



**KONDISI TINGGI MUKA AIR TANAH DIBERBAGAI  
KEMIRINGAN LAHAN  
(UJI MODEL FISIK)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Muliawan Siswa Ditama  
NIM 121910301143**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**KONDISI TINGGI MUKA AIR TANAH DIBERBAGAI  
KEMIRINGAN LAHAN  
(UJI MODEL FISIK)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muliawan Siswa Ditama  
NIM 121910301143**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orangtuaku yang tercinta, Bapak Zento dan Ibu Suwartik yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanannya selama ini,
2. Kakak dan adikku, Adi Siswandana dan Trisnanda Agung Siswadma terimakasih atas semangat dan do'anya,
3. Tiga sahabat terbaikku, Riyan Heru Santoso, Novyanto Eko Pambudi Dan Airlangga Mahardika Kertanegara yang selalu membantuku ketika aku membutuhkan bantuan terima kasih kawan, kalian tidak akan aku lupakan,
4. Teman-temanku, Diana Sekartika Shinta W, Yuntari Daniyati, Aldila Ersaputri, Rifka Wahyuni, Indah Ita Utami, Eza Gusti Anugerah, dan Yudhistiro Catur Utomo terimakasih atas segala do'a dan dukungannya,
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman.”*  
(QS. Ali ‘Imran ayat 139).

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*  
(QS. Al-Inshirah ayat 6)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muliawan Siswa Ditama

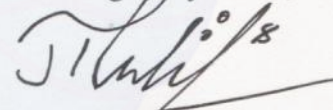
NIM : 121910301143

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan (Uji Model Fisik)*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2015

Yang menyatakan,



Muliawan Siswa Ditama

NIM 121910301143

**SKRIPSI**

**KONDISI TINGGI MUKA AIR TANAH DIBERBAGAI  
KEMIRINGAN LAHAN  
(UJI MODEL FISIK)**

Oleh

Muliawan Siswa Ditama

NIM 121910301143

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : M. Farid Ma'ruf., ST., MT., Ph.D.



**PENGESAHAN**

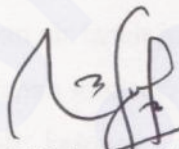
Skripsi berjudul "*Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan (Uji Model Fisik)*" telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Rabu, 17 Juni 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

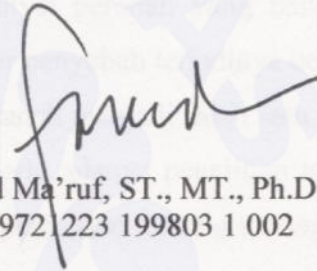
**Tim Penguji**

Dosen Pembimbing Utama



Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.  
NIP 19711209 199803 2 001

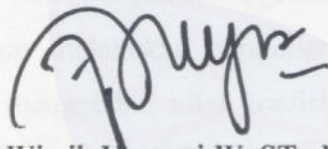
Dosen Pembimbing Anggota



M. Farid Ma'ruf, ST., MT., Ph.D.  
NIP 19721223 199803 1 002

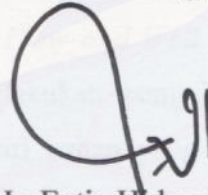
**Mengetahui**

Dosen Penguji I



Wiwik Yunarni W, ST., MT.  
NIP 19700613 199802 2 001

Dosen Penguji II



Dr. Ir. Entin Hidayah, M., UM.  
NIP 19661215 199503 2 001

Mengesahkan  
Dekan,



Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan (Uji Model Fisik);** Muliawan Siswa Ditama, 121910301143; 2015: 50 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah (UU No. 7 2004 tentang Sumber Daya Air). Air tanah mempunyai peranan yang sangat penting terutama dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air bagi makhluk hidup. Selain mempunyai peranan yang baik bagi kehidupan air tanah juga dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bencana seperti tanah longsor. Meningkatnya elevasi muka air tanah menjadi salah satu faktor penyebab kelongsoran pada lereng. Oleh sebab itu perlu adanya penelitian tentang kondisi tinggi muka air tanah untuk membantu dalam penelitian tentang kelongsoran lereng.

Untuk mengetahui kondisi tinggi muka air tanah pada lereng perlu dilakukan uji model fisik dengan menggunakan *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*. Sebelum melakukan pengujian tersebut perlu dilakukan pengujian permeabilitas untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas dari bahan yang digunakan dalam pengujian tersebut. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah pasir kuarsa berukuran antara 0,6-2 mm. Setelah diketahui nilai koefisien permeabilitas, maka dapat dihitung berat pasir yang akan digunakan dalam pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan lahan, maka semakin tinggi muka airnya. Hasil dari pembacaan tinggi muka air pada manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan. Tingkat kesesuaian korelasi antara  $h$  pembacaan manometer dan  $h$  hasil perhitungan sangat kuat, karena korelasinya antara 0,80 – 1.



## SUMMARY

**Groundwater Level Condition in Various Slope (Physical Model Test);** Muliawan Siswa Ditama, 121910301143; 2015: 50 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Ground water is the water contained in the soil or rock layers below the soil surface (Law No. 7 of 2004 on Water Resources). Ground water has a very important role, especially in maintaining the balance and availability of raw water for living things. Besides having a good role for the life of the ground water can also be one of the causes of disasters such as landslides. Increased ground water level to be one of the factors causing the landslide on the slopes. Therefore there is need for research on the condition of groundwater levels to assist in research on landslide slopes.

To determine the condition of the ground water level on the slopes necessary to physical models test using Ground Water Flow and Well Abstraction Unit. Before performing that test must be done to the permeability testing to get permeability coefficient of the materials used to the next test. Materials used in this test is quartz sand measuring between 0,6 to 2 mm. Once known permeability coefficient value, it can be calculated by weight of sand to be used in testing the condition of groundwater levels in different slope.

The results showed that the greater the angle of slope, the higher the water surface. Results of water level readings at the same manometer with the calculated subsidence due to groundwater pumping. Level of compatibility correlation between h manometer and h calculation the results are very strong, because the correlation between 0,80 to 1.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan (Uji Model Fisik)*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. M. Farid Ma'ruf, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing II;
4. Wiwik Yunarni W, ST., MT selaku Dosen Penguji I;
5. Dr. Ir. Entin Hidayah, M., UM selaku Dosen Penguji II;
6. Dr. Ir. Entin Hidayah, M., UM selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingannya kepada penulis;
7. Dr. Ir. Entin Hidayah, M., UM selaku ketua jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
8. Kedua orang tuaku, saudara-saudaraku dan seluruh keluarga besarku yang tak lepas dari doa, kasih sayang dan dorongan dalam meraih asa dan harapan;
9. Dosen, Teknisi Laboratorium dan Staff Administrasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala bantuannya;
10. Dan semua pihak yang telah banyak membantu selama penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 17 Juni 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMARRY</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat</b> .....	<b>2</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Permeabilitas</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Hukum Darcy</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Muka Air Tanah</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 Akuifer Bebas</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 Aliran Tunak Radial (Radial Steady Flow) Pada Akuifer Bebas</b> .....	<b>8</b>

<b>2.6</b>	<b>Persamaan Kontinuitas Akuifer Bebas Tanpa Hujan/Pengisian</b> .....	9
<b>2.7</b>	<b>Koefisien Korelasi Pearson</b> .....	11
<b>2.8</b>	<b>Korelasi Determinasi</b> .....	12
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Metode kepustakaan</b> .....	13
<b>3.2</b>	<b>Tempat Penelitian</b> .....	13
<b>3.3</b>	<b>Persiapan Alat dan Bahan</b> .....	13
3.3.1	Alat Untuk Pengujian Permeabilitas.....	13
3.3.2	Alat Untuk Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan .....	14
3.3.3	Bahan Untuk Pengujian Permeabilitas .....	17
3.3.4	Bahan Untuk Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan .....	17
<b>3.4</b>	<b>Langkah Kerja</b> .....	18
3.4.1	Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas.....	18
3.4.2	Langkah Kerja Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan .....	18
<b>3.5</b>	<b>Tahap Penelitian</b> .....	22
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Koefisien permeabilitas</b> .....	23
<b>4.2</b>	<b>Berat Isi Pasir</b> .....	23
<b>4.3</b>	<b>Berat Pasir kering</b> .....	25
<b>4.4</b>	<b>Pembacaan Manometer</b> .....	26
4.4.1	Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 2° .....	26
4.4.2	Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 4° .....	28
4.4.3	Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 6° .....	30
4.4.4	Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 8° .....	31

4.4.5 Rata-rata Pembacaan Manometer Pada Kemiringan $2^\circ$ , $4^\circ$ , $6^\circ$ , $8^\circ$ .....	33
<b>4.5 Analisa Teori Penurunan Muka Air Tanah Di Saluran Outlet .....</b>	<b>35</b>
<b>4.6 Perhitungan Tinggi Muka Air Tanah.....</b>	<b>36</b>
<b>4.7 Perbandingan Tinggi Muka Air Tanah.....</b>	<b>38</b>
<b>4.8 Analisa Perbandingan Tinggi Muka Air Tanah .....</b>	<b>43</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN PENUTUP.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvii</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 3.1	Variasi kemiringan dan perhitungan tinggi pasir ..... 19
Tabel 4.1	Koefisien permeabilitas dari pengujian permeabilitas ..... 23
Tabel 4.2	Berat isi pasir ..... 24
Tabel 4.3	Volume pasir kuarsa dalam tangki ..... 25
Tabel 4.4	Berat pasir kuarsa kering ..... 26
Tabel 4.5	Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2° ..... 26
Tabel 4.6	Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2° . 27
Tabel 4.7	Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 4° ..... 28
Tabel 4.8	Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 4° . 28
Tabel 4.9	Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 6° ..... 30
Tabel 4.10	Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 6° . 30
Tabel 4.11	Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 8° ..... 31
Tabel 4.12	Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 8° . 32
Tabel 4.13	Rata-rata pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2°, 4°, 6°, 8° ..... 33
Tabel 4.14	Rata-rata pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2°, 4°, 6°, 8° ..... 33
Tabel 4.15	Debit ( $Q_0$ ) ..... 35
Tabel 4.16	Penurunan muka air di titik pusat saluran outlet (S) ..... 36
Tabel 4.17	Penentuan persamaan tinggi muka air manometer 1-3..... 37
Tabel 4.18	Penentuan persamaan tinggi muka air manometer 10-19..... 37
Tabel 4.19	Perhitungan tinggi muka air manometer 1-3 ..... 38

Tabel 4.20	Perhitungan tinggi muka air manometer 10-19.....	38
Tabel 4.21	Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 2°.....	39
Tabel 4.22	Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 4°.....	40
Tabel 4.23	Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 6°.....	41
Tabel 4.24	Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 8°.....	42
Tabel 4.25	Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode determinasi variasi kemiringan 2°.....	43
Tabel 4.26	Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode determinasi variasi kemiringan 4°.....	44
Tabel 4.27	Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode determinasi variasi kemiringan 6°.....	45
Tabel 4.28	Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode determinasi variasi kemiringan 8°.....	47

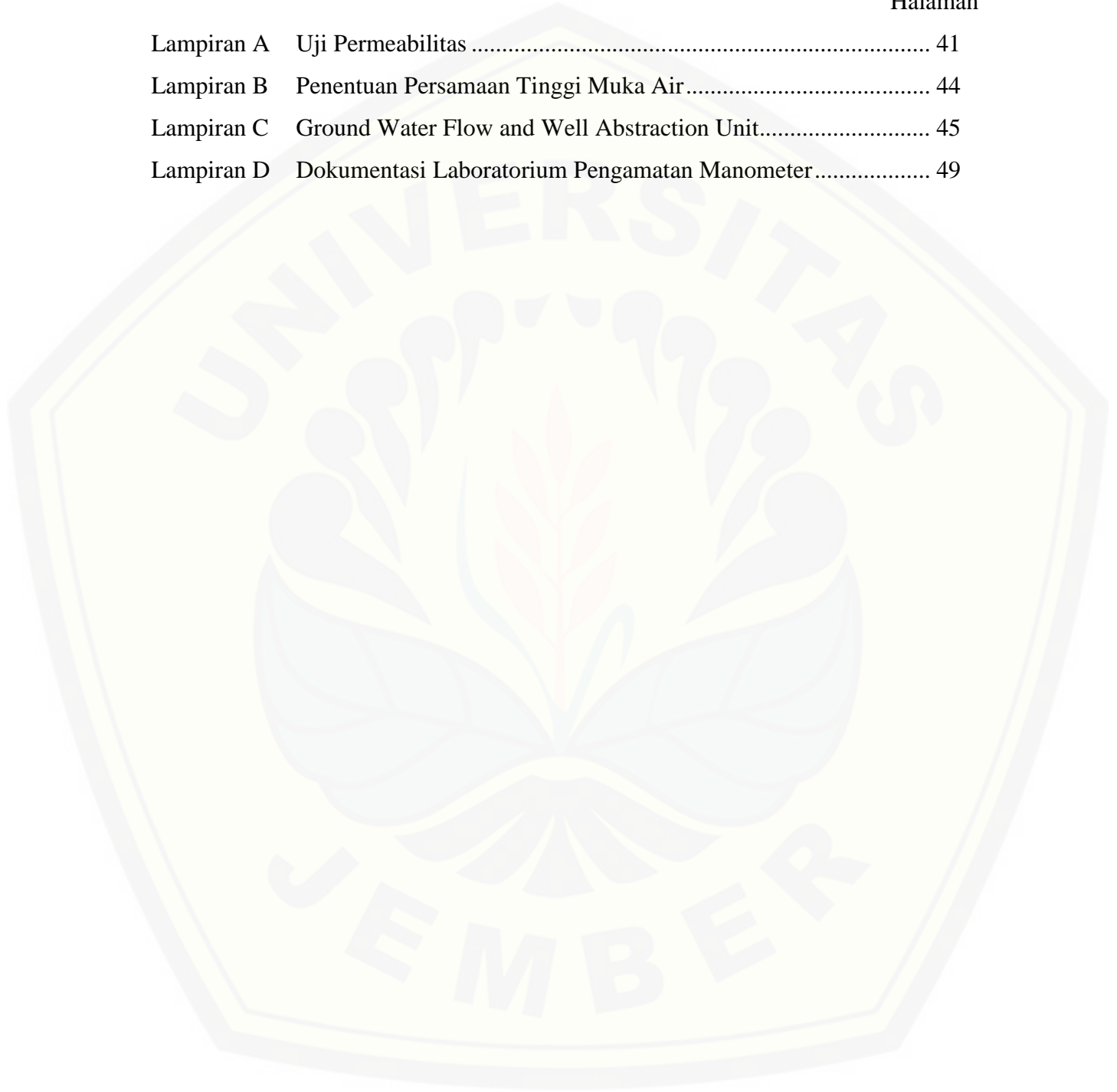
**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Hukum Darcy .....	6
Gambar 2.2 <i>Drowdown</i> pada aliran tunak radial akuifer bebas .....	8
Gambar 2.3 Kontinuitas akuifer bebas .....	9
Gambar 3.1 <i>Groundwater Flow and Well Abstraction Unit</i> .....	14
Gambar 3.2 <i>Diagram Groundwater Flow and Well Abstraction Unit</i> .....	15
Gambar 3.3 <i>Lay out</i> manometer .....	20
Gambar 3.4 Tampak atas <i>Ground Water Flow and Well Abstraction unit</i> .....	20
Gambar 3.5 Aliran air tanah pada lahan miring .....	21
Gambar 3.6 Diagram alir proses penelitian.....	22
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara koefisien permeabilitas dan berat isi pasir .....	24
Gambar 4.2 Bentuk pengaturan pasir kuarsa didalam tangki.....	25
Gambar 4.3 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2° .....	27
Gambar 4.4 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2° .....	27
Gambar 4.5 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 4° .....	29
Gambar 4.6 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 4° .....	29
Gambar 4.7 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 6° .....	30
Gambar 4.8 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 6° .....	31
Gambar 4.9 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 8° .....	32

Gambar 4.10	Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan $8^{\circ}$ .....	32
Gambar 4.11	Grafik rata-rata pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan $2^{\circ}$ , $4^{\circ}$ , $6^{\circ}$ , $8^{\circ}$ .....	34
Gambar 4.12	Grafik rata-rata pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan $2^{\circ}$ , $4^{\circ}$ , $6^{\circ}$ , $8^{\circ}$ .....	34
Gambar 4.13	Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan $2^{\circ}$	39
Gambar 4.14	Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan $4^{\circ}$	40
Gambar 4.15	Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan $6^{\circ}$	41
Gambar 4.16	Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan $8^{\circ}$	42
Gambar 4.17	Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan $2^{\circ}$ .....	44
Gambar 4.18	Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan $4^{\circ}$ .....	45
Gambar 4.19	Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan $6^{\circ}$ .....	46
Gambar 4.20	Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan $8^{\circ}$ .....	47

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A Uji Permeabilitas .....	41
Lampiran B Penentuan Persamaan Tinggi Muka Air.....	44
Lampiran C Ground Water Flow and Well Abstraction Unit.....	45
Lampiran D Dokumentasi Laboratorium Pengamatan Manometer.....	49





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah (UU No. 7 2004 tentang Sumber Daya Air). Air tanah merupakan salah satu sumber daya air selain air sungai dan air hujan. Kedalaman air tanah tidak sama pada setiap tempat tergantung pada tebal-tipisnya lapisan permukaan tanah di atasnya dan kedudukan air tanah tersebut. Volume air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada jenis lapisan batuanannya. Air tanah mempunyai peranan yang sangat penting terutama dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air bagi makhluk hidup. Selain mempunyai peranan yang baik bagi kehidupan air tanah juga dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bencana alam seperti tanah longsor.

