

## Pengaruh Frekuensi Pada Pemadatan Tanah

Judiono<sup>1)</sup> Muhammad Waliid' Afif<sup>2)</sup>

<sup>1)2)</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sunan Giri Surabaya, Jl. Brigjen  
Katamso II Waru Sidoarjo; Telp. 031-8532477  
[Email:juduliono@gmail.com](mailto:juduliono@gmail.com)

Published: January , 2026

---

### ABSTRAK

Untuk memperoleh kepadatan yang optimal dalam pekerjaan timbunan diperlukan adanya pemadatan yang dilakukan dengan menggunakan unit pemadatan yang memiliki fungsi getar saat digunakan. Proses pemadatan dengan getar ini memiliki nilai frekuensi sesuai dengan getaran yang diterapkan saat menggunakan alat pemadat. Namun demikian karena material timbunan memiliki natural frekuensi dimana hal ini akan mempengaruhi hasil pemadatan. Oleh karena itu perlu dikaji nilai frekuensi yang ditimbulkan oleh alat saat melakukan pemadatan timbunan terhadap hasil kepadatan yang terjadi pada timbunan tersebut..

**Kata kunci:** Natural frekuensi, tanah, kepadatan.

### ABSTRACT

To achieve optimal density in embankment work, compaction is required using a compacting unit that vibrates during use. This vibration compaction process has a frequency value corresponding to the vibrations applied when using the compaction tool. However, because embankment material has a natural frequency, this will affect the compaction results. Therefore, it is necessary to study the frequency value generated by the equipment during embankment compaction and its impact on the resulting density of the embankment.

**Keywords:** Natural frequency, soil, density.

---

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

---

### PENDAHULUAN

Pada pekerjaan timbunan selain material yang kita pilih sebagai tanah timbunan, alat yang dipakai sebagai pemadat sangat menentukan hasil dari pekerjaan timbunan tersebut. Alat yang digunakan pada pekerjaan timbunan umumnya menggunakan getaran yang ditimbulkan oleh roda alat saat melakukan pemadatan. Pemakaian getaran saat pemadatan dilakukan pada umumnya apabila material timbunan yang dibakui adalah jenis material berbutir kasar. Material ini berupa sirtu atau jenis material butiran kasar yang efektif bila pemadatan dilakukan dengan efek getaran alat pemadat yang dipakai.

Jenis alat yang umum dipakai adalah pemadat menggunakan roller getar, pelat. Cara kerja ini sering digunakan dalam konstruksi jalan dan lapangan terbang untuk memadatkan lapisan sub-base dan base yang terdiri dari material granular seperti timbunan batu dan pasir, atau dalam konstruksi pondasi untuk memadatkan tanah di bawah pondasi dangkal.

Roda rol getar menggabungkan tekanan statis dan beban dinamis menggunakan getaran. Saat bergerak maju, dengan amplitudo rendah dan frekuensi tinggi yang mengatur ulang butiran menjadi keadaan yang lebih padat. Rol kaki bantalan non-getar dan rol ban lebih efektif pada material kohesif karena aksi pengadukannya. Cara pemadatan ini melibatkan berbagai jenis peralatan:

- roller getar drum tunggal,
- roller getar drum tunggal yang ditarik,
- roller tandem getar,
- alat penekan genggam, dan
- pemadat pelat getar.

## KAJIAN TEORI

Frekuensi merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi secara alami. Hal ini meliputi berbagai bidang termasuk bidang elektronika. Ketika berbicara tentang perangkat dan sistem elektronik, kita sering berbicara dalam konteks frekuensi alami, yang dapat dihitung dengan rumus frekuensi alami. Frekuensi alami suatu objek adalah frekuensi atau laju getaran alaminya ketika diganggu. Objek dapat memiliki lebih dari satu frekuensi alami dan pada umumnya untuk memodelkan frekuensi alami suatu objek tertentu/ material kita gunakan osilator harmonik. Kegagalan struktur dapat terjadi apabila ada resonansi karena adanya frekuensi yang tidak alami atau dipaksakan pada suatu objek yang sama dengan frekuensi alami objek tersebut. Resonansi adalah osilasi pada frekuensi alami objek tersebut. Jika ini terjadi pada struktur tertentu, osilasi akan terus meningkat magnitudonya, sehingga mengakibatkan kegagalan struktural.

