



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

ANALISIS HUBUNGAN NILAI RESISTIVITAS MORTAR MENGUKANAN METODA PROBE DUA ELEKTORODA DENGAN NILAI KUAT TEKAN

SKRIPSI



**PIPI DESWITA
06135043**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
Febuari, 2011**

Skripsi

**ANALISIS HUBUNGAN NILAI RESISTIVITAS MORTAR MENGGUNAKAN
METODA PROBE DUA ELEKTRODA DENGAN NILAI KUAT TEKAN**

Yang disusun oleh

PIPI DESWITA

06135043

telah dipertahankan didepan tim penguji
pada tanggal 02 february 2011
dinyatakan lulus dan memenuhi syarat

Pembimbing



Ardian Putra

NIP.198304222005011002

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Anggota

Sri Handani, M.Si

NIP.196907141995122001

Afdal, M.Si

NIP. 197601062000031001

Arif Budiman, M.Si

NIP. 197311141999031004

Padang, 02 Februari 2011

Ketua Jurusan Fisika

FMIPA Universitas Andalas Padang

Arif Budiman, M.Si

NIP. 197311141999031004

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamini, segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, hidayah, dan karuniaNya serta memberikan kekuatan dan kedamaian dalam berfikir, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul **“Analisis Hubungan Nilai Resistivitas Mortar Menggunakan Metoda Probe Dua Elektroda Dengan Nilai Kuat Tekan”**. Penulis banyak mengalami hambatan dan kesulitan dalam penyusunan skripsi ini, namun berkat bantuan, arahan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, hambatan dan kesulitan itu dapat penulis atasi. Untuk itu dalam kesempatan ini dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ardian Putra M.Si, selaku dosen pembimbing, ditengah-tengah kesibukan Bapak dengan sabar memberikan arahan, petunjuk, dan semangat dari awal penelitian sampai dengan terselesaikannya penyusunan Skripsi ini.
2. Bapak Drs.Wildian M.Si, selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing penulis dari awal masuk perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.
3. Bapak Afdhal Muttaqin, M.Si, sebagai seorang dosen fisika berjiwa bisnis yang tidak hanya membimbing penulis dalam masalah akademis.
4. Bapak Arif Budiman, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas yang selalu bijaksana dan mempunyai banyak solusi.

5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas yang telah membekali ilmu yang berguna bagi penulis untuk menyongsong masa depan yang lebih baik
6. Orang tua terkasih Ayahanda dan Ibunda (Mahdi Dt. Gapuang (Alm) dan Gusmadewi) serta kakak-kakaku tercinta (Arwin, Septi Guswira, Gusti Pendria) yang selalu menjadi inspirasi, dan memberikan motivasi, semangat, do'a dan segala dukungannya.
7. Sahabat-sahabatku tersayang "Member Only" (Tiara, Rizka, Adi, Mufti, Rico, Andi, Denny, and Firman), yang telah memberikan warna-warna berbeda dan unik serta tak terlupakan sepanjang masa dalam hidup penulis.
8. Semua angkatan 2006, semoga diberikan yang terbaik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini tidak luput dari segala kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhirnya harapan penulis semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, para pembaca dan dunia ilmu pengetahuan. Amin.

Padang, Februari 2011

penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Profil Tanah	4
2.2 Tanah dan Bahan	5
2.3 Pasir.....	8
2.4 Semen.....	8
2.4.1 Senyawa-senyawa Kimia Semen	9
2.4.2 Jenis-jenis Semen dan Aplikasinya.....	10
2.5 Resistivitas.....	12
2.6 Kuat Tekan Mortar.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3 Tata Laksana Penelitian.....	18

3.3.1. Pembuatan Sampel	19
3.3.2. Pengambilan Data	20
3.3.3. Pengolahan Data.....	21

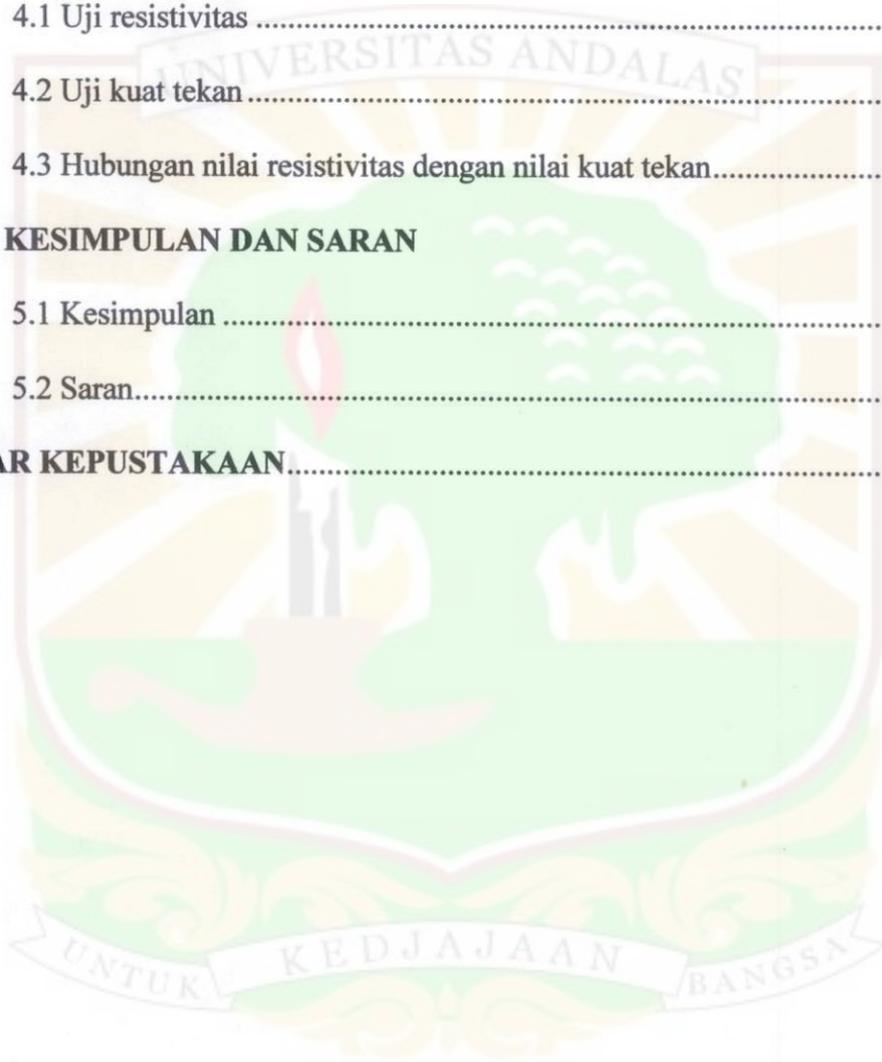
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji resistivitas	24
4.2 Uji kuat tekan	26
4.3 Hubungan nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan.....	29

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran.....	30

DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	31
--------------------------------	-----------



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan horison utama pada profil suatu tanah	4
Gambar 2.2. Macam-macam tanah sesuai kandungan pasir, <i>silt</i> dan lempung	7
Gambar 2.3. Batang konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistivitas.....	13
Gambar 3.1. Elektroda	15
Gambar 3.2. Multimeter Digital	16
Gambar 3.3. Neraca digital.	17
Gambar 3.4. Catu daya.....	17
Gambar 3.5. Alat uji tekan	18
Gambar 3.6. Pipa Paralon.....	19
Gambar 4.1. Sampel Mortar	23
Gambar 4.2. Grafik hubungan resistivitas dengan variasi rasio w/c	24
Gambar 4.3. Grafik hubungan resistivitas dengan massa pasir yang bervariasi	25
Gambar 4.4. a. Proses pengujian kuat tekan mortar	27
b. Mortar yang telah diuji nilai kuat tekannya	27
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara kuat tekan dengan variasi massa pasir..	28
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan	29

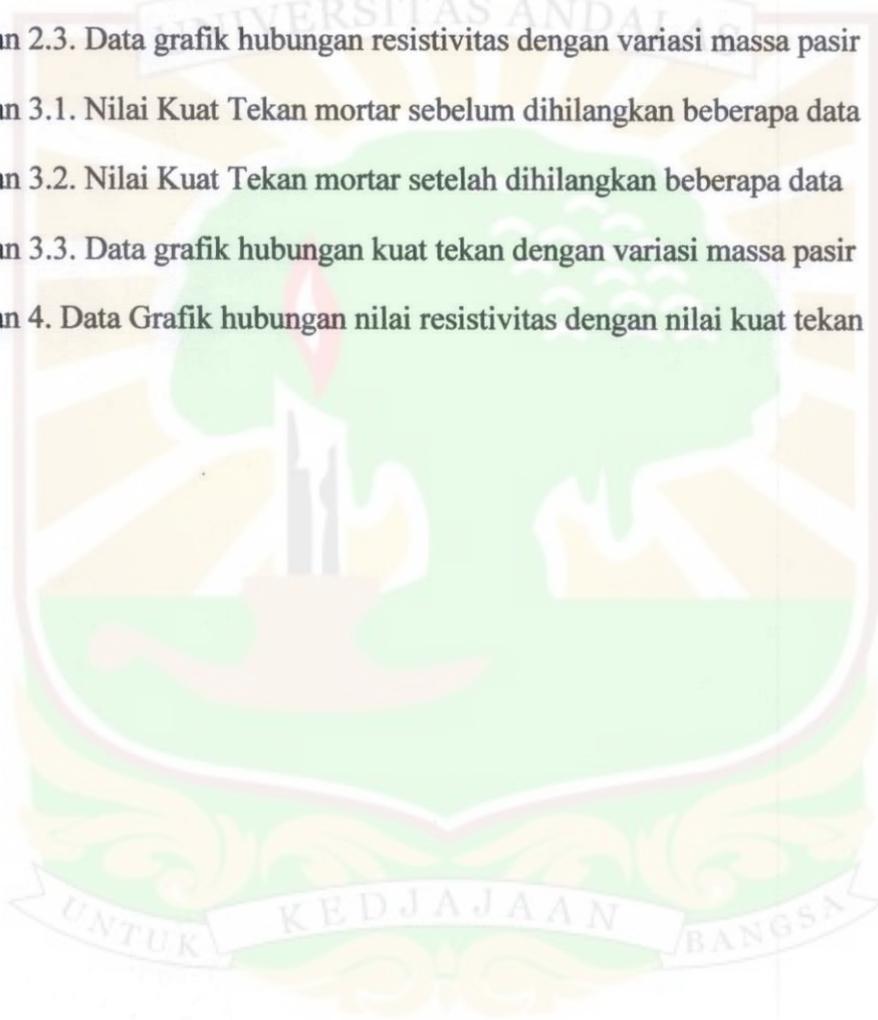
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai resistivitas sebagian material-material bumi	7
Tabel 2.2. Senyawa-senyawa kimia semen.....	9
Tabel 2.3. Kandungan oksida dalam semen Portland.....	9
Tabel 3.1. Komposisi bahan.....	20



