

**MODEL SIMULASI MUKA AIR TANAH MENGGUNAKAN  
METODE BEDA HINGGA DI DAERAH  
DELTAMAS CIKARANG**

**TUGAS AKHIR**

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pertambangan di Institut Teknologi Sains Bandung

Oleh :

**Shandy Thabrany**

**12215012**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG**

**Juli 2021**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas akhir ini adalah karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Shandy Thabrany**

**NIM : 122.15.012**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 17 Juli 2021**

**MODEL SIMULASI MUKA AIR TANAH MENGGUNAKAN  
METODE BEDA HINGGA DI DAERAH  
DELTAMAS CIKARANG**

**TUGAS AKHIR**

**Shandy Thabrany**

**122.15.012**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 17 Juli 2021

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Rian Andriansyah, S.T., M.T.  
NIP. 19790216201409444

Friska Agustin, S.T., M.T.  
NIP. 19900803201810567

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan

Rian Andriansyah, S.T., M.T.  
NIP. 19790216201409444

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Budi Siswanto dan Ibu Nunung Heryati selaku orang tua dari penulis yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materi dan juga kepada Ibnu Akbar Ghozali selaku adik dari penulis yang selalu memberikan semangat.
- (2) Rian Andriansyah, S.T., M.T. dan Friska Agustin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi agar dapat memberikan hasil yang sebaik-baiknya.
- (3) Bapak Rian Andriansyah, S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Pertambangan yang telah memberikan pelayanan administrasi yang sangat memuaskan.
- (4) Bang Ghulam, Irfan, Rizky yang telah membantu penulis memberikan arahan dalam penulisan tugas akhir ini
- (5) Teman-teman Teknik Pertambangan 2015, yang selalu memberikan dukungan moral dan bantuan dalam penulisan draft tugas akhir.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Kota Deltamas, Agustus 2020

Shandy Thabrany

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shandy Thabrany  
NIM : 122.15.012  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Fakultas : Teknik dan Desain  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi Sains Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Model Simulasi Muka Air Tanah Menggunakan Metode Beda Hingga di Daerah Deltamas Cikarang** Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas  
Pada tanggal : 17 Juli 2021  
Yang menyatakan,

( Shandy Thabrany )

## ABSTRAK

### MODEL SIMULASI MUKA AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA DI DAERAH DELTAMAS CIKARANG

Shandy Thabrany<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: [thabranyshandy1010@gmail.com](mailto:thabranyshandy1010@gmail.com)

Sumberdaya air tanah untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat dan industri pada umumnya sulit untuk dihitung karena air tanah keberadaannya bergantung pada kondisi litologinya itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran model dari air tanah itu sendiri setelah dilakukan simulasi pemompaan serta mengetahui arah aliran air tanahnya.

Metode yang digunakan adalah metode beda hingga, metode beda hingga yang digunakan di proses atau dibantu dengan VISUAL MODFLOW. Selain dari membuat konseptual model kemudian dilanjutkan dengan simulasi pergerakan air tanah dan simulasi pemompaan. Simulasi aliran air tanah memiliki ketinggian yang relative sama, sehingga arah alirannya relative sama mengarah pada sumur pompa.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan muka air tanah di tahun ke 1 terjadi penurunan sebesar 27 m, kemudian pada simulasi di tahun ke 3 dan 10 penurunan muka air tanah tidak terjadi lagi penurunan muka air tanah dikarenakan batas kedalaman pompa.

**Kata Kunci:** Air tanah, konseptual model, simulasi aliran, dan simulasi pemompaan.

**ABSTRACT**  
**AREA MODEL GROUNDWATER ADVANCES**  
**DELTAMAS CIKARANG**

Shandy Thabrany<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mining Engineering Study Program, Bandung Institute of Science Technology

Email: [thabranyshandy1010@gmail.com](mailto:thabranyshandy1010@gmail.com)

Groundwater resources for the daily needs of society and industry, in general, are difficult to calculate because groundwater existence depends on the condition of lithology itself. This study aims to find out the model picture of groundwater itself after the simulation of pumping and know the direction of groundwater flow.

The methods used are different methods up to, other methods to those used in the processor assisted with software. Aside from making conceptual models then continued with groundwater movement simulation and pumping simulation. Simulation of groundwater flow has the same relative height, so the direction of flow is relatively the same as pump wells

The results showed that the decrease in groundwater level in the first year decreased by 27 m, then in the simulation in the 3rd and 10th years of groundwater subsidence there is no longer a decrease in ground water level due to the pump depth limit.

**Keyword:** Groundwater, conceptual models, flow simulations, and pumping simulations.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Masalah Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian dan Batasan Penelitian.....	2
1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: .....	2
1.3.2 Batasan Masalah.....	2
1.4 Lingkup Penelitian .....	2
1.5 Tahapan Penelitian.....	2
1.5.2 Analisis Hasil Pengolahan Data .....	3
1.5.3 Tahap penyusunan Laporan Akhir.....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Hidrologi .....	6
2.2 Hidrogeologi.....	7
2.3 Definisi Air Tanah .....	7
2.3 Lapisan Pembawa Air Tanah.....	8
2.4 Properti Hidrogeologi.....	11



2.4.1 Konduktivitas Hidraulik.....	11
2.4.2 Transmissivity .....	13
2.4.4 Storativity .....	14
2.4.5 Specific yield .....	15
2.4.6 Porositas .....	16
2.5 Hukum Darcy .....	18
2.6 Model Hidrologi.....	19
2.6.1 Metode Beda Hingga.....	19
<b>BAB III.....</b>	<b>24</b>
<b>DATA DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>24</b>
3.1 Tahapan Penelitian.....	24
3.3.1 Tahapan Pendahuluan.....	25
3.3.2 Tahapan Pengambilan Data .....	25
3.3.4 Data Curah Hujan daerah penelitian.....	30
3.3.5 Data Permeabilitas .....	31
3.3.6 Peta Lokasi penelitian.....	32
3.3.7 Peta Topografi dan Titik Bor .....	34
3.3.8 Ketinggian Muka Air Tanah DB-1 Sampai DB-16 .....	34
<b>BAB IV.....</b>	<b>37</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Model Konseptual.....	37
4.3 Simulasi.....	38
4.3.1 Simulasi Pemompaan.....	38
4.4 Hasil Simulasi.....	43
<b>BAB V .....</b>	<b>46</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai K Material Sedimen Yang Tidak Terkonsolidasi	11
Tabel 2.2 Nilai K Batuan Sedimen	12
Tabel 2.3 Nilai K Batuan Kristalin	12
Tabel 2.4 Nilai Kz dan Kr	13
Tabel 2.5 Nilai Penyimpanan Khusus	14
Tabel 2.6 Nilai Specific Yield	15
Tabel 2.7 Nilai Porositas Sedimentasi Yang Tidak Terkonsolidasi	17
Tabel 2.8 Nilai Porositas Batuan Sedimen	17
Tabel 2.9 Nilai Porositas Batuan Kristalin	18
Tabel 3.1 Curah Hujan	30
Tabel 3.2 Nilai Permeabilitas	31
Tabel 3.3 Muka Air Tanah Saat Pagi	34
Tabel 3.4 Muka Air Tanah Saat Sore	35
Tabel 4.1 perhitungan perkiraan kebutuhan air harian (pengunjung)	38
Tabel 4.2 Perkiraan Kebutuhan Air Juwana (2005)	38
Tabel 4.3 perhitungan perkiraan kebutuhan air harian (Luasan daerah)	39
Tabel 4.4 Desain Sumur Pompa	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	5
Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	6
Gambar 2.2 Akuifer Terkekang	9
Gambar 2.3 Akuifer Tidak Terkekang	10
Gambar 2.4 Akuifer Semi Terkekang	10
Gambar 2.5 Persamaan Porositas Heath	16
Gambar 2.6 Ilustrasi Percobaan Darcy Pada Pipa Datar	18
Gambar 2.7 Skema 2D Beda Hingga Dengan <i>Block-Centered</i>	20
Gambar 2.8 Skema 3D Beda Hingga	20
Gambar 3.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian	24
Gambar 3.2 Block Centered Finite Difference Grid	26
Gambar 3.3 Mesh Centered Finite Difference Grid	26
Gambar 3.4 Lokasi Penelitian	27
Gambar 3.5 Peta Foto Udara Daerah Penelitian	27
Gambar 3.6 Alat Ukur Kedalaman Tanah	28
Gambar 3.7 Proses Pengukuran Kedalaman Air Tanah	29
Gambar 3.8 Peta Geologi Penelitian	31
Gambar 3.9 Peta hidrogeologi daerah penelitian	32
Gambar 3.10 Peta Topografi Daerah Penelitian	33
Gambar 4.1 Konduktifitas	36
Gambar 4.2 Storage	37
Gambar 4.3 penggunaan air sektor industri	37
Gambar 4.3 Desain Pemasangan Pompa WP-01	40
Gambar 4.4 Desain Pemasangan Pompa WP-02	40
Gambar 4.5 Desain Pemasangan Pompa WP-03	41
Gambar 4.6 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 1 Tahun	42
Gambar 4.7 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 3 Tahun	43
Gambar 4.8 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 10 Tahun	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan material berasal dari alam yang sudah menjadi kebutuhan pokok manusia di seluruh dunia, selain untuk menjadi kebutuhan pokok seperti minum, mandi, memasak, dan mencuci, air juga sering digunakan sebagai bagian dari proses-proses industri. Air dibagi menjadi dua bagian yaitu air tanah dan air permukaan, pada dasarnya orang-orang atau masyarakat lebih sering memanfaatkan air tanah untuk memenuhi kebutuhan pokoknya karena air tanah itu sendiri pada umumnya lebih baik kualitasnya dibandingkan dengan air permukaan, selain itu juga dari distribusi air tanah dengan air permukaan cukup signifikan perbedaannya, biaya distribusi air tanah jauh lebih murah dibandingkan dengan distribusi air permukaannya, karena air permukaan sangat bergantung pada sungai-sungai besar dan curah air hujan yang berada di setiap daerah.

Sumberdaya air tanah untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat dan industri pada umumnya sulit untuk dihitung karena air tanah keberadaannya bergantung pada kondisi litologinya itu sendiri. Tetapi walaupun demikian kita dapat melakukan penelitian pendekatan untuk mempelajari keberadaan dari sumber air tanah tersebut, mensimulasikan penurunan muka air tanah yang bertujuan untuk memprediksikan kondisi muka air tanah di kondisi yang akan datang.

Kemudian dalam penelitian kali ini saya akan menerapkan metode beda hingga data muka air tanah yang di dapat langsung dilapangan, sehingga simulasi penurunan muka air tanah dapat tervisualisasi secara nyata, lokasi penelitian merupakan lahan yang akan dibangun mall AEON di masa yang akan datang.

## **1.2. Masalah Penelitian**

Keberadaan muka air tanah pada dunia nyata tidak bisa secara langsung dilihat oleh mata setiap orang, maka dari itu saya ingin mencoba memodelkan dengan mensimulasikan penurunan muka air tanah, saya berharap bisa menjawab masalah tersebut melalui penelitian yang telah dilakukan, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana model simulasi pemompaan muka air tanah di lokasi penelitian?
2. Bagaimana arah aliran muka air tanah di lokasi penelitian?

## **1.3 Tujuan Penelitian dan Batasan Penelitian**

1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui kondisi muka air tanah setelah dilakukan simulasi.
- b. Mengetahui arah aliran muka air tanah di lokasi penelitian.

1.3.2 Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada simulasi penurunan muka air tanah, kondisi muka air tanah dilihat dari geologi regional, daerah penelitian yang berada di daerah Kota Deltamas Cikarang. Terdapat 16 titik lubang pemboran dengan jarak antar titik pemborannya berkisar 100 m dengan kedalaman per titik pemborannya adalah 60 m.

## **1.4 Lingkup Penelitian**

Lokasi Penelitian terletak di kota deltamasa jalan ganesha boulevard pasirranji, kecamatan Cikarang pusat, kabupaten Bekasi. Kegiatan yang dilakukan selama penelitian antara lain:

- a. Mengidentifikasi kondisi muka air tanah di daerah penelitian setelah dilakukan simulasi pemompaan.
- b. Memodelkan simulasi penurunan muka air tanah di daerah penelitian.

## **1.5 Tahapan Penelitian**

Proses penelitian yang dilakukan menggunakan metode dengan beberapa tahapan, yaitu:

1.5.1 Tahapan Pengumpulan Data

1) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan, antara lain berasal dari buku atau referensi, referensi yang didapat sebagian besar berasal dari internet.

## 2) Studi Lapangan

Studi lapangan dengan cara pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Seperti pengamatan mengukur ketinggian muka air tanah, dan memplot lokasi titik bor di lapangan, untuk kebutuhan identifikasi kondisi muka air tanah dan model simulasi dari muka air tanah.

## 3) Pengolahan Data

Data-data yang didapat akan di olah sebagai berikut:

- a. Hasil pengukuran muka air tanah akan diolah menggunakan Visual Modflow untuk mensimulasikan pergerakan muka air tanah di lokasi penelitian.
- b. Hasil pengolahan data berupa model simulasi penurunan muka air tanah.

### 1.5.2 Analisis Hasil Pengolahan Data

Pada tahapan ini seluruh data dan hasil penelitian yang telah terkumpul baik dari penelitian lapangan, studi literatur, kemudian akan diolah dan saling dihubungkan satu sama lain sehingga akan diambil kesimpulan, dengan demikian data yang telah didapat akan jelas hubungannya.

### 1.5.3 Tahap penyusunan Laporan Akhir

Setelah seluruh tahapan di atas telah dilakukan, dilanjutkan dengan pembuatan laporan dan akan disimpulkan sesuai hasil yang didapat dari tahapan penelitian diatas.

Adapun susunan dari laporan ini sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, lingkup penelitian, batasan masalah, dan tahapan penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tinjauan dan studi pustaka yang menunjang pada penelitian ini.