Pengaruh curah hujan intens dan lama akan meningkatkan berat jenis tanah, menurunkan kohesi dan sudut geser, meningkatkan elevasi muka air tanah, dan akibatnya menurunkan angka faktor keamanan lereng (Permana, 2012). Meningkatnya elevasi muka air tanah menjadi salah satu faktor penyebab kelongsoran pada lereng. Oleh sebab itu perlu adanya penelitian tentang kondisi tinggi muka air tanah untuk membantu dalam penelitian tentang kelongsoran lereng.

Pada penelitian sebelumnya membahas mengenai kondisi tinggi muka air tanah disekitar sumur yang dipompa pada *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* (Rosyadi, 2013). Penelitian tersebut menghasilkan ketinggian air pada sumur yang pasirnya dipadatkan lebih rendah dari pada ketinggian air pada sumur yang pasirnya diratakan. Ketinggian air pada akuifer sumur tunggal lebih tinggi dibandingkan dengan sumur ganda. Dan pada penelitian yang lain membahas mengenai pengaruh intensitas curah hujan dan lamanya waktu hujan terhadap kelongsoran tanah ditinjau dari sisi geoteknik (Permana, 2012). Penelitian tersebut membahas tentang delapan kasus kelongsoran tertentu akibat hujan di Jawa selama satu dekade terakhir

dimodelkan menggunakan analisis balik SLOPE/W. Data yang digunakan adalah data curah hujan pada saat lereng longsor dan data lereng, yang meliputi : tinggi lereng, panjang lereng, kemiringan lereng, berat jenis, kohesi, sudut geser untuk setiap lapisan tanah, dan elevasi muka air tanah. Pada penelitaian tersebut elevasi muka air tanah diasumsikan hampir mengikuti kemiringan lereng. Sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan (uji model fisik) dengan menggunakan *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* yang nantinya dapat mengetahui kondisi tinggi muka air tanah pada lahan miring. Dengan demikian hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* dan kelongsoran tanah pada lereng. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidroteknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan dan bagaimanakah hasil penelitian laboratorium tersebut jika dibandingkan dengan teoritis.

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan dan perbandingan antara hasil pengamatan di laboratorium dan teoritis.

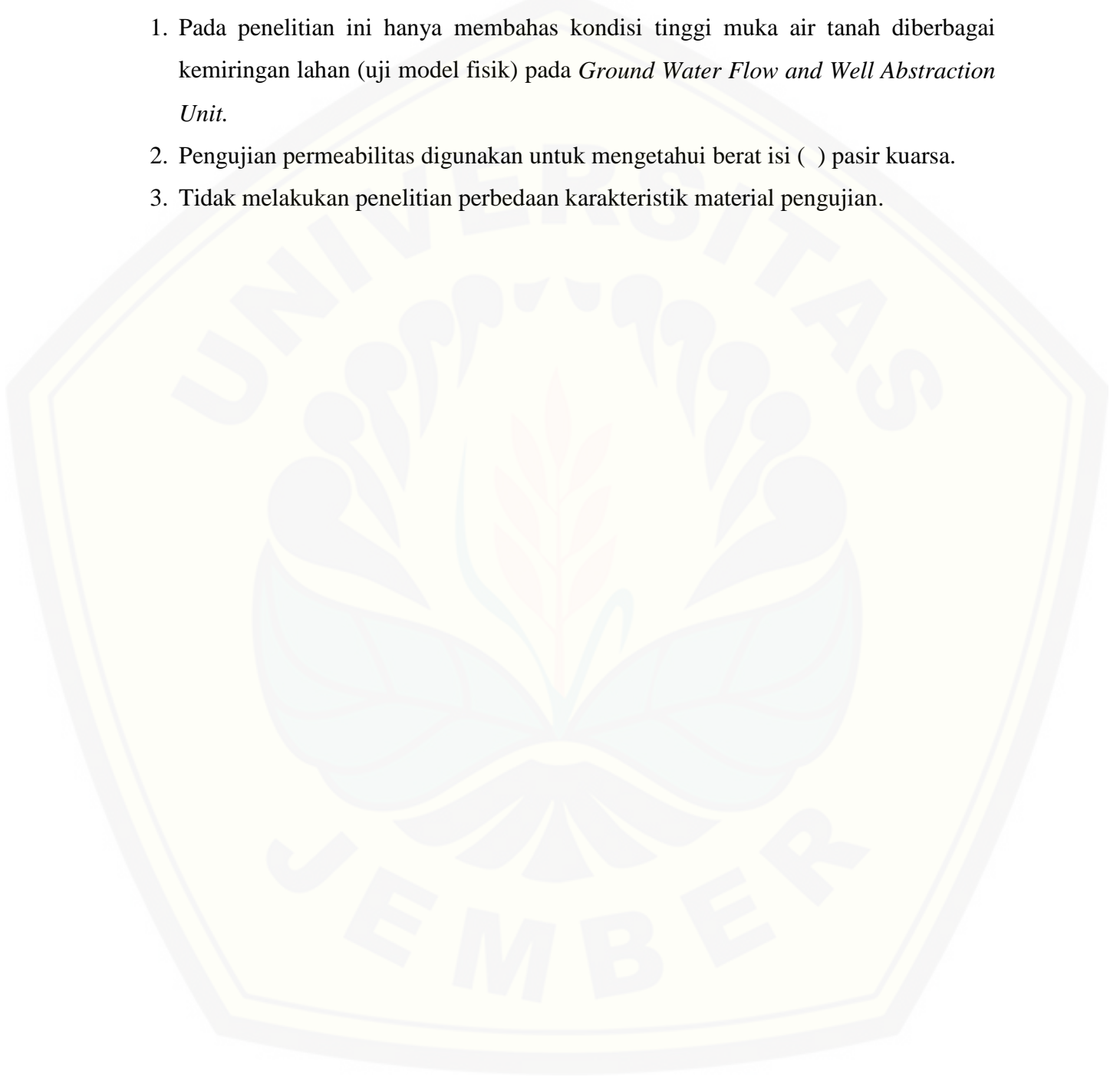
## **1.4 Manfaat**

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat yaitu sebagai referensi tertulis dan bahan pertimbangan untuk penelitian tahap selanjutnya tentang *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* dan kelongsoran tanah pada lereng.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Pada penelitian ini hanya membahas kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan (uji model fisik) pada *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*.
2. Pengujian permeabilitas digunakan untuk mengetahui berat isi ( ) pasir kuarsa.
3. Tidak melakukan penelitian perbedaan karakteristik material pengujian.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Permeabilitas

Permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal (Jamulya dan Suratman Woro Suprodjo, 1983). Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga  $k$  yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Kalau tanahnya berlapis-lapis permeabilitas untuk aliran sejajar lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus. Lapisan permeabilitas lempung yang bercelah lebih besar dari pada lempung yang tidak bercelah (*unfissured*).

Hukum Darcy menjelaskan tentang kemampuan air mengalir pada rongga-rongga (pori) dalam tanah dan sifat-sifat yang memengaruhinya. Ada dua asumsi utama yang digunakan dalam penetapan hukum Darcy ini. Asumsi pertama menyatakan bahwa aliran fluida/cairan dalam tanah bersifat laminar. Sedangkan asumsi kedua menyatakan bahwa tanah berada dalam keadaan jenuh.

Ada dua metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian permeabilitas, yaitu : metode *Constant Head Permeameter* dan *Variable/Falling Head Permeameter*. Berikut adalah penjelasan tentang masing-masing metode :

#### 1) *Constant Head Permeameter*

Uji ini digunakan untuk tanah yang memiliki butiran kasar dan memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi.

*Rumus :*

$$Q = k.A.i$$

$$\frac{V}{t} = k \cdot A \cdot i$$

$$k = \frac{V \cdot L}{h \cdot A \cdot t}$$

Dimana :

- V = Volume air (cm<sup>3</sup>)  
 k = Koefisien permeabilitas (cm/detik)  
 A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)  
 i = Koefisien hidrolik = h/L  
 t = Waktu (detik)

## 2) Variable/Falling Head Permeameter

Uji ini digunakan untuk tanah yang memiliki butiran halus dan memiliki koefisien permeabilitas yang rendah.

*Rumus :*

$$k = 2,303 \cdot \frac{a \cdot L}{A \cdot L} \cdot \log \frac{h_1}{h_2}$$

Dimana :

- K = Koefisien permeabilitas (cm/detik)  
 a = Luas penampang pipa (cm<sup>2</sup>)  
 L = Panjang/tinggi sampel (cm)  
 A = Luas penampang sampel (cm<sup>2</sup>)  
 h<sub>1</sub> = Tinggi head mula-mula (cm)  
 h<sub>2</sub> = Tinggi head akhir (cm)

*Sumber : Koefisien Permeabilitas (k) Pada Tanah Kohesif.*

## 2.2 Hukum Darcy

Prinsip yang mengatur bagaimana cairan bergerak di bawah permukaan disebut hukum *Darcy*. Hukum *Darcy* adalah persamaan yang mendefinisikan



kemampuan suatu fluida mengalir melalui media berpori seperti batu. Hal ini bergantung pada kenyataan bahwa jumlah aliran antara dua titik secara langsung berkaitan dengan perbedaan tekanan antara titik-titik, jarak antara titik-titik, dan interkoneksi jalur aliran dalam batuan antara titik-titik. Pengukuran interkoneksi jalur aliran disebut permeabilitas. Dengan kata lain, hukum *Darcy* adalah hubungan proporsional sederhana antara tingkat debit sesaat melalui media berpori dan penurunan tekanan lebih dari jarak tertentu. (*Darcy law – Ground water protection*). Hukum *Darcy* biasanya ditulis sebagai berikut :

$$Q = K \cdot A \cdot i \text{ atau } Q = KA \frac{\Delta h}{L}$$

Dimana:

Q = Debit (cm<sup>3</sup>/det)

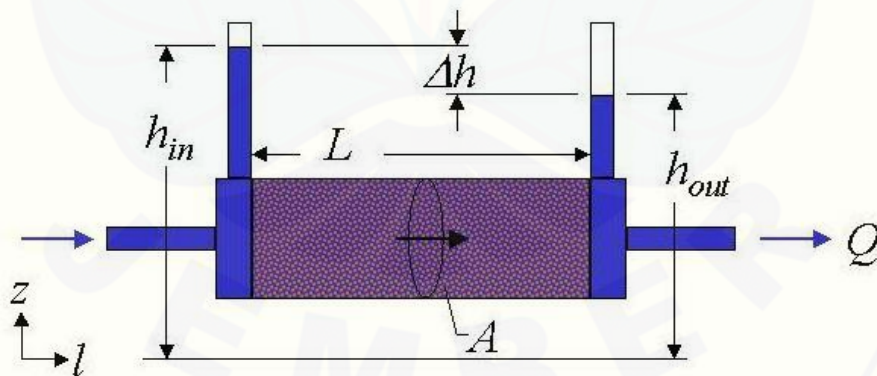
K = Koefisien permeabilitas (cm/det)

A = Luas penampang lintang (cm<sup>2</sup>)

i = Gradien hidrolik = h/L

Sumber : Aliran Air Tanah. Universitas Brawijaya

Berikut ini adalah ekspresi diagram Hukum Darcy:



Gambar 2.1 Hukum Darcy

(Sumber : biosystems.okstate.edu)

*Darcy* direferensikan untuk campuran sistem unit. Sebuah medium dengan permeabilitas 1 *Darcy* memungkinkan aliran 1 cm<sup>3</sup>/s dari cairan dengan viskositas 1

cP (1 MPa·s) di bawah gradien tekanan 1 atm/cm di seluruh luas 1 cm<sup>2</sup>. Sebuah milli Darcy (mD) sama dengan 0,001 Darcy.

### 2.3 Muka Air Tanah

Air tanah adalah semua air yang terdapat pada lapisan pengandung air (akuifer) di bawah permukaan tanah, termasuk mata air yang muncul di permukaan tanah. Air yang berhasil meresap ke bawah tanah akan terus bergerak ke bawah sampai dia mencapai lapisan tanah atau batuan yang jarak antar butirannya sangat-sangat sempit yang tidak memungkinkan bagi air untuk melewatinya. Lapisan ini disebut lapisan aquitard dan bersifat *impermeabel*. Air yang datang kemudian akan menambah volume air yang mengisi rongga-rongga antar butiran. Air yang tersimpan di bawah tanah itu disebut air tanah. Sementara air yang tidak bisa diserap dan berada di permukaan tanah disebut air permukaan.

Permukaan air tanah atau muka air tanah disebut *water table*, sementara lapisan tanah yang terisi air tanah disebut zona saturasi air. Model aliran air tanah itu sendiri akan dimulai pada daerah resapan air tanah atau sering juga disebut sebagai daerah imbuhan air tanah (*recharge zone*). Daerah ini adalah wilayah dimana air yang berada di permukaan tanah baik air hujan ataupun air permukaan mengalami proses penyusupan (infiltrasi) secara gravitasi melalui lubang pori tanah/batuan atau celah/rekahan pada tanah/batuan.

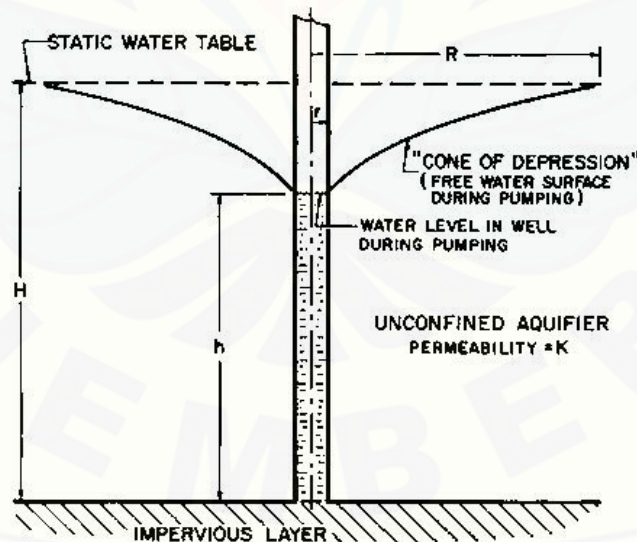
Dalam perjalanannya aliran air tanah ini seringkali melewati suatu lapisan akuifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air (*impermeabel*). Hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara air tanah yang berada di bawah lapisan penutup dan air tanah yang berada di atasnya. Perubahan tekanan inilah yang didefinisikan sebagai air tanah tertekan (*confined aquifer*) dan air tanah bebas (*unconfined aquifer*).

## 2.4 Akuifer Bebas

Akuifer bebas atau akuifer tak tertekan adalah air tanah dalam akuifer tertutup lapisan *impermeable*, dan merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah. *Unconfined Aquifer* adalah akuifer jenuh air (*saturated*). Lapisan pembatasnya yang merupakan aquitard, hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas aquitard dilapisan atasnya, batas dilapisan atas berupa muka air tanah. Permukaan air tanah disumur dan air tanah bebas adalah permukaan air bebas, jadi permukaan air tanah bebas adalah batas antara zona yang jenuh dengan air tanah dan zona yang aerasi (tak jenuh) di atas zona yang jenuh. Akuifer jenuh disebut juga sebagai *phriatic aquifer*, *non artesian aquifer* atau *free aquifer* (Wuryantoro, 2007).

## 2.5 Aliran Tunak Radial (*Radial Steady Flow*) Pada Akuifer Bebas

Menurut Bisri (1991) aliran tunak sering kali terjadi. Terutama pada daerah sumur pompa yang melakukan pemompaan secara terus menerus, dimana aliran air tanah menuju kesatu titik (titik pompa), sehingga merupakan aliran radial.