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai resistansi	33
Lampiran 2.1. Nilai Resistivitas Mortar.....	36
Lampiran 2.2. Data grafik hubungan resistivitas dengan variasi rasio w/c	38
Lampiran 2.3. Data grafik hubungan resistivitas dengan variasi massa pasir	38
Lampiran 3.1. Nilai Kuat Tekan mortar sebelum dihilangkan beberapa data	39
Lampiran 3.2. Nilai Kuat Tekan mortar setelah dihilangkan beberapa data	41
Lampiran 3.3. Data grafik hubungan kuat tekan dengan variasi massa pasir	43
Lampiran 4. Data Grafik hubungan nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan	44



ANALISIS HUBUNGAN NILAI RESISTIVITAS MORTAR MENGUNAKAN METODA PROBE DUA ELEKTRODA DENGAN NILAI KUAT TEKAN

Intisari

Telah dilakukan penelitian untuk melihat keterkaitan antara nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan pada mortar. Pengujian nilai resistivitas mortar menggunakan metoda probe dua elektroda dan pengujian nilai kekuatan mortar menggunakan alat uji kuat tekan. Rasio w/c yang dipakai adalah 0,45, 0,5, dan 0,55, dengan variasi massa pasir 100 gr, 150 gr, 200 gr, 250 gr, dan 300 gr. Pengujian nilai resistivitas menunjukkan semakin meningkatnya rasio w/c maka nilai resistivitas semakin tinggi dan nilai resistivitas tertinggi dihasilkan oleh mortar yang memiliki rasio w/c 0,55 dengan massa pasir 300 gr. Nilai kuat tekan meningkat dengan meningkatkannya massa pasir, namun terjadi penurunan kuat tekan pada massa pasir yang lebih besar dari massa semen. Nilai kuat tekan cenderung naik seiring dengan naiknya nilai resistivitas.

Kata kunci: mortar, resistivitas, kuat tekan, dan rasio w/c.

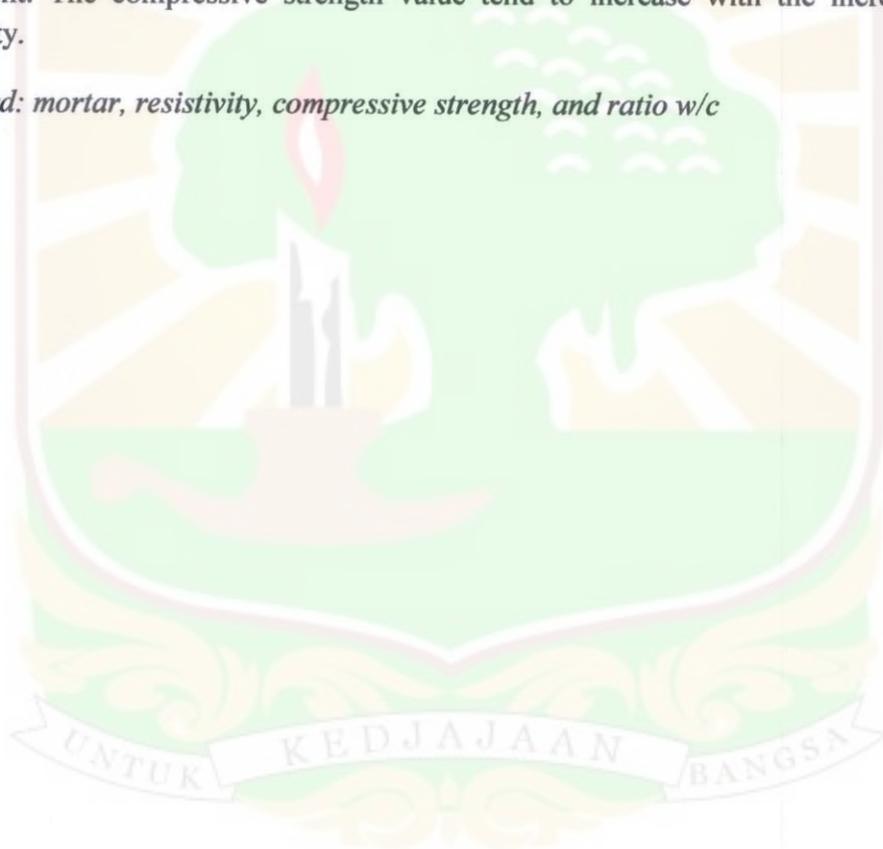


ANALYSIS OF RELATION BETWEEN MORTAR'S RESISTIVITY AND ITS COMPRESSIVE STRENGTH USING TWO ELECTRODES PROBE METHOD

Abstract

A research to observe a relationship between resistivity and compressive strength of mortar had been carried out. The resistivity was measured by using two electrodes probe method and the compressive strength was measured by using compression test hydrolic. The w/c ratio varies 0.45, 0.5, and 0.55, and the sand mass varies 100 gr, 150 gr, 200 gr, 250 gr, dan 300 gr. The compressive strength value increased with the increase in the mass of sand, but decreased if the mass of sand is more than the mass of cement. The compressive strength value tend to increase with the increase in resistivity.

Key word: mortar, resistivity, compressive strength, and ratio w/c



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Mortar merupakan campuran dari semen, pasir agregat halus dan air. Mortar digunakan untuk bahan bangunan. Semakin meluasnya penggunaan mortar dan makin meningkatnya skala pembangunan menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan mortar di masa yang akan datang, sehingga mempengaruhi perkembangan teknologi mortar dimana akan menuntut inovasi-inovasi baru mengenai mortar itu sendiri. Salah satu inovasi yang banyak dilakukan oleh peneliti adalah mengenai uji kekuatan mortar tersebut. Selama ini dalam menguji kekuatan mortar orang menggunakan alat uji kuat tekan. Pengujian uji kuat tekan yang biasa dipakai ini memiliki beberapa kekurangan. beberapa diantaranya adalah pengujian yang memerlukan banyak biaya dan sampel yang dibuat tidak dapat digunakan untuk keperluan yang lain karena uji kuat tekan merusak sampel.

Penelitian yang dilakukan oleh Samouelian dkk (2005), peneliti dari Prancis mengurai prinsip dan teori dasar metode survei resistivitas tanah, variasi resistivitas listrik dalam fungsi dari properti tanah, piranti-piranti listrik untuk survei satu, dua, dan tiga dimensi, interpretasi data serta kelebihan dan keterbatasan metode survei resistivitas tanah. Pada salah satu penelitiannya yang membahas tentang variasi resistivitas listrik dalam fungsi dari properti-properti tanah menyatakan bahwa nilai resistivitas turun seiring dengan naiknya kandungan air, konduktivitas air dan naiknya temperatur.

Sementara itu peneliti dari Cina Liu dkk (2008), melakukan uji resistivitas pada campuran tanah-semen menggunakan metode Probe dua elektroda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa resistivitas listrik tanah-semen meningkat seiring meningkatnya rasio campuran semen dan waktu, sementara resistivitas listrik justru menurun dengan meningkatnya kandungan air, derajat kejenuhan, dan rasio air semen. Resistivitas listrik campuran tanah-semen memiliki hubungan dengan kuat tekan suatu bahan. Dasar keterkaitan antara kuat tekan dengan nilai resistivitas dapat dilihat dari Hukum Archie. Hukum Archie menghubungkan antara konduktivitas batuan dengan porositas batuan tersebut. Nilai porositas yang terkait langsung dengan kompaksi menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas batuan dan kuat tekannya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas, penulis melakukan pengembangan penelitian tentang keterkaitan antara resistivitas dengan kuat tekan. Penelitian ini dibatasi pada penentuan nilai resistivitas mortar yang nantinya akan dihubungkan dengan nilai kuat tekan mortar tersebut. Bahan yang digunakan adalah pasir sungai, sementara semen yang digunakan adalah Semen Padang Portland Tipe 1. Nilai resistivitas diukur menggunakan metoda probe dua elektroda. Pengambilan data dilakukan setelah mortar berumur 28 hari. Pengujian mortar didasarkan pada ASTM C 39-86 dan ASTM G187-05. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan penggantian uji kuat tekan dengan uji resistivitas.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk melihat keterkaitan antara nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan bahan.