### **BAB III DATA DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini membahas tentang alur kerja metode penelitian Tugas Akhir secara umum.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

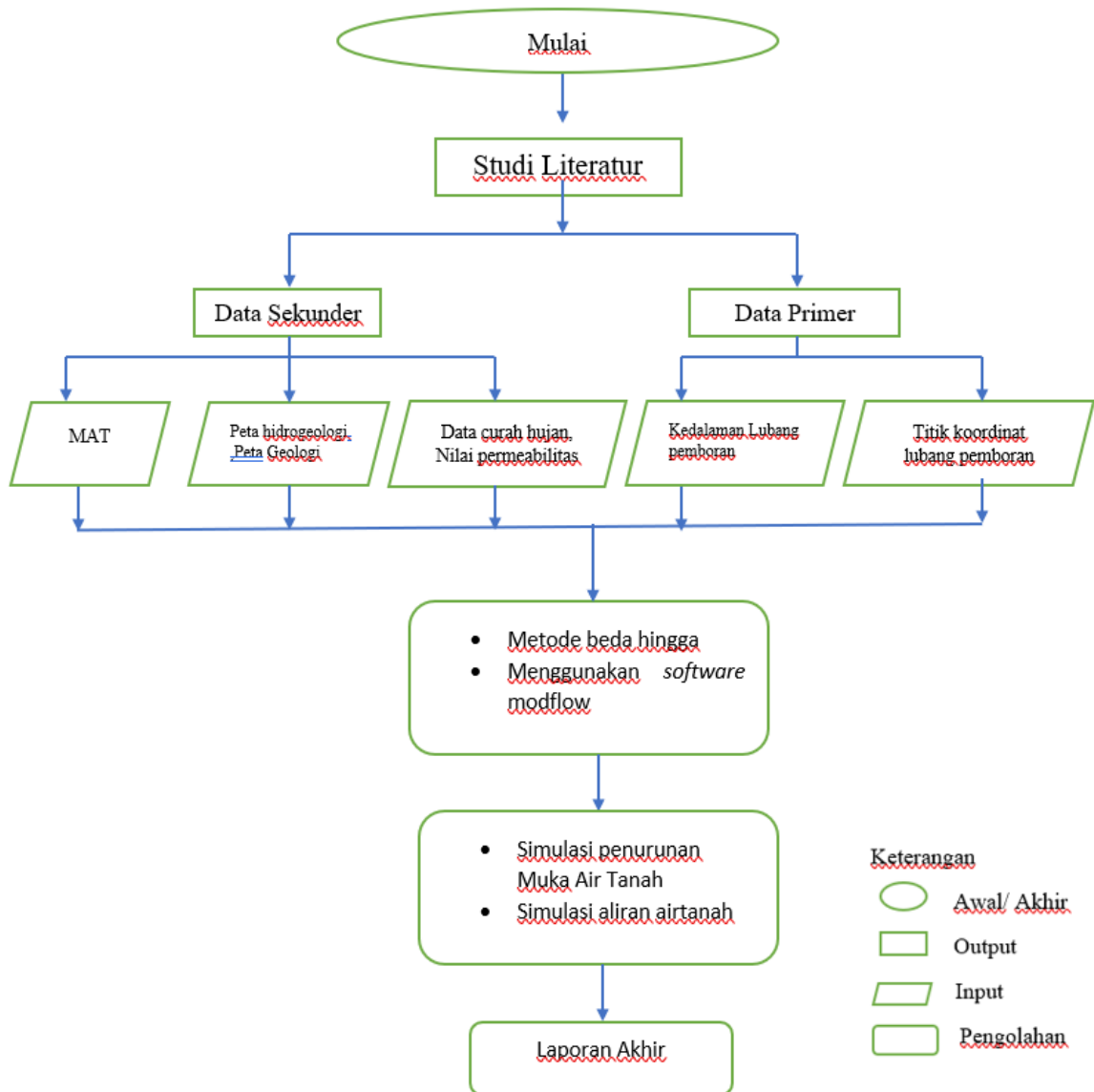
Bab ini membahas tentang hasil dari perhitungan penelitian dan juga pembahasan tentang hasil dari simulasi penelitian tersebut.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab tujuan penelitian ini dan berisi saran untuk para pembaca.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian yang telah dilakukan oleh saya diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan wawasan baru pada pembaca mengenai pemodelan cekungan muka air tanah, dan dari penelitian ini juga diharapkan bisa dikembangkan menjadi suatu laporan atau informasi baru yang dapat digali lebih dalam lagi contohnya dari segi resistifitinya dan masih banyak lagi untuk menjadi informasi yang bagus untuk kedepannya.



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian



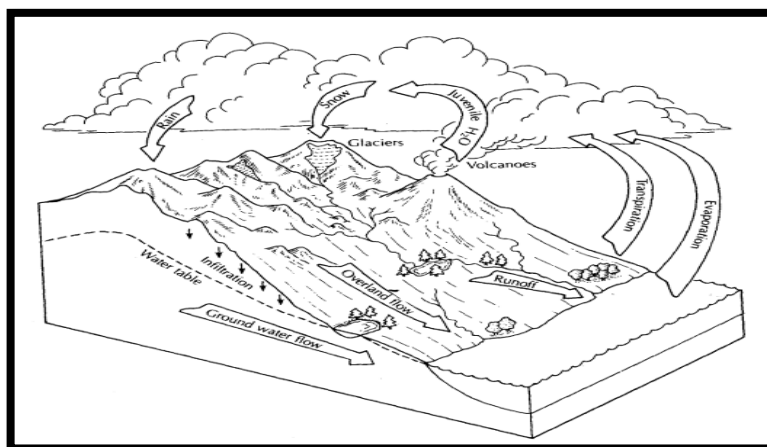
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Hidrologi

Pengertian Hidrologi menurut Singh (1992), mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen ([www.geonesia.com](http://www.geonesia.com)). Sedangkan menurut Marta dan Adidarma (1983) menyebutkan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya distribusi juga pergerakan air, baik itu di atas maupun di bawah permukaan bumi, menyangkut reaksi sifat fisika maupun kimia air terhadap kehidupan serta lingkungan ([www.geonesia.com](http://www.geonesia.com)), dan menurut Ray K. Linsley, Yandi Hermawan (1986) menyatakan pengertian dari hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air di bumi baik itu mengenai kejadian, jenis-jenis, sirkulasi, sifat kimia dan fisika serta reaksi terhadap lingkungan maupun kehidupan ([www.geonesia.com](http://www.geonesia.com)).

Pada daerah Tertentu air tanah menemukan tempat keluar (*discharge*) dalam bentuk mata air atau kolam, danau, sungai atau laut, sehingga pergerakan volume airtanah akan selalu berbeda tergantung dari perbedaan antara *recharge* dan *discharge*.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Fetter, 2001)  
(sumber : Applied Hydrogeology, Fetter 2001)

Dalam siklus hidrologi terdapat berbagai nilai yang didasarkan pada jumlah air yang terdapat pada suatu siklus hidrologi, kemudian disebut sebagai persamaan hidrologi.

Sumber dari persamaan ini adalah hukum kekekalan massa, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Inflow} = \text{Outflow} \pm \text{Change in Storage}$$

Nilai inflow merupakan nilai dari jumlah air yang terserap kedalam tanah

Air pada atmosfer memainkan peran penting untuk menjaga lingkungan yang layak huni bagi kehidupan manusia. Keterdapatannya air permukaan telah memainkan peran penting terhadap perubahan peradaban dunia. Pentingnya air bagi manusia tercermin dalam struktur hukum serta politik. Dengan tingkat populasi manusia saat ini maka sangat mempengaruhi ketersediaan sumber daya air, ini disebabkan karena manusia akan selalu berusaha meningkatkan standar hidupnya ([www.geonesia.com](http://www.geonesia.com)). Kemudian dapat disimpulkan bahwa pengertian dari hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang pendistribusian air atau pergerakan air baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, dan mempelajari dari sifat fisik dan kimianya.

## **2.2 Hidrogeologi**

Hidrogeologi mencakup hubungan antara material dan proses pada air (C.W. Fatter, 1994). Hidrogeologi menjelaskan tentang Teknik pengaplikasian tentang hidrologi bawah permukaan. Hidrogeologi meliputi deskripsi dan analisis keilmuan. Hidrogeologi berperan penting mengolah dan mengatur cadangan air, hidrogeologi erat kaitannya dengan air tanah.

## **2.3 Definisi Air Tanah**

Air tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus peredaran air di bumi yang disebut daur hidrologi, yaitu proses ilmiah yang berlangsung pada air di alam yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus (Kodoatie, 2012). Kemudian menurut (Soemarto, 1989 dari Eko Prayitno, 2013) mengatakan bahwa air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak bawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (*saturated zone*), dan lajur tidak jenuh terletak di atas lajur jenuh sampai permukaan tanah, yang rongga-rongganya berisi air dan udara.

Dalam Bahasa Inggris, untuk air tanah sendiri memiliki dua istilah yaitu *soil water* (air tanah dangkal) dan *groundwater* (air tanah dalam). *Soil water* adalah air pada tanah yang cukup dekat pada permukaan, di atas *groundwater* untuk daerah yang memiliki cekungan Air Tanah (CAT) dan air pada tanah di atas batuan yang bukan CAT (non-CAT). CAT ini adalah wilayah yang mengalami proses pengimbuhan, pengaliran dan pelepasan air tanah. Kedalaman soil water antara 0,91 - 9,1 m tergantung tipe tanah dan vegetasinya (Driscoll, 1987 dari Eko Prayitno, 2013).

*Groundwater* menurut Davis dan De Wiest (1996 dari Eko Prayitno, 2013), didefinisikan sebagai air yang masuk secara bebas ke dalam sumur, baik dalam keadaan bebas (*unconfined*) maupun tertekan (*confined*). Letak *groundwater* di bawah muka air tanah dan berada pada zona jenuh air, pada daerah batuan beku, ditemukan pada kedalaman 152 – 274 m, batuan sedimen pada kedalaman mendekati 15.900 m. (skip, 1994 dari Eko Prayitno, 2013)

Pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah atau batuan mulai terisi air dan mulai jenuh. Batas atas lajur jenuh air disebut dengan muka air tanah (*water table*). Air yang tersimpan pada jalur jenuh disebut dengan air tanah, yang kemudian bergerak sebagai aliran tanah melalui batuan dan lapisan-lapisan tanah yang ada di bumi sampai air tersebut keluar sebagai mata air, atau terkumpul masuk ke kolam, danau, sungai, dan laut (Fetter, 2001)

Suatu formasi geologi yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan melakukan air tanah dalam jumlah berarti, keberadaan air di dalam tanah ditentukan oleh jenis lapisan tanah atau batuan yang ada. Jenis tanah atau batuan yang bersifat permeable sehingga mampu menyimpan dan meluluskan air disebut *akuifer*.

### **2.3 Lapisan Pembawa Air Tanah**

Air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi yang berlangsung di alam, serta terdapat dalam batuan yang berada di bawah permukaan tanah meliputi keterdapatan penyebaran dan pergerakan air tanah dengan penekanan pada hubungan terhadap kondisi geologi suatu daerah (Danaryanto, dkk. 2005)

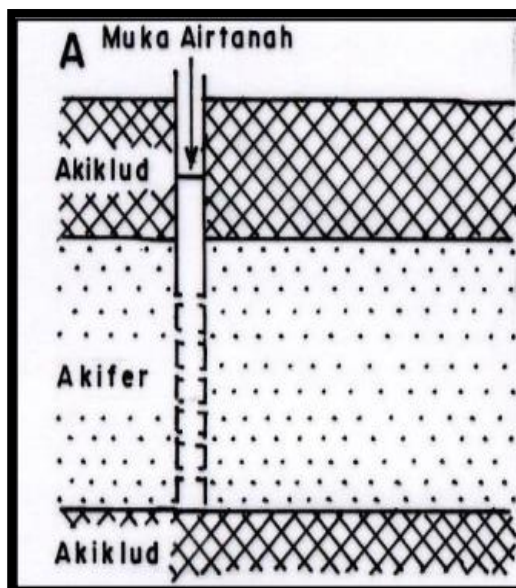
Berdasarkan atas respon batuan terhadap air, maka dikenal adanya beberapa karakteristik batuan sebagai berikut:

- a) Akuifer (lapisan pembawa air) material yang dapat mengalirkan air dan menyimpan air dengan cukup baik.
- b) Akuiklud adalah (lapisan batuan kedap air) adalah material tersaturasi bersifat impermeabel yang tidak menghasilkan jumlah air yang cukup besar.
- c) Akuitar (lapisan batuan lambat air) adalah lapisan tersaturasi, memiliki sifat permeable yang kecil dan menghambat pergerakan air tanah serta menghasilkan air dalam jumlah besar namun dapat mengalirkan air.
- d) Akui fug (lapisan kedap air) adalah lapisan yang bersifat impermeable, tidak dapat mengalirkan dan menyimpan air.

### 2.3.1 Jenis Akuifer Berdasarkan Head

Berdasarkan kemampuan suatu akuifer dalam meloloskan air, sistem akuifer dibagi menjadi tiga yaitu akuifer terkekang, akuifer tidak terkekang, dan akuifer semi terkekang.

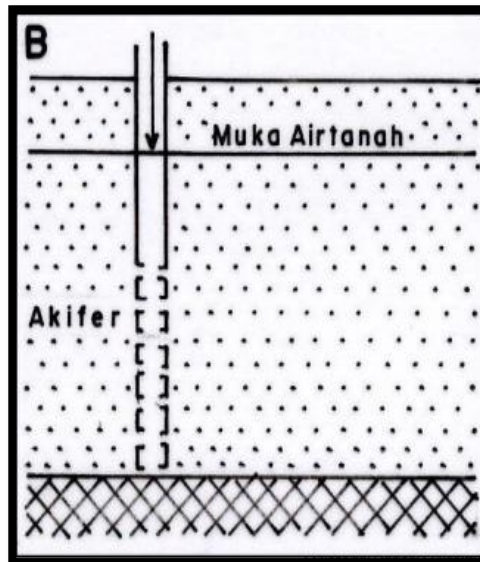
- a. Akuifer terkekang adalah lapisan akuifer yang dibatasi akuiklud pada bagian atas dan bawahnya, jika dilihat kondisi tekanan lebih tinggi dari atas akuifer (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Akuifer Terkekang (Kruseman dan de Ridder 1994)

(sumber: buku hidrogeologi umum, Dasapta Erwin I. dan Deny Juanda P. 2015)

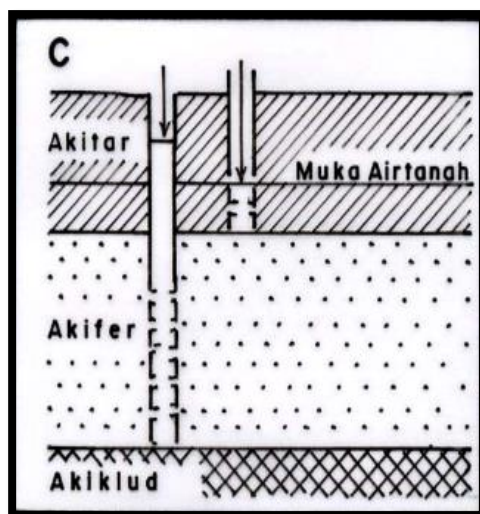
- b. Akuifer tidak terkekang adalah akuifer yang dibatasi oleh akuiklud di bagian bawahnya tetapi dibagian atasnya tidak ada lapisan penutup. Berdasarkan tekanannya, posisi *head* sama dengan atas akuifer (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Akuifer tidak terkekang (Kruseman dan de Ridder 1994)

(sumber: buku hidrogeologi umum, Dasapta Erwin I. dan Deny Juanda P. 2015)

- c. Akuifer semi terkekang, yaitu akuifer yang dibatasi oleh akuitard dibagian atas dan di bagian bawahnya oleh akuiklud atau akuitard dan tekanan terletak diantara akuifer terkekang (Gambar 2.4)



Gambar 2.4 Akuifer semi Terkekang (Kruseman dan de Ridder 1994).