Ketika osilasi suatu sistem setara dengan frekuensi alaminya, sistem tersebut membentuk pola gerak. Kita menyebut frekuensi karakteristik tertentu ini sebagai modus normal suatu objek. Selain itu, frekuensi alami terdiri dari berbagai faktor utama dan faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- Kita menyebut frekuensi getaran alami suatu objek sebagai frekuensi alaminya.
- Frekuensi alami suatu objek dapat dimodelkan dengan memakai osilator harmonik.
- Frekuensi alami adalah frekuensi yang terjadi secara alami ketika kita mengganggu suatu objek secara fisik, sedangkan objek yang bergetar sesuai dengan penerapan laju tertentu disebut frekuensi paksa.
- Jika kita menerapkan frekuensi paksa yang setara dengan frekuensi alami suatu objek, objek tersebut akan

mengalami resonansi. Rumus Frekuensi Alami

Bila sebuah pegas dengan bola, yang mewakili massa, yang terpasang di ujungnya. Saat bola dan pegas dalam keadaan diam, pegas hanya meregang sebagian, dengan osilator harmonik sederhana dalam kondisi setimbang. Oleh karena itu, tegangan dari pegas sama dengan gaya gravitasi yang menarik bola (massa) ke bawah.

Apabila bola digeser dari posisi keseimbangannya, ada dua kemungkinan hasil:

1. Hal ini menambah tegangan pada pegas, yaitu, pegas tersebut diregangkan ke bawah.
2. Hal ini memberi kesempatan pada gravitasi untuk menarik bola ke bawah tanpa adanya tegangan dari pegas penyeimbang, yaitu, Anda mendorong bola ke atas.

Terlepas dari tindakan apa pun, bola akan mulai berosilasi di sekitar posisi keseimbangan. Frekuensi osilasi ini adalah frekuensi alami, dan kita mengukurnya dalam Hz (hertz). Jumlah osilasi per detik tergantung pada sifat pegas dan massa bola.

Frekuensi alami dapat dihitung dengan rumus:

$$f = \omega \div 2\pi$$

Dimana,  $\omega$  adalah frekuensi sudut osilasi yang diukur dalam radian atau detik. Sedangkan frekuensi sudut didefinisikan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\omega = \sqrt{(k \div m)}$$

Selanjutnya rumus dapat disesuaikan dengan rumus sebagai berikut:

$$f = \sqrt{(k \div m)} \div 2\pi,$$

Dimana :

$f$  adalah frekuensi alami

$k$  adalah konstanta pegas untuk pegas tersebut.  $m$  adalah massa bola

Besaran konstanta pegas dalam Newton per meter. Pegas dengan konstanta yang lebih tinggi lebih kaku dan membutuhkan gaya tambahan untuk meregang.

Ketika frekuensi alami menggunakan rumus tersebut, maka konstanta pegas harus ditentukan terlebih dahulu dalam sistem tersebut. Hal ini dapat kita peroleh dengan menguji material tersebut terlebih dahulu. Dalam contoh ini, digunakan 150 N/m untuk mewakili  $k$

dan 2 kg untuk menggambarkan massa m kita .

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan:

$$f = \sqrt{(150 \text{ N/m} \div 2 \text{ kg}) \div 2\pi} \quad f = \sqrt{(75 \text{ Hz}) \div 2\pi}$$

$$f = 8,66 \text{ Hz} \div 2\pi$$

$$f = 8,66 \text{ Hz} \div 2(3,14)$$

$$f = 8,66 \text{ Hz} \div 6,28 \quad f = 1,3789 \text{ Hz}$$

per

$$f = 1,38 \text{ Hz}$$

Maka diperoleh nilai frekuensi alaminya adalah

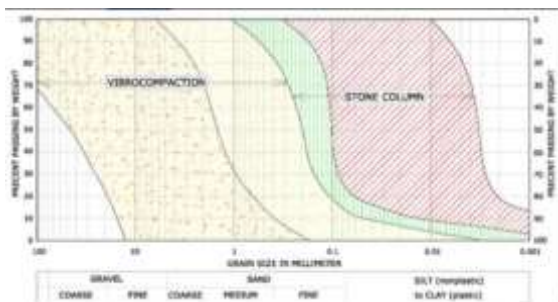
1,38 Hz, yang artinya sistem tersebut berosilasi hampir satu setengah kali per detik.