Gambar 2.2 *Drowdown* pada aliran tunak radial akuifer bebas

(sumber : [www.fao.org](http://www.fao.org))

$$\text{Maka, } s = -\frac{Q_0}{2\pi KH} \ln\left(\frac{r}{R}\right)$$

Dimana :

S : Penurunan muka air (drow down)

$Q_0$  : Debit sumur ( $\text{cm}^3/\text{det}$ )

K : Koefisien permeabilitas ( $\text{cm}/\text{det}$ )

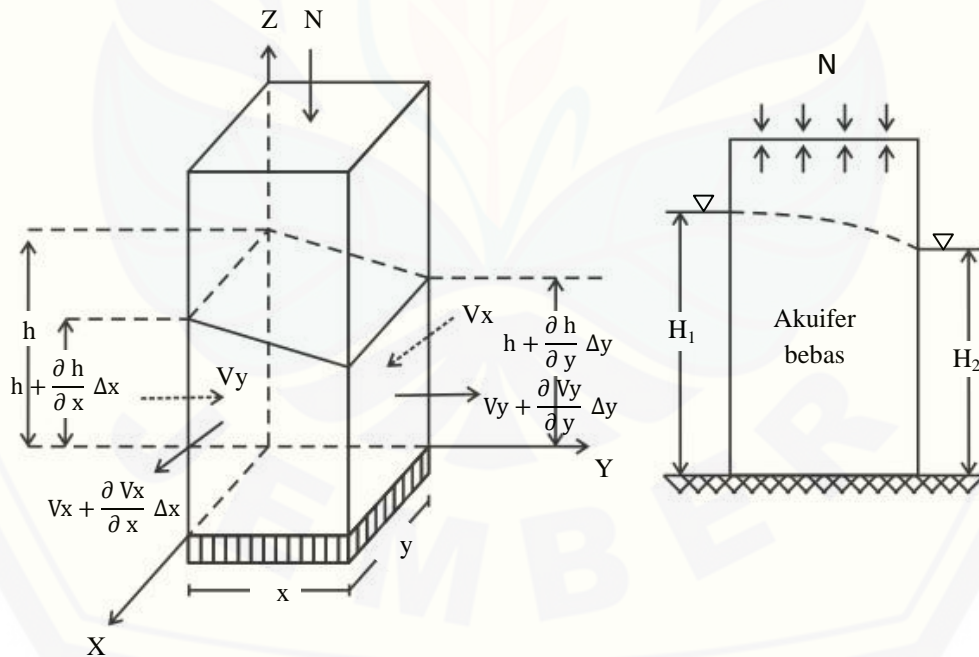
H : Tinggi muka air konstan

r : Jari-jari sumur

R : Jarak tinggi muka air konstan ke sumur tunggal/ganda

### 2.6 Persamaan Kontinuitas Akuifer Bebas Tanpa Hujan/Pengisian

Persamaan dasar untuk aliran tanah pada akuifer bebas dalam keadaan aliran tunak adalah persamaan diferensial parsial non linier, yang merupakan pengembangan dari hukum *Darcy* dan persamaan kontinuitas.



Gambar 2.3 Kontinuitas akuifer bebas



Debit spesifik didasarkan rumus *Darcy* :

$$V_x = -K \frac{\partial \phi}{\partial x} \text{ dan } V_y = -K \frac{\partial \phi}{\partial y}$$

Berdasarkan anggapan “DUPUIT-FORCHHEIMER”, dimana tinggi air potensial disebarang titik sama dengan tinggi muka air tanah, maka  $\phi = h$ , sehingga hukum *Darcy* :

$$V_x = -K \frac{\partial h}{\partial x} \text{ dan } V_y = -K \frac{\partial h}{\partial y}$$

Dengan melihat gambar di atas persamaan kontinuitas menjadi :

$$V_x \cdot h \cdot \Delta Y - \left\{ V_x + \frac{\partial V_x}{\partial x} \cdot \Delta X \right\} \left\{ h + \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \Delta X \right\} \Delta Y + V_y \cdot h \cdot \Delta X - \left\{ V_y + \frac{\partial V_y}{\partial y} \cdot \Delta Y \right\} \left\{ h + \frac{\partial h}{\partial y} \cdot \Delta Y \right\} \Delta X + N \cdot \Delta X \cdot \Delta Y = 0$$

Dimana : N = jumlah air yang masuk/keluar. (hujan, penguapan dan sebagainya)

Persamaan di atas disederhanakan dengan membagi  $\Delta X \cdot \Delta Y$  kemudian diambil

lim  $\Delta X \rightarrow 0$  dan  $\Delta Y \rightarrow 0$  :

$$h \frac{\partial V_x}{\partial x} \cdot V_x \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial V_y}{\partial y} \cdot V_y \frac{\partial h}{\partial y} + N = 0$$

Dengan memasukkan persamaan *Darcy* ke dalam persamaan di atas, sehingga :

$$K \cdot h \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) + K \left\{ \left( \frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 \right\} + N = 0$$

Persamaan dasar Dupuit-Forchheimer di atas diselesaikan oleh Dupuit (Differensial Parsial Non Linier) dengan mengganti  $h^2$  sebagai variabel menggantikan h, sehingga turunan kedua dari  $h^2$  adalah :

$$\frac{\partial^2 (h^2)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( 2h \frac{\partial h}{\partial x} \right) = 2h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + 2 \left( \frac{\partial h}{\partial x} \right)^2$$

$$\frac{\partial^2 (h^2)}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y} \left( 2h \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 2h \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + 2 \left( \frac{\partial h}{\partial y} \right)^2$$



Persamaan kontinuitas menjadi :

$$\frac{K}{2} \left\{ \frac{\partial^2(h^2)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(h^2)}{\partial y^2} \right\} + N = 0$$

Bila suatu akuifer bebas tidak terjadi hujan/penguapan, maka persamaan kontinuitas menjadi :

$$\frac{K}{2} \left\{ \frac{\partial^2(h^2)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(h^2)}{\partial y^2} \right\} = 0$$

Jika aliran hanya ke arah sumbu x (dalam satu dimensi), maka persamaan di atas menjadi :

$$\frac{K}{2} \frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} \approx 0$$

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} \approx 0$$

$$\frac{\partial h^2}{\partial x} = A$$

$h^2 = Ax + B$  disebut persamaan umum

Syarat batas (*Boundry Condition*) :

$$x = 0 \quad ; \quad h = H_1 \quad \text{maka, } H_1^2 = B$$

$$x = L \quad ; \quad h = H_2 \quad \text{maka, } H_2^2 = A \cdot L + B^2$$

$$A = \frac{H_2^2 - H_1^2}{L}$$

Diperoleh persamaan muka air tanah :

$$h^2 = \frac{H_2^2 - H_1^2}{L} x + H_1^2$$

*Sumber : Aliran Air Tanah. Universitas Brawijaya*

## 2.7 Koefisien Korelasi Pearson

Analisis korelasi digunakan untuk menjelaskan kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel. Korelasi bersifat *undirectional* yang artinya tidak ada yang ditempatkan sebagai *predictor* dan respon (IV dan DV).

Angka korelasi berkisar antara -1 s/d +1. Semakin mendekati 1 maka korelasi semakin mendekati sempurna. Sementara nilai negatif dan positif mengindikasikan arah hubungan. Apabila nilainya positif berarti bahwa apabila nilai x berada di atas nilai rata-ratanya, maka nilai y juga berada di atas nilai rata-rata y (Searah). Nilai kovarian negatif menunjukkan bahwa apabila nilai x berada di atas nilai rata-ratanya sedangkan nilai y berada di bawah nilai rata-ratanya (berlawanan arah). Apabila nilai kovarian mendekati nol menandakan bahwa kedua variabel tersebut tidak saling berhubungan.

Interprestasi angka korelasi menurut Prof. Sugiyono (2007)

0	–	0,199	: Sangat lemah
0,20	–	0,399	: Lemah
0,40	–	0,599	: Sedang
0,60	–	0,799	: Kuat
0,80	–	1,0	: Sangat kuat

Koefisien korelasi Pearson (r) biasa digunakan untuk mengetahui hubungan pada dua variabel. Korelasi dengan Pearson ini mensyaratkan data berdistribusi normal.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Dimana :

r = Koefisien korelasi pearson r

n = Jumlah sampel

## 2.8 Korelasi Determinasi

Koefisien determinasi merupakan ukuran untuk mengetahui kesesuaian atau ketepatan antara nilai dugaan dengan data sampel. Koefisien determinasi didefinisikan sebagai berikut.

Koefisien determinasi adalah bagian dari keragaman total variabel tak bebas Y (variabel yang dipengaruhi atau dependent) yang dapat diterangkan atau diperhitungkan oleh keragaman variabel bebas X (variabel yang mempengaruhi, independent).

Jadi koefisien determinasi adalah kemampuan variabel X mempengaruhi variabel Y. Semakin besar koefisien determinasi menunjukkan semakin baik kemampuan X mempengaruhi Y.

$$r^2 = \left[ \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \right]^2$$

Apabila nilai koefisien korelasi sudah diketahui, maka untuk mendapatkan koefisien determinasi dapat diperoleh dengan mengkuadratkannya.

### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Kepustakaan**

Metode kepustakaan digunakan sebagai landasan atau dasar penelitian skripsi untuk mendapatkan jawaban atas persoalan yang ada pada rumusan masalah, yaitu bagaimana kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan dan bagaimanakah hasil penelitian laboratorium tersebut jika dibandingkan dengan teoritis.

Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengujian, yaitu pengujian permeabilitas dan pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan. Pengujian permeabilitas dilakukan guna untuk menentukan koefisien permeabilitas dan berat pasir yang nantinya akan digunakan dalam pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan. Pengujian permeabilitas menggunakan metode *constant head* karena bahan (pasir) yang dipakai memiliki butiran kasar.

#### **3.2 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah dan Laboratorium Hidroteknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

#### **3.3 Persiapan Alat dan Bahan**

##### **3.3.1 Alat Untuk Pengujian Permeabilitas**

Alat yang digunakan sebagai berikut :

a. Permeameter

Permeameter digunakan untuk menentukan koefisien permeabilitas.

b. Tabung

Tabung digunakan sebagai tempat untuk pasir yang akan diuji.

c. Corong

Corong digunakan untuk memasukkan pasir kedalam tabung.

d. Batu pori

Batu pori digunakan untuk menahan pasir dalam tabung supaya tidak keluar bersama air.

e. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu pengumpulan volume air.

f. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter tabung dan pipa.

3.3.2 Alat Untuk Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan

Alat yang digunakan sebagai berikut :

a. *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit.*

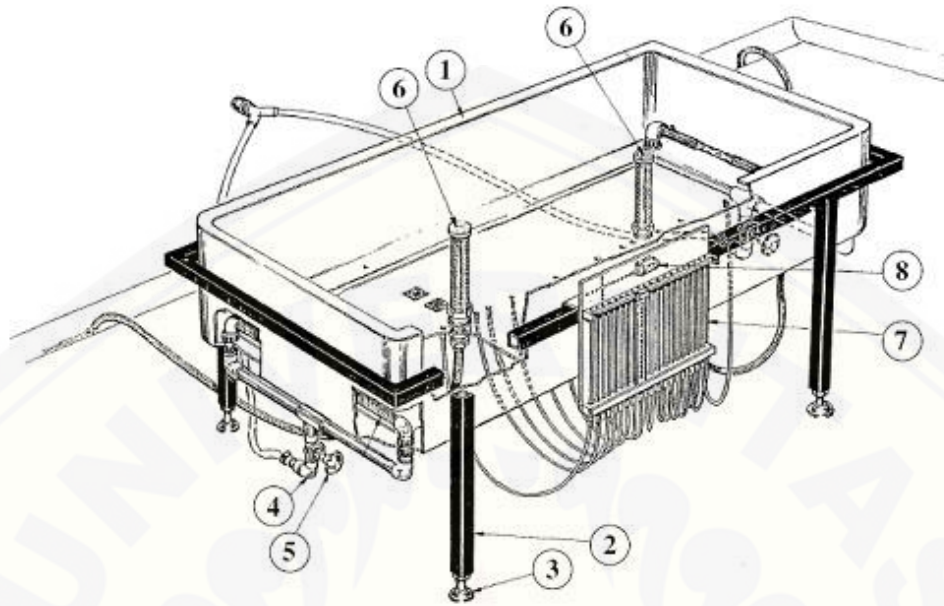
*Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* adalah peralatan yang digunakan untuk mendemonstrasikan, dalam skala kecil, prinsip hidrolik aliran air tanah dan aplikasi ini untuk konstruksi rekayasa tertentu.



Gambar 3.1 *Groundwater Flow and Well Abstraction Unit*

(sumber: *manual instruction Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*)





Gambar 3.2 *Diagram Groundwater Flow and Well Abstraction Unit*  
(sumber: *manual instruction Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*)

Keterangan :

1. Tangki pasir

Tangki pasir dibuat dari kaca yang diperkuat plastik yang kuat untuk daya tahan.

Dimensi tangki :

Panjang = 990 mm

Lebar = 490 mm

Kedalaman = 235 mm

2. Rangka baja

Tangki pasir didukung oleh rangka baja ringan, yang dicat untuk perlindungan korosi.

3. Kaki *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*

Empat kaki yang dapat disetel untuk meratakan alat. Frame dirancang untuk berdiri di bangku yang cocok untuk kenyamanan saat membaca tingkat air di

manometer multi-tabung. Peralatan tersebut dapat dioperasikan pada lantai jika diperlukan.

4. Pipa pemasok air

Dua lubang pemasok air yang terletak di setiap ujung tangki. Setiap lubang terdiri dari sebuah tabung berlubang, untuk mengalirkan air ke seluruh tangki.

5. Kran inlet aliran

Setiap lubang memiliki kran inlet aliran yang terpisah yang memungkinkan aliran untuk mencapai tingkat tetap atau stabil di dalam tangki. Air dapat dimasukkan dari ke kedua lubang secara bersamaan atau satu lubang.

6. Sumur

Dua sumur dengan kran kontrol di dasar tangki memungkinkan studi abstraksi. Setiap sumur terdiri dari tabung berlubang terbuka di bagian bawah yang ditutupi dengan bahan penyaring halus untuk mencegah pasir keluar dari tangki pasir. Tabung berlubang menjorok vertikal ke atas di dalam tangki pasir untuk menguras air dalam tangki pasir.

7. Manometer Multi-tube

Manometer adalah alat untuk mengukur perbedaan tekanan. Manometer pada *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* mudah dilepas untuk membantu dalam merapikan tiap-tiap tabung. Terdapat sembilan belas lubang penyadap di dasar tangki yang terhubung ke manometer multi-tube yang dijepitkan ke sisi frame.

8. Kursor geser

Pada manometer terdapat sebuah kursor geser yang memungkinkan pengukuran tinggi dan posisi penyadapan.

Rentang manometer = 0 - 155 mm

Kalibrasi = interval 1 mm

b. *Hydraulic bench*

*Hydraulic bench* digunakan sebagai pemasok air ke dalam tangki *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*.

c. Ember

Ember digunakan untuk menampung volume air yang keluar dari pipa aliran pembuangan.

d. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu pengumpulan volumetrik air.

e. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang terkumpul.

f. Clinometer

Clinometer digunakan untuk mengukur derajat kemiringan permukaan pasir.

### 3.3.3 Bahan Untuk Pengujian Permeabilitas

Bahan yang digunakan sebagai berikut :

a. Pasir

Pasir yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah pasir kuarsa berukuran 0,6-2 mm. Pasir harus dicuci bersih dan terbebas dari lumpur maupun bahan kimia lainnya. Berat pasir ditentukan sendiri dengan berat yang berbeda-beda, yaitu : 400 gram, 405 gram, 410 gram, 415 gram, 420 gram.

b. Air

Air bersih yang terbebas dari kotoran.

### 3.3.4 Bahan Untuk Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan

Bahan yang digunakan sebagai berikut :

a. Pasir

Pasir yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah pasir kuarsa yang dipergunakan sebagai akuifer sederhana. Untuk mempelajari naik-turunnya gradasi air, pasir kuarsa harus berukuran 0,6-2 mm. Pasir harus dicuci bersih dan terbebas dari lumpur maupun bahan kimia lainnya. Berat pasir yang digunakan sesuai perhitungan berat pasir yang ada di BAB 4, yaitu :

Variasi Kemiringan	Volume pasir (cm <sup>3</sup> )	Berat pasir (gr)		Berat pasir (kg)
2°	20617	1,526	31461	31
4°	29106	1,526	44416	44
6°	37595	1,526	57370	57
8°	46085	1,526	70325	70

b. Air

Alat ini memerlukan pasokan air bersih dengan tekanan minimum 1 bar dan tekanan maksimal 3 bar.

### 3.4 Langkah kerja

#### 3.4.1 Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Lepaskan tutup tabung atas dengan cara melepaskan baut-bautnya lalu masukkan batu pori.
3. Masukkan pasir kuarsa kedalam tabung lalu dipadatkan dengan alat perojok dengan ketinggian 8,1 cm.
4. Letakkan batu pori dan pegas di atasnya, lalu tutup kembali tabung.
5. Setelah benda uji siap dalam tabung, hubungkan selang intik ke tandon lalu isi tandon dengan air sampai penuh.
6. Setelah air mengalir dan keluar dari lubang selang bawah menuju *stand pipe* dengan ketinggian 7 cm lalu kran *stand pipe* dikunci.
7. Hidupkan *stopwatch* bersama dengan membuka kran *stand pipe*.
8. Setelah mencapai 47 cm kunci kran *stand pipe* dan matikan *stopwatch* secara bersamaan.