(sumber: buku hidrogeologi umum, Dasapta Erwin I. dan Deny Juanda P. 2015)

## 2.4 Properti Hidrogeologi

### 2.4.1 Konduktivitas Hidraulik

Konduktivitas hidrolis (K) adalah ukuran kapasitas material untuk mengirimkan air. Ini didefinisikan sebagai konstanta proporsionalitas terkait pembuangan spesifik dari media berpori. Menurut hukum Darcy Konduktivitas hidrolis dinyatakan sebagai berikut:

$$K = \frac{-Q}{A\left(\frac{dh}{dL}\right)} = \frac{-\left(\frac{L^3}{T}\right)}{(L^2)\left(\frac{L}{T}\right)} = \left(\frac{L}{T}\right) = \frac{\text{Liter (volume)}}{\text{Waktu}}$$

Keterangan:

Q : Debit air (m<sup>3</sup>/hari)

A : Luas akuifer (m)

Kemudian dapat dilihat table 2.1, 2.2, dan 2.3 menunjukkan nilai representative dari konduktivitas hidrolis sebagai material sedimen yang tidak terkonsolidasi, batuan sedimen dan batu kristal (Domenico dan Schwartz 1990):

Tabel 2.1 Nilai K material sedimen yang tidak terkonsolidasi

Material	Hydraulic Conductivity (m/sec)
Gravel	$3 \times 10^{-4}$ to $3 \times 10^{-2}$
Coarse sand	$9 \times 10^{-7}$ to $6 \times 10^{-3}$
Medium sand	$9 \times 10^{-7}$ to $5 \times 10^{-4}$
Fine sand	$2 \times 10^{-7}$ to $2 \times 10^{-4}$
Silt, loess	$1 \times 10^{-9}$ to $2 \times 10^{-5}$
Till	$1 \times 10^{-12}$ to $2 \times 10^{-6}$
Clay	$1 \times 10^{-11}$ to $4,7 \times 10^{-9}$
Unweathered marine clay	$8 \times 10^{-13}$ to $2 \times 10^{-9}$

Tabel 2.2 Nilai K Batuan Sedimen

<b>Sedimentary Rocks</b>	
<b>Rock Type</b>	<b>Hydraulic Conductivity (m/sec)</b>
Karst and reef limestone	$1 \times 10^{-6}$ to $2 \times 10^{-2}$
Limestone, dolomite	$1 \times 10^{-9}$ to $6 \times 10^{-6}$
Sandstone	$3 \times 10^{-10}$ to $6 \times 10^{-6}$
Siltstone	$1 \times 10^{-11}$ to $1,4 \times 10^{-8}$
Salt	$1 \times 10^{-12}$ to $1 \times 10^{-10}$
Anhydrite	$4 \times 10^{-13}$ to $2 \times 10^{-8}$
Shale	$1 \times 10^{-13}$ to $2 \times 10^{-9}$

Tabel 2.3 Nilai K Batuan Kristalin

<b>Crystalline Rocks</b>	
<b>Material</b>	<b>Hydraulic Conductivity (m/sec)</b>
Permeable basalt	$4 \times 10^{-7}$ to $2 \times 10^{-2}$
Fractured igneous and metamorphic rock	$8 \times 10^{-9}$ to $3 \times 10^{-4}$
Weathered granite	$3,3 \times 10^{-6}$ to $5,2 \times 10^{-5}$
Weathered gabbro	$5,5 \times 10^{-7}$ to $3,8 \times 10^{-6}$
Basalt	$2 \times 10^{-11}$ to $4,2 \times 10^{-7}$
Unfractured igneous and metamorphic rock	$3 \times 10^{-14}$ to $2 \times 10^{-10}$

(Sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-test/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-test/aquifer_properties.htm))

### 2.4.2 Transmissivity

*Transmissivity* adalah laju aliran di bawah unit gradien hidraulik melalui lebar unit akuifer yang diberi ketebalan jenuh (AQTESOLV, 2016). *Transmissivity* akuifer terkait dengan konduktivitas hidroliknya sebagai berikut:

$$T = Kb$$

Keterangan:

T: *Transmissivity*

K: Konduktivitas Hidrolik

b: Ketebalan Akuifer

### 2.4.3 Anisotropy Ratio

*Anisotropy Ratio* adalah perbedaan suatu nilai pada arah yang berbeda, pada kasus ini nilai konduktivitas hidrolik (K) akan berbeda pada arah yang berbeda. Nilai konduktivitas hidrolik ini biasanya dibagi menjadi 2 yaitu nilai Konduktivitas hidrolik vertical (Kz) dan nilai Konduktivitas horizontal (Kr). Thod (1980) melaporkan nilai Kz/Kr berkisar 0,1 dan 0,5 untuk alluvium dan mungkin serendah 0,01 ketika lapisan lempung hadir.

Tabel 2.4 menunjukkan nilai-nilai perwakilan dari konduktivitas hidrolik horizontal dan vertikal untuk jenis batuan yang dipilih (Domenico dan Schwartz 1990):

Tabel 2.4 Nilai Kz dan Kr

Material	Horizontal Hydraulic Conductivity (m/sec)	Vertical Hydraulic Conductivity (m/sec)
Anhydrite	$10^{-14}$ to $10^{-12}$	$10^{-15}$ to $10^{-13}$
Chalk	$10^{-10}$ to $10^{-8}$	$5 \times 10^{-11}$ to $5 \times 10^{-9}$
Limestone, dolomite	$10^{-9}$ to $10^{-7}$	$5 \times 10^{-10}$ to $5 \times 10^{-8}$
Sandstone	$5 \times 10^{-13}$ to $10^{-10}$	$2,5 \times 10^{-13}$ to $5 \times 10^{-11}$
Shale	$10^{-14}$ to $10^{-12}$	$10^{-15}$ to $10^{-13}$
Salt	$10^{-14}$	$10^{-14}$



#### 2.4.4 Storativity

*Storativity* akuifer didefinisikan sebagai volume air yang dilepaskan dari penyimpanan per unit luas permukaan akuifer. *Storativity* juga dikenal dengan istilah koefisien penyimpanan dan koefisien penyimpanan (AQTESOLV, 2016).

Dalam akuifer tertekan atau akuitar, *storativitas* didefinisikan sebagai:

$$S = S_s b$$

Diketahui  $S$  adalah *storativity* (dimensionless),  $S_s$  adalah Penyimpanan Khusus [ $L^{-1}$ ] dan  $b$  adalah akuifer (akuitar) ketebalan [ $L$ ]. *penyimpanan khusus* adalah volume air yang volume unit akuifer (akuitard) rilis dari penyimpanan di bawah penurunan unit di kepala. *Penyimpanan spesifik* terkait dengan kompresibilitas air dan akuifer (akuitar) sebagai berikut:

$$S_s = \rho g (\alpha + n_e \beta)$$

Diketahui adalah massa jenis air [ $M / L^3$ ],  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $= 9,8 \text{ m} / \text{sec}^2$ ) [ $L / T^2$ ],  $\alpha$  adalah *kompaktibilitas* akuifer atau akuitard [ $T^2 L / M$ ],  $n_e$  adalah *porositas efektif* [tanpa dimensi ], dan  $\beta$  adalah *kompresibilitas* air ( $= 4.4 \times 10^{-10} \text{ m} \text{ sec}^2 / \text{kg}$  atau  $\text{Pa}^{-1}$ ) [ $T^2 L / M$ ].

Tabel berikut memberikan nilai-nilai perwakilan *penyimpanan khusus* untuk berbagai bahan geologi (Domenico dan Mifflin [1965] seperti yang dilaporkan di Batu [1998]):

Tabel 2.5 Nilai *Penyimpanan Khusus*

Material	$S_s$ ( $\text{ft}^{-1}$ )
Plastic clay	$7.8 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Stiff clay	$3.9 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Medium hard clay	$2.8 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Loose sand	$1.5 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Dense sand	$3.9 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Dense sandy gravel	$1.5 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Rock, fissured	$1 \times 10^{-4}$ to $6.2 \times 10^{-3}$
Rock, sound	$< 6.2 \times 10^{-3}$

(sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm))

### 2.4.5 Specific yield

*Specific yield* didefinisikan sebagai volume air yang dikeluarkan dari penyimpanan oleh akuifer bebas per satuan luas permukaan akuifer per unit penurunan table air. Bear (1979) mengaitkan *Specific yield* dengan porositas total sebagai berikut:

$$n = S_y + S_r$$

Diketahui  $n$  adalah porositas total,  $S_y$  adalah *Specific yield* dan  $S_r$  adalah retensi spesifik, jumlah air yang ditahan oleh gaya kapiler selama drainase gravitasi dari akuifer bebas. Dengan demikian, *Specific yield* yang kadang-kadang disebut porositas efektif, kurang dari porositas total dari akuifer bebas (Bear 1979).

Tabel berikut menunjukkan nilai-nilai perwakilan *specific yield* sebagai bahan geologi (Morris dan Johnson 1967):

Tabel 2.6 Nilai Specific Yield

<b>Material</b>	<b>Specific yield (%)</b>
Gravel, Coarse	21
Gravel, mediu	24
Gravel, fine	28
Sand, coarse	30
Sand, medium	32
Sand, fine	33
Silt	20
Clay	6
Sandstone, fine grained	21
Sandstone, medium grained	27
Limestone	14
Dune sand	38
Loess	18
Peat	44
Schist	26
Siltstone	12
Till, predominantlly silt	6
Till, predominantlly sand	16
Till, predominantlly garvel	16
Tuff	21

(sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm))

### 2.4.6 Porositas

Porositas didefinisikan sebagai ruang hampa dari batuan atau materi yang tidak terkonsolidasi, sehingga dapat diisi dengan material lain. Menurut Heath (1983) menyatakan bahwa nilai porositas dapat diketahui dari:

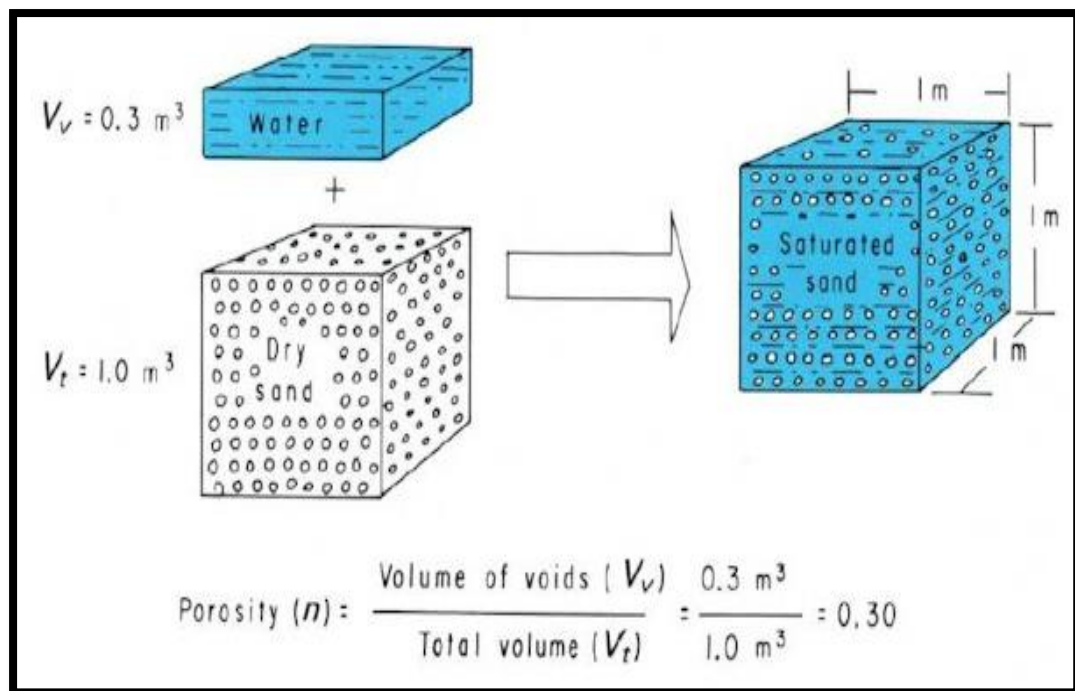
$$n = V_v - V_t$$

Diketahui :

$n$  : porositas

$V_v$  : volume ruang kosong

$V_t$  : volume keseluruhan



Gambar 2.5 Persamaan Porositas Heath (1983)

(sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm))

Morris dan Johnson (1967), membuat tabel tentang nilai porositas dari berbagai material diantaranya material sedimentasi yang belum terkonsolidasi, batuan sedimen dan batuan kristalin. Berikut ini adalah tabel dari nilai porositas:

## 2.7 Nilai Porositas Sedimentasi yang tidak terkonsolidasi

<b>Unconsolidated Sedimentary Materials</b>	
<b>Material</b>	<b>Porosity (%)</b>
Gravel, coarse	24 – 37
Gravel, medium	24 – 44
Gravel, fine	25 – 39
Sand, coarse	31 – 46
Sand, medium	29 – 49
Sand, fine	26 – 53
Silt	34 – 61
Clay	34 – 57

Tabel 2.8 Nilai Porositas Batuan Sedimen

<b>Sedimentary Rocks</b>	
<b>Rock Type</b>	<b>Porosity (%)</b>
Sandstone	14 - 49
Siltstone	21 - 41
Claystone	41 - 45
Shale	1 - 10
Limestone	7 - 56
Dolomite	19 - 33

(sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm))

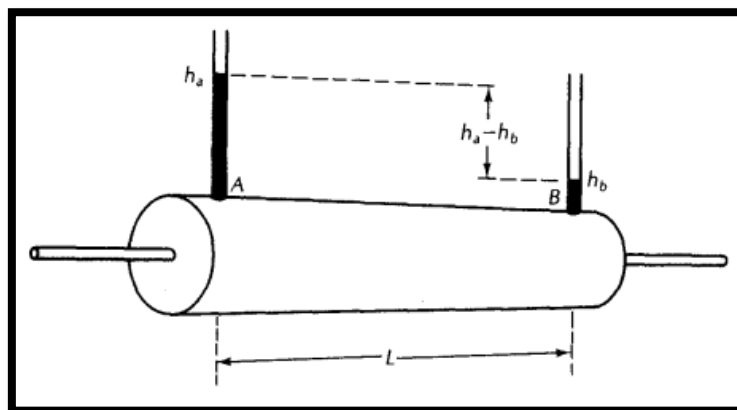
Tabel 2.9 Nilai Porositas Batuan Kristalin

Crystalline Rocks	
Rock Type	Porosity (%)
Basalt	3 – 35
Weathered granite	34 – 57
Weathered gabbro	42 – 45

(sumber : [http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer\\_properties.htm](http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm))

## 2.5 Hukum Darcy

Seorang ahli teknik dari Prancis, Henry Darcy, membuat sistematika pertama tentang pergerakan air pada medium berpori (Darcy, 1856 dari C.W. Fetter, 2001). Darcy mempelajari tentang pergerakan air pada lapisan pasir, Darcy menemukan bahwa terdapat perbedaan antara tinggi dari dua pipa pada sistem aliran lapisan pasir tersebut. Darcy berpendapat bahwa kuantitas aliran memiliki koefisien,  $K$  yang mempengaruhi aliran pada medium berpori.



Gambar 2.6 Ilustrasi Percobaan Darcy pada Pipa Datar.

(sumber : Applied Hydrogeology, C.W. Fetter, 2001)

Pada gambar diatas terdapat perbedaan ketinggian pada pipa A dan pipa B, dari percobaan diatas darcy menemukan bahwa *discharge* ( $Q$ ), perbedaan ketinggian muka air ( $h$  atau *hydraulic head*, panjang dari aliran ( $L$ ).

$$Q \propto hA - hB \text{ dan } Q \propto 1/L$$

Luas penampang pada suatu aliran (A), ketika semua disatukan dengan konstanta (K) maka terciptalah hukum Darcy dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = -KA \left( \frac{h_A - h_B}{L} \right)$$

## 2.6 Model Hidrologi

Model adalah representasi atau gambaran dari suatu keadaan (*states*), obyek (*objects*), dan kejadian (*events*). Representasi tersebut harus diungkapkan dalam bentuk yang sederhana, yaitu dengan mengeliminasi atau meminimalkan variable-variabel lain yang rumit dan tidak terkait secara langsung dengan model tersebut. Representasi tersebut dinyatakan dalam bentuk sederhana yang dapat dipergunakan untuk berbagai macam tujuan penelitian. Penyederhanaan dilakukan secara representative terhadap perilaku proses yang relevan dari keadaan yang sebenarnya (Hidayat, 2001). Hal yang sama dinyatakan oleh Sri Harto (1983), bahwa model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (*simple representation*) dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks. Kemudian pada penelitian kali ini saya akan menganalisis data menggunakan metode beda hingga untuk memodelkan simulasi penurunan muka air tanah.