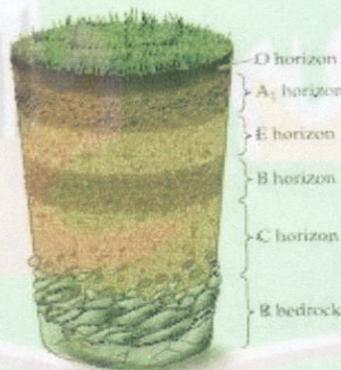


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Profil Tanah

Dinding atau penampang vertikal dari tanah yang memperlihatkan susunan horison dinamakan profil tanah, profil tanah berbeda dari satu tempat ke tempat lainnya. Profil tanah yang berkembang pada daerah panas dan kering mempunyai susunan horison yang berbeda dengan profil tanah pada daerah tropis dan lembab. Horison genetik utama yang terdapat di dalam tanah dinamakan horison O, A, E, B, C dan R dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Fiantis, 2007)



Gambar 2.1. Susunan horison utama pada profil suatu tanah (Fiantis, 2007)

- a. Horison O merupakan horison yang mengandung kadar bahan organik tinggi sedangkan fraksi mineralnya sedikit. Ketebalan horison O sangat tergantung kepada adanya akumulasi bahan organik di permukaan tanah.
- b. Horison A terbentuk akibat akumulasi bahan organik halus yang telah melapuk dan bercampur dengan bahan mineral tanah.

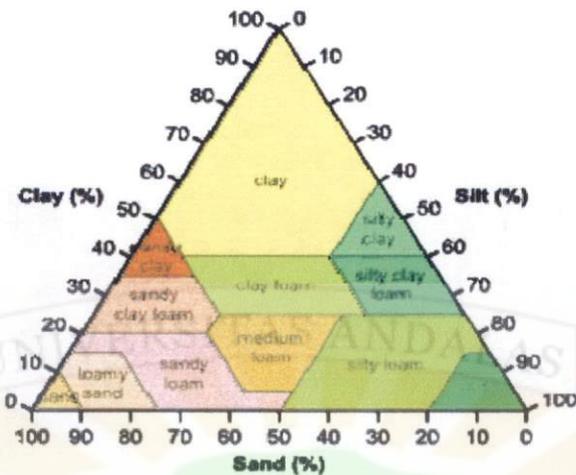
- c. Horison E adalah horison yang telah mengalami pencucian dan kehilangan lempung, besi, aluminium dan bahan organik sehingga berwarna pucat atau lebih terang bila dibandingkan dengan horison di atas atau di bawahnya. Akibat kehilangan lempung, besi, aluminium dan bahan organik, maka horison E didominasi oleh pasir dan debu saja.
- d. Horison B adalah horison bawah permukaan yang mempunyai sifat-sifat
1. Terjadinya penimbunan lempung, besi, aluminium, humus, karbonat, gipsum dan silika.
 2. Berwarna lebih merah.
 3. Struktur tanah gumpal, gumpal bersudut, prismatic atau tiang.
- e. Horison C adalah horison bahan induk tanah yang terbentuk akibat pelapukan induk, mengandung banyak batuan tidak padat dan pecahan batuan.
- f. Batuan induk (*Rock*) merupakan lapisan batuan keras yang tidak dapat ditembus akar tanaman dan sulit dipecahkan dengan alat manual.
- (Fiantis, 2007).

2.2. Tanah dan Bahan

Tanah merupakan lapisan pada bumi yang mengandung mineral dengan ketebalan bervariasi. Tanah berbeda dengan bahan induknya dalam karakteristik morfologi, fisika, kimia, dan mineralogi. Hal ini disebabkan karena tanah terbentuk dari partikel dari batuan yang pecah dan berubah oleh proses kimia di lingkungannya yang mencakup perubahan cuaca dan erosi dan interaksi yang terjadi antara litosfer, hidrosfer, atmosfer, dan biosfer.

Susunan tanah sangat dipengaruhi oleh iklim. Tanah dari zona iklim berbeda menunjukkan karakteristik yang berbeda. Temperatur dan kelembaban mempengaruhi perubahan oleh cuaca dan pemisahan tanah dari mineral-mineralnya. Angin memindahkan pasir dan partikel lainnya, khususnya pada daerah yang sedikit tertutupi tanaman. Tipe dan jumlah curah hujan mempengaruhi susunan tanah karena mempengaruhi perpindahan ion dan partikel di dalam tanah. Perubahan temperatur harian mempengaruhi dinamika tanah dan keefektifan air dalam menghancurkan batuan induk. Siklus pembekuan dan pencairan merupakan mekanisme yang efektif dalam menghancurkan batuan dan bahan lain yang masih bergabung (Birkeland, 1999).

Tekstur tanah mengacu pada komposisi pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Kandungan tanah mempengaruhi perilaku tanah, termasuk kemampuan menyimpan zat gizi dan air. Pasir dan silt merupakan hasil dari perubahan oleh cuaca secara fisika sementara lempung adalah hasil dari perubahan oleh cuaca secara kimia (Brown, 2003). Tanah dengan kandungan lempung yang banyak dapat menahan angin dan erosi air lebih baik dari pada tanah dengan kandungan pasir atau *silt* yang lebih banyak karena partikel-partikel pada lempung terikat lebih kuat satu sama lain. Berbagai macam tanah dengan komposisi pasir, silt, dan lempungnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Segitiga tekstur tanah (William A, 2004)

Proses terbentuknya tanah dan bahan serta mineral yang dikandung tanah menyebabkan tanah pun memiliki hambatan jika dialiri arus listrik. Nilai resistivitas tanah umumnya berkisar antara 2 Ωm sampai 1000 Ωm , meskipun beberapa macam tanah memiliki nilai-nilai resistivitas yang ekstrim. Studi tentang pengukuran nilai resistivitas menghasilkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai resistivitas sebagian material-material bumi (Telford, 1990)

Material	Resistivitas Ωm
<i>Air</i> (Udara)	0
<i>Sandstones</i> (Batu Pasir)	200-8000
<i>Ground water</i> (Air tanah)	0.5-300
<i>Clay</i> (Lempung)	1-100
<i>Sand</i> (Pasir)	1-1000
<i>Sea Water</i> (Air Asin)	0.2
<i>Dry Gravel</i> (Kerikil Kering)	600-10000
<i>Alluvium</i> (aluvium)	10-800
<i>Gravel</i> (Kerikil)	100-600

Resistivitas tanah dapat mempengaruhi tingkat korosi bahan-bahan logam yang bersentuhan dengan tanah tersebut. Kandungan kelembaban yang lebih

tinggi atau peningkatan konsentrasi elektrolit dapat menurunkan resistivitas sehingga dengan demikian justru meningkatkan tingkat korosi (Edwards, 1998).

2.3. Pasir

Pasir adalah bahan butiran alami halus yang terdiri dari batuan dan mineral. Komposisi pasir sangat bervariasi, tergantung pada sumber-sumber lokal dan kondisi. Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai, oleh karena itu pasir dapat digolongkan dalam tiga macam yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Partikel pasir memiliki rentang diameter dari 0,0625 mm (atau 1 / 16 mm, atau 62,5 mikrometer) sampai 2 milimeter yang disebut butiran pasir. Bila semakin besar ukurannya disebut sebagai pasir kerikil, dengan partikel mulai dari 2 mm sampai 64 mm.

2.4. Semen

Semen hidrolik adalah material yang mengeras apabila dicampur dengan air dan setelah mengeras tidak mengalami perubahan kimia jika dikenai air. Semen yang dikenal sekarang ini, yang juga disebut sebagai semen Portland, terbuat dari campuran kalsium, silika, alumina dan oksida besi. Kalsium biasa didapat dari bahan-bahan berbasis kapur, seperti batu kapur, marmer, batu karang dan cangkang keong. Sedangkan silika, alumina dan zat besi dapat ditemukan pada lempung dan batuan serpih. Selain itu silika juga dapat dijumpai pada pasir, alumina pada bauksit sedangkan oksida besi didapat pada iron ore (bijih besi).

Proporsi dari zat-zat pencampuran tersebut menentukan sifat-sifat dari semen yang dihasilkan. Nilai resistivitas semen berkisar dari $1 \Omega\text{m} - 8 \Omega\text{m}$ (Klein, 1993).

