya merupakan penurunan yang terjadi pada tanah.

**Pengujian Kadar Air Pasir Permukaan dan Tanah**

Pengukuran kadar air dilakukan dengan mengambil sampel pasir permukaan dan tanah. Selama 21 hari pengujian dilihat perubahan kadar air yang terjadi setiap hari.

**Pengujian Hambatan Listrik**

Pengukuran hambatan listrik pada lapisan pasir permukaan menggunakan alat AVO meter setiap hari selama 21 hari pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai hambatan listrik dengan perkembangan kadar air pada pasir permukaan.

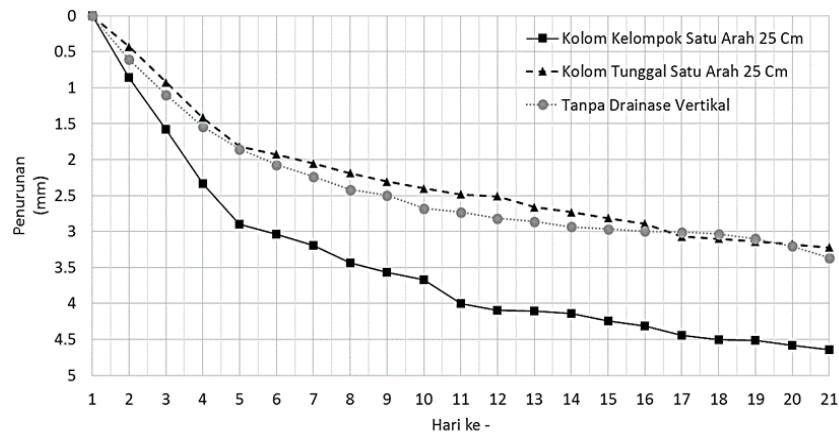


Gambar 2. Pelaksanaan pengujian penurunan dan pengambilan data (a) Pengukuran penurunan dengan jangka sorong (b) Pengukuran hambatan pasir menggunakan AVO Meter (c) Pengambilan Sampel Tanah Lunak dan pasir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Penurunan

Hasil pengujian penurunan muka tanah dari variasi pemodelan dengan perkuatan dan tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 3. dibawah ini.