### 2.6.1 Metode Beda Hingga

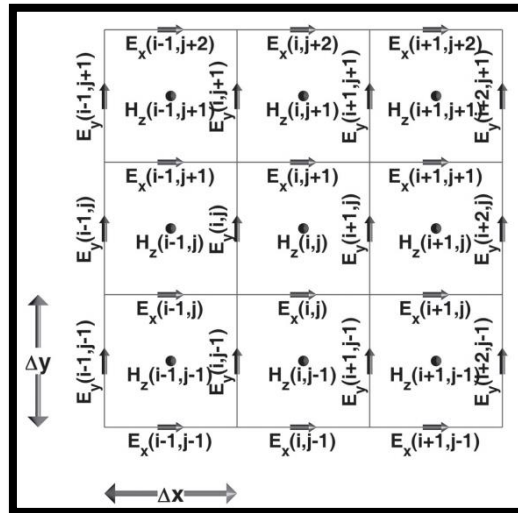
Metode beda hingga telah menjadi topik penelitian sebagai objek matematika berdiri sendiri abstrak, misalnya dalam karya-karya George Boole (1860), L. M. Milne-Thomson (1933), dan Károly Jordan (1939), menelusuri asal-usulnya kembali ke salah satu algoritma Jost Bürgi (sekitar 1592) dan yang lainnya termasuk Isaac Newton. Aplikasi penting dari Beda hingga dalam analisis numerik, terutama dalam persamaan diferensial numerik, yang bertujuan pada solusi numerik persamaan diferensial biasa dan parsial masing-masing. Idenya adalah untuk menggantikan derivatif yang muncul dalam persamaan diferensial dengan perbedaan terbatas yang mendekati mereka (I-Liang Chern).

Secara garis besar beda hingga dinyatakan dalam:

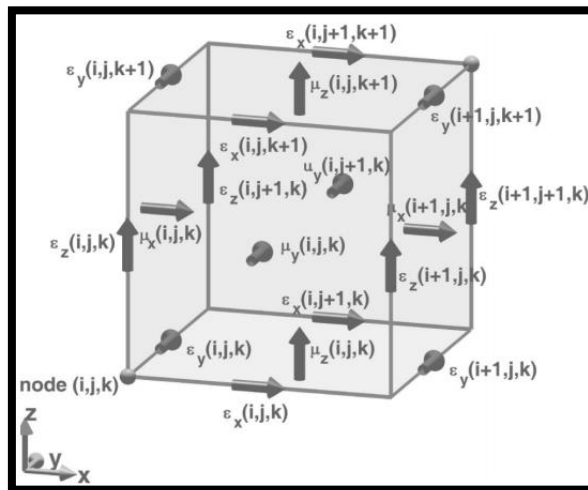
$$\Delta_h^\mu [f](x) = \sum_{k=0}^N \mu_k f(x + kh),$$

Nilai  $\mu = (\mu_0, \dots, \mu_N)$  adalah koefisiennya vektor. Perbedaan tak terhingga adalah generalisasi lebih lanjut, karena jumlah terbatas di atas digantikan oleh deret tak

hingga. Cara lain dari generalisasi adalah membuat koefisien  $\mu_k$  bergantung pada titik  $x : \mu_k = \mu_k(x)$ , sehingga mempertimbangkan perbedaan berhingga berbobot. Juga seseorang dapat membuat langkah  $h$  bergantung pada titik  $x : h = h(x)$ . Generalisasi seperti itu berguna untuk membangun modulus kontinuitas yang berbeda. Berikut adalah ilustrasi dari model yang dihasilkan dari Metode beda hingga :



Gambar 2.7 Skema 2D Beda Hingga dengan *Block-Centered*  
 (sumber : Atef Z. Elsherbeni, Veysel Denir, 2009)



Gambar 2.8 Skema 3D Beda Hingga (Yee Cell, 1966)  
 (sumber : Atef Z. Elsherbeni, Veysel Denir, 2009)

Persamaan diferensial parsial pada *confined aquifer* yang digunakan dalam VISUAL MODFLOW adalah:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right] + W = Ss \frac{\partial h}{\partial t}$$

Keterangan:

$K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  : nilai *hydraulic conductivity* dengan sumbu koordinat x, y, dan z

h : nilai potensiomatrik *head*

W : *volumetric flux* per satuan volume yang mewakili sumber ketika nilai negatifnya adalah ekstraksi dan nilai positif adalah injeksi.

Ss : *specific storage* dari bahan berpori.

t : waktu

Berikut merupakan persamaan metode beda hingga pada Visual Modflow untuk gerak airtanah :

$$\begin{aligned} & CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} h_{i,j,k-1}^m + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} h_{i-1,j,k}^m + CR_{i,j-\frac{1}{2},k} h_{i,j-1,k}^m \\ & + \left( -CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} - CC_{i-\frac{1}{2},j,k} - CR_{i,j-\frac{1}{2},k} - CR_{i,j+\frac{1}{2},k} - CC_{i+\frac{1}{2},j,k} - CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} + HCOF_{i,j,k} \right) h_{i,j,k}^m \\ & + CR_{i,j+\frac{1}{2},k} h_{i,j+1,k}^m + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} h_{i+1,j,k}^m + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} h_{i,j,k+1}^m = RHS_{i,j,k} \end{aligned}$$

Ketika:

$$\begin{aligned} HCOF_{i,j,k} &= P_{i,j,k} - \frac{SS_{i,j,k} \Delta r_j \Delta c_i \Delta k}{t^m - t^{m-1}} \\ RHS_{i,j,k} &= -Q_{i,j,k} - SS_{i,j,k} \Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k \frac{h_{i,j,k}^{m-1}}{t^m - t^{m-1}} \end{aligned}$$

Keterangan:

$h_{i,j,k}^m$  : *head* di sel i, j, k pada langkah waktu m

CV, CR dan CC : konduktivitas hidraulik atau *branch* antara *node* i, j, k dan *neighbor node*

$P_{i,j,k}$  : jumlah koefisien *head* dari istilah *source and sink*



$Q_{i,j,k}$  : jumlah konstanta dari istilah sumber dan sink,  $Q_{i,j,k} < 0,0$  , merupakan *outflow* (*pumping*) dan  $Q_{i,j,k} > 0.0$  , merupakan *inflow* (sumur injeksi)

$SS_{i,j,k}$  : *specific storage*

$\Delta r_j, \Delta c_i, \Delta v_k$  : dimensi sel i, j, k, yang bila dikalikan mewakili volume sel

$T^m$  : waktu pada saat m

## 2.7 Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan penelitian Pusat Sumberdaya Lahan, Wilayah dan Mitigasi Bencana (PTLWB), morfologi regional Kawasan kabupaten Bekasi yang terletak di Jawa Barat bagian utara secara regional berada pada zona dataran utara. Secara umum kondisi morfologi daerah dibagian utara dan selatan berbeda. Morfologi Kabupaten Bekasi terdiri dari dua bagian, yaitu morfologi dataran rendah di sebagian daerah utara dan morfologi bergelombang di daerah selatan. Ketinggian rata-rata antara 6-115 meter di atas muka air laut rata-rata dengan kemiringan antara 0-25° kondisi morfologi regional secara umum adalah sebagai berikut:

1. Morfologi dataran, terletak di bagian utara yang merupakan daerah relative datar, dibentuk oleh endapan aluvial pantai dan aluvial sungai berukuran lempung-kerakal, merupakan dataran delta, rawa, pematang pantai, aluvial, sungai, tanggul alam, dan alluvial sungai lama.
2. Morfologi perbukitan, terletak di bagian selatan yang dibentuk oleh berbagai jenis batuan sedimen berumur kuartar tua dan tersier, secara setempat membentuk medan perbukitan bergelombang, sementara endapan kipas alluvial berupa bahan berukuran lempung-kerakal dengan kemiringan antara 3-10% dan ketinggian antara 7-20 m.

Geologi daerah cikarang disusun oleh endapan batuan sedimen dan batuan vulkanik berumur tersier hingga resen. Dalam peta lembar cikarang skala 1:100.000 membagi stratigrafi regional kedalam beberapa formasi, yaitu:

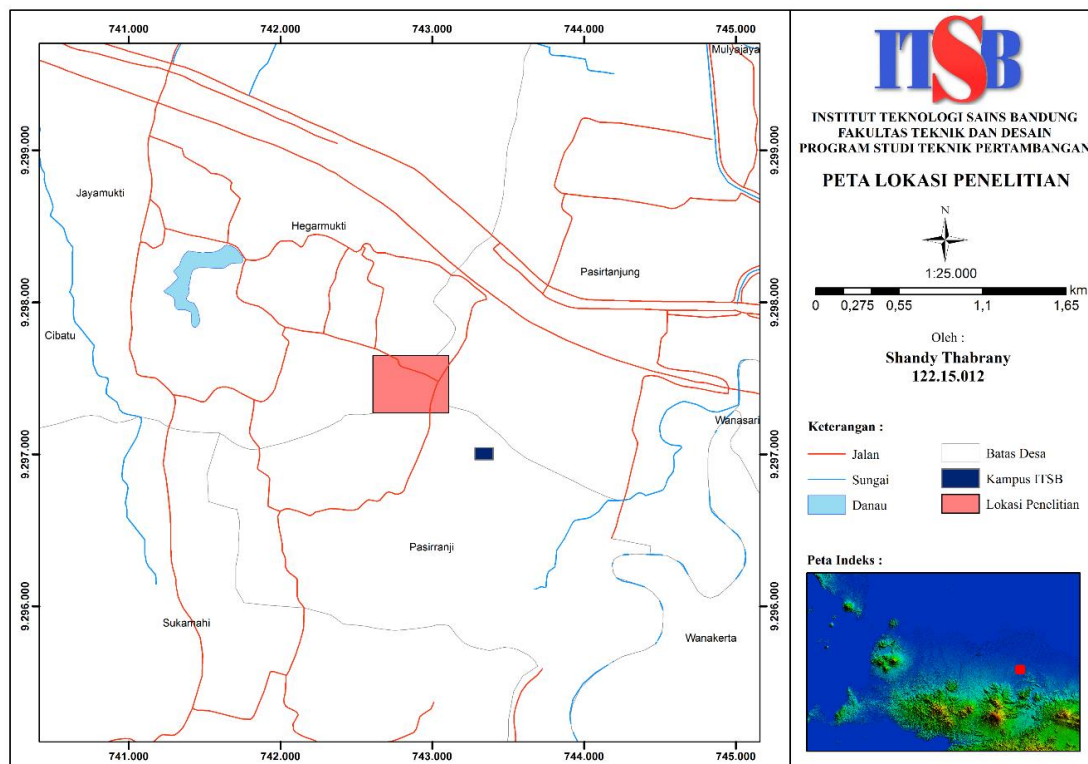
1. Formasi Cimapag, formasi ini terdiri dari dua bagian yang pertama terdiri dari litologi breksi aneka bahan, lava andesit, batupasir, batulempung, batugamping, konglomerat, aglomerat, dann tuf, bagian atas terdiri dari tuf dasit, lava andesit, dan tuf breksi umumnya diduga miosen awal. (Sudana dan Santosa, 1992)

2. Formasi Honje, satuan ini terdiri dari litologi berupa breksi gununggapi, tuf, lava, andesit-basal. Formasi ini diduga berumur miosen akhir berdasarkan sebagian dari satuan batuan ini yang menjemari dengan formasi bojongmanik. Tebal formasi honje diperkirakan berkisar dari 500-600 m. sebarannya terdapat di sekitar gunung hejo, gunung tilu dan daerah citeureup (sudana dan santosa, 1992).
3. Formasi Bojongmanik, terdiri dari litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung bersisipan napal, batugamping, konglomerat, tuf, dan lignit. Fosil-fosil foraminifera yang ditemukan pada satuan ini menunjukkan umur miosen akhir-pliosen. Selain fosil foraminifera ditemukan juga pecahan moluska, ostrakoda, ekninoid, dan kerrang dengan lingkungan pengendapan darat hingga laut dangkal. Tebal formasi ini diperkirakan mencapai 400m (sudana dan santosa, 1992).
4. Formasi Cipapar, terdiri dari tuf, tuf batugamping, batupasir tuf, batulempung tuf, tuf breksi, dan napal. Satuan ini umumnya berlapis baik dan tebalnya diperkirakan  $\pm 250$  m. ditindih tak selaras oleh formasi bojong dan satuan batuan yang lebih muda. Fosil-fosil foraminifera dalam formasi ini menunjukkan umur relative pliosen. Dalam formasi ini dijumpai pula fosil moluska, kerrang-kerrang dan ostrakoda. Lingkungan pengendapan adalah darat-laut dangkal (sudana dan santosa, 1992).
5. Andesit-Basalt, batuan terobosan berupa andesit dan basalt yang diduga berumur pliosen, satuan ini menerobos formasi cimapag dan formasi honje (sudana dan santosa, 1992).
6. Formasi Bojong, terdiri dari litologi berupa batupasir gampingan, batulempung karbonan, napal, lensa batugamping, tuf, dan gambut. Formasi ini umumnya berlapis baik, tebalnya antara 150-250 m, ditindih tak selaras oleh satuan batuan yang lebih muda. Fosil-fosil foraminifera yang ditemukan pada formasi ini menunjukkan umur relative pleistosen. Lingkungan pengendapan adalahnlitoral luar (sudana dan santosa, 1992).
7. Vulkanik Kuarter, batuan gununggapi kuarter terdiri dari litologi breksi gununggapi, aglomerat, dan tuf. Satuan ini tebalnya diperkirakan lebih dari 100 m dan umumnya diduga pleistosen (sudana dan santosa, 1992).
8. Formasi Cihoe formasi ini terbesar di kecamatan cikarang pusat dan kecamatan bojongmangu. Material dari formasi ini berupa batulempung tufan dan tuff

## BAB III

### DATA DAN PENGOLAHAN DATA

#### 3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Peta lokasi Daerah Penelitian

Lokasi Penelitian terletak di Kota Deltamas jalan Ganesha Boulevard Pasiraji, kecamatan Cikarang pusat, kabupaten Bekasi. Kemudian dapat dilihat pada peta sampaian daerah di atas bahwa lokasi penelitian terletak berdekatan dengan kampus ITS B dengan jarak berkisar 500m dari daerah penelitian, Penelitian ini terbagi menjadi empat tahapan yaitu pendahuluan, pengambilan data, pengolahan data, dan pembuatan laporan. Tahapan-tahapan tersebut (Gambar 1.1) kemudian akan dibahas lebih jelasnya pada sub – bab.