### 3.4.2 Langkah Kerja Pengujian Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Diberbagai Kemiringan Lahan

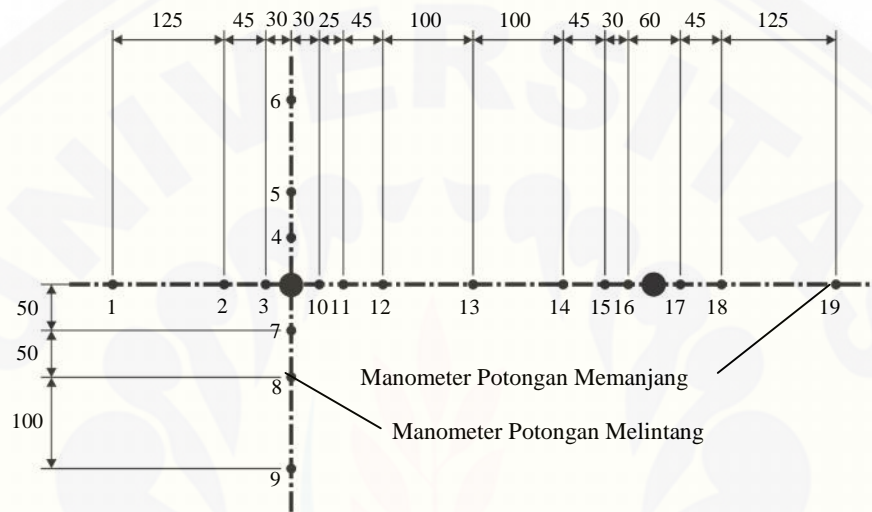
Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Pastikan peralatan harus benar-benar terkumpul dan terpasang dengan benar sesuai instruksi manual.
2. Pastikan *hydraulics bench* telah terhubung pada pipa inlet air ke *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*.
3. Menyiapkan pasir kuarsa yang telah dicuci bersih dan dikeringkan.
4. Timbang pasir kuarsa kering sesuai dengan hitungan untuk variasi derajat kemiringan yang berbeda-beda, yaitu  $2^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $8^\circ$ .
5. Masukkan pasir kuarsa kedalam tangki pasir.
6. Membentuk pasir menjadi miring dengan cara pemadatan dan perataan sesuai derajat kemiringan dan ketinggian yang tertera pada tabel 3.1 pada tiap-tiap variasi kemiringan.
7. Nyalakan *hydraulics bench*
8. Buka kran *inlet* pastikan pada selang manometer tidak ada gelembung udara yang terperangkap.
9. Buka saluran pembuang (*outlet*) biarkan air mengalir hingga ketinggian air pada tabung manometer no.13 stabil (tidak naik turun).
10. Biarkan kondisi stabil beberapa menit.
11. Catat tingkat ketinggian air pada manometer.
12. Tampung air yang keluar dari saluran pembuang catat volume dan waktunya.
13. Ulangi sebanyak 5 kali pada tiap-tiap variasi derajat kemiringan permukaan pasir sesuai tabel 3.1.



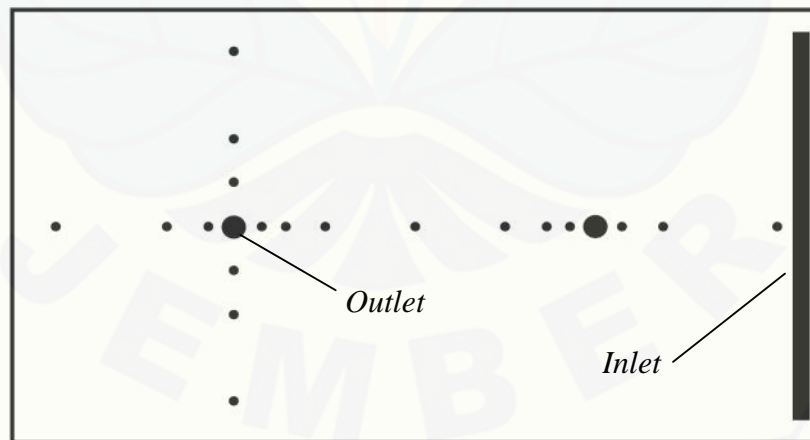
Table 3.1 Variasi kemiringan dan perhitungan tinggi pasir

Variasi kemiringan (°)	Panjang tangki pasir (cm)	Tinggi pasir (cm)
2	99	6
4	99	9,5
6	99	13
8	99	16,5



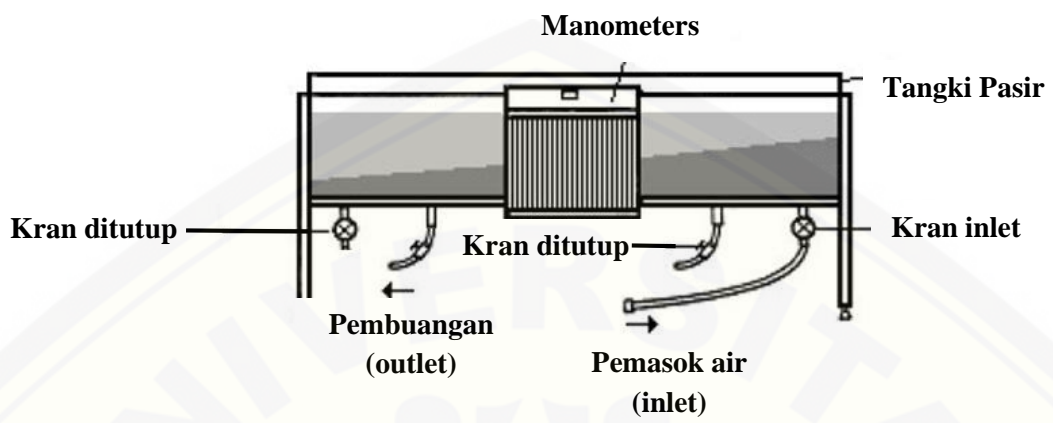
Gambar 3.3 Lay out manometer

(sumber: manual instruction Ground Water Flow and Well Abstraction Unit)



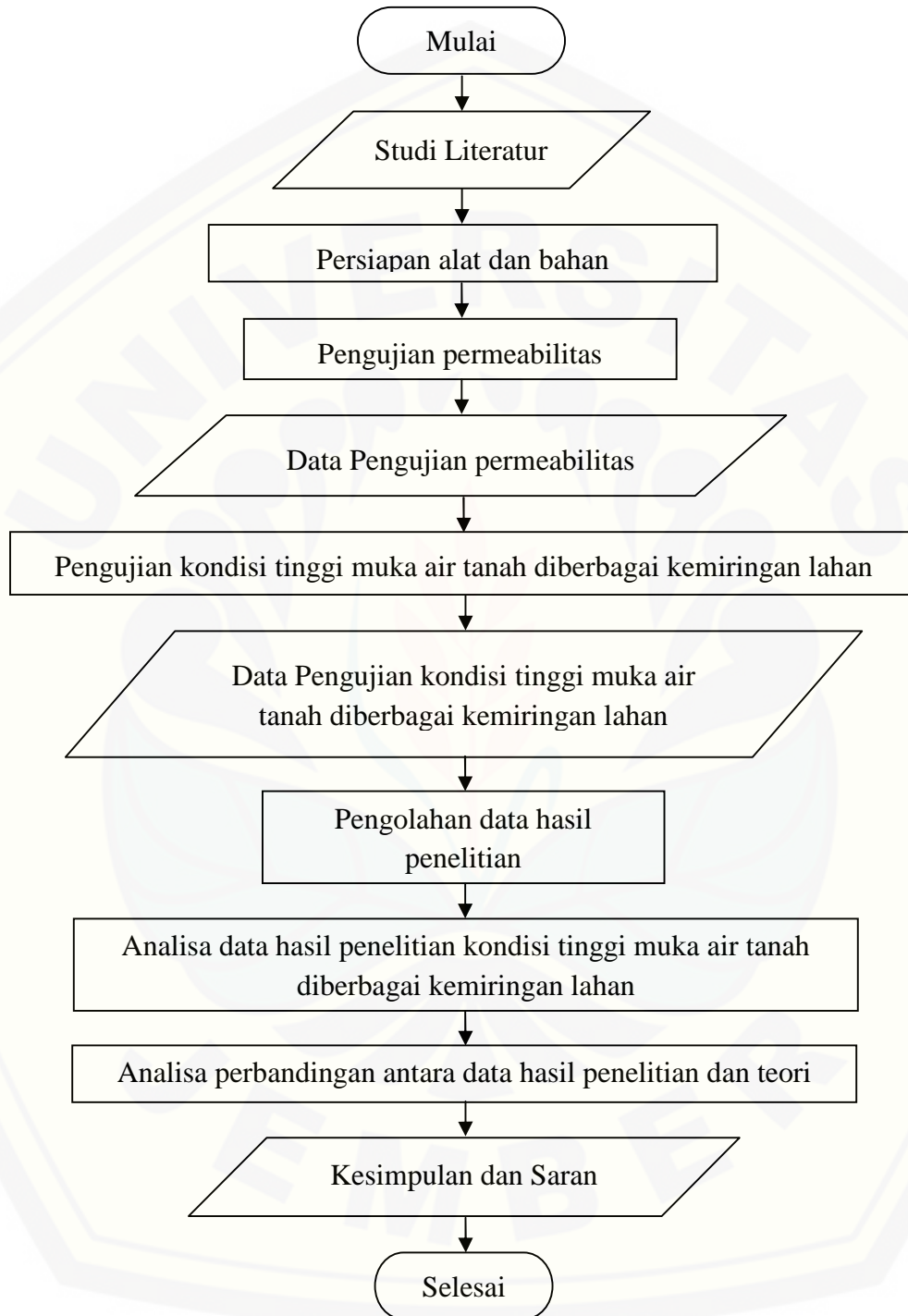
Gambar 3.4 Tampak atas Ground Water Flow And Wells Abstraction unit

(sumber: manual instruction Ground Water Flow and Well Abstraction Unit)



Gambar 3.5 Aliran air tanah pada lahan miring  
(sumber: *manual instruction Ground Water Flow and Well Abstraction Unit*)

### 3.5 Tahapan penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir proses penelitian

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Koefisien Permeabilitas**

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mencari nilai koefisien permeabilitas (k) dari pasir kuarsa yang digunakan sebagai bahan untuk pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai lahan miring. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Koefisien permeabilitas dari pengujian permeabilitas

No	Berat Pasir (gr)	V (cm <sup>3</sup> )	L (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	t (dt)	k (cm/dt)
1	400	76	8,1	40	32,3549	20	0,024
2	405	76	8,1	40	32,3549	25	0,019
3	410	76	8,1	40	32,3549	30	0,016
4	415	76	8,1	40	32,3549	35	0,014
5	420	76	8,1	40	32,3549	4	0.012

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**4.2 Berat Isi Pasir**

Perhitungan berat isi (  $\gamma$  ) pasir digunakan untuk menentukan berat pasir kering yang akan digunakan dalam pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai kemiringan lahan. Untuk menghitung berat isi (  $\gamma$  ) diperlukan data berat pasir (W) dan data volume tabung permeameter (V) yang didapat dari pengujian permeabilitas. Perhitungan berat isi pasir kuarsa dihitung dengan rumus sebagai berikut :

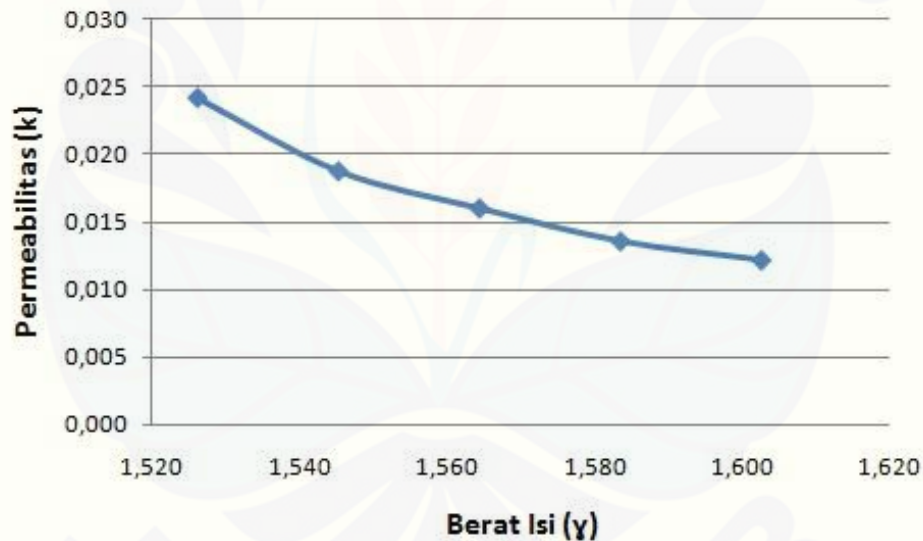
$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Tabel 4.2 Berat isi pasir

No	W (gr)	V (cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	k (cm/dt)
1	400	262,074	1,526	0,024
2	405	262,074	1,545	0,019
3	410	262,074	1,564	0,016
4	415	262,074	1,584	0,014
5	420	262,074	1,603	0,012

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut adalah grafik hubungan antara koefisien permeabilitas dan berat isi pasir kuarsa :



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara koefisien permeabilitas dan berat isi pasir

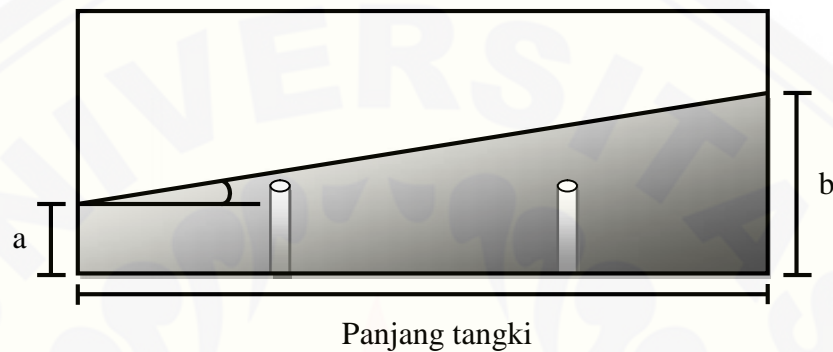
Berdasarkan grafik di atas, maka berat isi pasir yang akan digunakan untuk pengujian selanjutnya adalah 1,526 gr/cm<sup>3</sup>, karena berat isi pasir tersebut merupakan berat isi pasir terkecil sehingga pasir yang digunakan untuk pengujian selanjutnya lebih sedikit.



### 4.3 Berat Pasir Kering

Untuk menghitung berat pasir kuarsa kering yang digunakan untuk pengujian kondisi tinggi muka air tanah diberbagai lahan miring menggunakan berat isi (  $\rho$  ) =  $1,526 \text{ gr/cm}^3$ .

Berikut adalah gambar bentuk pengaturan pasir :



Gambar 4.2 Bentuk pengaturan pasir kuarsa didalam tangki

Berikut adalah tabel hasil perhitungan volume pasir kuarsa :

Tabel 4.3 Volume pasir kuarsa dalam tangki

Variasi Kemiringan	Panjang tangki pasir (cm)	Lebar tangki pasir (cm)	Tinggi a (cm)	Tinggi b (cm)	Volume pasir (cm <sup>3</sup> )
2°	99	49	2,5	6	20617
4°	99	49	2,5	9,5	29106
6°	99	49	2,5	13	37595
8°	99	49	2,5	16,5	46085

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Berikut adalah tabel hasil perhitungan berat pasir kuarsa kering :

Tabel 4.4 Berat pasir kuarsa kering

Variasi Kemiringan	Volume pasir (cm <sup>3</sup> )	Volume pasir (cm <sup>3</sup> )	Berat pasir (gr)	Berat pasir (kg)
2°	20617	1,526	31461	31
4°	29106	1,526	44416	44
6°	37595	1,526	57370	57
8°	46085	1,526	70325	70

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.4 Pembacaan Manometer

Pembacaan manometer merupakan pembacaan ketinggian muka air pada manometer yang terhubung dengan titik-titik lubang yang berada pada tangki pasir. Dengan melakukan pembacaan manometer, maka dapat mengetahui kondisi tinggi muka air tanah yang berada diberbagai kemiringan lahan.