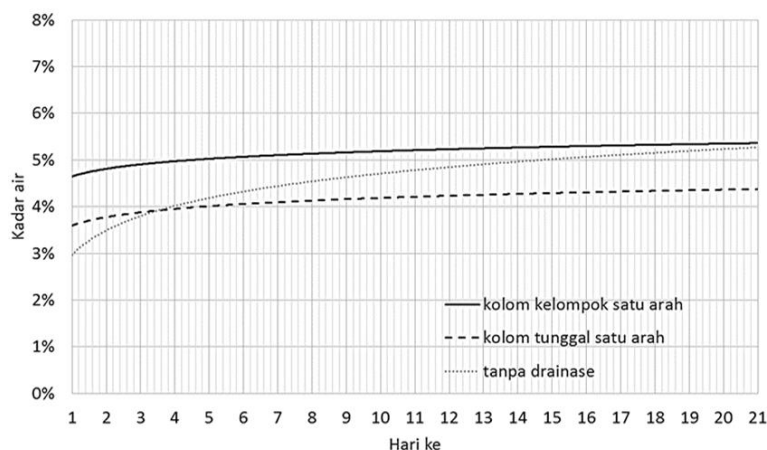


Gambar 3. Grafik penurunan akumulatif hasil pengujian

Ketiga model kemudian dibandingkan, dapat dilihat bahwa pada awal waktu penurunan terbesar dialami oleh drainase vertikal kolom kelompok, kemudian tanpa drainase vertikal, dan terakhir adalah drainase vertikal kolom tunggal. Pencapaian fase asimtot dari model tanpa drainase vertikal adalah pada hari ke 13 sedangkan pada drainase vertikal kolom kelompok pada hari ke 17, dan drainase vertikal kolom tunggal pada hari ke-18. Penurunan yang terjadi pada model drainase vertikal kolom tunggal adalah sebesar 3,22 mm, penurunan ini memiliki selisih sebesar 0,1463 mm lebih kecil dibandingkan penurunan pada model tanpa drainase vertikal atau lebih kecil 2,36 %. Model drainase vertikal kolom kelompok adalah sebesar 4,6433 mm, penurunan ini memiliki selisih sebesar 1,4233 mm atau 36,43 % lebih besar dibandingkan dengan model drainase vertikal kolom tunggal dan 1,277 mm atau 33,38 % lebih besar dibandingkan drainase vertikal kolom tunggal. Ini menunjukkan dengan menambah variasi kolom pasir menjadi variasi kolom pasir kelompok meningkatkan kecepatan penurunan pada tanah lunak. Penurunan yang terjadi pada drainase vertikal kolom kelompok lebih besar dan lebih cepat dikarenakan cakupan resapan air lebih pendek dan lebih banyak sehingga air pori mampu keluar lebih cepat saat terjadi pemampatan.

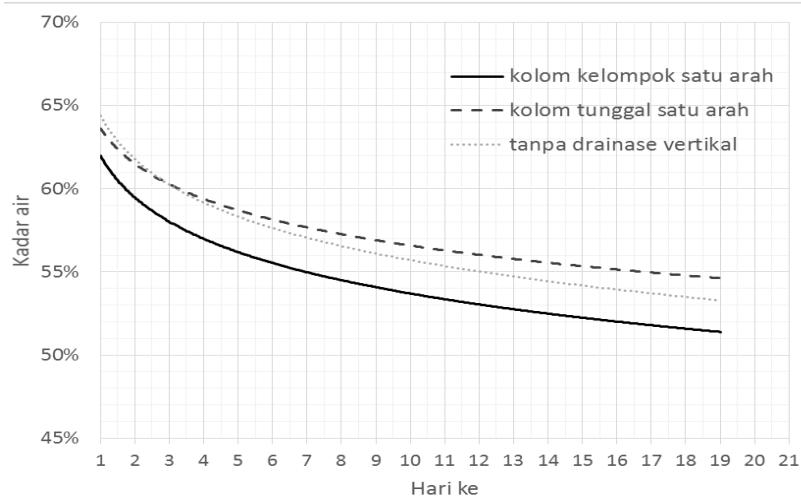
#### Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air pasir permukaan dapat dilihat pada Gambar 5, dan pengujian kadar air pada tanah dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Grafik logaritmik hasil uji kadar air pasir permukaan

Gambar 4. menunjukkan nilai kadar air lapisan pasir mengalami perubahan sesuai dengan jenis variasinya. Hasil perbandingan tersebut didapatkan drainase kolom kelompok memiliki nilai kadar air rata-rata 5,1535 % sedangkan untuk drainase kolom tunggal sebesar 4,1506 % dan tanpa drainase vertikal sebesar 4,6024 %. Selisih drainase vertikal kolom tunggal dengan tanpa drainase sebesar 0,4518%, hal ini disebabkan karena penurunan tanpa drainase vertikal lebih besar dibandingkan dengan drainase vertikal kolom tunggal. Drainase vertikal kolom pasir kelompok mampu mempercepat resapan air ke lapisan pasir permukaan.