### 3.3.1 Tahapan Pendahuluan

Tahapan Pendahuluan pada penelitian terdiri dari:

1. Pemahaman mengenai kondisi geologi regional daerah penelitian yaitu meliputi jenis akuifer, Muka Air Tanah (MAT), propertis hidrogeologi. Pemahaman tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi awal di lokasi penelitian yang berhubungan dengan konteks hidrologi yang berhubungan dengan karakteristik jenis akuifer.
2. Pemahaman mengenai teori-teori hidrologi. Selain itu pemahaman lebih dalam terkait konsep Model simulasi penurunan muka air tanah, infiltrasi yang dapat menjadi acuan untuk membuat model simulasi penurunan muka air tanah.
3. Tahap orientasi awal yang dilakukan setelah tiba di lokasi penelitian agar mendapatkan gambaran awal dan bisa menyusun rencana-rencana yang menjadi acuan hingga akhir.

### 3.3.2 Tahapan Pengambilan Data

#### 3.3.2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh langsung dari lokasi penelitian di kota deltamas jalan ganesha boulevard pasirranji, kecamatan Cikarang pusat, kabupaten Bekasi yang di waktu mendatang akan dibangun sebuah AEON mall.

#### 3.3.2.2 Metode Penelitian

##### 1. Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan (*field research*) dengan menggunakan metode *survey*. Pengukuran ketinggian muka air tanah, pengambilan data koordinat lokasi penelitian akan dilaksanakan pada setiap titik-titik bor yang terdapat pada daerah pengamatan.

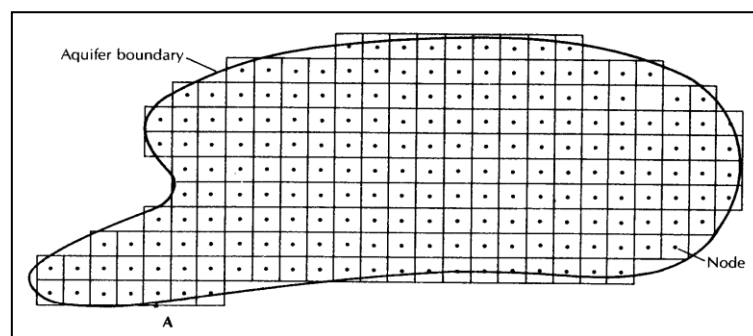
##### 2. Metode Beda Hingga (*finite difference method*)

Model merupakan representasi dari kondisi aktual dalam bentuk yang lebih sederhana. Model dapat dijelaskan melalui sebuah deskripsi, gambar atau persamaan matematis. Persamaan matematis seperti pada pemodelan airtanah, salah satunya diselesaikan dengan metode *finite difference method*, ketika model

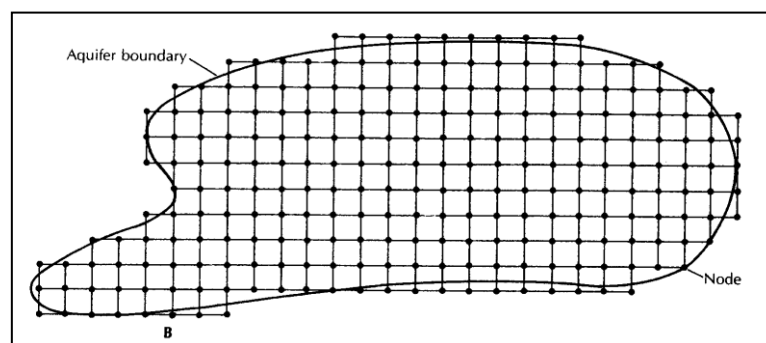
direpresentasikan dengan sebuah *grid* yang tersusun atas *cells* dan *layers*. Untuk mendefinisikan kondisi hidrogeologi pada model, beberapa data seperti nilai properti akuifer, *recharge*, atau litologi dimasukan pada setiap *cells*. Secara alamiah, air akan masuk ke dalam tanah (*recharge*) dan keluar sebagai *discharge*. Inilah yang disebut *boundary condition* pada model (Welch, 2006).

Metode *finite difference* digunakan untuk mengetahui nilai *property* dari sebuah akuifer melalui setiap poin yang ada di dalam *boundary*. Untuk mengetahui nilai tersebut, poin-poin diselesaikan dalam *grid pattern*.

Ada 2 macam Finite-difference grid yang ditunjukkan pada (Gambar 3.2 dan gambar 3.3). *Block-centered grid* merupakan *node points* yang terletak di bagian tengah *grid*, sedangkan *mesh-centered grid* merupakan *node points* yang terletak di setiap perpotongan dari *grid lines*. Kedua jenis *finite difference* digunakan berdasarkan kondisi *boundary*.



Gambar 3.2 Block Centered Finite Difference Grid ( Fetter 2001)



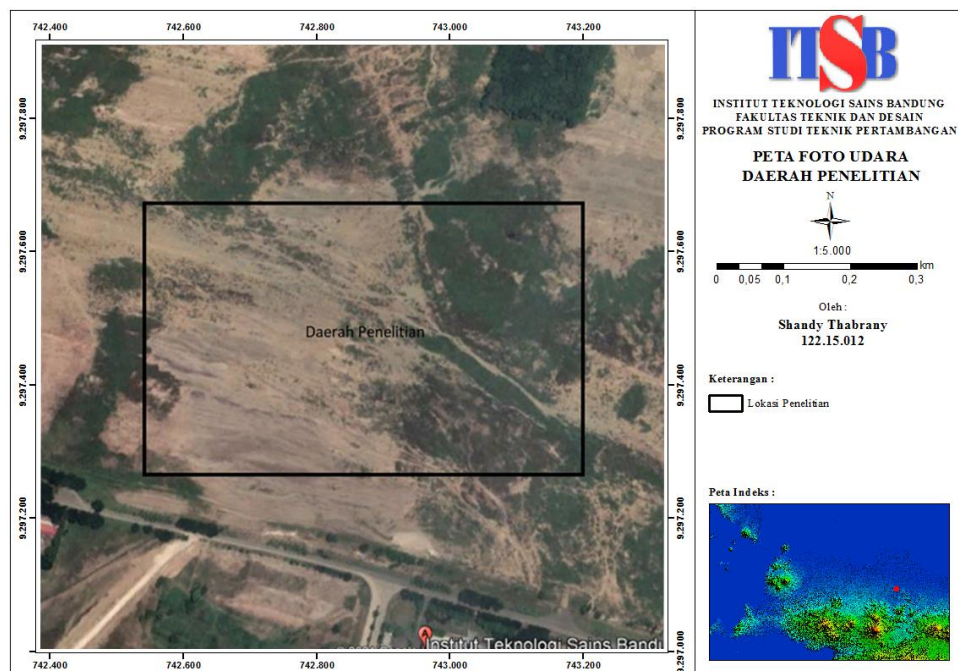
Gambar 3.3 Mesh Centered Finite Difference Grid (Fetter 2001)

### 3.3.2.3 Waktu dan lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 10 hari terhitung mulai tanggal 20 Desember 2019 sampai tanggal 30 Desember 2019. Kemudian lokasi penelitian di area tempat yang nanti akan dibangun sebuah mall AEON di kota deltamahas jalan ganesha boulevard pasirranji, kecamatan Cikarang pusat, kabupaten Bekasi.



Gambar 3.4 Lokasi Penelitian



Gambar 3.5 Peta Foto Udara Daerah Penelitian

### 3.3.2.4 Desain Penelitian

Pengukuran ketinggian muka air tanah, dan plotting titik koordinat titik bor dilakukan pada setiap titik-titik pemboran dengan jarak antar titik pemboran adalah 100 m, dengan pengambilan data tersebut untuk melengkapi data model simulasi muka air tanah.

#### 3.3.2.5 Instrumen Penelitian

Peralatan yang digunakan saat penelitian terdiri dari *Global Positioning System (GPS)*, *Alat tulis*, *alat ukur kedalaman air*, *stop watch*. *Parameter yang diamati meliputi ketinggian muka air tanah, dan titik koordinat lubang pemboran.*

#### 3.3.2.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran ketinggian muka air tanah, dan pengeplotan koordinat titik lubang bor akan dilakukan sebanyak dua kali pada keadaan yang sama dan lubang pemboran yang sama di setiap titik pemboran pengukuran alat yang dilakukan yaitu:

1. Memploting titik koordinat setiap titik pemboran menggunakan *Global Positioning System (GPS)*.
2. Mengukur kedalaman air menggunakan alat ukur kedalaman air pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali agar data yang dihasilkan *valid*.
3. Membaca dan mencatat nilai dari kedalaman air tanah.
4. Lakukan kegiatan 1 sampai 3 di seluruh titik pemboran yang ada di lokasi penelitian.



Gambar 3.6 Alat Ukur Kedalaman Air

(sumber dari: <https://id.aliexpress.com/item/4000405212682.html>)



Gambar 3.7 Proses Pengukuran Kedalaman Air Tanah

### 3.3.2.7 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder sebagai berikut:

- 1) Data Primer
  - a) Data ketinggian muka air tanah
  - b) Data kedalaman lubang pemboran.
  - c) Data titik koordinat lubang pemboran.
- 2) Data Sekunder
  - a) Data peta topografi daerah cikarang
  - b) Data peta geologi daerah cikarang
  - c) Nilai Permeabilitas
  - d) Data meteorology

### 3.3.3 Pengolahan Data dan Analisis Data

Pada penelitian kali ini pengolahan data dilakukan dengan menggabungkan data primer dan data sekunder. Pengolahan data dilakukan dengan cara:

#### 1) Penentuan Kedalaman Muka Air Tanah

Data hasil pengukuran yang dilakukan digunakan untuk menentukan ketinggian atau kedalaman muka air tanah di lokasi penelitian, dari data tersebut akan diolah menggunakan Visual Modflow atau *software* Visual Modflow berdasarkan metode beda hingga (*finite-difference*).



### 3.3.4 Data Curah Hujan daerah penelitian

Tabel 3.1 Curah Hujan

Curah Hujan (mm)													
TAHUN	JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER	ANN
2000	193.18	186.55	110.69	157.3	144.01	64.44	52.74	36.91	34.29	107.76	202.02	126.3	1416.18
2001	229.36	232.99	218.71	245.3	141.29	120.05	108.51	40.07	80.13	176.79	304.13	94.51	1991.86
2002	430.1	236.23	292.53	208.2	85.64	54.25	98.04	15.73	11.98	29.06	182.7	171	1815.46
2003	124.85	403.45	166.4	161.7	119.34	14.13	7.09	40.55	84.49	191.04	167.3	332.2	1812.52
2004	303.79	359.92	324.79	262.5	159.51	44.26	73.37	11.44	79.91	48.2	210.75	257.11	2135.54
2005	397.43	350.53	331.09	157.3	150.15	160.51	84.5	73.32	75.11	129.59	149.88	251.07	2310.43
2006	397.53	363.71	286.59	249.6	141.59	45.78	37.67	3.49	4.35	30.77	67.05	276.37	1904.55
2007	250.14	511.92	258.25	272.8	125.64	115.15	24.65	29.56	25.08	101.56	213.29	443.46	2371.51
2008	316.57	442.61	256.73	235.3	81.11	50.34	6.45	54.12	42.79	124.23	303.01	308.46	2221.73
2009	402.15	346.93	245.69	183.1	178.64	101.58	20.35	10.39	38.11	170.7	317.19	199.6	2214.45
2010	393.17	323.59	352.2	124.8	251.32	213.39	176.79	175.26	252.76	347.93	223.1	246.26	3080.55
2011	210.53	215.71	256.95	267.5	166.14	102.67	51.86	4.36	45.27	106.62	217.66	261.42	1906.71
2012	272.95	227.01	230	224.1	91.43	59.02	15.64	8.19	29.09	119.88	255.9	375.12	1908.34
2013	625.22	276.96	261.63	230.6	244.4	177.16	260.23	61.52	30.58	109.97	185.15	469.65	2933.12
2014	720.91	429.12	267.87	275.3	163.25	152.15	191.98	62.08	12.37	45.08	234.56	358.29	2912.91
2015	372.76	525.41	320.3	204.4	111.81	42.29	13.46	18.4	9.77	19.21	192.44	257.58	2087.87
2016	241.2	487.25	325.76	276	154.76	156.27	179.37	159.04	241.25	303.18	295.72	140.25	2959.99
2017	303.08	528.67	257.15	274.8	173.88	140.7	78.02	21.77	74.33	254.57	346.86	241.59	2695.45
2018	6.55	16.05	10.21	6.26	2.39	2.15	0.12	0.81	2.41	4.19	7.28	7.55	20.37
2019	13.22	9.99	8.23	9.35	6.01	1.38	0.7	0.38	0.21	2.17	5.32	10.01	20.34
Total	6204.69	6474.6	4781.8	4026	2692.3	1817.7	1481.5	827.39	1174.28	2422.5	4081.31	4827.8	40690.2
Rata-rata	310.235	323.73	239.09	201.3	134.62	90.884	74.077	41.3695	58.714	121.125	204.0655	241.39	2034.51
Max	720.91	528.67	352.2	276	251.32	213.39	260.23	175.26	252.76	347.93	346.86	469.65	3080.55
Min	6.55	9.99	8.23	6.26	2.39	1.38	0.12	0.38	0.21	2.17	5.32	7.55	20.34

sumber: [www.energycodes.gov](http://www.energycodes.gov)

menurut data curah hujan yang tertera diatas didapatkan data curah hujan mencakup tahun 2000 – 2019, untuk rata – rata curah hujan tahunan pada 19 tahun tersebut ada 2034.51 mm, untuk curah hujan terbesar yaitu 3080.55 mm pada tahun 2010, dan untuk curah hujan terkecil yaitu 20.34 pada tahun 2019. Menurut data diatas juga bahwa curah hujan terbesar terjadi pada bulan february dengan total rata – rata dari 19 tahun tersebut adalah 323.73 mm, sedangkan untuk curah hujan terkecil terjadi pada bulan agustus dengan rata – rata curah hujan 41.3695 mm.