##### 4.4.1 Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 2°

Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil pembacaan manometer pada kemiringan 2° :

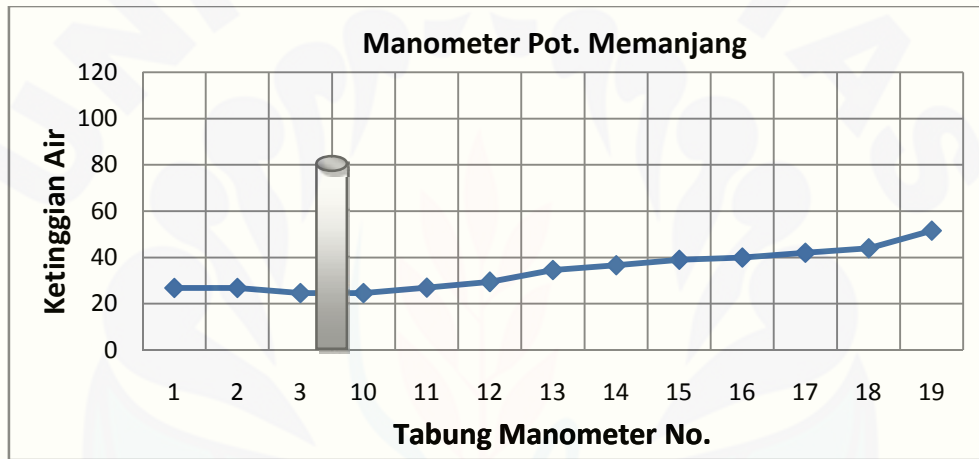
Tabel 4.5 Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2°

Potongan Memanjang	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Tinggi Air (mm)	26	26	24	24	27	30	34	37	39	40	42	44	51
2 Tinggi Air (mm)	27	27	24	24	27	30	35	36	39	40	42	44	51
3 Tinggi Air (mm)	27	27	25	25	27	29	35	37	39	40	42	44	52
4 Tinggi Air (mm)	27	27	25	25	27	29	34	36	39	40	42	44	52
5 Tinggi Air (mm)	27	27	25	25	27	29	35	37	39	40	42	44	52
Tinggi air rata-rata (mm)	27	27	25	25	27	29	35	37	39	40	42	44	52

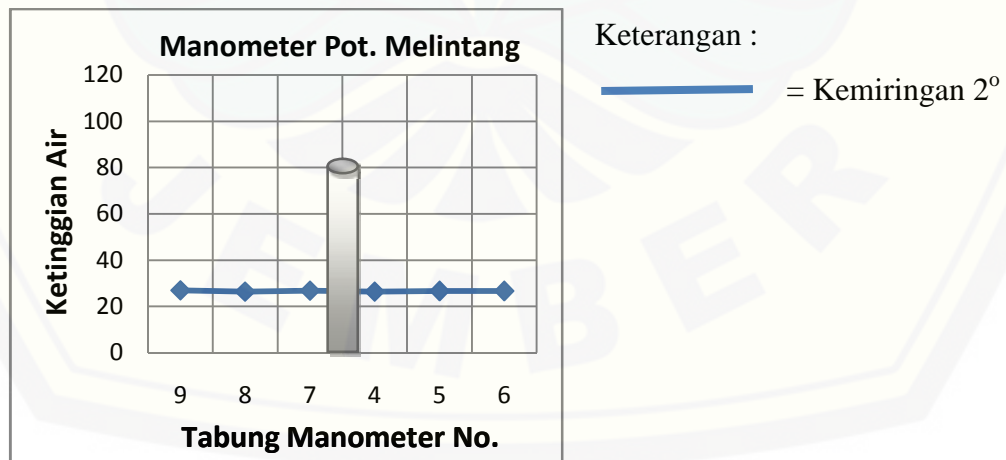
Tabel 4.6 Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2°

Potongan Melintang	9	8	7	4	5	6
1 Tinggi Air (mm)	27	26	26	26	26	26
2 Tinggi Air (mm)	27	26	27	27	26	27
3 Tinggi Air (mm)	27	27	27	26	27	27
4 Tinggi Air (mm)	27	27	27	26	27	27
5 Tinggi Air (mm)	27	26	27	27	27	26
Tinggi air rata-rata (mm)	27	26	27	26	27	27

Sumber : Hasil Pengamatan



Gambar 4.3 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2°



Gambar 4.4 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2°

Gambar 4.3 Menunjukkan hasil dari pengamatan manometer pada kemiringan  $2^\circ$ . Didapatkan *head constant* 52 mm pada manometer ke-19. Sedangkan tinggi muka air tanah terendah terjadi pada manometer ke-3 dan ke-10, dengan ketinggian muka air 25 mm. Hal ini disebabkan karena letak saluran pembuangan (*outlet*) berada diantara manometer ke-3 dan ke-10.

#### 4.4.2 Pembacaan Manometer Pada Kemiringan $4^\circ$

Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil pembacaan manometer pada kemiringan  $4^\circ$  :

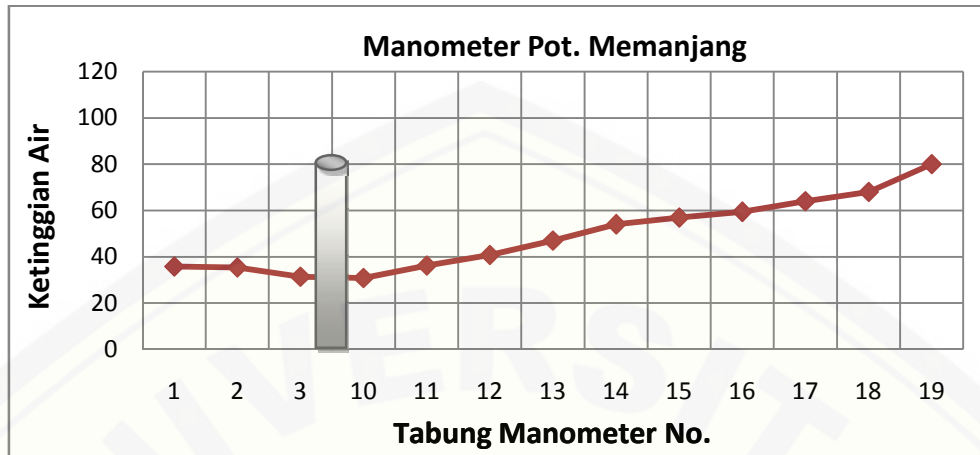
Tabel 4.7 Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan  $4^\circ$

Potongan Memanjang	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Tinggi Air (mm)	36	35	31	32	36	40	47	54	57	59	64	68	80
2 Tinggi Air (mm)	37	36	32	32	37	42	47	54	57	60	64	68	80
3 Tinggi Air (mm)	35	35	31	30	35	40	47	54	57	59	64	68	80
4 Tinggi Air (mm)	36	35	31	30	37	40	47	54	57	60	64	68	80
5 Tinggi Air (mm)	35	36	32	30	36	42	47	54	57	59	64	68	80
Tinggi air rata-rata (mm)	36	35	31	31	36	41	47	54	57	59	64	68	80

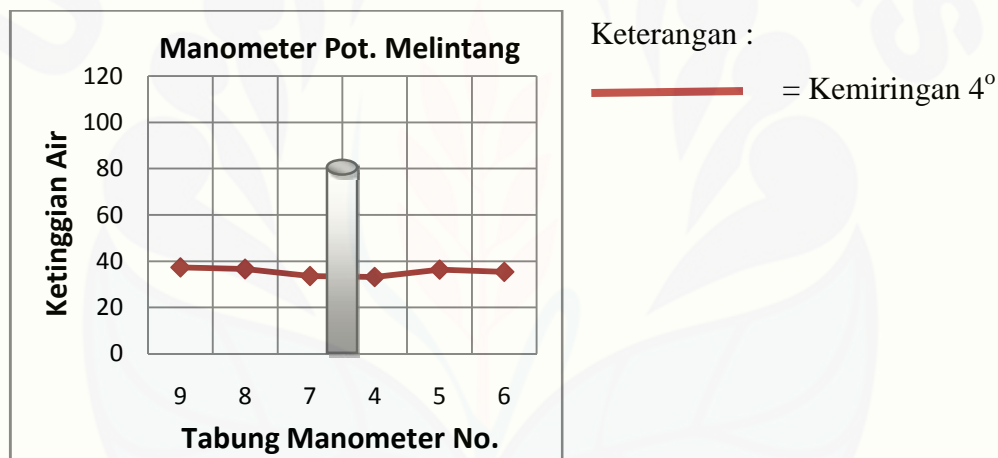
Tabel 4.8 Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan  $4^\circ$

Potongan Melintang	9	8	7	4	5	6
1 Tinggi Air (mm)	37	36	34	34	36	35
2 Tinggi Air (mm)	38	37	34	33	37	35
3 Tinggi Air (mm)	37	36	33	33	36	36
4 Tinggi Air (mm)	37	37	33	33	36	35
5 Tinggi Air (mm)	38	37	34	33	37	36
Tinggi air rata-rata (mm)	37	37	34	33	36	35

Sumber : Hasil Pengamatan



Gambar 4.5 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan  $4^\circ$



Gambar 4.6 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan  $4^\circ$

Gambar 4.5 Menunjukkan hasil dari pengamatan manometer pada kemiringan  $4^\circ$ . Didapatkan *head constant* 80 mm pada manometer ke-19. Sedangkan tinggi muka air tanah terendah terjadi pada manometer ke 3 dan 10, dengan ketinggian muka air 31 mm. Hal ini disebabkan karena letak saluran pembuangan (*outlet*) berada diantara manometer ke-3 dan ke-10.



4.4.3 Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 6°

Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil pembacaan manometer pada kemiringan 6° :

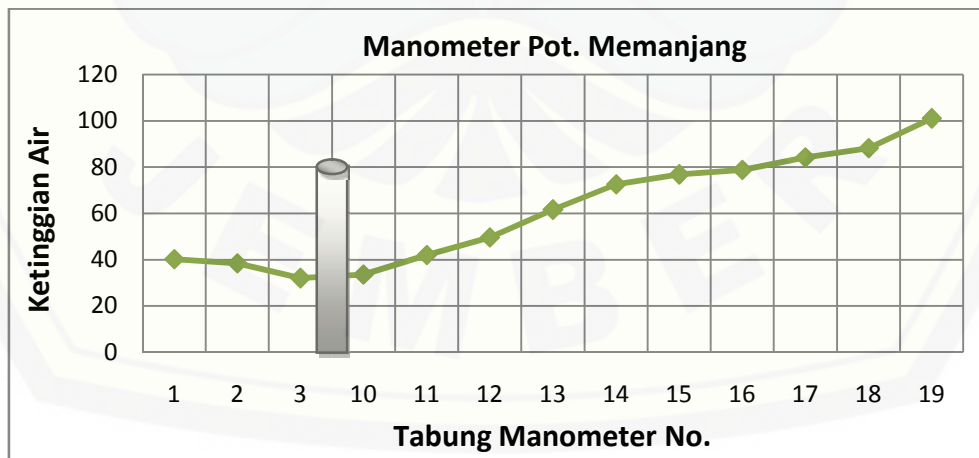
Tabel 4.9 Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 6°

Potongan Memanjang		1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Tinggi Air (mm)	41	39	32	34	42	51	62	74	78	80	85	89	101
2	Tinggi Air (mm)	40	38	32	33	42	49	62	72	76	78	84	88	101
3	Tinggi Air (mm)	40	38	32	34	42	49	61	72	76	78	84	87	101
4	Tinggi Air (mm)	40	39	32	34	42	50	61	72	78	78	84	89	101
5	Tinggi Air (mm)	40	38	32	33	42	49	62	73	76	80	84	88	101
Tinggi air rata-rata (mm)		40	38	32	34	42	50	62	73	77	79	84	88	101

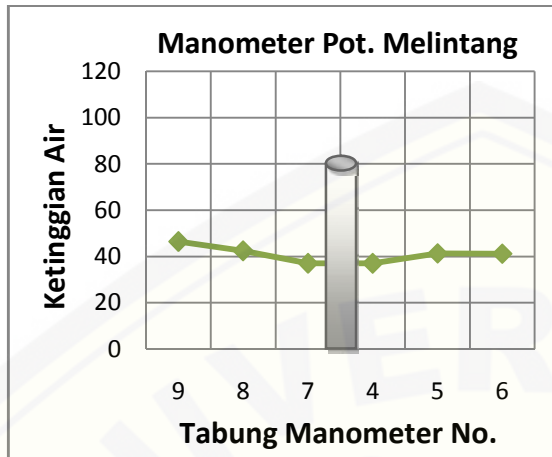
Tabel 4.10 Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 6°

Potongan Melintang		9	8	7	4	5	6
1	Tinggi Air (mm)	47	43	37	37	42	42
2	Tinggi Air (mm)	46	42	37	37	41	41
3	Tinggi Air (mm)	46	42	37	37	41	41
4	Tinggi Air (mm)	47	42	37	37	41	41
5	Tinggi Air (mm)	46	43	37	37	42	41
Tinggi air rata-rata (mm)		46	42	37	37	41	41

Sumber : Hasil Pengamatan



Gambar 4.7 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 6°



Keterangan :

— = Kemiringan 6°

Gambar 4.8 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 6°

Gambar 4.7 Menunjukkan hasil dari pengamatan manometer pada kemiringan 6°. Didapatkan *head constant* 101 mm pada manometer ke-19. Sedangkan tinggi muka air tanah terendah terjadi pada manometer ke 3, dengan ketinggian muka air 32 mm. Hal ini disebabkan karena letak saluran pembuangan (*outlet*) berada didekat manometer ke-3.

#### 4.4.4 Pembacaan Manometer Pada Kemiringan 8°

Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil pembacaan manometer pada kemiringan 8° :

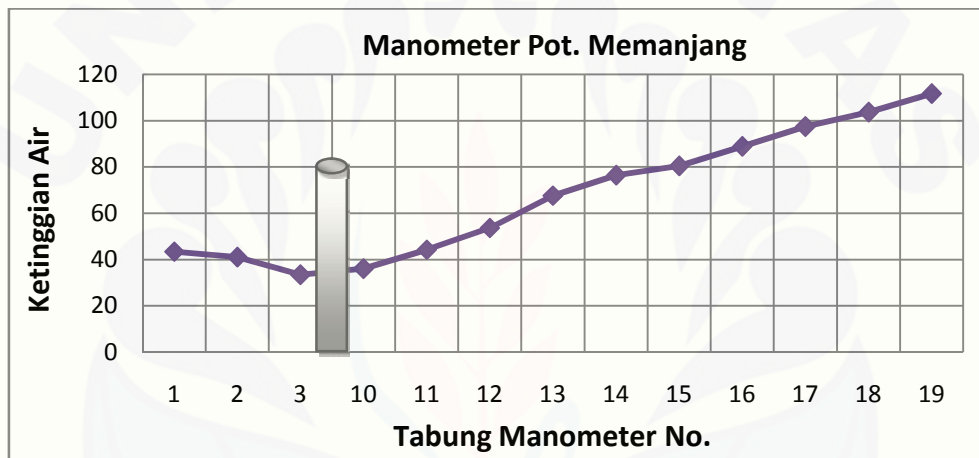
Tabel 4.11 Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 8°

Potongan Memanjang	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Tinggi Air (mm)	44	41	34	36	45	53	68	77	82	89	97	104	112
2 Tinggi Air (mm)	43	40	33	36	44	53	67	76	80	88	96	103	111
3 Tinggi Air (mm)	43	44	33	36	44	54	68	76	80	89	98	103	111
4 Tinggi Air (mm)	44	40	33	36	44	54	67	76	80	89	98	104	112
5 Tinggi Air (mm)	43	40	34	36	44	54	68	77	80	89	98	104	112
Tinggi air rata-rata (mm)	43	41	33	36	44	54	68	76	80	89	97	104	112

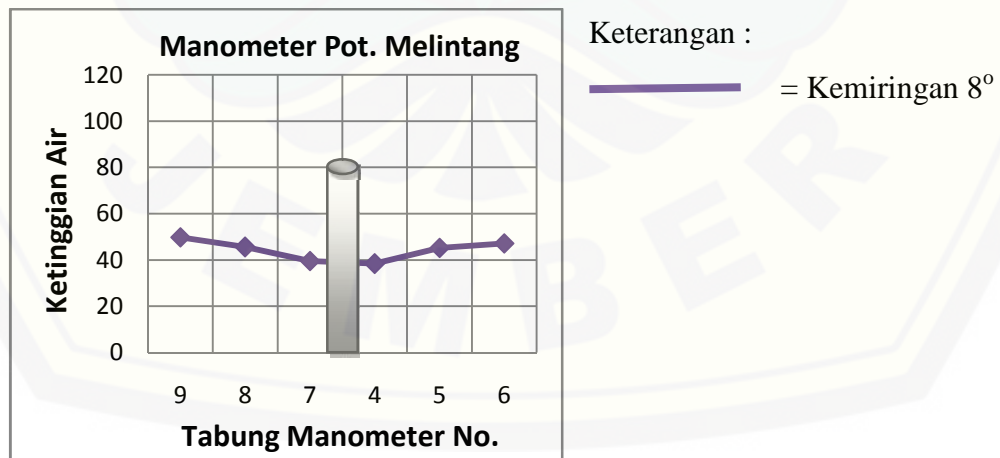
Tabel 4.12 Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 8°

Potongan Melintang	9	8	7	4	5	6
1 Tinggi Air (mm)	50	46	40	39	46	48
2 Tinggi Air (mm)	49	45	39	39	45	47
3 Tinggi Air (mm)	51	46	40	38	44	47
4 Tinggi Air (mm)	50	45	40	38	46	47
5 Tinggi Air (mm)	49	46	39	38	45	47
Tinggi air rata-rata (mm)	50	46	40	38	45	47

Sumber : Hasil Pengamatan



Gambar 4.9 Grafik pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 8°



Gambar 4.10 Grafik pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 8°

Gambar 4.9 Menunjukkan hasil dari pengamatan manometer pada kemiringan  $8^\circ$ . Didapatkan *head constant* 112 mm pada manometer ke-19. Sedangkan tinggi muka air tanah terendah terjadi pada manometer ke-3, dengan ketinggian muka air 33 mm. Hal ini disebabkan karena letak saluran pembuangan (*outlet*) berada didekat manometer ke-3.