2.4.1. Senyawa-senyawa Kimia Semen

Senyawa-senyawa utama pada semen Portland dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Senyawa Utama Semen Portland (Imran, 2007)

Nama Senyawa	Komposisi Oksida	Singkatan
Tricalcium Silicate	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Dicalcium Silicate	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Tricalcium Aluminate	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
TetraCalcium Aluminoferrite	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
$\text{CaO} = \text{C} ; \quad \text{SiO}_2 = \text{S} ; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A} ; \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}$		

Nilai-nilai tipikal untuk kandungan oksida dalam semen dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan oksida dalam semen Portland (Imran, 2007)

Unsur Oksida	Kandungan (%)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-0.6
MgO	0.1-4.0
Alkalis	0.2-1.3
SO ₃	1-3

2.4.2. Jenis-jenis Semen dan Aplikasinya

Ada berbagai jenis semen dan aplikasinya berdasarkan perbedaan komposisinya (ASTM C-150)

a. Semen Portland Tipe I (semen biasa/normal)

- Kandungan C_3S 45-55 %
- Kandungan C_3A 8-12 %
- Kehalusan 350-400 m^2/kg

Penggunaan umum pada semua jenis bangunan dan konstruksi

b. Semen Portland Tipe II (semen panas sedang)

- Kandungan C_3S 40-45 %
- Kandungan C_3A 5-7 %
- Kehalusan 300 m^2/kg
- Panas hidrasi tinggi

Penggunaan umum pada semua jenis bangunan dan konstruksi, namun semen ini mempunyai peningkatan kekuatan awal lebih rendah dibandingkan semen Tipe I.

c. Semen Portland tipe III (semen cepat mengeras)

- Kandungan C_3S > 55 %
- Kandungan C_3A > 12%
- Kehalusan 500 m^2/kg
- Laju pengerasan awal tinggi
- Untuk rasio air semen yang sama, penggunaan semen tipe III akan menghasilkan kuat tekan 28 hari yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan semen tipe I
- Tidak baik untuk beton mutu tinggi

Digunakan pada aplikasi yang memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi, misalnya pada pembukaan bekisting yang dipercepat, pekerjaan perbaikan dan lain-lain.

d. Semen Portland tipe IV (semen panas rendah)

- Kandungan C_3S maksimum 35 %
- Kandungan C_3A maksimum 7%
- Kandungan C_2S 40-50 %
- Kehalusan butirnya lebih kasar dari Tipe I
- Digunakan bila menginginkan panas hidrasi yang rendah

Digunakan pada aplikasi yang membatasi peningkatan temperatur tinggi untuk menghindari timbulnya tegangan termal pada beton, contoh pada pengecoran masal dan pengecoran dalam cuaca yang panas.

e. Semen Portland Tipe V (semen tahan sulfat)

- Kandungan C_3S 45- 55 %
- Kandungan C_3A < 5% (tapi >4% untuk proteksi tulangan)
- Kehalusan 300 m^2/kg
- Panas hidrasi rendah
- Laju pengerasan rendah

(Imran, 2007)

5. Resistivitas

Saat diberikan beda potensial pada ujung-ujung suatu bahan, maka akan ada arus listrik yang mengalir di dalam bahan tersebut. Besarnya arus listrik yang

mengalir tersebut tergantung pada suatu besaran yang disebut dengan resistansi listrik (R).

Resistansi adalah perbandingan antara tegangan yang diaplikasikan pada bahan (V) dengan aliran arus listrik yang dihasilkan (I) seperti pada Hukum Ohm yang ditunjukkan oleh Persamaan 2.1

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Dimana:

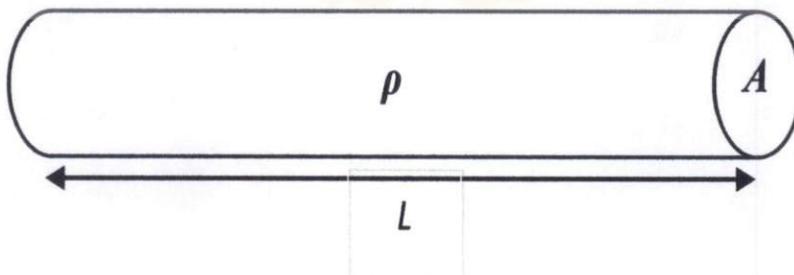
V : beda potensial ujung-ujung konduktor (V)

I : kuat arus yang mengalir pada konduktor (A)

R : resistansi konduktor (Ω)

Resistansi suatu bahan tergantung kepada struktur atomik bahan tersebut atau resistivitasnya, yaitu suatu besaran yang menunjukkan kemampuan suatu bahan dalam menahan arus listrik. Resistivitas disimbolkan dengan ρ dan memiliki satuan Ωm .

Misalkan suatu kawat silinder dengan panjang L dan luas penampang A yang memiliki nilai tahanan R , dan resistivitas ρ seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Batang konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistivitas ρ

Berdasarkan Gambar 2.3, nilai resistivitas dari silinder tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2

$$\rho = \frac{R.A}{L} \quad (2.2)$$

Dimana:

ρ : resistivitas bahan (Ωm)

R : resistansi (Ω)

A : luas penampang (m^2)

L : panjang (m)

Selain itu terdapat suatu besaran yang harganya kebalikan dari harga resistivitas yang disebut dengan konduktivitas (σ). Nilai konduktivitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3.

$$\sigma = 1/\rho \quad (2.3)$$

Dimana:

σ : konduktivitas ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$)

ρ : resistivitas bahan (Ωm)

2.6. Kuat Tekan Mortar

Mortar merupakan campuran pasir agregat halus, semen, dan air. Kuat tekan mortar adalah kemampuan mortar untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kekuatan mortar akan bertambah dengan naiknya umur mortar tersebut. Biasanya pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah mortar berumur 28 hari. Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan yang diharapkan

hasilnya sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian nilai kuat tekan benda uji silinder berpedoman pada standar ASTM C 39 – 86, *Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Nilai kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.4. (Hamid, 2007)

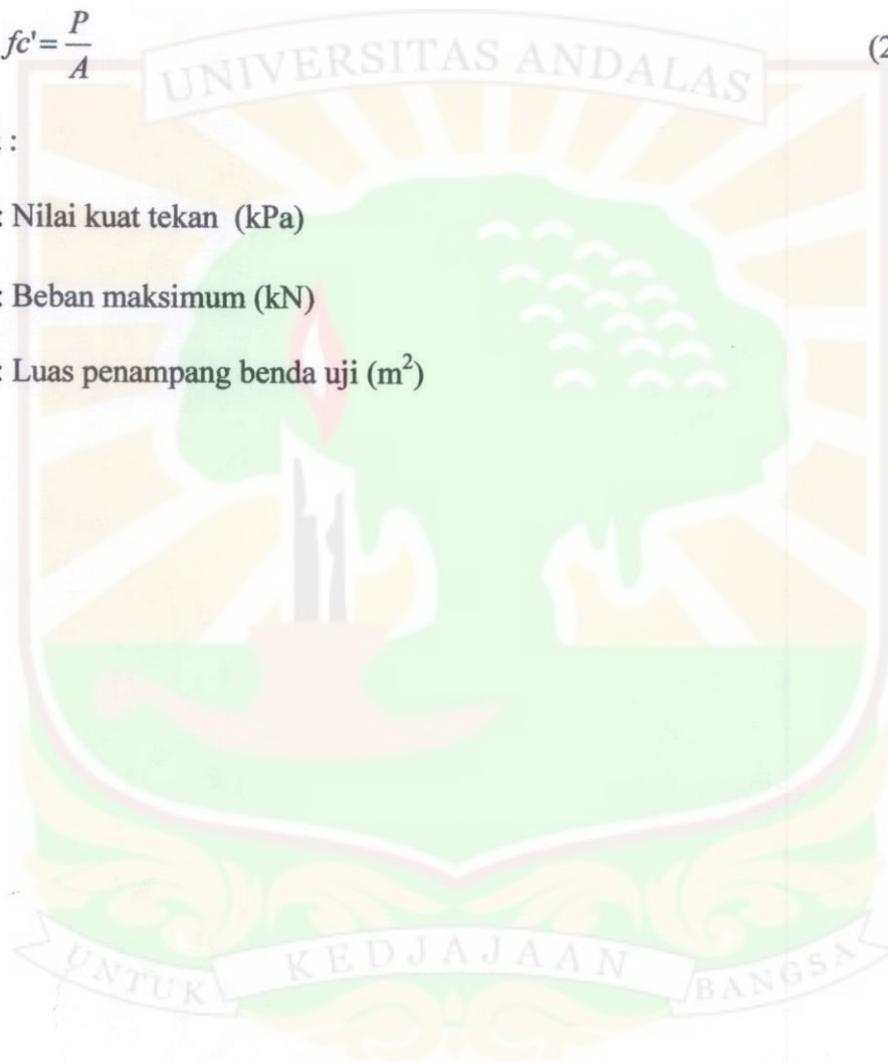
$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

Dimana :

f_c' : Nilai kuat tekan (kPa)

P : Beban maksimum (kN)

A : Luas penampang benda uji (m²)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Agustus sampai Januari 2010 di Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas dan Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.

3.2. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Elektroda



Gambar 3.1. Elektroda

Elektroda seperti pada Gambar 3.1 terbuat dari tembaga murni yang berguna untuk mengalirkan arus listrik ke dalam sampel. Elektroda yang dibutuhkan adalah sebanyak dua buah.

2. Multimeter digital



Gambar 3.2. Multimeter digital

Multimeter digital seperti Gambar 3.2 digunakan sebanyak dua buah yang diatur sebagai voltmeter untuk mengukur tegangan dan sebagai amperemeter untuk mengukur arus listrik.

3. Neraca digital



Gambar 3.3. Neraca digital

Neraca digital seperti pada Gambar 3.3 digunakan untuk mengukur massa bahan.

4. Catu daya



Gambar 3.4. Catu daya

Catu daya seperti Gambar 3.4 digunakan sebagai sumber tegangan.

5. Alat uji tekan (*compression test hidrolik*)



Gambar 3.5. Alat uji tekan

Alat uji tekan (*compression test hidrolik*) seperti Gambar 3.5 digunakan sebagai alat untuk pengujian kekuatan mortar.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Pasir sungai di Belimbing
2. Semen Portland Tipe 1 produksi semen Padang
3. Pipa Paralon

Pipa paralon seperti pada Gambar 3.6 berdiameter 5,66 cm dengan panjang 12 cm, sebanyak 45 buah. Pipa paralon ini digunakan sebagai cetakan mortar.