Terkait dengan pekerjaan pemadatan tanah. pemadatan dengan menggunakan pemadat getar (Vibro Compaction) adalah teknik yang memungkinkan penataan ulang partikel tanah menjadi konfigurasi yang lebih padat dengan getaran menggunakan alat getar bertenaga yang dipasang di dalam lubang bor.

Penggantian Getar (Vibro Replacement) (Kolom Batu) menggunakan prinsip yang sama dengan Pemadatan Getar (vibroflot bertenaga

yang menghasilkan getaran untuk menata ulang partikel tanah), tetapi pada tanah di mana Pemadatan Getar tidak memungkinkan karena kandungan butiran halus yang lebih tinggi (lebih dari 10% dan biasanya kurang dari 40%).

Oleh karena itu, pemadatan dicapai dengan menggeser tanah secara radial oleh vibrator, mengisi kembali ruang yang dihasilkan dengan material granular yang menghasilkan pembangunan kolom batu di lokasi perawatan.



Teknik Pemadatan Getar paling cocok untuk tanah berpasir lepas hingga tanah berbutir kasar dengan kandungan lumpur/lempung kurang dari 10% (kurang efisien dengan kandungan butiran halus antara 10% dan 15%).

## METODE

### Bahan dan Alat

Kegiatan ddilaboratorium dilakukan dengan menggunakan peralatan uji proctor, specific grafity, kacamata safety serta alat ukur meteran maupun teodolih

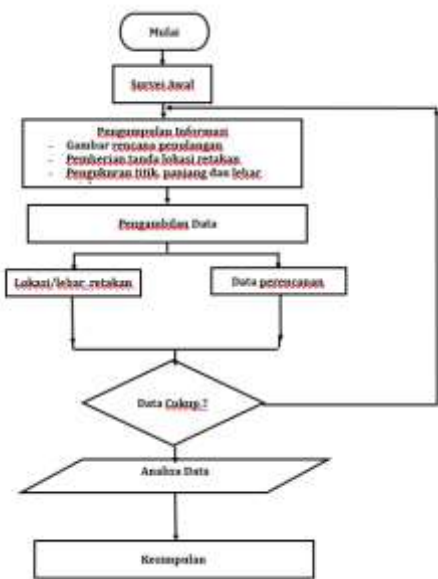
| No | Perlengkapan     | Gambar | Uraian |
|----|------------------|--------|--------|
| 1  | Proctor Test Set |        |        |
| 2  | Ayakan           |        |        |

|   |                                     |                                                                                      |  |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   |                                     |    |  |
| 3 | Timbangan                           |    |  |
| 4 | Oven Lab                            |   |  |
| 5 | Cawan                               |  |  |
| 6 | Alat Uji Pemadat Tanah Metode Getar |                                                                                      |  |

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara kuantitatif yaitu dengan pengambilan contoh tanah dan dilakukan uji proctor untuk mencari kandungan air optimal yang diperlukan saat dilakukan test pemadatan agar diperoleh nilai kepadatan yang maksimal. Selanjutnya tanah dengan kandungan air yang optimum tersebut dimasukan kedalam tabung uji dan pada kedalaman 20, 40, 60 cm dari permukaan tanah didalam tabung uji

ditempatkan potongan tabung diameter 6 cm yang akan diukur nilai kepadatannya setelah dipadatkan dengan alat uji pemadat getar dengan beberapa nilai amplitudo/ frekuensi dengan cara memasang jumlah lempeng bandul sesuai petunjuk pemakai alat uji.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan persiapan uji dan pelaksanaan uji kepadatan tanah dengan metode getar, maka di eroleh data sbb:

|                                                                                                      |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proctor Test Gradasi I<br>Berat mold = 4250 gram<br>Volume mold = 944 cm3<br>Specific gravity = 2.71 |       |       |       |       |       |       |
| A                                                                                                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| B                                                                                                    | 6100  | 6290  | 6280  | 6230  | 6150  | 5950  |
| C                                                                                                    | 1820  | 1870  | 2000  | 1950  | 1870  | 1670  |
| D                                                                                                    | 1.927 | 2.086 | 2.118 | 2.066 | 1.990 | 1.768 |
| E                                                                                                    | 6.49  | 12.76 | 16.54 | 20.65 | 25.80 | 3.318 |
| F                                                                                                    | 1.777 | 1.890 | 1.817 | 1.712 | 1.574 | 1.679 |
| G                                                                                                    | 2.203 | 2.013 | 1.871 | 1.737 | 1.504 | 2.368 |

Tabel 3.4  
Proctor Test Gradasi I

|                                  |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Test Kadar Air Proctor Gradasi I |       |       |       |       |       |       |
| H                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| I                                | 51.0  | 40.6  | 48.6  | 48.4  | 48.8  | 52.1  |
| J                                | 63.4  | 51.2  | 65.8  | 59.5  | 64.4  | 62    |
| K                                | 62.5  | 50    | 83.6  | 37.6  | 61.2  | 61.5  |
| L                                | 8.490 | 12.76 | 16.54 | 20.65 | 25.80 | 3.319 |

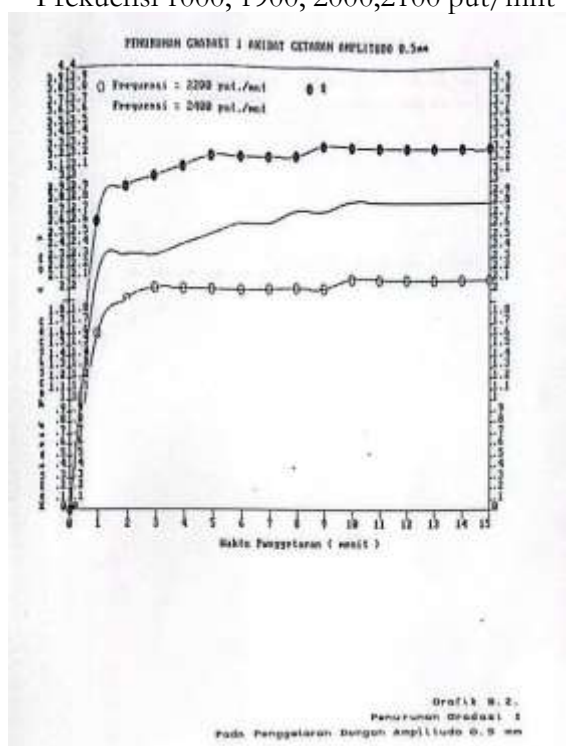
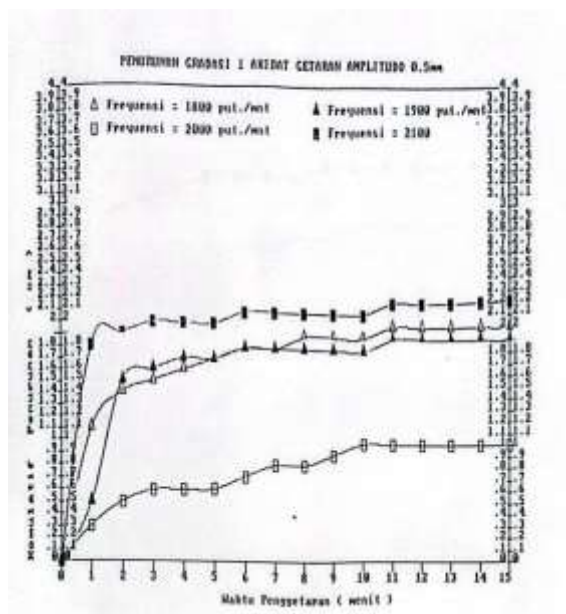
Tabel 3.5  
Test kadar air proctor gradasi I