#### 4.4.5 Rata-rata Pembacaan Manometer Pada Kemiringan $2^\circ$ , $4^\circ$ , $6^\circ$ , $8^\circ$

Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil rata-rata pembacaan manometer pada kemiringan  $2^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $8^\circ$  :

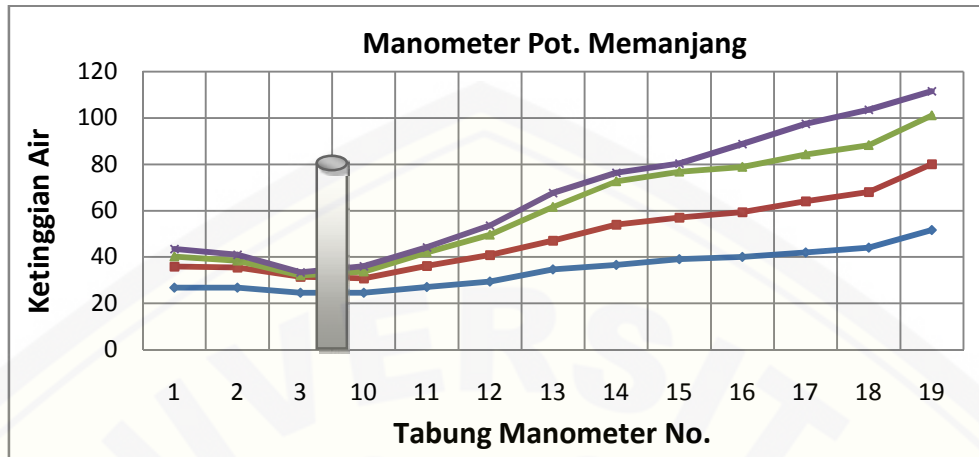
Tabel 4.13 Pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan  $2^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $8^\circ$

Potongan Memanjang	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Kemiringan $2^\circ$	27	27	25	25	27	29	35	37	39	40	42	44	52
2 Kemiringan $4^\circ$	36	35	31	31	36	41	47	54	57	59	64	68	80
3 Kemiringan $6^\circ$	40	38	32	34	42	50	62	73	77	79	84	88	101
4 Kemiringan $8^\circ$	43	41	33	36	44	54	68	76	80	89	97	104	112

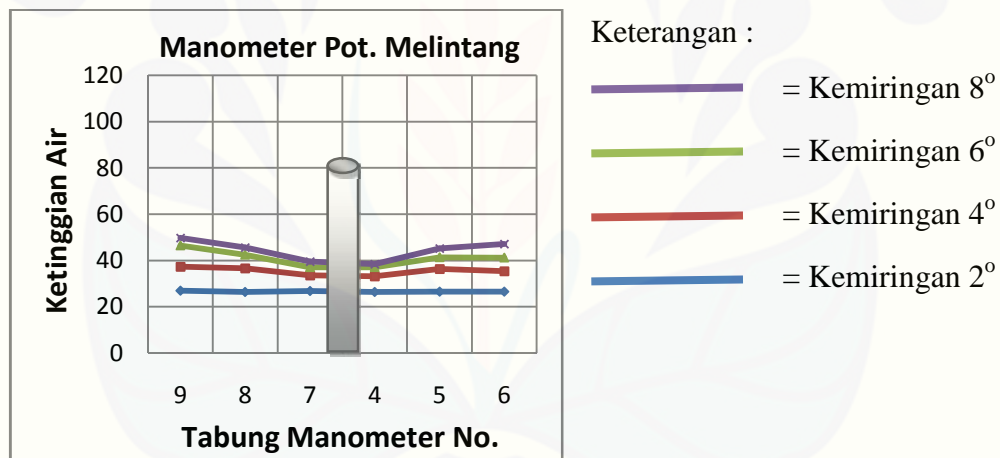
Tabel 4.14 Pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan  $2^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $8^\circ$

Potongan Melintang	9	8	7	4	5	6
1 Kemiringan $2^\circ$	27	26	27	26	27	27
2 Kemiringan $4^\circ$	37	37	34	33	36	35
3 Kemiringan $6^\circ$	46	42	37	37	41	41
4 Kemiringan $8^\circ$	50	46	40	38	45	47

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.11 Grafik rata-rata pembacaan manometer potongan memanjang pada kemiringan 2°, 4°, 6°, 8°



Gambar 4.12 Grafik rata-rata pembacaan manometer potongan melintang pada kemiringan 2°, 4°, 6°, 8°

Gambar 4.11 Menunjukkan hasil dari pengamatan manometer pada kemiringan 2°, 4°, 6°, 8°. Didapatkan bahwa semakin besar drajat kemiringan lahan, maka akan semakin tinggi *head constant*. Hal ini disebabkan karena ketinggian pasir kuarsa semakin tinggi.



#### 4.5 Analisa Teori Penurunan Muka Air Di Titik Saluran Outlet

Penurunan muka air dapat terjadi pada sekitar daerah sumur yang melakukan pemompaan secara terus menerus. Dapat dihitung dengan persamaan penurunan muka air (drow down) berikut:

$$Q_0 = \frac{\text{volume tampung}}{\text{waktu}}$$

$$s = -\frac{Q_0}{2\pi KH} \ln\left(\frac{r}{R}\right)$$

- S : Penurunan muka air (drow down)  
 Q<sub>0</sub> : Debit sumur (cm<sup>3</sup>/det)  
 K : Koefisien permeabilitas (cm/det)  
 H : Tinggi muka air konstan  
 r : Jari-jari sumur  
 R : Jarak tinggi muka air konstan ke sumur tunggal/ganda

Dalam perhitungan ini diambil pembacaan manometer diberbagai kemiringan lahan. Dari hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Debit (Q<sub>0</sub>)

Kemirngan	V tampung (cm <sup>3</sup> )	t tampung (det)	Q <sub>0</sub> (cm <sup>3</sup> /det)
2°	334	600	0,56
4°	926	600	1,54
6°	1594	600	2,66
8°	2021	600	3,37

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4.16 Penurunan muka air di titik pusat saluran outlet (S)

Kemirngan	Q (cm <sup>3</sup> /dt)	K (cm/det)	H	r (cm)	R (cm)	S (cm)
2°	0,56	3,14	0,024	5,2	1,25	60,5
4°	1,54	3,14	0,024	8	1,25	60,5
6°	2,66	3,14	0,024	10,1	1,25	60,5
8°	3,37	3,14	0,024	11,2	1,25	60,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan muka air di titik saluran outlet dapat disimpulkan bahwa semakin besar derajat kemiringan lahan maka akan semakin besar nilai penurunannya.

#### 4.6 Perhitungan Tinggi Muka Air Tanah

Jenis akuifer pada penelitian ini adalah akuifer bebas tanpa hujan/pengisian dan aliran hanya ke arah sumbu x (dalam satu dimensi), sehingga dipakai rumus :

$$\frac{K}{2} \frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} \approx 0$$

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} \approx 0$$

$$\frac{\partial h^2}{\partial x} = A$$

Maka,  $h^2 = Ax + B$  disebut persamaan umum

Syarat batas :

$$x = 0 \quad ; \quad h = H_1 \quad \text{maka, } H_1^2 = B$$

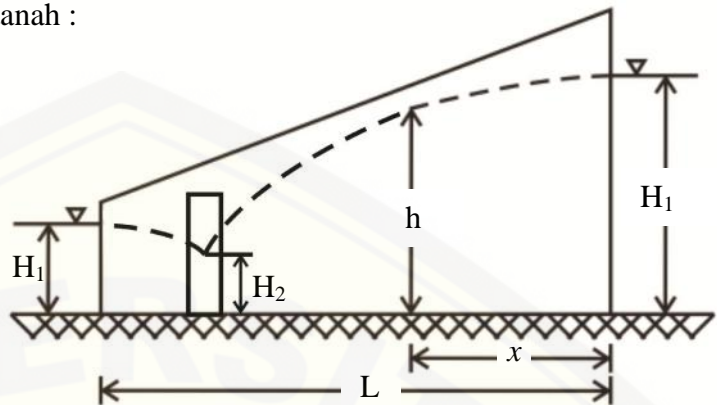
$$x = L \quad ; \quad h = H_2 \quad \text{maka, } H_2^2 = A \cdot L + B^2$$

$$A = \frac{H_2^2 - H_1^2}{L}$$

Diperoleh persamaan muka air tanah :

$$h^2 = \frac{H_2^2 - H_1^2}{L} x + H_1^2$$

$x$  = Jarak titik manometer dari titik nol (0).



Persamaan di atas digunakan untuk menentukan persamaan tinggi muka air tanah ( $h$ ). Berikut adalah hasil dari penentuan persamaan tinggi muka air :

Tabel 4.17 Penentuan persamaan tinggi muka air manometer 1-3

Kemiringan	$H_1$	$H_2$	$L$	$h^2$	$H$
$2^\circ$	27	25	170	$729 - 0,6118 x$	$\frac{\sqrt{729}}{\sqrt{729}} - 0,6118 x$
$4^\circ$	36	31	170	$729 - 0,6118 x$	$\frac{\sqrt{729}}{\sqrt{729}} - 0,6118 x$
$6^\circ$	40	32	170	$1600 - 3,3882 x$	$\frac{\sqrt{1600}}{\sqrt{1600}} - 3,3882 x$
$8^\circ$	43	33	170	$1849 - 4,4706 x$	$\frac{\sqrt{1849}}{\sqrt{1849}} - 4,4706 x$

Tabel 4.18 Penentuan persamaan tinggi muka air manometer 10-19

Kemiringan	$H_1$	$H_2$	$L$	$h^2$	$H$
$2^\circ$	52	25	805	$2704 - 3,6157 x$	$\frac{\sqrt{2704}}{\sqrt{2704}} - 3,6157 x$
$4^\circ$	80	31	805	$6400 - 9,4591 x$	$\frac{\sqrt{6400}}{\sqrt{6400}} - 9,4591 x$
$6^\circ$	101	34	805	$10201 - 15,7304 x$	$\frac{\sqrt{10201}}{\sqrt{10201}} - 15,7304 x$
$8^\circ$	112	36	805	$12544 - 19,5617x$	$\frac{\sqrt{12544}}{\sqrt{12544}} - 19,5617x$

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari persamaan tinggi muka air yang terdapat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18, sehingga didapatkan tinggi muka air ( $h$ ) sebagai berikut :

Tabel 4.19 Perhitungan tinggi muka air manometer 1-3

Manometer Pot. Memanjang	Manometer ke-		
	1	2	3
$x$ (mm)	0	125	170
Kemiringan $2^\circ$	27	26	25
Kemiringan $4^\circ$	36	32	31
Kemiringan $6^\circ$	40	34	32
Kemiringan $8^\circ$	43	36	33

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Perhitungan tinggi muka air manometer 10-19

Manometer Pot. Memanjang	Manometer ke-									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$x$ (mm)	575	550	505	405	305	260	230	170	125	0
Kemiringan $2^\circ$	25	27	30	35	40	42	43	46	47	52
Kemiringan $4^\circ$	31	35	40	51	59	63	65	69	72	80
Kemiringan $6^\circ$	34	39	48	62	74	78	81	87	91	101
Kemiringan $8^\circ$	36	42	52	68	81	86	90	96	100	112

Sumber : Hasil Perhitungan

Dilihat dari hasil Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 bila dibuat grafik, maka muka airnya berbentuk lengkungan ke bawah. Didapatkan tinggi muka air tanah terendah terjadi pada manometer ke-3, karena saluran outlet (pembuang) terdapat didekat titik manometer ke-3.

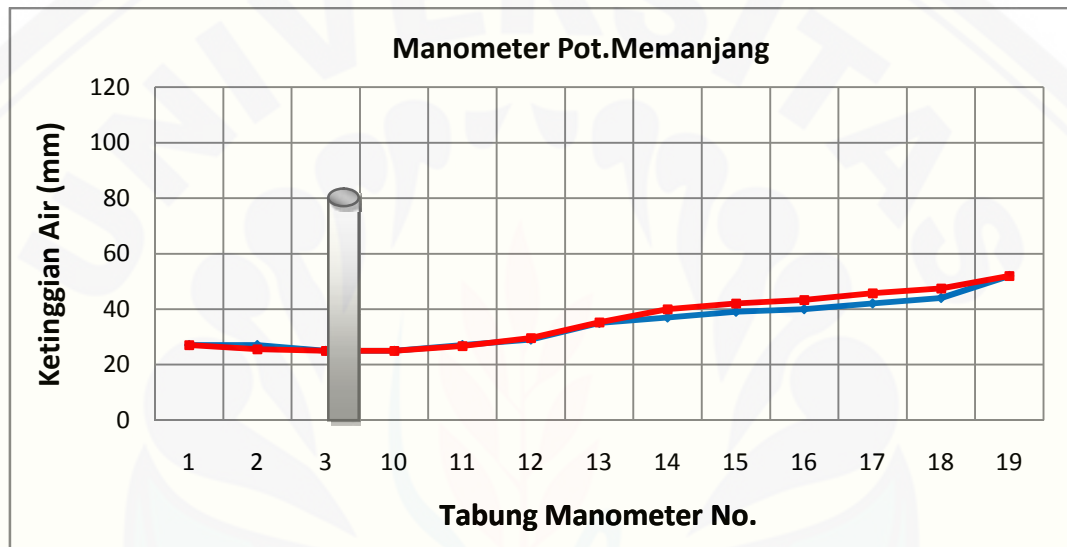
#### 4.7 Perbandingan Tinggi Muka Air Tanah

Berikut adalah hasil dari perbandingan antara tinggi muka air tanah (h) pembacaan dan tinggi muka air tanah (h) hasil hitungan :

Tabel 4.21 Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 2°

Variasi kemiringan 2°	Manometer ke-												
	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
h pembacaan (mm)	27	27	25	25	27	29	35	37	39	40	42	44	52
h hasil hitungan (mm)	27	26	25	25	27	30	35	40	42	43	46	47	52

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan



Keterangan :

- = h hasil hitungan (mm)
- = h hasil pembacaan (mm)

Gambar 4.13 Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 2°

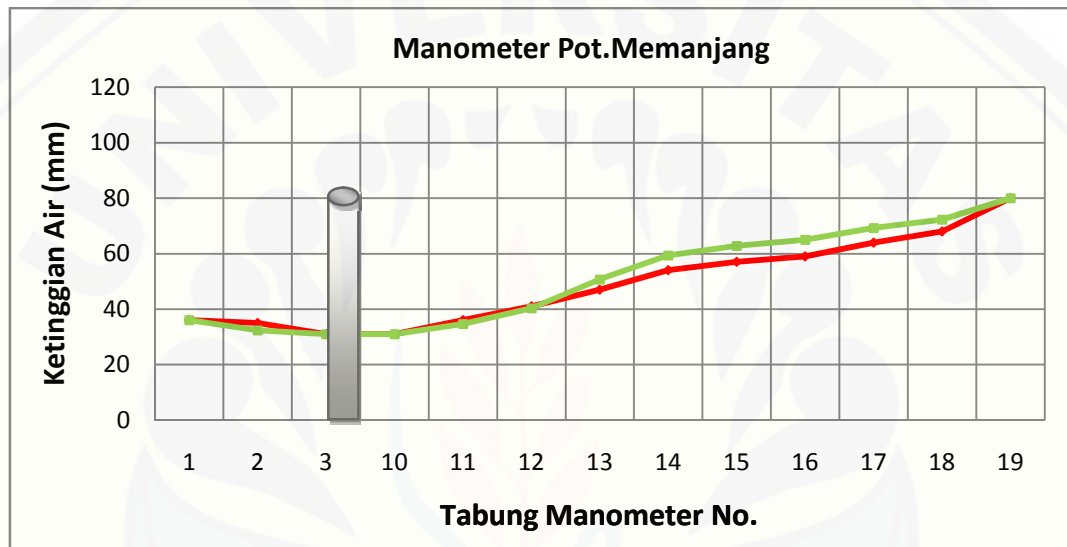
Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa grafik tinggi muka air (h) hasil perhitungan membentuk lengkungan ke bawah. Tinggi muka air (h) yang paling rendah terdapat diantara titik manometer ke-3 dan ke-10, karena saluran outlet (pembuang) terdapat diantara titik tersebut. Hasil pembacaan manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan.