Gambar 3.6. Pipa Paralon

3.3. TATA LAKSANA PENELITIAN

3.3.1. Pembuatan Sampel

Tahap pembuatan sampel diawali dengan menimbang massa pasir, semen dan air. Pasir dicampur dengan semen sesuai dengan perbandingan seperti pada Tabel 3.1. Pasir dan semen yang telah dicampur kemudian diaduk dengan memberikan air sesuai dengan volume air yang telah ditentukan. Setelah proses pengadukan selesai, sampel dimasukkan kedalam pipa paralon, kemudian dibiarkan kering sampai 28 hari.

Tabel 3.1. Komposisi bahan

Semen (gr)	Pasir (gr)	volume air (ml)	Jumlah masing-masing sampel (buah)
200	100	90	3
		100	
		110	
200	150	90	3
		100	
		110	
200	200	90	3
		100	
		110	
200	250	90	3
		100	
		110	
200	300	90	3
		100	
		110	

3.3.2. Pengambilan Data

Mortar yang telah berumur 28 hari dikeluarkan dari pipa paralon. Setelah dikeluarkan dari pipa paralon, mortar tersebut dipasang pada rangkaian Probe dua-elektroda seperti yang terlihat pada Gambar 3.7.

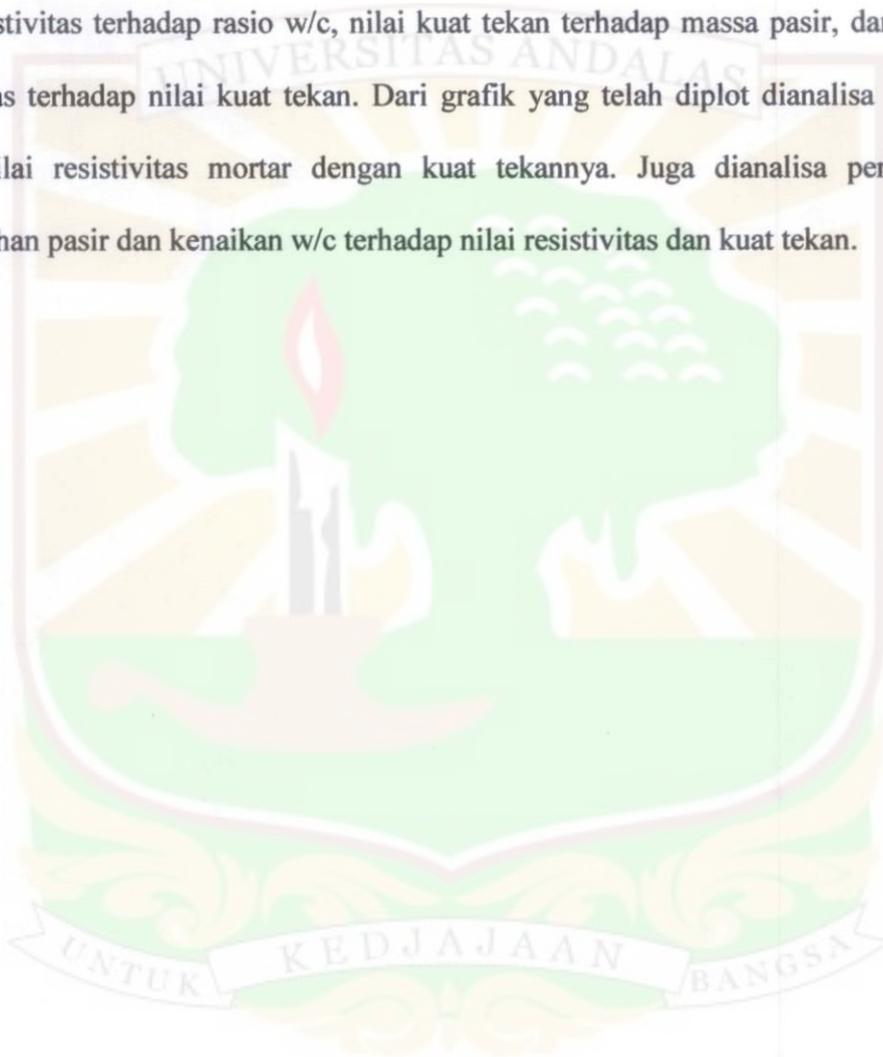


Gambar 3.7. Rangkaian Probe dua-elektroda

Mortar yang telah dipasang pada rangkaian dapat diukur nilai tegangan dan kuat arusnya. Tegangan dan kuat arus diukur sebanyak sepuluh kali. Nilai resistivitas mortar dapat dihitung dari tegangan dan kuat arus yang telah diukur. Pengujian kuat tekan pada mortar dilakukan setelah penghitungan nilai resistivitas selesai. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara meletakkan sampel mortar tepat ditengah-tengah alat uji kuat tekan, kemudian mortar diberi tekanan dengan cara memompa tuas pada alat. Tekanan terus diberikan sampai sampel mortar patah, ketika sampel mortar patah jarum yang ada diskala pada alat akan menunjukkan seberapa besar beban yang dapat diterima mortar. Setelah mendapatkan nilai beban yang bisa diterima mortar maka nilai kuat tekan dapat dihitung. Untuk menentukan nilai resistivitas pada penelitian ini didasarkan pada ASTM G187-05 sementara untuk kuat tekan didasarkan pada ASTM C 39-86.

3.3.3. Pengolahan Data

Nilai resistivitas dihitung dengan memakai Hukum Ohm (persamaan 2.1), nilai kuat tekan dihitung dengan persamaan 2.4. Setelah nilai resistivitas dan kuat tekan didapatkan, dapat dibuat grafik antara nilai resistivitas terhadap massa pasir, nilai resistivitas terhadap rasio w/c, nilai kuat tekan terhadap massa pasir, dan nilai resistivitas terhadap nilai kuat tekan. Dari grafik yang telah diplot dianalisa kaitan antara nilai resistivitas mortar dengan kuat tekannya. Juga dianalisa pengaruh penambahan pasir dan kenaikan w/c terhadap nilai resistivitas dan kuat tekan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

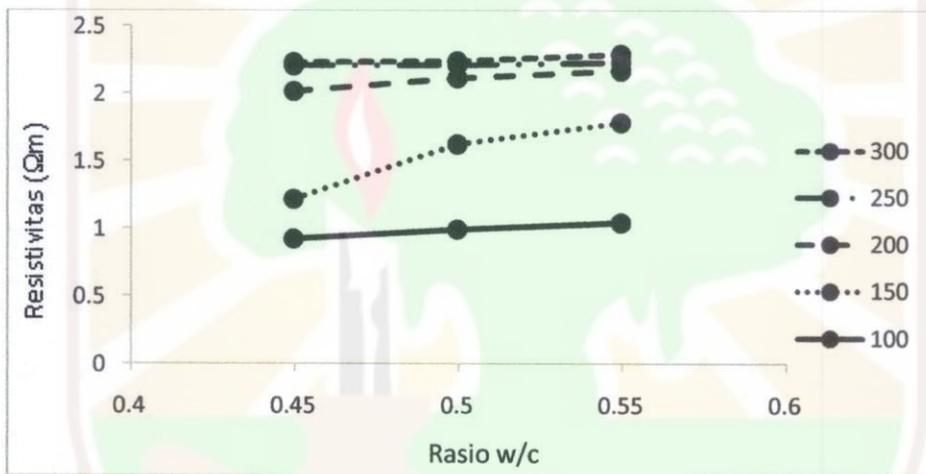
Pengujian resistivitas dan kuat tekan dilakukan pada 45 buah sampel mortar yang bervariasi. Sampel mortar terdiri dari tiga variasi rasio w/c dan lima variasi massa pasir (Tabel 3.1). Sampel berbentuk silinder dengan diameter $\pm 5,6$ cm dan panjang $\pm 9,8$ cm. Gambar 4.1 memperlihatkan sampel mortar yang telah dikeluarkan dari pipa paralon. Pada mortar tersebut dilakukan uji resistivitas menggunakan metoda probe dua elektroda dan uji kuat tekan dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan (*compression test hydrolic*). Pengujian dilakukan setelah mortar berumur 28 hari dan setelah dilakukan penghalusan pada permukaan mortar dengan menggunakan amplas.



Gambar 4.1. Sampel Mortar

4.1. Uji Resistivitas

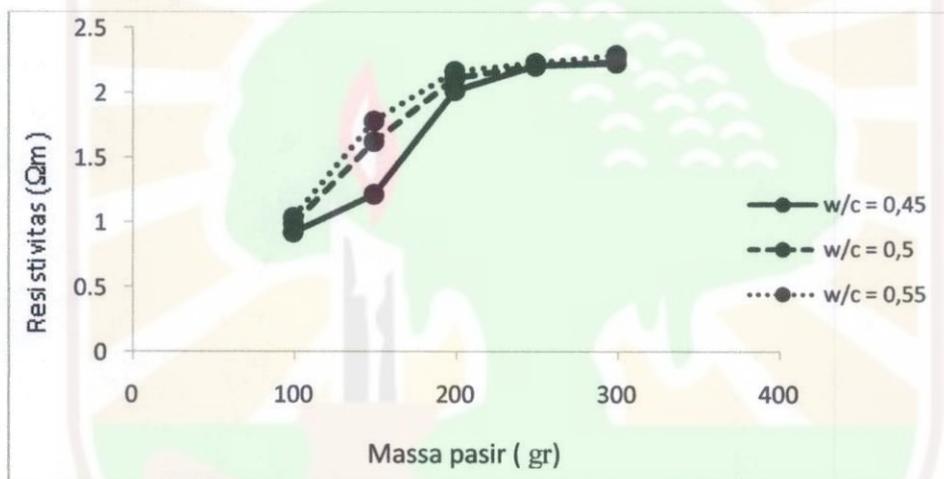
Tegangan diberikan pada sampel mortar yang dipasang pada rangkaian probe dua elektroda sehingga arus yang melewati mortar dapat dicatat. Pemberian tegangan dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan variasi tegangan sebesar 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 volt. Nilai resistivitas dapat dihitung setelah pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan Persamaan (2.2).