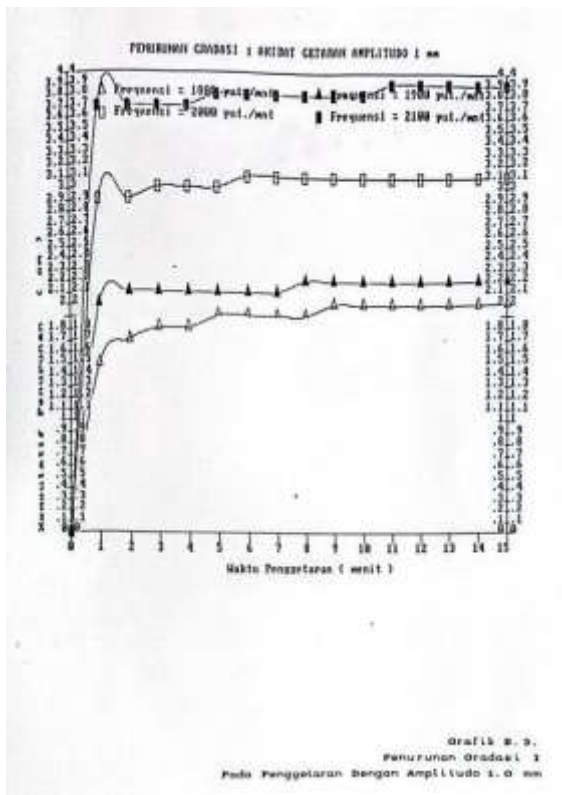
Keterangan :

|                                                |                                  |
|------------------------------------------------|----------------------------------|
| A= Nomor test                                  | G= Berat volume kering BAV       |
| B= Berat mold+ tanah (gram)                    | H= Berat test                    |
| C= Berat tanah (gram)                          | I= Berat oven (gram)             |
| D= Berat volume tanah (gram/cm <sup>3</sup> )  | J= Berat oven+ tanah (gram)      |
| E= Kadar air (%)                               | K= Berat oven+ tanah oven (gram) |
| F= Berat volume kering (gram/cm <sup>3</sup> ) | L= Kadar air (%)                 |

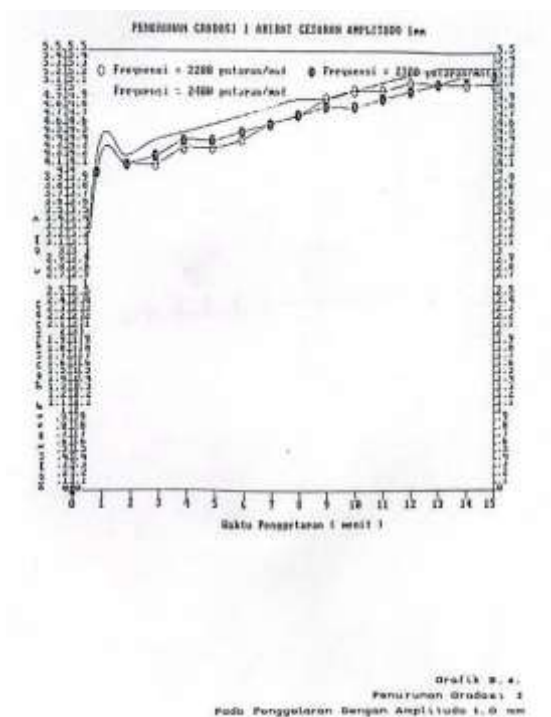
Gambar 4. Ujin Proctor

Hasil dari uji epamdatan getar amplitudo 0.5 :