Tabel 4.22 Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 4°

Variasi kemiringan 4°	Manometer ke-												
	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
h pembacaan (mm)	36	35	31	31	36	41	47	54	57	59	64	68	80
h hasil hitungan (mm)	36	46	49	52	54	56	62	67	69	70	73	75	80

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan



Keterangan :

- = h hasil hitungan (mm)
- = h hasil pembacaan (mm)

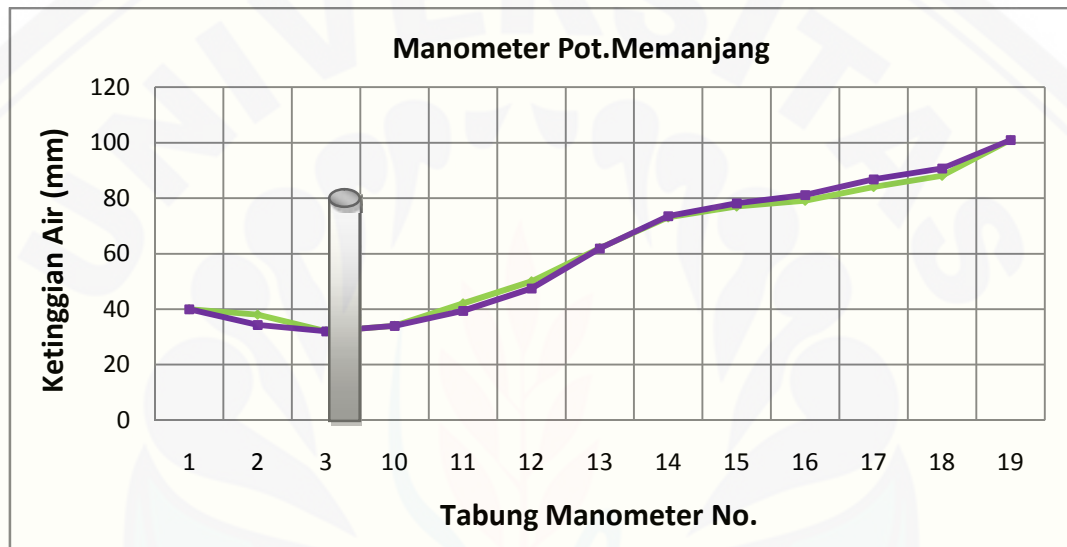
Gambar 4.14 Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 4°

Pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa grafik tinggi muka air (h) hasil perhitungan membentuk lengkungan ke bawah. Tinggi muka air (h) yang paling rendah terdapat diantara titik manometer ke-3 dan ke-10, karena saluran outlet (pembuang) terdapat diantara titik tersebut. Hasil pembacaan manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan.

Tabel 4.23 Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 6°

Variasi kemiringan 6°	Manometer ke-												
	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
h pembacaan (mm)	40	38	32	34	42	50	62	73	77	79	84	88	101
h hasil hitungan (mm)	40	34	32	34	39	48	62	74	78	81	87	91	101

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan



Keterangan :

- = h hasil hitungan (mm)
- = h hasil pembacaan (mm)

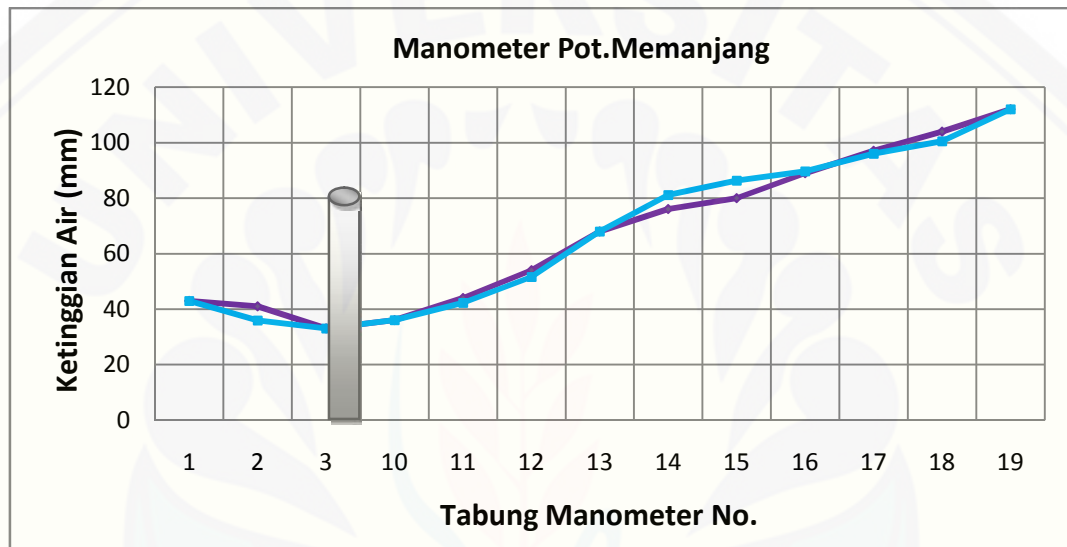
Gambar 4.15 Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 6°

Pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa grafik tinggi muka air (h) hasil perhitungan membentuk lengkungan ke bawah. Tinggi muka air (h) yang paling rendah terdapat diantara titik manometer ke-3 dan ke-10, karena saluran outlet (pembuang) terdapat diantara titik tersebut. Hasil pembacaan manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan.

Tabel 4.24 Perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 8°

Variasi kemiringan 8°	Manometer ke-												
	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
h pembacaan (mm)	43	41	33	36	44	54	68	76	80	89	97	104	112
h hasil hitungan (mm)	43	36	33	36	42	52	68	81	86	90	96	100	112

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan



Keterangan :

- = h hasil hitungan (mm)
- = h hasil pembacaan (mm)

Gambar 4.16 Grafik perbandingan tinggi muka air tanah variasi kemiringan 8°

Pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa grafik tinggi muka air (h) hasil perhitungan membentuk lengkungan ke bawah. Tinggi muka air (h) yang paling rendah terdapat diantara titik manometer ke-3 dan ke-10, karena saluran outlet (pembuang) terdapat diantara titik tersebut. Hasil pembacaan manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan.

#### 4.8 Analisa Perbandingan Tinggi Muka Air Tanah

Untuk menganalisa tinggi muka air tanah menggunakan metode korelasi determinasi ( $r^2$ ). Berikut adalah rumus dari metode korelasi determinasi :

$$r^2 = \left[ \frac{n \sum x_1 x_2 - \sum x_1 \sum x_2}{\sqrt{[n \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2][n \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2]}} \right]^2$$

Dimana :

$x_1$  = h pembacaan manometer

$x_2$  = h hasil perhitungan

$n$  = Banyaknya titik manometer

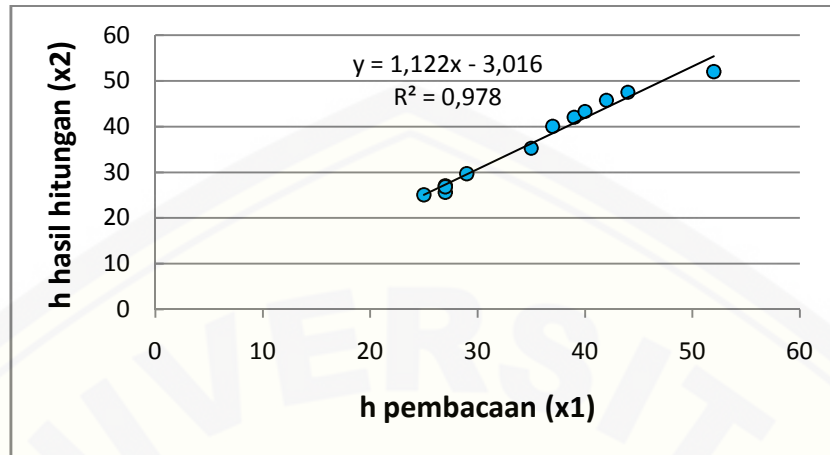
Tabel 4.25 Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan  $2^\circ$

Manometer ke-	$x_1$	$x_2$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$
1	27	27	729	729	729
2	27	26	690	729	653
3	25	25	625	625	625
10	25	25	625	625	625
11	27	27	722	729	715
12	29	30	859	841	878
13	35	35	1232	1225	1240
14	37	40	1481	1369	1601
15	39	42	1638	1521	1764
16	40	43	1731	1600	1872
17	42	46	1920	1764	2089
18	44	47	2088	1936	2252
19	52	52	2704	2704	2704
$n = 13$	$x_1 = 449$	$x_2 = 465$	$x_1 \cdot x_2 = 17044$	$x_1^2 = 16397$	$x_2^2 = 17747$

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan  $2^\circ$  sebagai berikut :

$$r^2 = \left[ \frac{13(17044) - (449)(465)}{\sqrt{[13(16397) - (449)^2][13(17747) - (465)^2]}} \right]^2 = 0,978$$



Gambar 4.17 Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan  $2^\circ$

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan  $2^\circ$  didapatkan 0,978. Hasil tersebut berada diantara 0,80 – 1 yang berarti tingkat kesesuaian antara h pembacaan manometer dan h hasil perhitungan pada kemiringan  $2^\circ$  sangat kuat.

Tabel 4.26 Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan  $4^\circ$

Manometer ke-	x1	x2	x1.x2	x1 <sup>2</sup>	x2 <sup>2</sup>
1	36	36	1296	1296	1296
2	35	32	1134	1225	1050
3	31	31	961	961	961
10	31	31	961	961	961
11	36	35	1246	1296	1197
12	41	40	1652	1681	1623
13	47	51	2382	2209	2569
14	54	59	3202	2916	3515
15	57	63	3578	3249	3941
16	59	65	3835	3481	4224
17	64	69	4430	4096	4792
18	68	72	4912	4624	5218

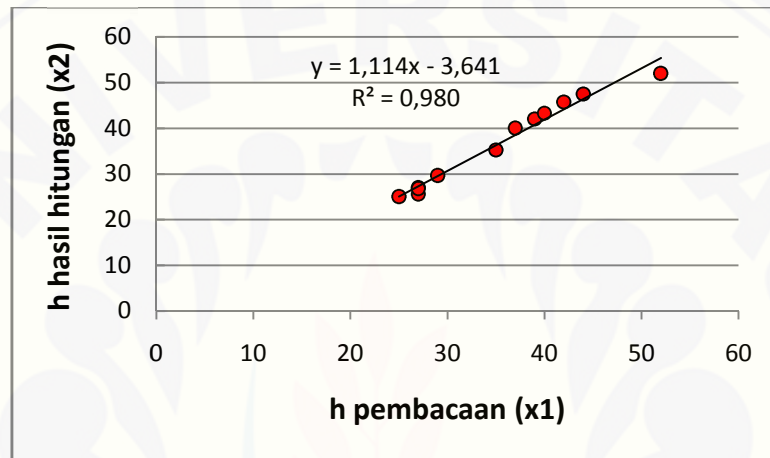


19	80	80	6400	6400	6400
n = 13	x1 = 639	x2 = 664	x1.x2 = 35988	x1 <sup>2</sup> = 34395	x2 <sup>2</sup> = 37747

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan 4° sebagai berikut :

$$r^2 = \left[ \frac{13(35988) - (639)(664)}{\sqrt{[13(34395) - (639)^2][13(37747) - (664)^2]}} \right]^2 = 0,980$$



Gambar 4.18 Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan 4°

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan 4° didapatkan 0,980. Hasil tersebut berada diantara 0,80 – 1 yang berarti tingkat kesesuaian antara h pembacaan manometer dan h hasil perhitungan pada kemiringan 4° sangat kuat.

Tabel 4.27 Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan 6°

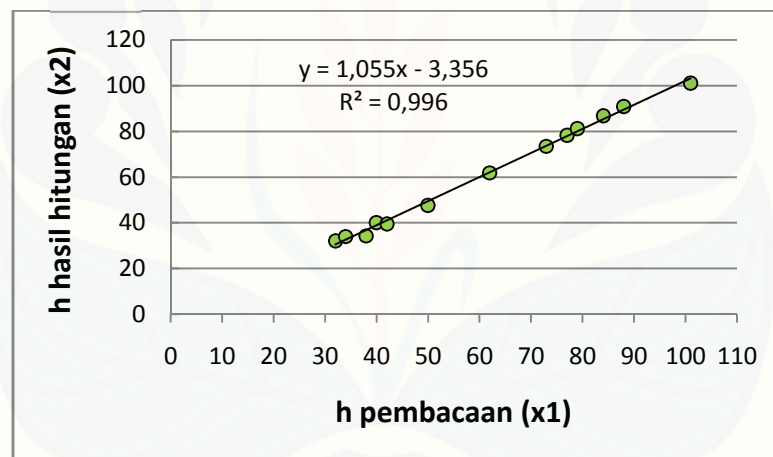
Manometer ke-	x1	x2	x1.x2	x1 <sup>2</sup>	x2 <sup>2</sup>
1	40	40	1600	1600	1600
2	38	34	1303	1444	1176
3	32	32	1024	1024	1024
10	34	34	1156	1156	1156
11	42	39	1653	1764	1549

12	50	48	2375	2500	2257
13	62	62	3837	3844	3830
14	73	74	5366	5329	5403
15	77	78	6019	5929	6111
16	79	81	6410	6241	6583
17	84	87	7288	7056	7527
18	88	91	7986	7744	8235
19	101	101	10201	10201	10201
n = 13	x1 = 800	x2 = 800	x1.x2 = 56218	x1 <sup>2</sup> = 55832	x2 <sup>2</sup> = 56653

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan 6° sebagai berikut :

$$r^2 = \left[ \frac{13(56218) - (800)(800)}{\sqrt{[13(55832) - (800)^2][13(56653) - (800)^2]}} \right]^2 = 0,996$$



Gambar 4.19 Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan 6°

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan 6° didapatkan 0,996. Hasil tersebut berada diantara 0,80 – 1 yang berarti tingkat kesesuaian antara h pembacaan manometer dan h hasil perhitungan pada kemiringan 6° sangat kuat.

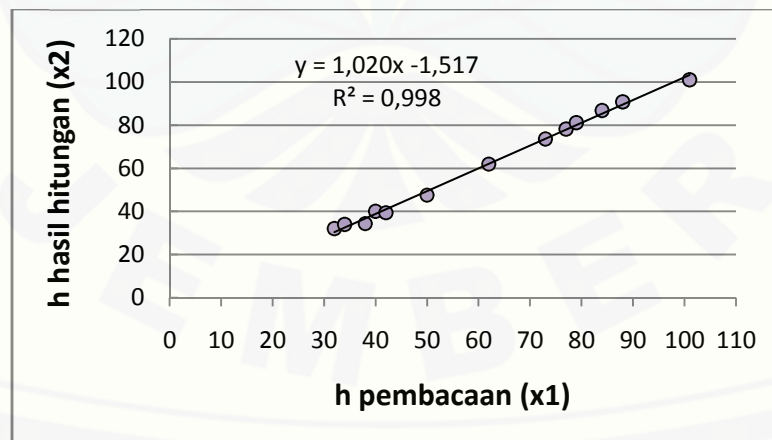
Tabel 4.28 Analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan 8°

Manometer ke-	x1	x2	x1.x2	x1 <sup>2</sup>	x2 <sup>2</sup>
1	43	43	1849	1849	1849
2	41	36	1473	1681	1290
3	33	33	1089	1089	1089
10	36	36	1296	1296	1296
11	44	42	1859	1936	1785
12	54	52	2788	2916	2665
13	68	68	4623	4624	4622
14	76	81	6164	5776	6578
15	80	86	6909	6400	7458
16	89	90	7983	7921	8045
17	97	96	9313	9409	9219
18	104	100	10451	10816	10099
19	112	112	12544	12544	12544
n = 13	x1 = 877	x2 = 875	x1.x2 = 68340	x1 <sup>2</sup> = 68257	x2 <sup>2</sup> = 68538

Sumber : Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan 8° sebagai berikut :

$$r^2 = \left[ \frac{13(68340) - (877)(875)}{\sqrt{[13(68257) - (877)^2][13(68538) - (875)^2]}} \right]^2 = 0,988$$



Gambar 4.20 Grafik analisa perbandingan tinggi muka air tanah dengan metode korelasi determinasi variasi kemiringan 8°

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi determinasi variasi kemiringan  $8^\circ$  didapatkan 0,988. Hasil tersebut berada diantara 0,80 – 1 yang berarti tingkat kesesuaian antara h pembacaan manometer dan h hasil perhitungan pada kemiringan  $8^\circ$  sangat kuat.