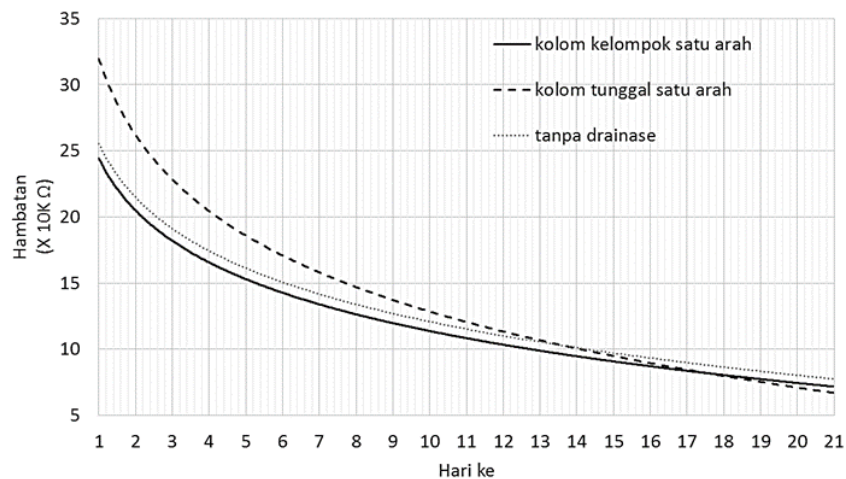


Gambar 5. Grafik logaritmik hasil uji kadar air tanah

Gambar 5. menunjukkan bahwa nilai kadar air tanah mengalami penurunan yang bervariasi selama pengujian. Penurunan terbesar terjadi pada drainase kolom kelompok sebesar 13,0682%, tanpa drainase vertikal 10,072%, dan terakhir drainase vertikal kolom tunggal sebesar 9,3227%. Penurunan kadar air tanpa drainase vertikal mencapai kondisi asimtot pada hari ke 19, drainase vertikal kolom tunggal hari ke 16 dan drainase vertikal kolom kelompok pada hari ke 19. Rata-rata kadar air tanah terbesar terjadi pada kolom tunggal sebesar 57,5474%, tanpa drainase vertikal sebesar 56,8986%, dan drainase kolom kelompok sebesar 54,8292%. Hal ini menunjukkan bahwa drainase vertikal kolom kelompok lebih mempercepat rembesan ke jalur horizontal air.

#### Pengujian Hambatan Listrik Pasir Permukaan

Hasil pengujian hambatan listrik pada pasir permukaan dari variasi pemodelan dengan perkuatan dan tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 6. dibawah ini.