## 3.3.5 Data Permeabilitas

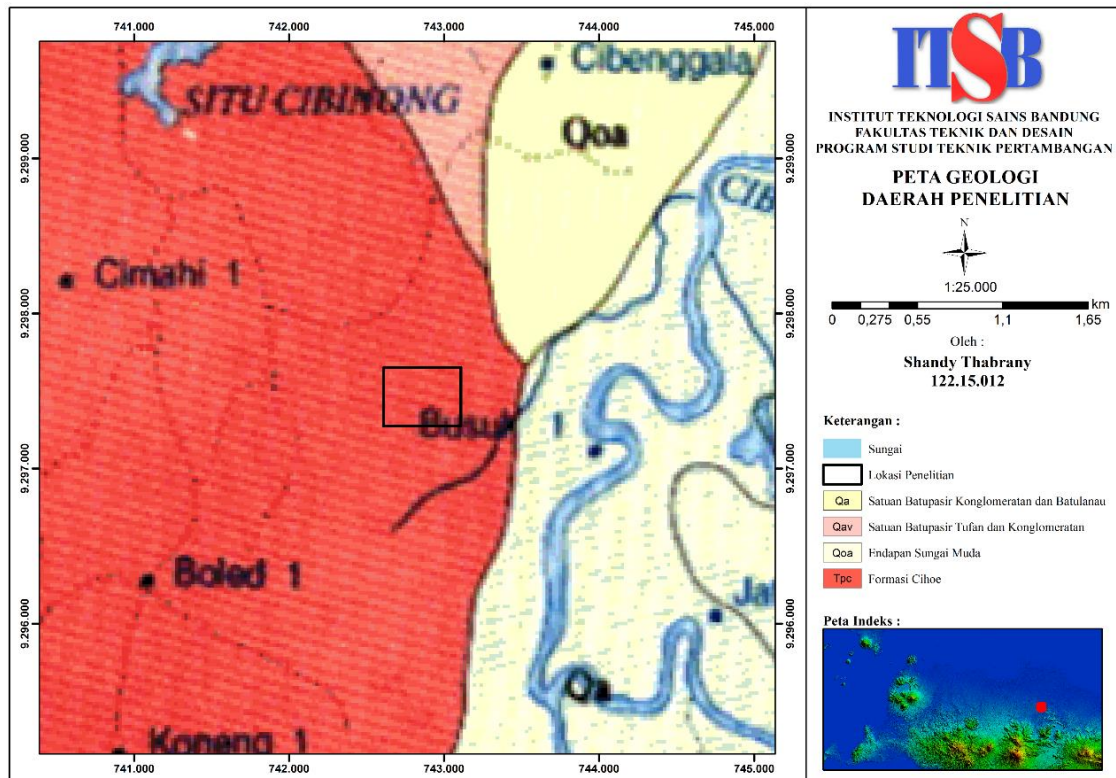
Tabel 3.2 Nilai Permeabilitas

Kode Pemboran	Permeabilitas	Kedalaman Jenuh air (m)
DB-1	0,605	3,86
DB-2	0,519	2,92
DB-3	0,432	4,38
DB-4	0,454	4,45
DB-5	0,567	2,89
DB-6	0,363	3,25
DB-7	0,18	2,9
DB-8	0,0627	3,27
DB-9	0,491	3,4
DB-10	0,121	3,25
DB-11	0,26	2,38
DB-12	0,293	4,85
DB-13	0,302	4,5
DB-14	0,197	5,65
DB-15	0,139	2,74
DB-16	0,202	1,95
Min	0,0627	1,95
Max	0,605	5,65
Rata - rata	0,3242	3,54

Pengolahan data, Agum (2020)

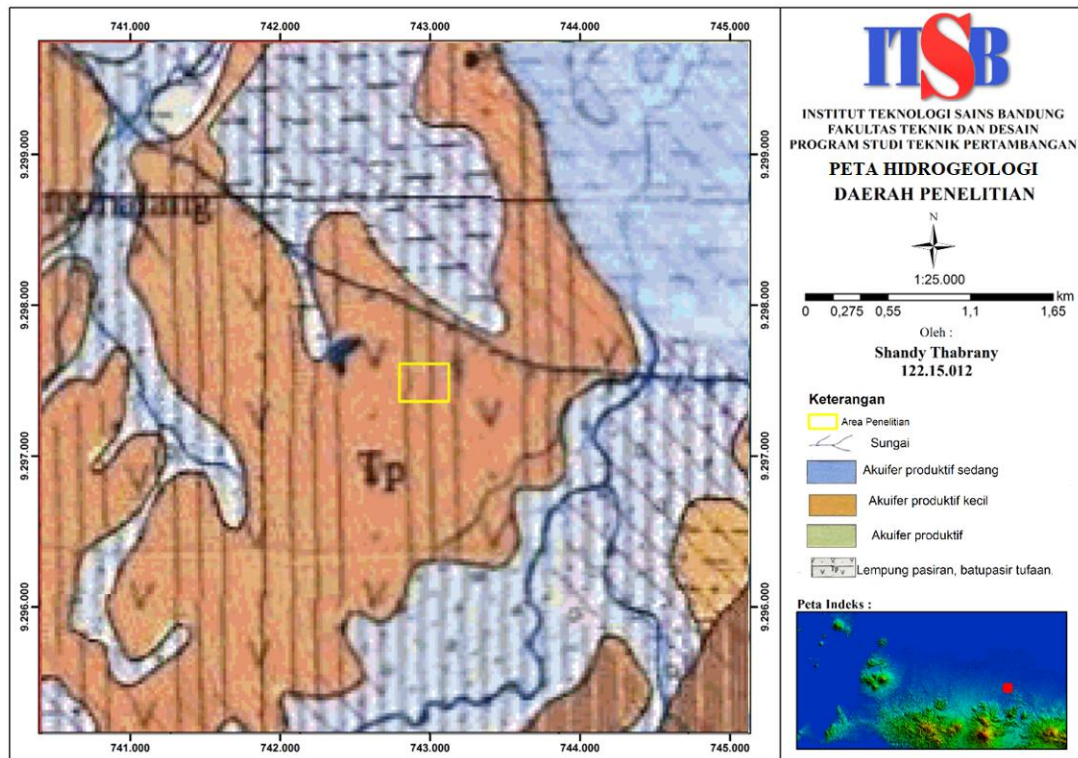
Pada proses uji permeabilitas dilakukan pemboran untuk mengetahui kedalaman jenuh air, didapat bahwa rata – rata kedalaman jenuh air pada daerah penelitian adalah 3,54 m, dengan yang terdalam 5,65 dan terdangkal 1,95 m, setelah diketahui kedalaman jenuh airnya dengan uji permeabilitas, kemudian didapat rata – rata permeabilitas pada daerah penelitian adalah 0,3242, dengan permeabilitas terbesar adalah 0,605 dan terkecil adalah 0,0627.

### 3.3.6 Peta Geologi dan Hidrogeologi daerah penelitian



Gambar 3.8 Peta Geologi Penelitian

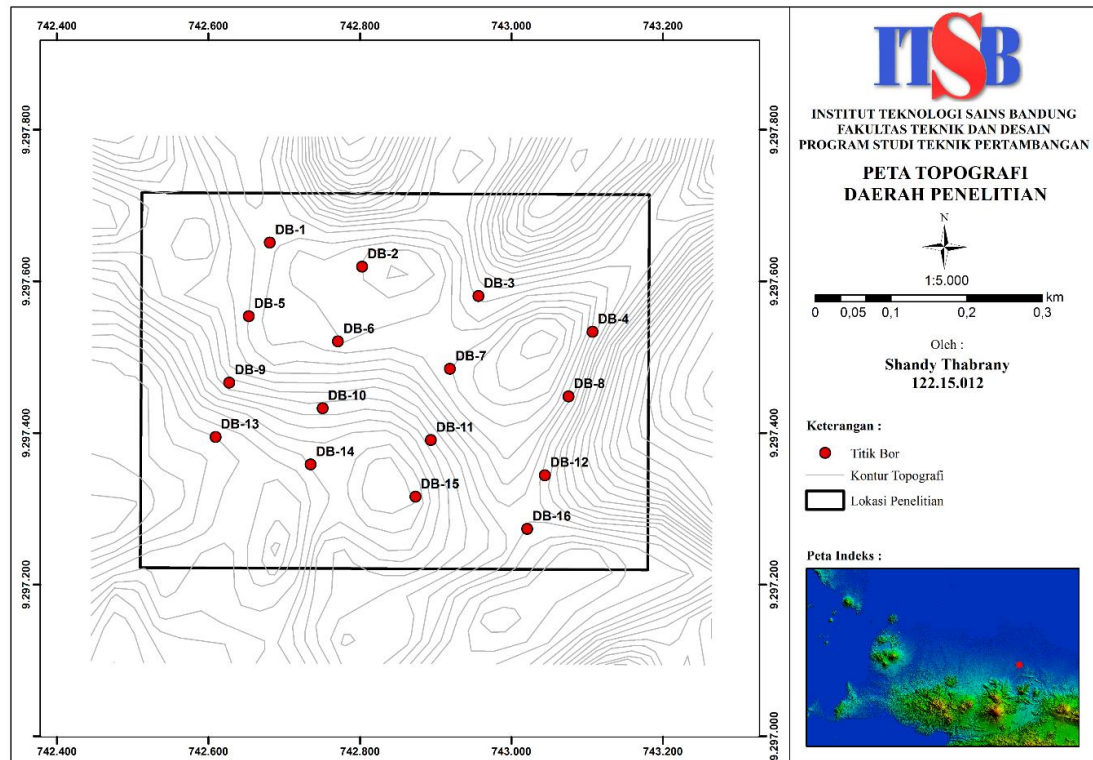
Daerah penelitian berdasarkan peta geologi terletak pada Formasi cihoe yang berbatasan dengan tiga formasi lainnya yaitu Formasi Qav, Qa dan Qoa. Kemudian Formasi cihoe yang merupakan formasi yang terletak pada lokasi penelitian terdiri dari beberapa satuan batuan tuff dan dan batulempung tufan, Kemudian Formasi Qav merupakan satuan batuan pasir dan konglomeratan, kemudian formasi Qa merupakan endapan sungai muda yang terdiri dari pasir, lumpur, kerikil, dan krakal, dan Qoa Satuan batupasir konglomeratan dan batulanau yang terdiri dari batu pasir konglomeratan, lanau, dan batu pasir. Dari keterangan informasi setiap formasi dapat disimpulkan bahwa lokasi daerah penelitian memiliki jenis Akuitar (lapisan lambat air) merupakan lapisan yang memiliki sifat permeabel kecil dan menghambat pergerakan air namun dapat mengalirkan air.



Gambar 3.9 Peta hidrogeologi daerah penelitian

Daerah penelitian berdasarkan peta hidrogeologi daerah penelitian terletak pada akuifer produktif kecil yang artinya ketersediaan air di daerah tersebut sangat terbatas, menurut Heru Sri Naryanto (2008) dari sumber DGLT 1993, bahwa untuk akuifer Produktif kecil berkisar dari debit < 5 liter/ hari sampai benar-benar langka.

### 3.3.7 Peta Topografi dan Titik Bor



Gambar 3.10 Peta Topografi Daerah Penelitian

Pada Peta topografi daerah penelitian diatas dapat dilihat terdapat 16 titik bor yang setiap titik pemborannya memiliki nilai ketinggian Muka Air Tanah (MAT) dan setiap titik bor tersebut memiliki nilai ketinggian yang berbeda-beda. Penjelasan rinci untuk setiap lubang pemboran akan dibahas lebih jelas pada sub-bab yang telah ditulis oleh peneliti dibawah ini.

### 3.3.8 Ketinggian Muka Air Tanah DB-1 Sampai DB-16

Pengukuran ketinggian muka air tanah pada titik bor DB-1 sampai DB-16 dilakukan dua kali pengukuran pada saat pagi hari, dan sore hari, kemudian setelah dilakukan pengukuran didapatkan hasil pada tabel 3.3 berikut:

## 1. Ketinggian Muka Air Tanah Pagi Hari

Tabel 3.3 Muka Air Tanah Saat pagi

BOR ID	KETINGGIAN (m)
DB - 1	3.64
DB - 2	2.64
DB - 3	3.99
DB - 4	4.34
DB - 5	2.52
DB - 6	3.24
DB - 7	3.38
DB - 8	3.23
DB - 9	2.87
DB - 10	3.1
DB - 11	2.32
DB - 12	4.86
DB - 13	4.45
DB - 14	5.2
DB - 15	2.18
DB - 16	1.86

Kemudian dapat dilihat pada tabel di atas hasil dari pengukuran muka air tanah pada saat pagi hari dengan nilai ketinggian muka air tanah yang berbeda-beda mulai dari DB-1 sampai DB-16, seperti DB-1 memiliki ketinggian 3.64 m, DB-2 memiliki ketinggian 2.64 m, DB-3 memiliki ketinggian 3.99 m, DB-4 memiliki ketinggian 4.34 m, DB-5 memiliki ketinggian 2.52 m, DB-6 memiliki ketinggian 3.24 m, DB-7 memiliki ketinggian 3.38 m, DB-8 memiliki ketinggian 3.23 m, DB-9 memiliki ketinggian 2.87 m, DB-10 memiliki ketinggian 3.1 m, DB-11 memiliki ketinggian 2.32 m, DB-12 memiliki ketinggian 4.86 m, DB-13 memiliki ketinggian 4.45 m, DB-14 memiliki ketinggian 5.2 m, DB-15 memiliki ketinggian 2.18 m, dan DB-16 memiliki ketinggian 1.86 m. dari hasil tersebut didapat ketinggian tertinggi terdapat pada DB-14 dengan ketinggian 5.2 m, lalu ketinggian terendah pada DB-16 dengan ketinggian 1.86 m, kemudian dapat dilihat keadaan muka air tanah pada saat sore hari pada tabel 3.4 berikut:



## 2. Ketinggian Muka Air Tanah Sore Hari

Tabel 3.4 Muka Air Tanah Saat sore

BOR ID	KETINGGIAN (m)
DB - 1	3.63
DB - 2	2.61
DB - 3	3.99
DB - 4	4.34
DB - 5	2.49
DB - 6	3.21
DB - 7	3.37
DB - 8	3.21
DB - 9	2.87
DB - 10	2.99
DB - 11	2.34
DB - 12	4.83
DB - 13	4.43
DB - 14	5.65
DB - 15	2.14
DB - 16	1.84

Setelah kita mengetahui ketinggian muka air tanah saat hujan dan pagi hari pada pembahasan kali ini akan membahas ketinggian muka air tanah pada saat sore hari mulai dari DB-1 sampai DB-16 , seperti DB-1 memiliki ketinggian 3.63 m, DB-2 memiliki ketinggian 2.61 m, DB-3 memiliki ketinggian 3.99 m, DB-4 memiliki ketinggian 4.34 m, DB-5 memiliki ketinggian 2.49 m, DB-6 memiliki ketinggian 3.21 m, DB-7 memiliki ketinggian 3.37 m, DB-8 memiliki ketinggian 3.21 m, DB-9 memiliki ketinggian 2.87 m, DB-10 memiliki ketinggian 2.99 m, DB-11 memiliki ketinggian 2.34 m, DB-12 memiliki ketinggian 4.83 m, DB-13 memiliki ketinggian 4.43 m, DB-14 memiliki ketinggian 5.65 m, DB-15 memiliki ketinggian 2.14 m, dan DB-16 memiliki ketinggian 1.84 m. Dari hasil pengukuran di atas dapat diolah menggunakan software mudflow untuk melihat model simulasi penurunan muka air tanah di lokasi penelitian.

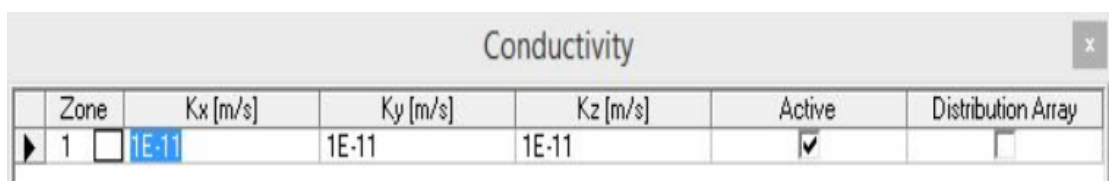
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Model Konseptual

Penelitian ini dibuat model konseptual sehingga dapat dilakukan simulasi penurunan muka air tanah untuk mengetahui jumlah air masuk, keluar serta arah aliran air. Dibuat 3 kali simulasi, yang pertama simulasi dengan data 3 sumur pompa dengan waktu pemompaan 1 tahun, kedua 3 sumur pompa dengan waktu pemompaan 3 tahun, dan yang ketiga 3 sumur pompa dengan waktu pemompaan 10 tahun. Untuk melakukan simulasi tersebut dibutuhkan alat bantu Visual Modflow yaitu VISUAL MODFLOW, berikut merupakan beberapa komponen dalam membuat konseptual model.