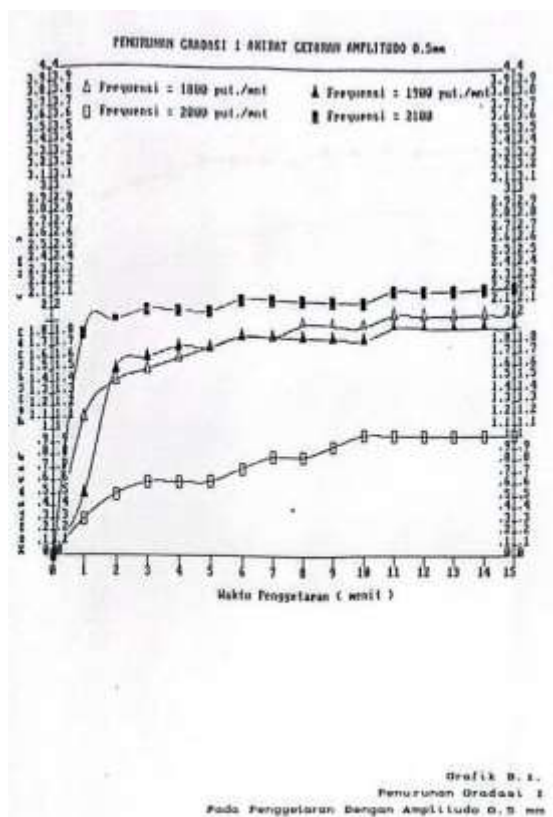




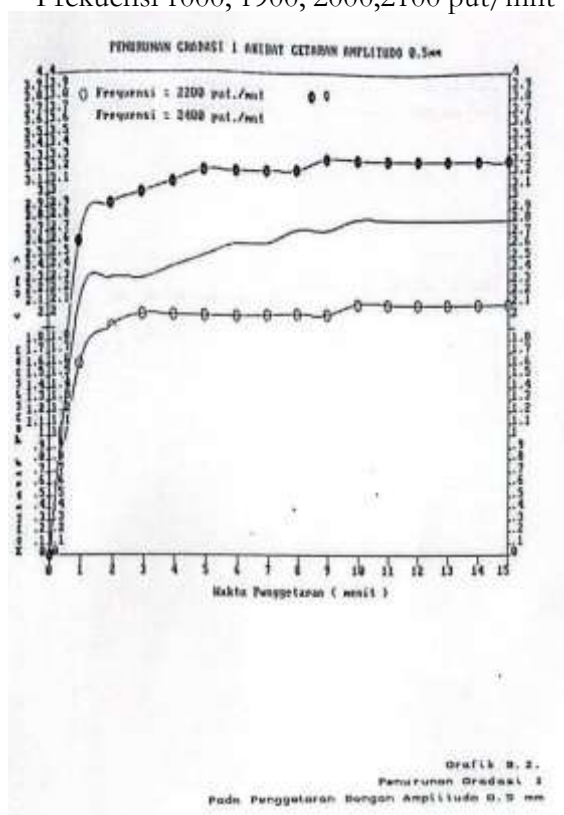
Gambar 7. Pemadatan getar amplitudo 1.0  
Frekuensi 1000, 1900, 2000,2100 put/mnt



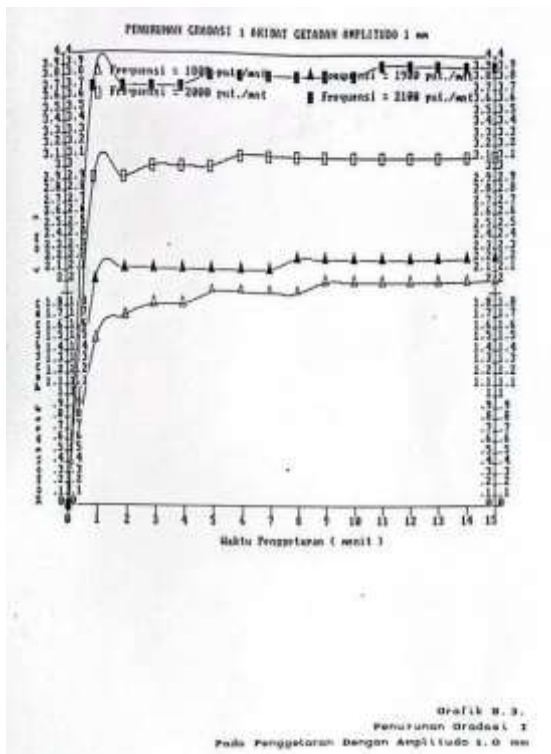
Gambar 8. Pemadatan getar amplitudo 1.0 frekuensi 2200, 2400 put/mnt