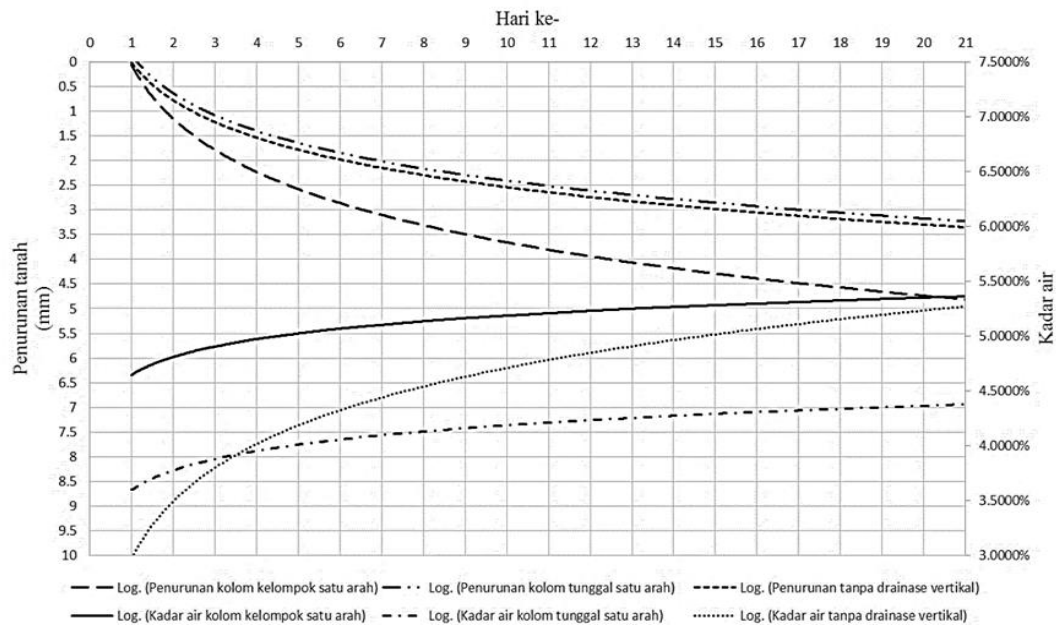


Gambar 6. Grafik logaritmik hasil uji hambatan listrik pasir permukaan

Gambar 6. menunjukkan perbandingan hambatan listrik drainase vertikal kolom pasir tunggal, kelompok, dan tanpa drainase. Tanpa drainase vertikal mengalami asimtot pada hari ke 4-7 dan hari ke 16-21. Drainase kolom tunggal mengalami asimtot pada hari ke 1-3 dan hari ke 18-21. Drainase kolom kelompok mengalami asimtot pada hari ke 5-8 dan hari ke 16-21. Rata-rata nilai hambatan pasir terbesar terjadi pada drainase vertikal kolom tunggal dengan nilai  $14.0915 \times 10^3 \Omega$ . Tanpa drainase memiliki rata-rata nilai hambatan sebesar  $12.908 \times 10^3 \Omega$ , dan drainase vertikal kolom kelompok memiliki nilai hambatan terkecil sebesar  $12.1735 \times 10^3 \Omega$ .

### Hubungan Penurunan dengan Kadar Air Pasir Permukaan

Seluruh data hasil pengujian pengamatan penurunan tanah dan kadar air pada pasir permukaan pada ketiga model uji dapat dihubungkan menjadi sebuah grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7.



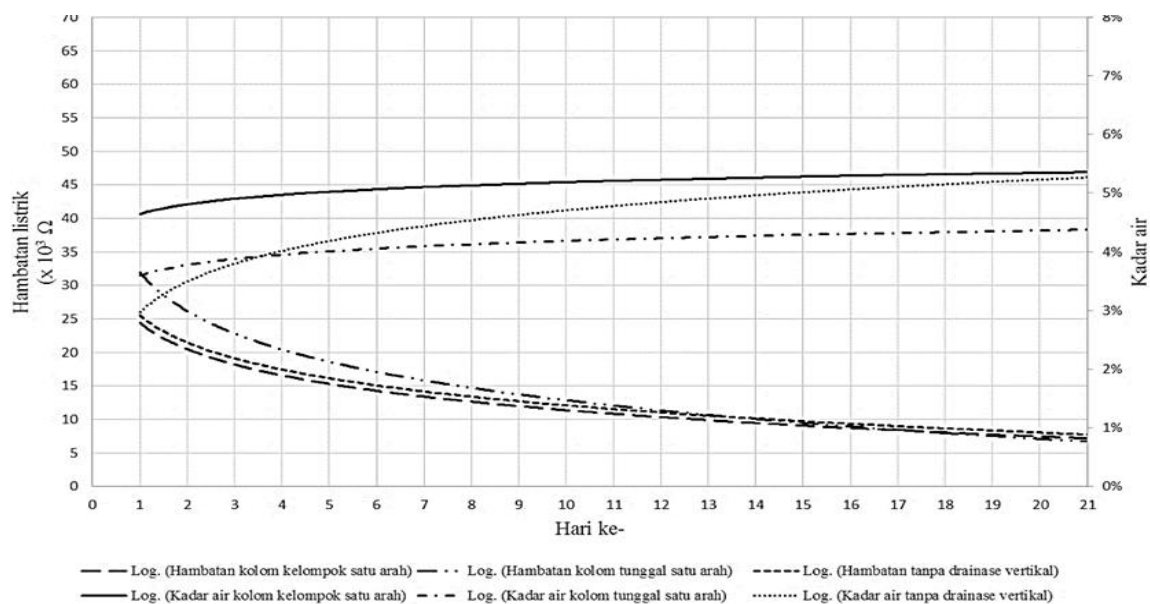
Gambar 7. Hubungan penurunan tanah dengan kadar air pasir permukaan

Gambar 7. menunjukkan adanya korelasi yang sama antara perubahan kadar air pasir dan penurunan. Drainase vertikal kolom kelompok mencapai kondisi stabil paling akhir, dimana kadar air pasir pada hari ke 18 dan penurunan pada hari ke 18. Perubahan kadar air pasir maupun penurunan pada drainase vertikal kolom tunggal mencapai stabil pada urutan kedua, dimana kadar air pasir pada hari ke 13 dan penurunan pada hari ke 17. Kadar air pasir dan penurunan pada tanpa drainase vertikal mencapai kondisi paling cepat, yaitu hari ke 15 untuk kadar air pasir dan hari ke 13 untuk penurunan.