Properti untuk model konseptual ini mencakup dua parameter yaitu konduktivitas dan *storage*. Konduktivitas hidrolis merupakan salah satu parameter yang sangat dibutuhkan dalam model konseptual ini karena konduktivitas hidrolis dalam pengertiannya adalah kemampuan suatu material dalam mengalirkan air, nilai pada konduktivitas meliputi  $K_x$ ,  $K_y$ , dan  $K_z$  nilai tersebut dipengaruhi oleh arah aliran pada material yang tersedia. Besaran Konduktivitas yang digunakan pada model konseptual ini dapat terlihat pada gambar 4.3:



Zone	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]	Active	Distribution Array
1	1E-11	1E-11	1E-11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gambar 4.1 Konduktivitas (AQTESOLV, 2016)

$K_x$ ,  $K_y$ , dan  $K_z$  dianggap sama karena perbedaan pada nilai tersebut hamper sama. *Storage* pada model konseptual berguna untuk luas atau besaran penyimpanan pada material yang tersedia di daerah penelitian. *Storage* meliputi *specific storage* ( $s_s$ ), *Specific yield* ( $S_y$ ), Porositas efektif (Eff. Por.), dan porositas total (Tot.Por). untuk nilai *storage* dapat terlihat pada gambar 4.2:



Zone	Ss [1/m]	Sy []	Eff. Por. []	Tot. Por. []	Active	Distribution Array
1	0.00028	0.12	0.41	0.41	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gamba 4.2 *Storage* (AQTESOLV, 2016)

### 4.3 Simulasi

Simulasi yang digunakan merupakan simulasi penurunan muka air tanah dan simulasi pemompaan, sehingga hasil simulasi sangat bergantung dari hasil konseptual model yang dibuat. Simulasi pemompaan dilakukan untuk mengetahui arah pergerakan air serta melihat penurunan muka air tanahnya.

Simulasi pemompaan akan dilakukan 3 kali simulasi, setiap simulasi dibedakan dari durasi waktu pemompaan simulasi satu dengan waktu 1 tahun, simulasi kedua 3 tahun pemompaan, dan yang ketiga dengan jangka waktu 10 tahun pemompaan,

#### 4.3.1 Simulasi Pemompaan

No	Jenis Gedung	pemakaian air	Waktu	Keterangan
		rata-rata per hari (liter)	pemakaian air rata rata (jam)	
1	Kantor	100-120	8	Per karyawan
2	Rumah sakit	250-1000	10	Per tempat Tidur (pasien luar : 8 l Karyawan : 120 l Perawat 160 l
3	Gedung Bioskop dan Sandiwara	10	3	Per pengunjung
4	Toko, departement store	3	8	Per pengunjung (karyawan : 100 l Karyawan Penghuni : 160 l )
5	Rumah makan	15	7	-
6	Cafeteria	30	5	-
7	Perumahan	160 - 140	8 - 10	Per penghuni
8	Hotel, losmen	150 - 300	10	Per tamu
9	sekolah dasar sekolah lanjutan	40 - 50	5 - 6	Per murid
10	Laboratorium	100 - 200	8	Per Karyawan
11	Pabrik	60 - 140	8	Per Orang per shif ( pria : 80 l wanita : 100 l )
12	Stasiun kereta api	3	15	Per penumpang

Gambar 4.3 penggunaan air sektor industri

Sumber : Maindoka dan Panjaitan, (2011)

Menurut data penelitian yang sudah bahwa kebutuhan air untuk Mall adalah 3 liter/ Hari per pengunjung, lalu untuk 1 orang karyawan kebutuhan airnya adalah 100 liter/ Hari. Untuk daya tampung maksimal untuk 1 orang adalah  $3\text{m}^2$ , dan untuk efektivitas dari lahan adalah 60% (Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura,1993:48) sehingga didapat perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.1 perhitungan perkiraan kebutuhan air harian (pengunjung)

Perhitungan Perkiraan Kebutuhan Air Harian (pengunjung)		
Panjang (m)	444	M
Lebar (m)	267	M
Luas ( $\text{m}^2$ )	118.548	M
Terpakai	60%	
Luas Terpakai ( $\text{m}^2$ )	71.128,8	$\text{m}^2$
Jumlah Lantai (3)	213.386,4	$\text{m}^2$
Daya Tampung ( $3\text{m}^3/\text{orang}$ )	71.128,8	orang
kebutuhan air Per hari	213.386,4	Liter

Dalam perhitungan diatas untuk kebutuhan maksimal, untuk karyawan dianggap bahwa ada sekitar 250 karyawan dalam 1 mall sehingga kebutuhan air untuk karyawan 25.000 Liter ( $25\text{m}^3$ )/ Hari, lalu untuk pengunjung dianggap efisiensinya sekitar 60 % (Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura,1993:48) dari total kebutuhan maksimal sehingga didapat kebutuhan airnya 128.031 Liter ( $128\text{ m}^3$ )/ Hari, jadi total kebutuhan harian air adalah  $25\text{m}^3 + 128\text{m}^3 = 153\text{ m}^3/\text{Hari}$  nya.

Tabel 4.2 Perkiraan Kebutuhan Air Juwana (2005)

Fungsi Bangunan	Kebutuhan per hari liter/ $\text{m}^2$
Apartemen	20
Hotel	30
Kantor	10
Pertokoan	5
Rumah Sakit	15

Sumber : Panduan Sistem Bangunan Tinggi oleh Jimmy S. Juwana (2005)

Sedangkan menurut data penelitian dari Juwana (2005) kebutuhan dari pertokoan sekitar 5 liter/hari per m<sup>2</sup> sehingga di dapat perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.3 perhitungan perkiraan kebutuhan air harian (Luasan daerah)

Perkiraan kebutuhan air ( Luasan m <sup>2</sup> )		
Lebar (m)	267	m
Panjang (m)	444	m
Luas (m <sup>2</sup> )	118548	m <sup>2</sup>
Terpakai	60%	%
Luas Terpakai	71128.8	m <sup>2</sup>
Jumlah Lantai (3)	213386.4	m <sup>2</sup>
Kapasitas Efektif (60%)	128031.84	m <sup>2</sup>
kebutuhan air ( Liter)	640159.2	Liter

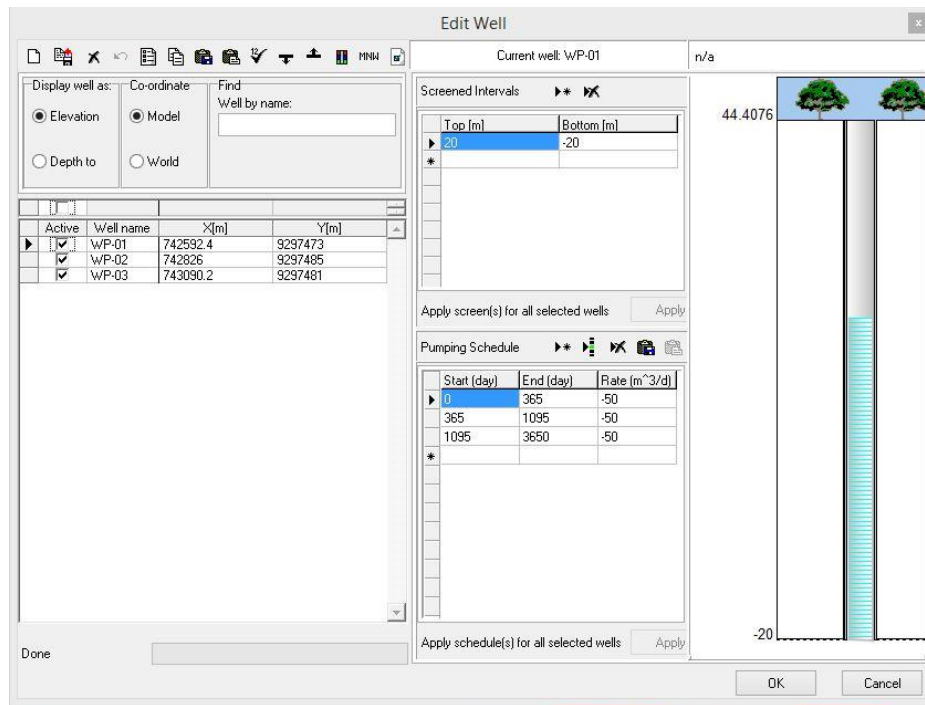
Dalam perhitungan diatas didapat kan bahwa jumlah air yang dibutuhkan untuk perkiraan luasan daerah adalah 640.159 liter atau 640 m<sup>3</sup> per hari.

Dari 2 perhitungan diatas kami mengambil perhitungan pertama yang dimana angka untuk nilai kebutuhan air lebih kecil daripada perhitungan kedua, setelah hasil perhitungan didapat kemudian dilanjutkan ke simulasi menggunakan software VISUAL MODFLOW.

Simulasi pemompaan dilakukan sebagai indikator adanya aliran airtanah yang berada di bawah permukaan, simulasi pemompaan akan dilakukan sebanyak 3 kali simulasi, setiap simulasi terdapat perbedaan dari segi durasi waktunya berikut adalah simulasi yang disiapkan pada simulasi kali ini.

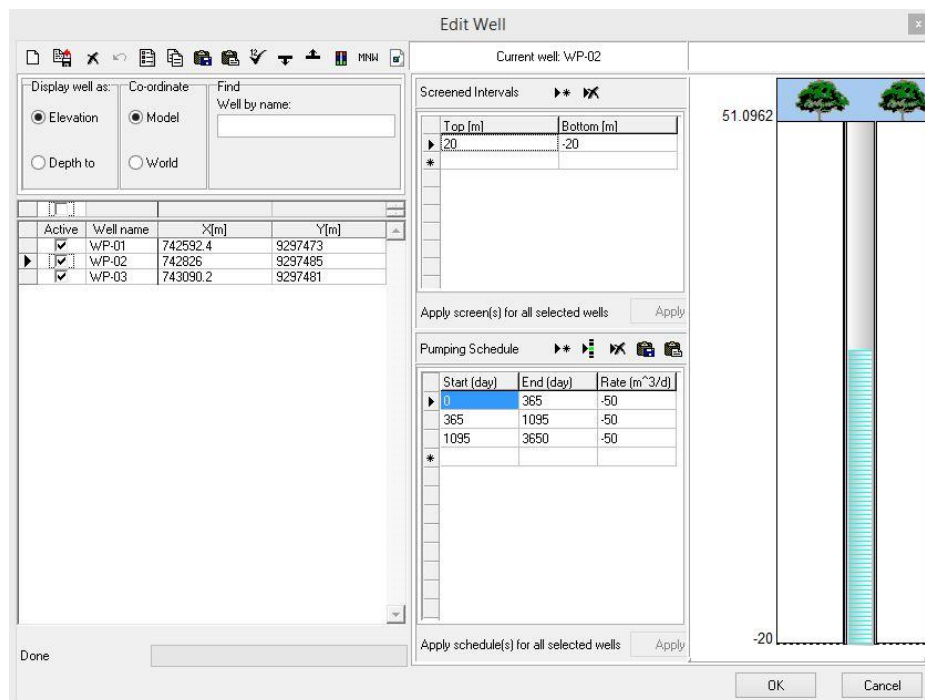
#### Simulasi 1

Pompa WP 01 terletak pada koordinat x: 742592.4, y: 9297473 9297473 kemudian WP 02 diletakan pada koordinat x: 742826, y: 9297485 dan WP 03 diletakan pada koordinat x : 743090.2, y : 9297481, besar debit air yang dipompa sebesar 50 m<sup>3</sup>/hari bertujuan untuk mengetahui besarnya air yang dapat dipompa sehingga dari hasil pemompaan tersebut dapat diketahui adanya aliran airtanah di bawah permukaan, seperti terlihat pada desain pemasangan pompa pada gambar 4.4, gambar 4.5, dan gambar 4.6 :



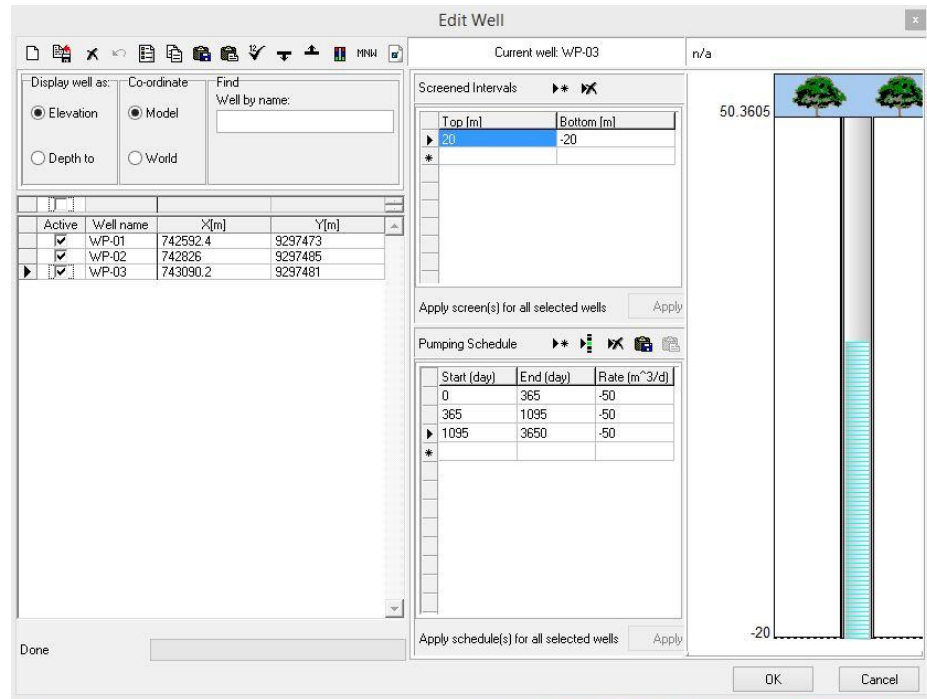
Gambar 4.4 Desai Pemasangan Pompa WP-01

Pada pompa WP-01 terletak pada koordinat X:742592. Y:9297473, pada lubang pompa WP-01 dipasang screen sepanjang 40 m dari dasar lubang pemboran, kemudian diberikan kapasitas pompa sebesar 50 m<sup>3</sup>/hari, dengan waktu pemompaan selama 10 tahun.



Gambar 4.5 Desain Pemasangan Pompa WP-02

Pada pompa WP-02 terletak pada koordinat X: 742826. Y: 9297485, dimana pada lubang pompa WP-02 dipasang screen sepanjang 40 m dari dasar lubang pemboran, kemudian diberikan kapasitas pompa sebesar  $50 \text{ m}^3/\text{hari}$ , dengan waktu pemompaan selama 10 tahun.



Gambar 4.6 Desain Pemasangan Pompa WP-03

Pada pompa WP-03 terletak pada koordinat X: 743090.2. Y: 9297481, dimana pada lubang pompa WP-03 dipasang screen sepanjang 40 m dari dasar lubang pemboran, kemudian diberikan kapasitas pompa sebesar  $50 \text{ m}^3/\text{hari}$ , dengan waktu pemompaan selama 10 tahun.