Gambar 4.2. Grafik hubungan resistivitas dengan variasi rasio w/c

Hubungan antara resistivitas terhadap rasio w/c pada berbagai massa pasir ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2 nilai resistivitas yang terkecil yaitu $0,928 \Omega m$ dihasilkan oleh mortar dengan rasio w/c 0,45 pada massa pasir 100 gr, sementara nilai resistivitas terbesar yaitu $2,298 \Omega m$ dihasilkan oleh mortar dengan rasio w/c 0,55 pada massa pasir 300 gr. Gambar 4.2 juga memperlihatkan bahwa kenaikan resistivitas tidak begitu besar untuk setiap kenaikan rasio w/c. Pada mortar yang bermassa pasir 100 gr, nilai resistivitas dengan w/c 0,45 yaitu $0,928$, pada w/c

0,5 yaitu 0,997, dan pada w/c 0,55 yaitu 1,047. Secara umum, kenaikan rasio w/c setiap 0,05 memperlihatkan perbedaan nilai resistivitas 0,01 Ωm sampai 0,097 Ωm , kecuali untuk mortar yang bermassa 150 gr, 0,161 Ωm . Dari seluruh data, hanya mortar bermassa 150 gr yang memperlihatkan pola yang tidak sama kemungkinan disebabkan oleh pembuatan dan penuangan sampel ke dalam pipa paralon yang tidak seragam.



Gambar 4.3. Grafik hubungan resistivitas dengan massa pasir yang bervariasi

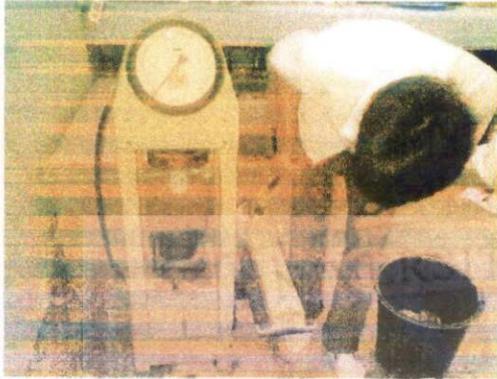
Hubungan resistivitas terhadap massa pasir pada berbagai rasio w/c ditunjukkan pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3, nilai resistivitas mortar naik dengan penambahan massa pasir. Penambahan massa pasir dengan rasio w/c yang sama memperlihatkan kecenderungan kenaikan nilai resistivitas yang semakin kecil. Pada sampel yang bermassa pasir lebih dari 200 g dengan rasio w/c berbeda, yaitu

0,45, 0,5, dan 0,55, nilai resistivitasnya cenderung menunjukkan nilai yang hampir sama dibandingkan dengan mortar dengan massa pasir yang kurang dari 200 g.

Dari kedua parameter pengujian, penambahan massa pasir dan kenaikan rasio w/c meningkatkan nilai resistivitas mortar. Nilai yang dihasilkan dari hasil pengujian resistivitas mortar berada dalam rentang 0,928-2,298 Ωm memperlihatkan nilai yang tidak berbeda dari material asalnya, yaitu pasir dengan resistivitas 1-1000 Ωm , dan semen dengan resistivitas 1-8 Ωm . Faktor rasio w/c yang tinggi dalam pembuatan mortar menyebabkan adanya kelebihan air dalam campuran mortar tersebut. Air ini berfungsi untuk mempermudah pencampuran tanah dan semen, tetapi untuk proses hidrasi hanya diperlukan air yang sangat sedikit, sehingga air yang berlebih akan menguap. Ketika air menguap dan keluar dari mortar maka akan timbul pori-pori yang saling berhubungan hingga mencapai permukaan. (Nugraha, 2007). Massa pasir yang banyak dalam mortar menyebabkan posisi pori-pori ini acak sehingga turtuositas mortar meningkat (Komine, 1997). Peningkatan turtuositas mengakibatkan kenaikan nilai resistivitas. Maka dari teori dan data yang telah diplot ke dalam grafik, peningkatan rasio w/c dan massa pasir menyebabkan kenaikan resistivitas pada sampel mortar.

4.2. Uji Kuat Tekan

Pengujian nilai kuat tekan dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan (*compression test hydrolic*), beban maksimum yang dapat diterima oleh sampel mortar dapat terukur pada alat tersebut. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.4.



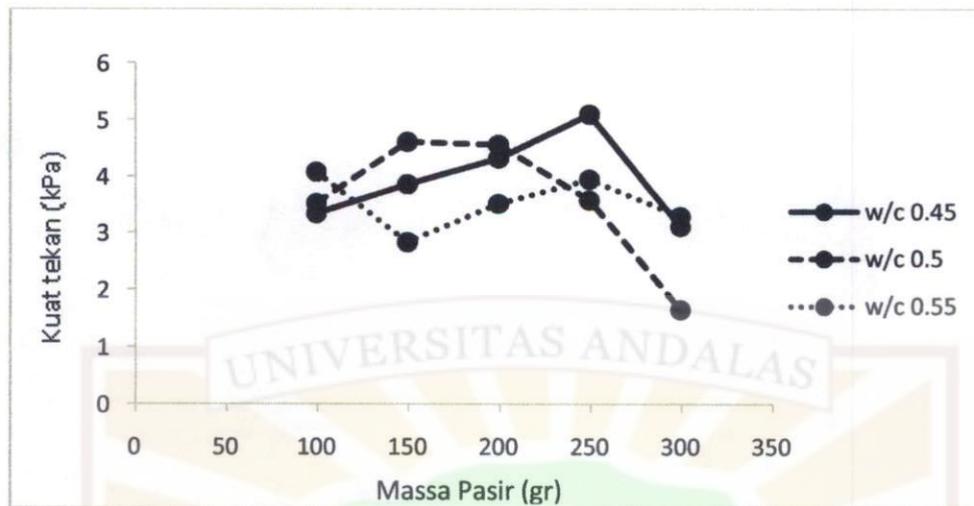
(a)



(b)

Gambar 4.4. (a) Proses pengujian kuat tekan mortar
(b) Mortar yang telah diuji nilai kuat tekannya

Hubungan antara kuat tekan terhadap variasi massa pasir pada berbagai rasio w/c diplot pada Gambar 4.5. Berdasarkan Gambar 4.5, untuk massa pasir 100 gr – 250 gr terdapat kecenderungan peningkatan kekuatan mortar. Pada sampel mortar dengan rasio w/c 0,55 dan massa pasir 100 gr, nilai kuat tekannya adalah 3,4 kPa, sementara dengan massa pasir 150 gr kuat tekannya 4,2 kPa, massa pasir 200 gr 4,58 kPa, dan pada mortar dengan massa pasir 250 gr 5,1 kPa, namun terjadi penurunan pada massa pasir 300 gr dimana nilai kuat tekannya adalah 3,11 kPa. Secara umum peningkatan nilai kuat tekan berada dalam rentang 0,38-0,8 kPa.



Gambar 4.5. Grafik hubungan antara kuat tekan dengan variasi massa pasir

Jika diamati terjadi penurunan nilai kuat tekan untuk keseluruhan sampel pada massa pasir 300 gr untuk masing-masing rasio w/c. Dapat dianalisa bahwa penurunan kekuatan mortar ini terjadi karena massa pasir lebih besar dibandingkan dengan rasio w/c sehingga air yang digunakan saat mencampurkan pasir dengan semen tidak cukup untuk memberi ikatan pada mortar.

Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu, cara pengadukan, penuangan dan pemadatan harus secepat dan seefisien mungkin untuk menghindari pembentukan rongga udara. Nilai kuat tekan sangat dipengaruhi oleh kekompakan molekul dalam bahan. Kekompakan molekul dalam bahan berhubungan dengan kekuatan ikatan bahan, rasio w/c yang berkaitan dengan pembentukan pori, kualitas air, umur mortar dan perawatan. Makin tua umur mortar, makin tinggi kekuatannya tetapi peningkatan itu tidak berlangsung secara terus-menerus, setelah mortar

meningkatkan turtuositasnya. Peningkatan turtuositas inilah yang menyebabkan kenaikan kuat tekan mortar tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat keterkaitan antara nilai resistivitas dengan kuat tekan mortar. Pada w/c 0,45 dan 0,5 semakin tinggi nilai resistivitas semakin tinggi nilai kuat tekannya, namun pada mortar yang memiliki rasio w/c yang lebih tinggi, yaitu 0,55, nilai kuat tekannya cenderung turun meskipun nilai resistivitasnya naik. Hal ini disebabkan oleh jumlah pori-pori yang terlalu banyak sehingga kekuatan bahan berkurang.