Perubahan kadar air pada pasir dan penurunan ini saling berhubungan, maka perubahan kadar air pasir dapat dipantau melalui pengamatan pada perubahan penurunan.

### Hubungan Hambatan Listrik dengan Kadar Air Pasir Permukaan

Seluruh data hasil pengujian pengamatan penurunan tanah dan kadar air pada pasir permukaan pada ketiga model uji dapat dihubungkan menjadi sebuah grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8.



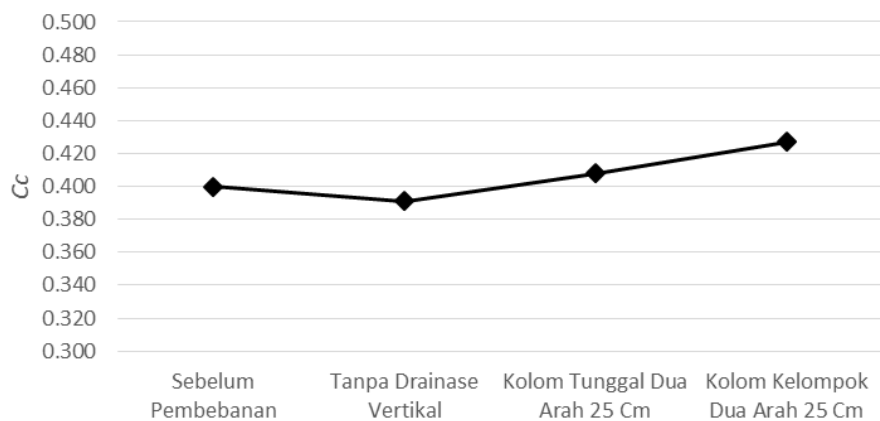
Gambar 8. Hubungan hambatan listrik dengan kadar air pasir permukaan

Gambar 8. menunjukkan adanya korelasi yang sama antara perubahan kadar air pasir dan hambatan listrik. Drainase vertikal kolom kelompok mencapai kondisi stabil paling akhir, dimana kadar air pasir pada hari ke 18 dan hambatan listrik pada hari ke 16. Perubahan kadar air pasir maupun hambatan pada drainase vertikal kolom tunggal mencapai stabil pada urutan kedua, dimana kadar air pasir pada hari ke 13 dan hambatan listrik pada hari ke 18. Kadar air pasir dan hambatan listrik pada tanpa drainase vertikal mencapai kondisi paling cepat, yaitu hari ke 15 untuk kadar air pasir dan hari ke 16 untuk hambatan listrik.

Perubahan kadar air pada pasir dan hambatan listrik ini saling berhubungan, maka perubahan kadar air pasir dapat dipantau melalui pengamatan pada perubahan hambatan pasir.

### Nilai Indeks Pemampatan ( $C_c$ )

Hasil rekapitulasi nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) dari masing-masing model pengujian dapat dilihat pada Tabel 1. dan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.