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari pemodelan yang telah dilakukan pada *Ground Water Flow and Well Abstraction Unit* dengan media pasir kuarsa, kesimpulan yang dapat diambil untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Ketinggian muka air pada manometer dengan nilai koefisien permeabilitas yang sama sebesar 0,024 cm/det menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan lahan, maka semakin tinggi muka air pada manometer. Hal ini dikarenakan kemampuan menampung air pada akuifer (pasir kuarsa) dengan sudut kemiringan lahan besar lebih banyak daripada sudut kemiringan lahan kecil.
- Hasil perbandingan tinggi muka air menunjukkan bahwa grafik tinggi muka air (h) hasil perhitungan membentuk lengkungan ke bawah. Tinggi muka air (h) yang paling rendah terdapat diantara titik manometer ke-3 dan ke-10, karena saluran outlet (pembuang) terdapat diantara titik tersebut. Hasil pembacaan manometer sama dengan hasil perhitungan penurunan muka air tanah karena pemompaan.
- Dari hasil perhitungan korelasi determinasi, tingkat kesesuaian antara h pembacaan manometer dan h hasil perhitungan pada kemiringan 2° sebesar 0,978; kemiringan 4° sebesar 0,980; kemiringan 6° sebesar 0,996; kemiringan 8° sebesar 0,988. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat kesesuaian korelasinya antara 0,8-1 berarti hubungan antara keduanya sangat kuat.

### 5.2 Saran

Untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya, saluran outlet/pembuangan ditempatkan pada ujung tangki pasir, atur tingkat kedataran alat, dan atur aliran air supaya tidak melebihi ketinggian pasir.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Armfield .2011.*S11 Issue 9 Instruction Manual*.
- Rosyadi, A. 2013. *Kondisi Tinggi Muka Air Tanah Dan Penurunannya Pada Ground Water Flow And Well Abstraction Unit*. Universitas Jember.
- Permana, E. 2012. *Pengaruh Intensitas Curah Hujan dan Lama Waktu Hujan Terhadap Kelongsoran Tanah Ditinjau Dari Sisi Geoteknik*. Universitas Indonesia.
- Djarwanti, N. 2008. *Komparasi Koefisien Permeabilitas (k) Pada Tanah Kohesif*. Universitas Negeri Surakarta.
- Suprayogi, I., Trimaijon., & Mahyudin. 2009. *Model Prediksi Liku Kalibrasi menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (Jst)(Studi Kasus: Sub Das Siak Hulu)*. Universitas Riau.
- Mohammad Bisri.1991.*Aliran Air Tanah.Universitas Brawijaya*. Malang.
- Universitas Jember. 2008. *Buku Petunjuk Praktikum Uji Tanah*. Jember : Teknik Sipil.
- Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember : Jember University Press.

## Lampiran A. Uji Permeabilitas

No.	Test No.	1	2	3
1	Berat Pasir, (gr) , W	400	400	400
2	Tabung permeameter			
	Diameter, (cm) , D	6,42	6,42	6,42
	Luas penampang, (cm <sup>2</sup> ) , A	32,3549	32,3549	32,3549
	Volume tabung, (cm <sup>3</sup> ) , V	262,074	262,074	262,074
3	Panjang sampel, (cm) , L	8,1	8,1	8,1
4	Volume air, (cm <sup>3</sup> ) , V	76	76	76
5	Selisih tinggi manometer, h	40	40	40
6	Waktu dari h <sub>0</sub> ke h, (dt) , t	20	19	20
7	Koefisien permeabilitas, (cm/dt) , k	0,024	0,025	0,024
8	Rata-rata koefisien permeabilitas, k	0,024		
9	Berat Isi, (gr/cm <sup>3</sup> ), γ	1,526		

No.	Test No.	1	2	3
1	Berat Pasir, (gr) , W	405	405	405
2	Tabung permeameter			
	Diameter, (cm) , D	6,42	6,42	6,42
	Luas penampang, (cm <sup>2</sup> ) , A	32,3549	32,3549	32,3549
	Volume tabung, (cm <sup>3</sup> ) , V	262,074	262,074	262,074
3	Panjang sampel, (cm) , L	8,1	8,1	8,1
4	Volume air, (cm <sup>3</sup> ) , V	76	76	76
5	Selisih tinggi manometer, h	40	40	40
6	Waktu dari h <sub>0</sub> ke h, (dt) , t	26	25	25
7	Koefisien permeabilitas, (cm/dt) , k	0,018	0,019	0,019
8	Rata-rata koefisien permeabilitas, k	0,019		
9	Berat Isi, (gr/cm <sup>3</sup> ), γ	1,545		

No.	Test No.	1	2	3
1	Berat Pasir, (gr) , W	410	410	410
2	Tabung permeameter			
	Diameter, (cm) , D	6,42	6,42	6,42
	Luas penampang, (cm <sup>2</sup> ) , A	32,3549	32,3549	32,3549
	Volume tabung, (cm <sup>3</sup> ) , V	262,074	262,074	262,074
3	Panjang sampel, (cm) , L	8,1	8,1	8,1
4	Volume air, (cm <sup>3</sup> ) , V	76	76	76
5	Selisih tinggi manometer, h	40	40	40
6	Waktu dari h <sub>0</sub> ke h, (dt) , t	30	30	29
7	Koefisien permeabilitas, (cm/dt) , k	0,016	0,016	0,016
8	Rata-rata koefisien permeabilitas, k		0,016	
9	Berat Isi, (gr/cm <sup>3</sup> ), γ		1,564	

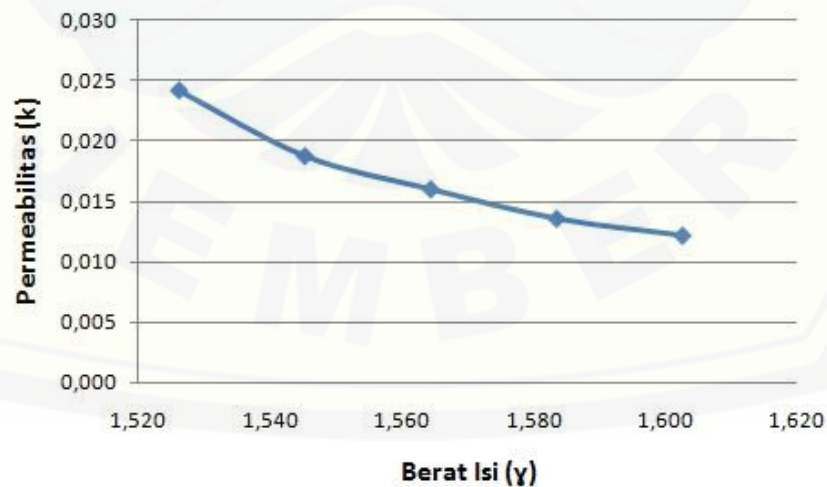
No.	Test No.	1	2	3
1	Berat Pasir, (gr) , W	415	415	415
2	Tabung permeameter			
	Diameter, (cm) , D	6,42	6,42	6,42
	Luas penampang, (cm <sup>2</sup> ) , A	32,3549	32,3549	32,3549
	Volume tabung, (cm <sup>3</sup> ) , V	262,074	262,074	262,074
3	Panjang sampel, (cm) , L	8,1	8,1	8,1
4	Volume air, (cm <sup>3</sup> ) , V	76	76	76
5	Selisih tinggi manometer, h	40	40	40
6	Waktu dari h <sub>0</sub> ke h, (dt) , t	34	36	35
7	Koefisien permeabilitas, (cm/dt) , k	0,014	0,013	0,014
8	Rata-rata koefisien permeabilitas, k		0,014	
9	Berat Isi, (gr/cm <sup>3</sup> ), γ		1,584	

No.	Test No.	1	2	3
1	Berat Pasir, (gr) , W	420	420	420
2	Tabung permeameter			
	Diameter, (cm) , D	6,42	6,42	6,42
	Luas penampang, (cm <sup>2</sup> ) , A	32,3549	32,3549	32,3549
	Volume tabung, (cm <sup>3</sup> ) , V	262,074	262,074	262,074
3	Panjang sampel, (cm) , L	8,1	8,1	8,1
4	Volume air, (cm <sup>3</sup> ) , V	76	76	76
5	Selisih tinggi manometer, h	40	40	40
6	Waktu dari h <sub>0</sub> ke h, (dt) , t	38	40	39
7	Koefisien permeabilitas, (cm/dt) , k	0,013	0,012	0,012
8	Rata-rata koefisien permeabilitas, k	0,012		
9	Berat Isi, (gr/cm <sup>3</sup> ) , γ	1,603		

Sumber : HasilUji Laboratorium

$$k = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A \cdot t}$$

$$\gamma = \frac{W}{V}$$



## Lampiran B. Penentuan Persamaan Tinggi Muka Air

## 1. Kemiringan 2°

$$H1 = 52 \text{ mm}$$

$$H2 = 27 \text{ mm}$$

$$L = 805 \text{ mm}$$

$$h^2 = \frac{27^2 - 52^2}{805}x + 52^2$$

$$h^2 = 2704 - 2,4534x$$

$$h = \sqrt{2704 - 2,4534x}$$

## 3. Kemiringan 6°

$$H1 = 101 \text{ mm}$$

$$H2 = 40 \text{ mm}$$

$$L = 805 \text{ mm}$$

$$h^2 = \frac{40^2 - 101^2}{805}x + 101^2$$

$$h^2 = 10201 - 10,6845x$$

$$h = \sqrt{10201 - 10,6845x}$$

## 2. Kemiringan 4°

$$H1 = 80 \text{ mm}$$

$$H2 = 36 \text{ mm}$$

$$L = 805 \text{ mm}$$

$$h^2 = \frac{36^2 - 80^2}{805}x + 80^2$$

$$h^2 = 6400 - 6,3404x$$

$$h = \sqrt{6400 - 6,3404x}$$

## 4. Kemiringan 8°

$$H1 = 112 \text{ mm}$$

$$H2 = 43 \text{ mm}$$

$$L = 805 \text{ mm}$$

$$h^2 = \frac{43^2 - 112^2}{805}x + 112^2$$

$$h^2 = 12544 - 13,2857x$$

$$h = \sqrt{12544 - 13,2857x}$$





Lampiran C. Ground Water Flow and Well Abstraction Unit



S11 Groundwater Flow and Well Abstraction

Ground Water Flow and Well Abstraction Unit



*Hydraulics Bench*



*Permeameter*

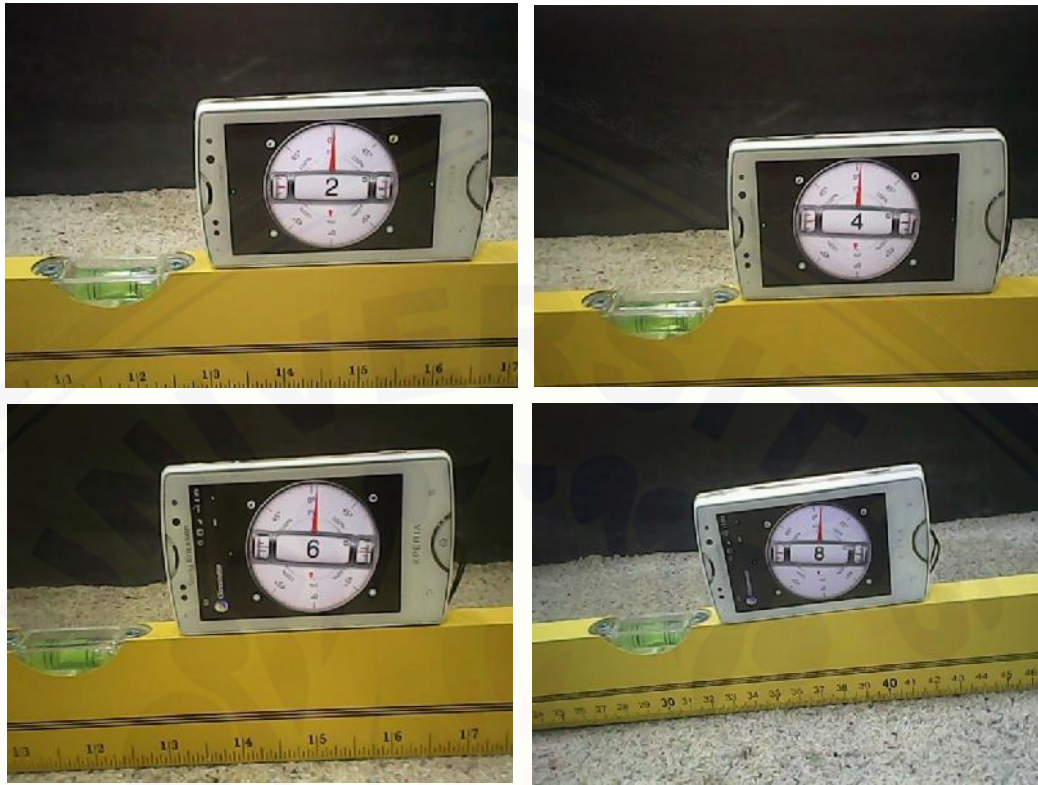


*Pengaturan sampel pada permeameter*





*Pengaturan sempel pada Ground Water Flow and Wells Abstraction Unit*



*Pengukuran sudut kemiringan pasir Ground Water Flow and Well Abstraction Unit dengan clinometer*

JEMBER



Lampiran D. Dokumentasi Laboratorium Pengamatan Manometer

1. Pembacaan manometer kemiringan  $2^\circ$



Percobaan ke-1



Percobaan ke-2



Percobaan ke-3



Percobaan ke-4



Percobaan ke-5

*Kondisi muka air tanah pada manometer dengan kemiringan  $2^\circ$*

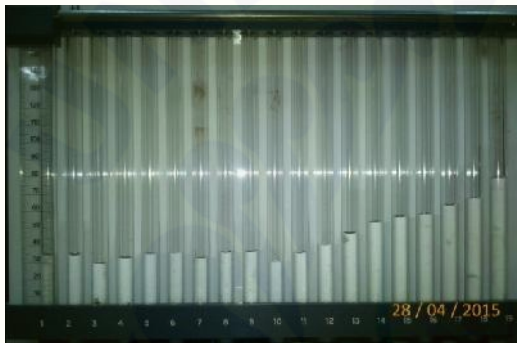
2. Pembacaan manometer kemiringan  $4^\circ$



Percobaan ke-1



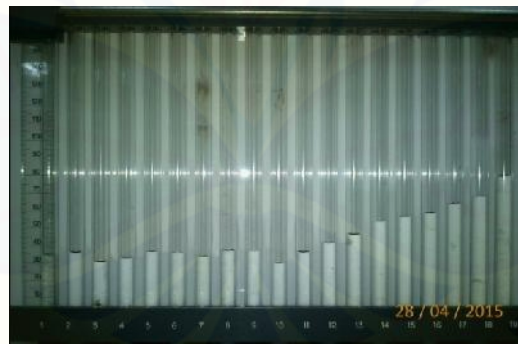
Percobaan ke-2



Percobaan ke-3



Percobaan ke-4



Percobaan ke-5

*Kondisi muka air tanah pada manometer dengan kemiringan  $4^\circ$*

3. Pembacaan manometer kemiringan  $6^\circ$



Percobaan ke-1



Percobaan ke-2



Percobaan ke-3



Percobaan ke-4



Percobaan ke-5

*Kondisi muka air tanah pada manometer dengan kemiringan  $6^\circ$*



4. Pembacaan manometer kemiringan  $8^\circ$



Percobaan ke-1



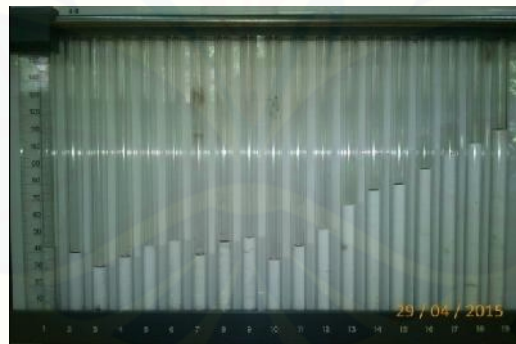
Percobaan ke-2



Percobaan ke-3



Percobaan ke-4



Percobaan ke-5

*Kondisi muka air tanah pada manometer dengan kemiringan  $8^\circ$*