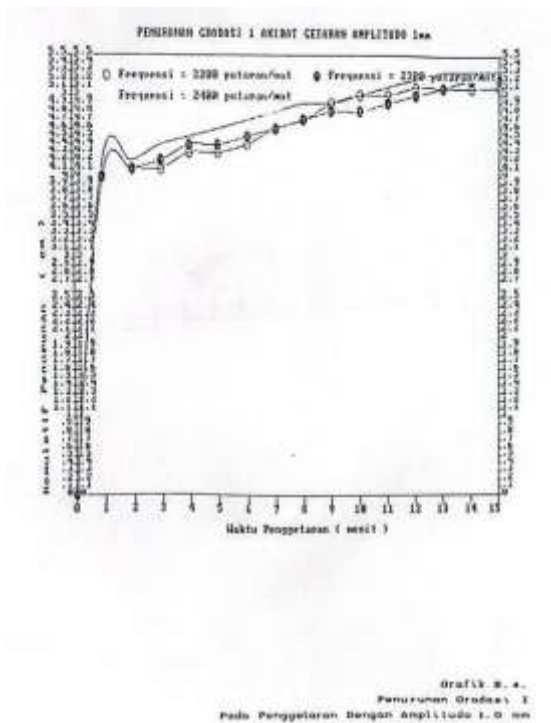
Gambar 9. Pemampatan sample amplitudo 0.5  
Frekuensi 1000, 1900, 2000,2100 put/ mnt



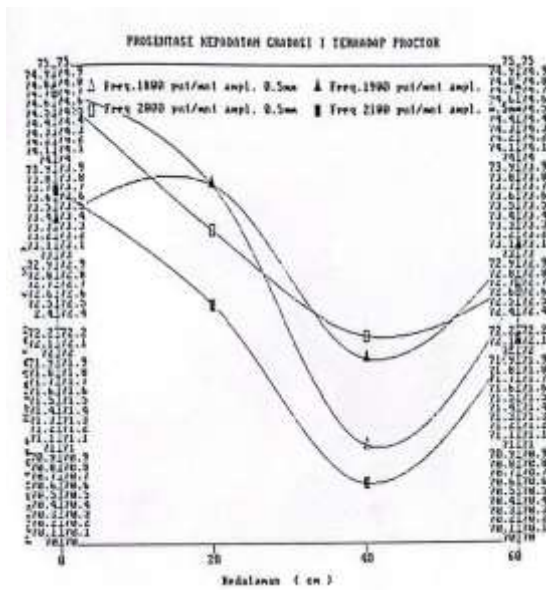
Gambar10. Pemampatan sample amplitudo 0.5 frekuensi 2200, 2400 put/ mnt



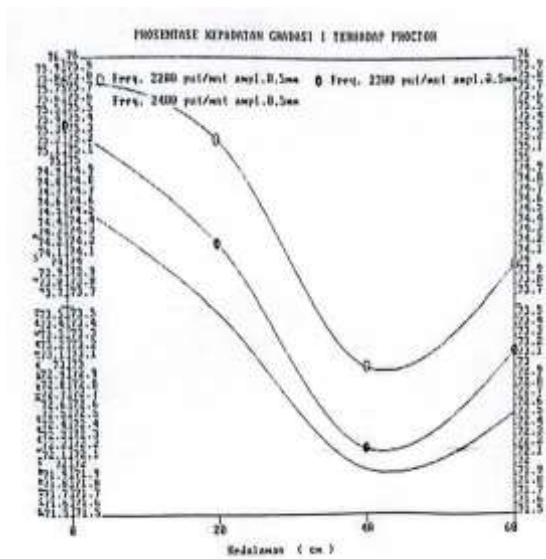
Gambar11. Pemampatan sample amplitudo 1.0  
Frekuensi 1000, 1900, 2000,2100 put/mnt