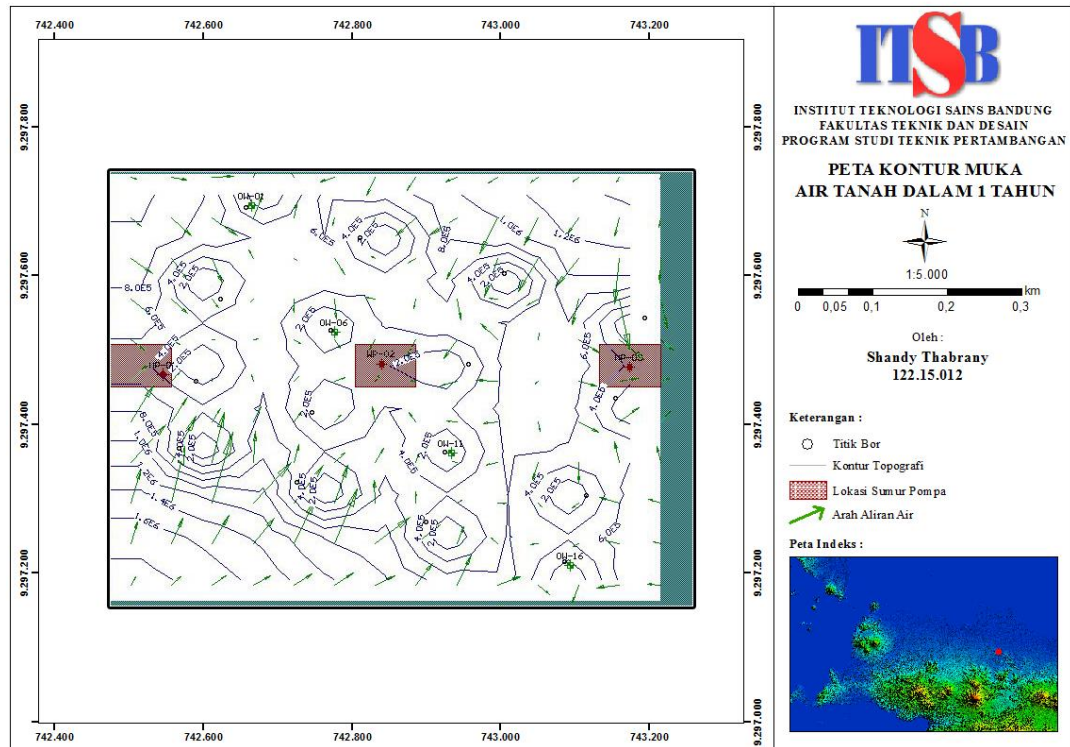
Tabel 4.4 Desain Sumur Pompa

Well Name	Koordinat		elevasi	Screen	pumping rate	time (tahun)
	x	Y				
WP-01	742592.4	9297473	44,41	40	$50 \text{ m}^3/\text{day}$	0-10
WP-02	742826	9297485	51.1	40	$50 \text{ m}^3/\text{day}$	0-10
WP-03	743090.2	9297481	50.36	40	$50 \text{ m}^3/\text{day}$	0-10

#### 4.4 Hasil Simulasi

Hasil untuk aliran airtanah didapat bahwa pada lokasi penelitian relative mengalir menuju ke arah sumur pompa.

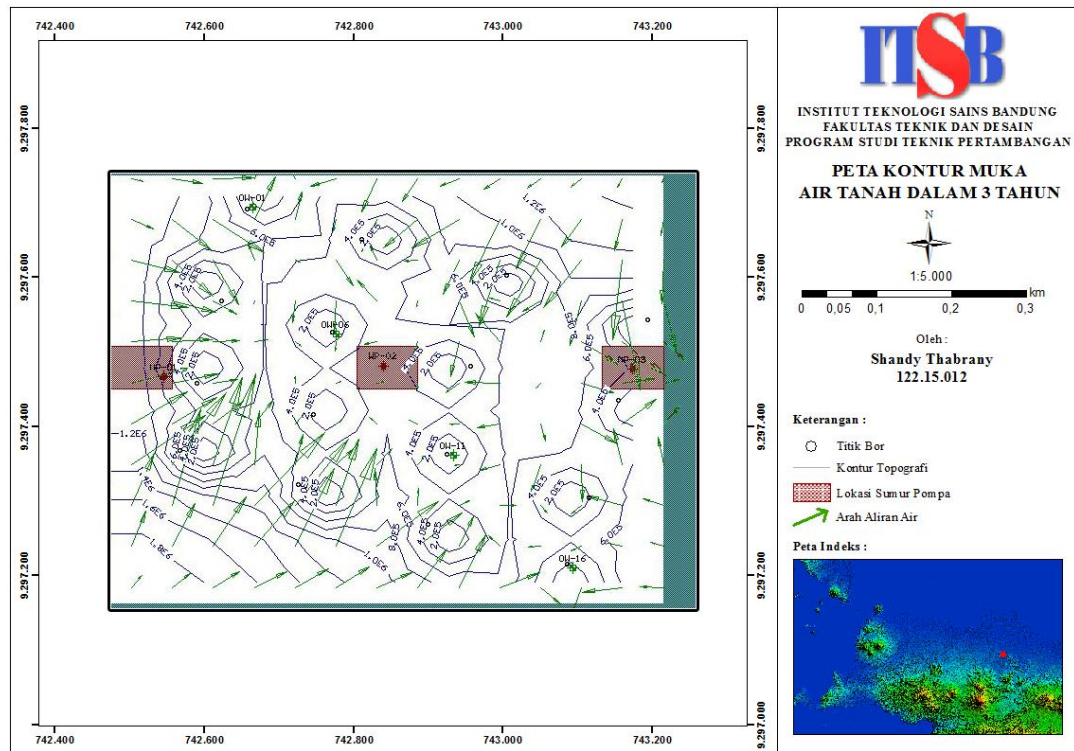
##### Simulasi 1



Gambar 4.7 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 1 Tahun

Pada gambar 4.7 dengan simulasi waktu selama 1 tahun terjadi penurunan air tanah sekitar 27 m, yang diakibatkan pemompaan oleh 3 pompa yang dipasang sejajar, vektor arah aliran air menuju arah pompa, itu dapat terlihat dengan pola kontur yang mengkrucut ke arah pompa diletakan.

## Simulasi 2

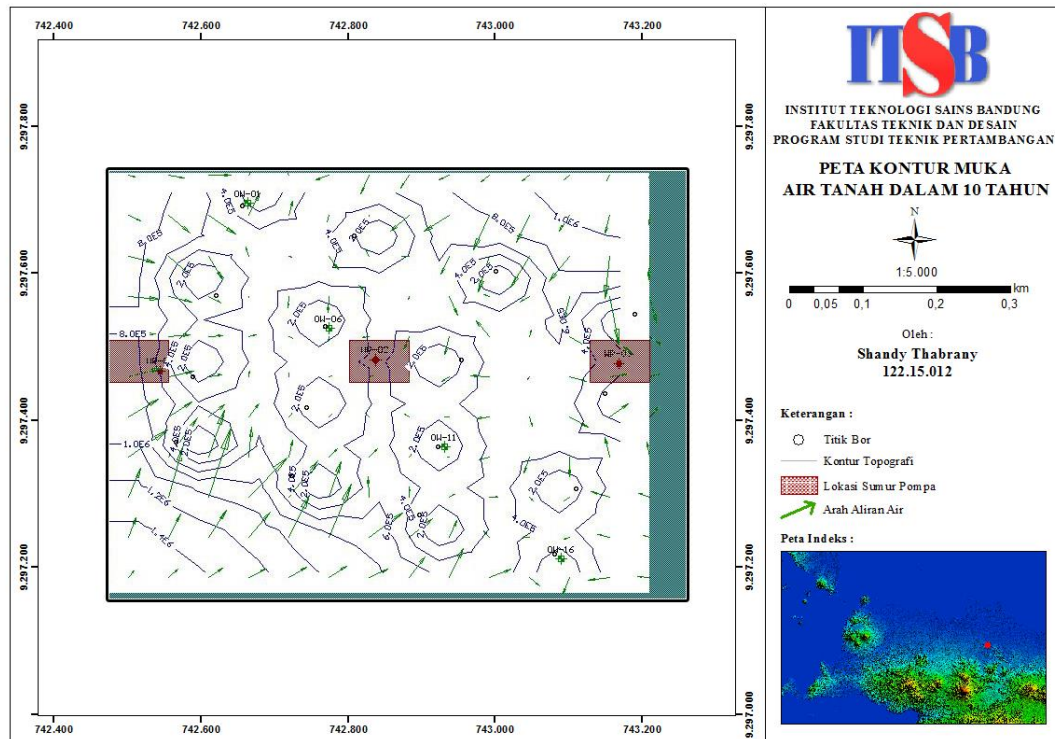


Gambar 4.7 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 3 Tahun

Pada gambar 4.7 dengan simulasi waktu selama 3 tahun tidak terjadi penurunan muka air tanah lagi yang diakibatkan keterbatasan pompa, terlihat pada gambar bahwa kontur air terlihat rapat sehingga menandakan ketidakmerataan permukaan air. Ketidakmerataan permukaan air dikarenakan tingkat permeabilitas yang rendah dan juga keberadaan sumur pemboran yang terbuka.



## Simulasi 3



Gambar 4.8 Peta Kontur Muka Air Tanah Dalam 10 Tahun

Kemudian pada gambar 4.8 dengan simulasi pemompaan selama 10 tahun tidak terjadi lagi penurunan airtanah pada lokasi dikarenakan batas kedalaman pompa, namun terlihat perbedaan pada kontur dimana kontur yang terlihat sedikit lebih renggang yang menandakan bahwa airtanah hampir seragam karena kapasitas air yang terus diambil.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil pemodelan simulasi airtanah yang didapat bahwa dalam kurun waktu 1, 3, dan 10 tahun, akibat adanya pemimpaan secara terus menerus sehingga mempengaruhi arah aliran air tanahnya. Aliran air tanah pada daerah penelitian dominan menuju arah pompa.
2. Menurut hasil simulasi pemompaan airtanah, didapatkan bahwa hasil pemompaan ditahun 1 terjadi penurunan airtanah 27m, kemudian pada tahun ke-3 tidak terjadi penurunan airtanah diakibatkan oleh terbatasnya kedalaman pompa, dan begitupun pada tahun ke-10 yang tidak mengalami penurunan airtanah.

#### **5.2 Saran**

Hasil dari pemodelan dan simulasi yang didapat menggunakan data yang sangat terbatas, dimana untuk kedalaman pemboran hanya sekitar 60m dan diperlukan data yang lebih lengkap lagi. Adapun saran untuk meningkatkan kualitas dari penelitian ini adalah memperluas wilayah penelitian dan melengkapi data untuk memvalidasi data yang telah diperoleh seperti mengetahui jenis litologi pada setiap lubang pemboran, atau mencari nilai resistifitas menggunakan metode geolistrik, dengan kelengkapan data tersebut akan menyempurnakan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, Mary P., William W. W., 1992. APPLIED GROUNDWATER MODELING. ACADEMIC PRESS, INC., United States of America.
- Budi, H. 2010. REVIEW MODELING HIDROLOGI DAS INDONESIA.
- Danaryanto, Dkk. 2005. *Air Tanah di Indonesia dan Pengelolaannya*. Direktorat Domenico, P.A. and F.W. Schwartz, 1990. Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley & Sons, New York, 824 p. <https://www.scribd.com/doc/64925951/Physical-and-Chemical-Hydro-Geology>.
- Fetter, C.W., 2001. Applied Hydrogeology 4<sup>th</sup> edition, Upper Saddle River, N.J., Prentice-Hall.
- Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral Indonesia
- Heath, R.C., 1983, Basic ground-water hydrology: U.S. Geological Survey WaterSupply Paper 2220, 84 p. [https://pubs.er.usgs.gov/djvu/WSP/wsp\\_2220.pdf](https://pubs.er.usgs.gov/djvu/WSP/wsp_2220.pdf).
- Irawan, Dasapta Erwin., & Deny Juanda Puradimaja, 2015. HIDROGEOLOGI UMUM. Ombak, Yogyakarta.
- Marta, J., Adidarma, W. 1983. *Mengenal Dasar–Dasar Hidrologi*. Bandung: Nova ([www.geonesia.com](http://www.geonesia.com))
- Morris, D.A. and Johnson, A.I. 1967. Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials, as Analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, 1948-1960. USGS Water Supply Paper: 1839-D. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/wsp1839D>.
- Naryanto, Heru Sri. 2008. POTENSI AIRTANAH DI DAERAH CIKARANG DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BEKASI BERDASARKAN ANALISIS PENGUKURAN GEOLISTRIK. JAI Vol.4, No. 1
- Pratiknyo, Puji 2016. HIDROGEOLOGI KAWASAN CAGAR BUDAYA GUNUNG PENANGGUNGAN. ISSN 0854-2554
- Prayitno, Eko, Yonik Meilawati Yustiani, Ds., Sri Wahyuni, DS. 2013. *STUDI KINERJA PROTOTIP AQUIFER STORAGE AND RECOVERY (ASR) DALAM RANGKA KONSERVASI AIR TANAH DALAM DI KELURAHAN UTAMA-CIMAHI SELATAN*. Skripsi(S1) thesis, Fakultas Teknik Unpas
- Soufyan M. Noerbambang & Takeo Morimura, 1993 : 48 Tabel pemakaian air rata-rata per orang setiap hari
- Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Direktorat Jendral
- TirTomiHardjo, H., T. SeTiawan. 2011. Simulasi Aliran Air Tanah Cekungan Air Tanah Denpasar-Tabanan, Provinsi Bali. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 6 No. 3 September 2011 . hal 145-163.
- Wijanarko, Arif. 2011. Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih Unit Kedawung PDAM Sragen. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Zarkasih, 2019. SIMULASI ALIRAN AIR TANAH DAN PEMOMPAAN UNTUK PENYALIRANNYA DI TAMBANG X BATURAJA MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA, Cikarang.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Form Analisis Permeabilitas

INTERVAL WAKTU	KALKULASI JUMLAH WAKTU (MENIT)	KEDALAMAN (METER)	TANGGAL
0	0.00	0.3	30/12/2019
1.00	1.00	1.26	
1.00	2.00	1.42	
1.00	3.00	1.6	
1.00	4.00	1.69	
1.00	5.00	1.76	
5.00	10.00	1.95	
5.00	15.00	2	
5.00	20.00	2.2	
5.00	25.00	2.3	
5.00	30.00	2.4	
10.00	40.00	2.42	
10.00	50.00	2.43	
10.00	60.00	2.45	
10.00	70.00	2.45	
10.00	80.00	2.5	
30.00	110.00	2.52	
30.00	140.00	2.55	
30.00	170.00	2.57	
30.00	200.00	2.57	

## Lampiran 2. Data Mentah Penurunan Muka Air Tanah DB-1

TIME	TIME ELAPSED (MIN)	KEDALAMAN (METER)	TIME INTERVAL	TANGGAL
08:00	0.00	0.3	0	20/12/2019
	1.00	1.8	1.00	
	2.00	2.4	1.00	
	3.00	2.6	1.00	
	4.00	2.8	1.00	
	5.00	2.95	1.00	
	10.00	3.4	5.00	
	15.00	3.47	5.00	
	20.00	3.51	5.00	
	25.00	3.53	5.00	
	30.00	3.56	5.00	
	40.00	3.61	10.00	
	50.00	3.63	10.00	
	60.00	3.65	10.00	
	70.00	3.69	10.00	
	80.00	3.72	10.00	
	110.00	3.78	30.00	
	140.00	3.82	30.00	
	170.00	3.86	30.00	
10:20	200.00	3.86	30.00	

Lampiran 3 Foto Pengambilan Data Penurunan Muka Air Tanah