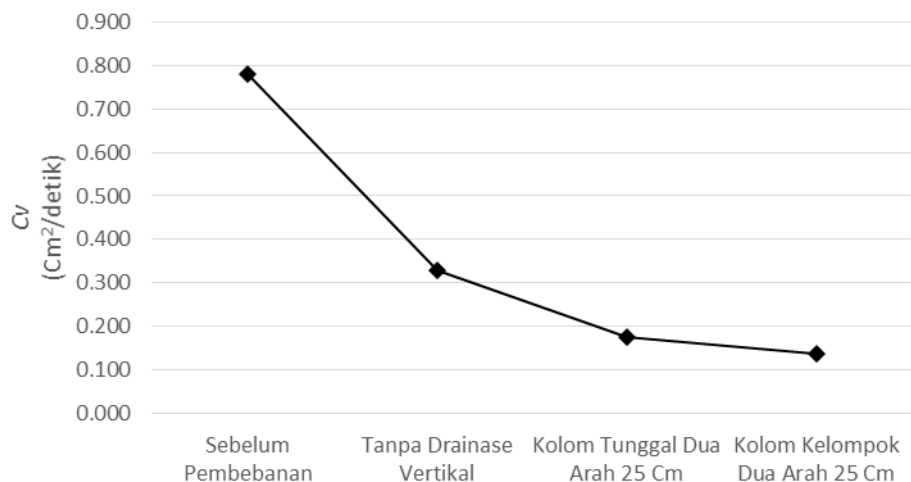


Gambar 9. Grafik nilai  $C_c$

Gambar 9. diatas dapat kita lihat bahwa nilai  $C_c$  pada sebelum pengujian adalah sebesar 0,4. Nilai Koefisien kompresi ( $C_c$ ) setelah pembebanan pada drum uji tanpa drainase vertikal adalah sebesar 0,391, drum uji dengan drainase vertikal kolom kelompok adalah sebesar 0,427 , dan drum uji dengan drainase vertikal kolom tunggal adalah sebesar 0,408. Ini menunjukkan bahwa pada drum uji dengan drainase vertikal kolom kelompok telah mengalami pemampatan yang terbesar sehingga memiliki nilai  $C_c$  tertinggi.

### Nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ )

Hasil rekapitulasi nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) dari masing-masing model pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. dan dalam bentuk grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik nilai  $C_v$

Gambar 10. diatas menunjukkan bahwa nilai  $C_v$  pada sebelum pengujian adalah sebesar  $0,78 \text{ cm}^2/\text{dtk}$ . Pada pengujian tanpa drainase vertikal nilai  $C_v$  sebesar  $0,329 \text{ cm}^2/\text{dtk}$ . Nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) drainase vertikal kolom tunggal setelah dilakukan pembebanan sebesar  $0,176 \text{ cm}^2/\text{dtk}$ . Sedangkan  $C_v$  terkecil terjadi pada pengujian drainase vertikal kolom kelompok yaitu sebesar  $0,138 \text{ cm}^2/\text{dtk}$ . Perubahan nilai  $C_v$  ini menunjukkan bahwa pada drum uji dengan drainase vertikal kolom kelompok mengalami pemampatan yang terbesar sehingga ketika dilakukan uji konsolidasi hanya mengalami sedikit penurunan.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Penambahan drainase vertikal dengan variasi kolom kelompok meningkatkan kecepatan penurunan sebesar  $4,639 \text{ mm}$ , sedangkan drainase vertikal dengan kolom tunggal meningkatkan kecepatan penurunan sebesar  $3,222 \text{ mm}$ , penambahan drainase vertikal mempercepat penurunan tanah.
2. Drainase vertikal dengan variasi kolom kelompok memiliki kecepatan  $36,43 \%$  lebih cepat dibanding drainase vertikal dengan variasi kolom tunggal, dalam penggunaan drainase vertikal kolom kelompok penurunan semakin cepat.
3. Penurunan tanah diiringi dengan meningkatnya kadar air lapisan pasir, penurunan kadar air tanah, dan penurunan nilai hambatan listrik yang sebanding dengan variasi drainase vertikal.

## REFERENSI

- Abadi, T. C., 2004, *Uji Laboratorium Pemanfaatan Serabut Kelapa dan Ijuk Sebagai Bahan Drainase Vertikal Tanpa Filter*, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Hardiyatmo, H. C., 2015. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya: Perancangan Dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Listyawan, A.B., Wiqoyah, Q., Renaningsih, dan Satriyana, 2015, *Pengaruh Kolom Pasir Terhadap Konsolidasi Tanah Lempung Lunak*, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dimas, 2015. *Pengaruh Variasi Diameter Kolom Campuran Pasir Kapur Terhadap Konsolidasi Tanah Lempung Lunak*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.