5.2. SARAN

Pengujian kuat tekan dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga diperlukan banyak data, untuk itu disarankan memperbanyak sampel. Selain itu penyempurnaan pembuatan dan perawatan sampel sebaiknya dilakukan untuk mendapatkan data hasil kuat tekan yang lebih akurat.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- ASTM C 39 – 86, *Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, ASTM Book of Standards, Part 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, 4pp.
- ASTM G 187 - 05, 2005, *Standard test method for measurement of soil resistivity using the two-electrode soil box method*, American Society for Testing and Materials
- Birkeland, Peter W., 1999, *Soil and Geomorphology*, 3rd edition, Newyork : Oxford University.
- Brown, R.B., 2003, *Soil Texture Fact Sheet SL-29*, University of Florida, Institute of Food and Agliculture Sciences.
- Fiantis, Dian, 2007, *Morfologi dan Klasifikasi Tanah*, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Hamid, Agus, Djuanda Suraatmadja, Abinhot sihotang, 2007, *Pengaruh modulus Kehalusan Pasir Pada Beton dengan Mixed Metoda Aci*. Jurnal Teknik sipil volum 5 no 1 ISSN 1963-4652.
- Imran, Iswandi, 2007, *SI-2101 Pengenalan Rekayasa & Bahan Konstruksi*, Departemen Teknik Sipil, ITB.
- Jury, William A. dan Robert Horton, 2004, *Soil Physics*, 6th edition, Jhon Wiley & Sons, Kanada.
- Klein, J.D., dkk, 1993, *Cement Resistivity and Implications for Measurement of Formation Resistivity Through Casing*, Houston, Texas
- Komine H, 1997, *Evaluation of chemical grouted soil by electrical resistivity*. Ground Improvement I: 101-113.

Liu, Song yu., dkk, 2008, *Experimental Study on the Electrical Resistivity of Soil-Cement Admixture*, Environ Geol 54 : 1227-1233.

Nugraha, Paul dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton kinerja Tinggi*, Penerbit andi, Surabaya.

Samouelian A., dkk, 2005, *Electrical Resistivity Survey in Soil Sciences :Review*, Soil & Tillage Research 83 : 173-193.

Setyawan Lilik H., 2004, *Kamus Fisika Bergambar*, Pakan Raya, Bandung.

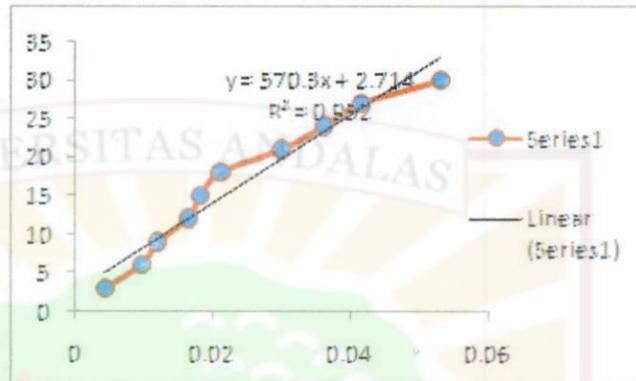
Telford, WM., 1990, *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University.



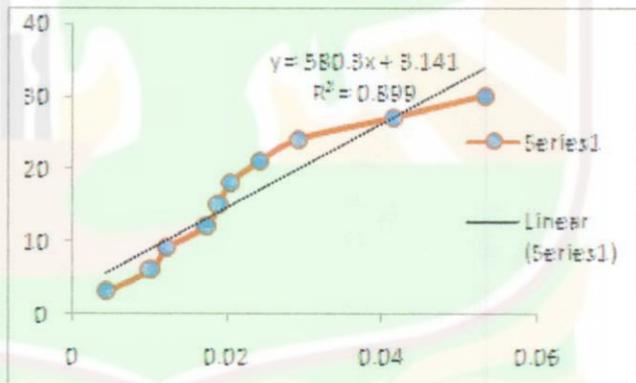
Lampiran 1

Nilai Resistansi Mortar

A1	
I(A)	V(volt)
0.0043	3
0.0096	6
0.0119	9
0.0163	12
0.0181	15
0.021	18
0.0299	21
0.0361	24
0.0415	27
0.053	30

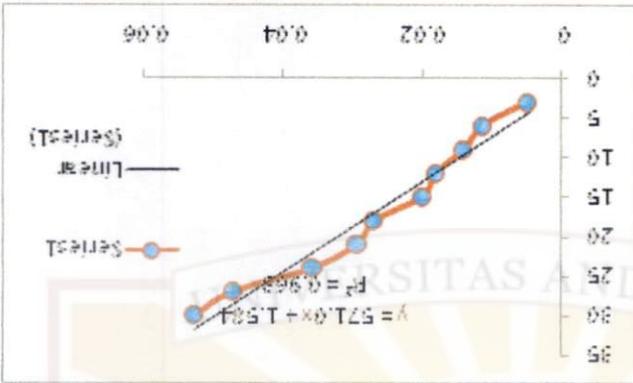


A2	
I(A)	V(volt)
0.0043	3
0.0099	6
0.0121	9
0.0172	12
0.0187	15
0.0203	18
0.0241	21
0.0291	24
0.0414	27
0.0531	30

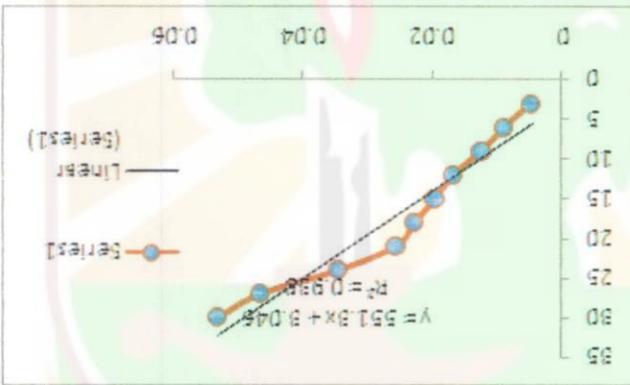


UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

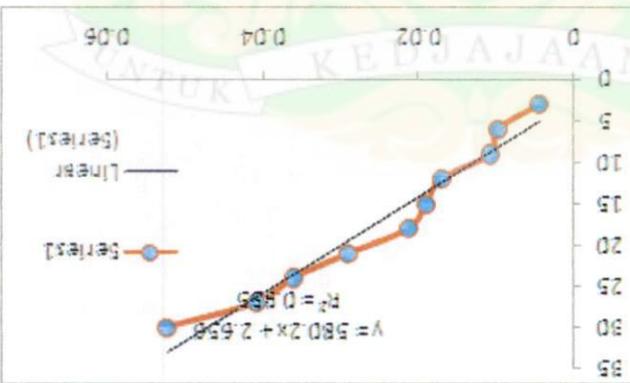
I(A)	V(volt)
0.0049	3
0.0113	6
0.0141	9
0.0181	12
0.0201	15
0.027	18
0.0295	21
0.0359	24
0.0474	27
0.0529	30



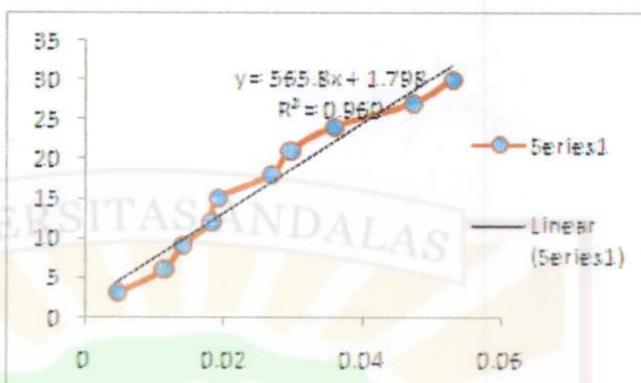
I(A)	V(volt)
0.0046	3
0.0087	6
0.0123	9
0.0166	12
0.0195	15
0.0226	18
0.0256	21
0.0344	24
0.0465	27
0.0532	30



I	V
0.0043	3
0.0095	6
0.0105	9
0.0168	12
0.0188	15
0.0211	18
0.0288	21
0.0359	24
0.0407	27
0.0522	30



B3	
I(A)	V(volt)
0.0046	3
0.0113	6
0.014	9
0.0181	12
0.0191	15
0.0269	18
0.0295	21
0.0359	24
0.0474	27
0.053	30



Lampiran 2

2.1. Nilai Resistivitas Mortar

Sampel	R(ohm)	L (m)	A (m ²)	L/A (m)	ρ (ohmm)	rata2 ρ (ohmm)
A1	570.3	0.0994	25.082	0.004	2.259	2.298
A2	580.3	0.099	24.605	0.004	2.335	
A3	580.2	0.0975	24.587	0.004	2.301	
B1	551.3	0.0985	24.719	0.004	2.197	2.246
B2	571	0.0995	25.091	0.004	2.264	
B3	565.8	0.0985	24.456	0.004	2.278	
C1	556.1	0.1001	24.394	0.004	2.281	2.236
C2	571.3	0.0987	24.517	0.004	2.299	
C3	530.9	0.0987	24.622	0.004	2.129	
D1	562.1	0.0974	24.790	0.004	2.209	2.238
D2	560.2	0.0967	24.649	0.004	2.305	
D3	560.4	0.0965	24.570	0.004	2.201	
E1	540.4	0.0977	23.509	0.004	2.241	2.216
E2	545.5	0.0976	23.492	0.004	2.266	
E3	540.3	0.0988	23.552	0.004	2.142	
F1	553.7	0.0988	24.499	0.004	2.232	2.213
F2	553	0.0979	24.922	0.004	2.219	
F3	544.4	0.0986	24.543	0.004	2.187	
G1	532.5	0.0978	24.385	0.004	2.103	2.174
G2	552.6	0.0973	24.482	0.004	2.197	
G3	541.8	0.0971	24.772	0.004	2.221	
H1	513.3	0.0994	23.630	0.004	2.159	2.120
H2	527	0.0977	23.673	0.004	2.114	
H3	503.8	0.0979	23.613	0.004	2.088	
I1	511.3	0.098	24.368	0.004	2.019	2.023
I2	500.9	0.0994	24.447	0.004	2.036	
I3	503.1	0.0985	24.813	0.004	2.014	
J1	446.3	0.0988	24.363	0.004	1.811	1.791