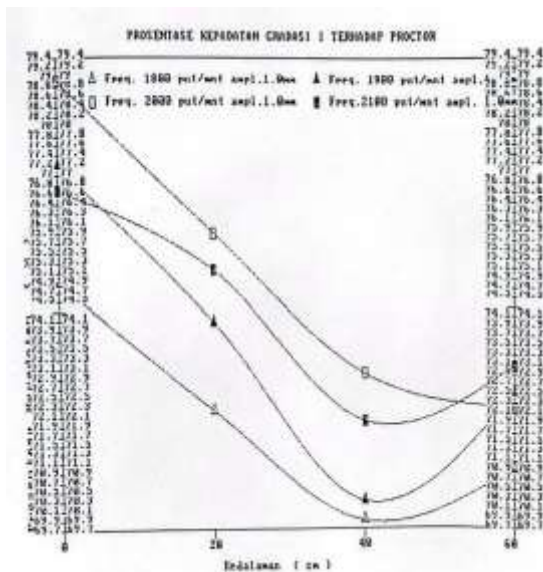
Gambar12. Pemampatan sample amplitudo 1.0 frekuensi 2200, 2400 put/mnt



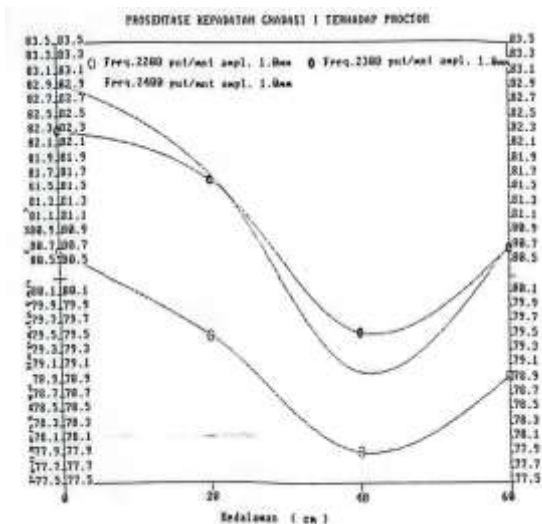
Gambar13. Prosentase kepadatan terhadap uji proctor, dengan amplitudo 0.5 frekuensi 1000, 1900, 2000,2100 put/mnt



Gambar14. Prosentase kepadatan terhadap uji proctor, dengan amplitudo 0.5 frekuensi 2200, 2300, 2400 put/mnt



Gambar15. Prosentase kepadatan terhadap uji proctor, dengan amplitudo 1.0 frekuensi 1000, 1900, 2000,2100 put/mnt



Gambar16. Prosentase kepadatan terhadap uji proctor, dengan amplitudo 1.0 frekuensi 2200, 2300, 2400 put/mnt

## KESIMPULAN

Untuk tanah yang diuji, pemadatan dengan getaran amplitudo 0.5 mm kenaikan frekuensi tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil pemadatan namun dengan amplitudo 1.0mm kenaikan frekuensi memperoleh hasil kepadatan yang lebih tinggi.

Dengan gradasi sample tanah tersebut prosentase kepadatan terhadap standart proctor test memperoleh hasil yang cukup tinggi sampai 82.9 % dengan amplitudo 1.0 mm.

Pemadatan dengan metode getaran dipengaruhi oleh adanya resonansi frekuensi natural bahan terhadap frekuensi yang dipakai dalam proses pemadatan.

Terjadinya kepadatan yang lebih tinggi pada kedalaman 60 cm dibandingkan pada kedalaman 40 cm, dimungkinkan akibat adanya pantulan getaran dari plat dasar molding.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowless, J E, (1984), Phycycal and Geotechnical Properties of Soil 2<sup>nd</sup> Ed, Mc Graw-Hill Inc.
- F.E. Richart Jr (Prof.), Vibrations of Soil and Foundations, 1970, Prentice Hall Inc Lars Forssblad, Vibratory Soil and Rock Fill Compaction, Dynapac Maskin AB, Solna, Swedia
- Wiliam D Kovacs, An Introduction to Geotechnical Engineering, Prectice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics series
- Das, Braja M, 1985, Principles of Geotecnical Engineering. Prentice Hall Inc, New Jercey