J2	378	0.0994	24.607	0.004	1.527	
J3	496.2	0.0999	24.684	0.004	2.035	
K1	406.6	0.0986	24.294	0.004	1.651	1.630
K2	395.1	0.0973	24.350	0.004	1.578	
K3	408.8	0.0988	24.314	0.004	1.661	
L1	302.5	0.0985	24.350	0.004	1.211	1.223
L2	302	0.0977	24.281	0.004	1.215	
L3	304.3	0.099	24.596	0.004	1.245	
M1	261.8	0.0985	24.807	0.004	1.039	1.047
M2	256.7	0.0967	24.202	0.004	1.026	
M3	265.2	0.0994	25.064	0.004	1.075	
N1	260.1	0.0976	24.976	0.004	1.016	0.997
N2	248.6	0.0986	24.526	0.004	0.980	
N3	248.6	0.0985	24.640	0.004	0.994	
O1	248.2	0.0982	25.011	0.004	0.931	0.928
O2	246.8	0.0987	25.074	0.004	0.971	
O3	236.5	0.0977	26.177	0.004	0.882	



2.2. Data grafik hubungan resistivitas dengan variasi rasio w/c

Rasio w/c	Resistivitas (Ωm)
0.45	2.236
0.5	2.246
0.55	2.298
0.45	2.213
0.5	2.216
0.55	2.238
0.45	2.023
0.5	2.12
0.55	2.174
0.45	1.223
0.5	1.63
0.55	1.791
0.45	0.928
0.5	0.997
0.55	1.047

2.3. Data grafik hubungan resistivitas dengan variasi massa pasir

Massa pasir (gr)	Resistivitas (Ωm)
100	0.928
150	1.223
200	2.023
250	2.213
300	2.236
100	0.997
150	1.63
200	2.12
250	2.216
300	2.246
100	1.047
150	1.791
200	2.174
250	2.238
300	2.298

Lampiran 3

3.1. Nilai Kuat Tekan mortar sebelum dihilangkan beber apa data

Sampel	A (m ²)	P(kN)	fc' (kPa)	rata2 fc'(kPa)	rata2 $\rho(\Omega m)$
A1	25.082	80	3.1895	3.3127	2.298
A2	24.605	101	4.1049		
A3	24.587	65	2.6436		
B1	24.719	30	1.2136	1.6727	2.246
B2	25.091	38	1.5145		
B3	24.456	56	2.2899		
C1	24.394	75	3.0745	3.1272	2.236
C2	24.517	69	2.8144		
C3	24.622	86	3.4928		
D1	24.790	85	3.4288	3.9749	2.238
D2	24.649	81	3.2862		
D3	24.570	128	5.2097		
E1	23.509	100	4.2536	3.6001	2.216
E2	23.492	75	3.1926		
E3	23.552	79	3.3542		
F1	24.499	105	4.2858	5.1200	2.213
F2	24.922	145	5.8181		
F3	24.543	129	5.2560		
G1	24.385	102	4.1828	3.5355	2.174
G2	24.482	95	3.8804		
G3	24.772	63	2.5432		
H1	23.630	109	4.6128	4.5824	2.120
H2	23.673	123	5.1958		
H3	23.613	93	3.9386		
I1	24.368	105	4.3089	4.3427	2.023
I2	24.447	90	3.6815		
I3	24.813	125	5.0377		

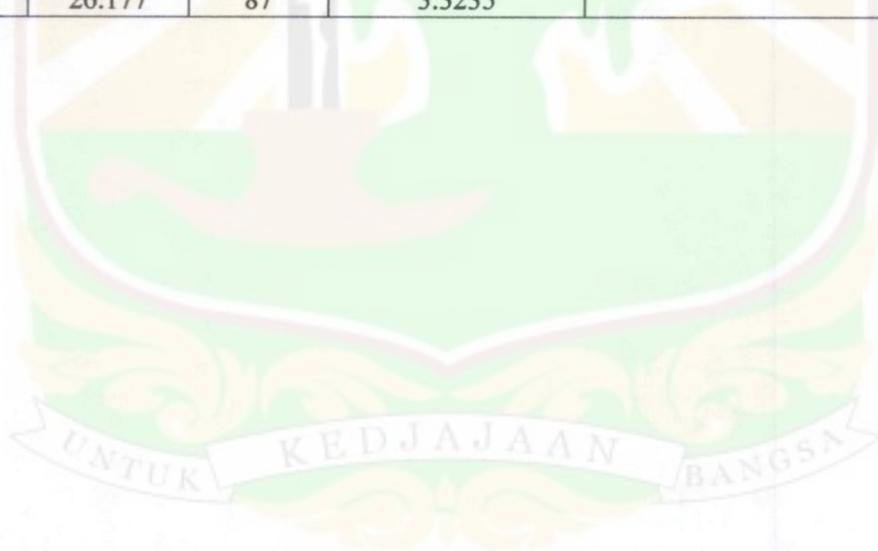
J1	24.363	80	3.2837	2.8529	1.791
J2	24.607	67	2.7228		
J3	24.684	63	2.5523		
K1	24.294	105	4.3220	4.6329	1.630
K2	24.350	100	4.1067		
K3	24.314	133	5.4702		
L1	24.350	90	3.6960	3.8814	1.223
L2	24.281	115	4.7361		
L3	24.596	79	3.2119		
M1	24.807	110	4.4341	4.1055	1.047
M2	24.202	100	4.1319		
M3	25.064	94	3.7504		
N1	24.976	95	3.8037	3.5452	0.997
N2	24.526	73	2.9765		
N3	24.640	95	3.8555		
O1	25.011	87	3.4785	3.3575	0.928
O2	25.074	82	3.2704		
O3	26.177	87	3.3235		



3.2. Nilai Kuat Tekan mortar setelah dihilangkan beberapa data

Sampel	A (m ²)	P(kN)	fc' (kPa)	rata2 fc'(kPa)
A1	25.082	80	3.1895	3.3127
A2	24.605	101	4.1049	
A3	24.587	65	2.6436	
B1	24.719	30	1.2136	1.6727
B2	25.091	38	1.5145	
B3	24.456	56	2.2899	
C1	24.394	75	3.0745	3.1272
C2	24.517	69	2.8144	
C3	24.622	86	3.4928	
D1	24.790	85	3.4288	3.9749
D2	24.649	81	3.2862	
D3	24.570	128	5.2097	
E1	23.509	100	4.2536	3.6001
E2	23.492	75	3.1926	
E3	23.552	79	3.3542	
F1	24.499	105	4.2858	5.1200
F2	24.922	145	5.8181	
F3	24.543	129	5.2560	
G1	24.385	102	4.1828	3.5355
G2	24.482	95	3.8804	
G3	24.772	63	2.5432	
H1	23.630	109	4.6128	4.5824
H2	23.673	123	5.1958	
H3	23.613	93	3.9386	
I1	24.368	105	4.3089	4.6733
I2	24.447	90		
I3	24.813	125	5.0377	
J1	24.363	80	3.2837	2.8529
J2	24.607	67	2.7228	

J3	24.684	63	2.5523	
K1	24.294	105	4.3220	4.2143
K2	24.350	100	4.1067	
K3	24.314	133		
L1	24.350	90	3.6960	4.2161
L2	24.281	115	4.7361	
L3	24.596	79		
M1	24.807	110	4.4341	4.1055
M2	24.202	100	4.1319	
M3	25.064	94	3.7504	
N1	24.976	95	3.8037	3.8296
N2	24.526	73		
N3	24.640	95	3.8555	
O1	25.011	87	3.4785	3.4010
O2	25.074	82		
O3	26.177	87	3.3235	



3.2. Data grafik hubungan antara kuat tekan dengan variasi massa pasir

Massa pasir (gr)	Kuat tekan (kPa)
100	3.40101
150	4.2161
200	4.6733
250	5.1200
300	3.1272
100	3.8296
150	4.2143
200	4.5824
250	3.6001
300	1.6727
100	4.1055
150	2.8529
200	3.5355
250	3.9749
300	3.3127

Lampiran 4**Data Grafik hubungan nilai resistivitas dengan nilai kuat tekan**

Resistivitas (Ωm)	Kuat tekan (kPa)
2.281	3.0745
2.299	2.8144
2.129	3.4928
2.232	4.2858
2.219	5.8181
2.187	5.2560
2.019	4.3089
2.014	5.0377
1.211	3.6960
1.215	4.7361
0.931	3.4785
0.882	3.3235
2.197	1.2136
2.264	1.5145
2.278	2.2899
2.241	4.2536
2.266	3.1926
2.142	3.3542
2.159	4.6128
2.114	5.1958
2.088	3.9386
1.651	4.3220
1.578	4.1067
1.016	3.8037
0.994	3.8555
2.259	3.1895
2.335	4.1049
2.301	2.6436
2.209	3.4288
2.305	3.2862
2.201	5.2097
2.103	4.1828
2.197	3.8804
2.221	2.5432
1.811	3.2837

1.527	2.7228
2.035	2.5523
1.039	4.4341
1.026	4.1319
1.075	3.7504

