



TESIS - RE142551

**ANALISIS POTENSI AIR TANAH PADA CEKUNGAN  
AIR TANAH BRANTAS**

ANDI RACHMAN PUTRA  
03211650020003

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018





TESIS - RE142551

# **ANALISIS POTENSI AIR TANAH PADA CEKUNGAN AIR TANAH BRANTAS**

ANDI RACHMAN PUTRA

03211650020003

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018





THESIS - RE142551

**GROUNDWATER POTENTIAL ANALYSIS ON  
BRANTAS GROUNDWATER BASIN**

ANDI RACHMAN PUTRA  
03211650020003

SUPERVISOR  
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

MASTER PROGRAM  
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL, ENVIRONMENTAL AND GEO ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018



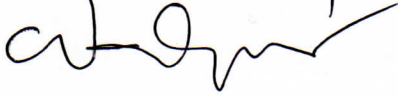
Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:  
Andi Rachman Putra  
03211650020003


Tanggal Ujian : 12 Juli 2018  
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui Oleh:

  
1. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T. (Pembimbing)  
NIP. 19680128 199403 1 003

  
2. Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D. (Penguji)  
NIP. 19500114 197903 1 001

  
3. Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D. (Penguji)  
NIP. 19620816 199003 1 004

  
4. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T. (Penguji)  
NIP. 19650508 199303 1 001

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



LD A A Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19750212 199903 2 001





# **ANALISIS POTENSI AIR TANAH PADA CEKUNGAN AIR TANAH BRANTAS**

Nama Mahasiswa : Andi Rachman Putra  
NRP : 03211650020003  
Dosen Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Air tanah merupakan sumber air yang penting, baik dalam penggunaan domestik, agrikultur dan industri. Kepadatan penduduk yang tinggi, distribusi air yang tidak merata, tingginya kebutuhan, perkembangan ekonomi, perubahan iklim dan lainnya menyebabkan peningkatan konsumsi dan kekurangan air permukaan. Kurangnya air permukaan menyebabkan kebutuhan akan air tanah sebagai alternatif sumber air baku meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap air tanah yang ada di daerah Cekungan Air Tanah Brantas.

Penelitian ini menggunakan perpaduan antara penginderaan jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk menghasilkan peta zona potensi air tanah. Zona potensi air tanah adalah pendefinisian suatu area berdasarkan kemungkinan adanya sumber air tanah. Perpaduan antara penginderaan jauh dan SIG merupakan salah satu pilihan dalam pemetaan air tanah. Penginderaan jauh digunakan untuk mendapatkan berbagai parameter dari potensi air tanah. Parameter-parameter ini kemudian dipadukan dengan data sekunder lainnya menggunakan SIG untuk menghasilkan peta zona potensi air tanah.

Berdasarkan Peta Zona Potensi Air Tanah CAT Brantas yang dibuat, dapat diketahui bahwa 1,49% dari CAT Brantas memiliki potensi air tanah tinggi, 27,91% dengan potensi air tanah cukup tinggi, 52,24% dengan potensi air tanah sedang, 17,72% dengan potensi air tanah cukup rendah dan 0,64% dengan potensi air tanah rendah. Peta yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian sebesar 27,09% dengan Peta Hidrogeologi Indonesia. Tidak adanya data investigasi lapangan dalam pembuatan peta merupakan faktor utama dari rendahnya tingkat kesesuaian ini.

Kata kunci: Zona potensi air tanah, Penginderaan jauh, SIG, CAT Brantas

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **GROUNDWATER POTENTIAL ANALYSIS ON BRANTAS GROUNDWATER BASIN**

Name : Andi Rachman Putra

ID Number : 03211650020003

Supervisor : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Groundwater is an important source of water for domestic, agricultural and industrial uses. High population density, uneven water distribution, high demand, economic development, changing climate and other causes led to an increase of consumption and shortages of surface water. This surface water shortages increased reliance on groundwater as an alternative water source. This study aims to analyze groundwater potential on Brantas Groundwater Basin.

This study uses the combination between remote sensing and geographic information system to create groundwater potential zone map. Groundwater potential zone define the availability of groundwater in a particular area. Integration between remote sensing and geographic information system are widely used in groundwater mapping. Remote sensing used to collect parameter related to groundwater potential. These parameters combined with other secondary data using geographic information system to produce groundwater potential zone map.

Based on the produced potential map, only 1,49% and 0,64% of study area fall under high and low potential zone respectively. 27,91% of study area fall under moderately high potential zone and 17,72% of study area fall under moderately low potential zone. The rest of study area, which was 52,24% fall under moderate potential zone. This potential map only meets 27,09% agreement with Hydrogeological Map of Indonesia. The lack of field investigation data become the main reason of this low agreement value.

Keywords: groundwater potential zone, remote sensing, geographic information system, Brantas Groundwater Basin

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas segala karunia dan kasih-NYA kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam Tesis yang berjudul “Analisis Potensi Air Tanah pada Cekungan Air Tanah Brantas”.

Pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih ini penulis tunjukkan kepada:

1. Kedua Orang tua, Bapak Budi Santoso dan Ibu Andarini, beserta Adik penulis Saudara Adrian Dharmawan, yang selama ini selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
2. Ibu Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, M.T. selaku Ketua Program Studi Pasca Sarjana Jurusan Teknik Lingkungan FTSLK - ITS.
3. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing penulis.
4. Bapak - Ibu Dosen dan Karyawan Teknik Lingkungan FTSLK-ITS.
5. Teman – teman Program Studi Pasca Sarjana Jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2016.
6. Sahabat penulis dari kecil, Dania Anindhita yang selalu menjadi motivasi bagi penulis.
7. Dan banyak lagi pihak – pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya.

Penulis menyadari segala keterbatasan yang dimiliki, tentunya Tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan selanjutnya. Harapan penulis atas Tesis ini adalah semoga dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan dapat diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Siklus Hidrogeologi.....	5
2.2 Parameter dalam Potensi Air Tanah.....	6
2.2.1 Tanah.....	6
2.2.2 Geologi .....	7
2.2.3 Curah Hujan .....	7
2.2.4 Tutupan Lahan .....	7
2.2.5 Kelerengan .....	8
2.2.6 Densitas Drainase.....	8
2.2.7 NDVI.....	8
2.2.8 Cekungan Air Tanah .....	9
2.3 Potensi Air Tanah Melalui Penginderaan jauh.....	10
2.4 Sistem Informasi Geografis.....	10
2.5 <i>Multi-Criteria Evaluation</i> (MCE) .....	12

2.6 Penelitian Terdahulu .....	13
<b>BAB III METODA PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Identifikasi Masalah.....	18
3.2 Kajian Pustaka .....	18
3.3 Pengumpulan Data.....	19
3.4 Pengolahan Data .....	20
3.4.1 Pembuatan Peta Tematik .....	20
3.4.2 <i>Georeferencing</i> .....	23
3.4.3 MCE.....	23
3.5 Analisis Non-Teknis .....	25
3.5.1 Analisis Aspek Lingkungan.....	25
3.5.2 Analisis Aspek Kelembagaan.....	25
3.6 Kesimpulan .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Peta Tematik .....	27
4.1.1 Peta Kelas Permeabilitas Tanah .....	27
4.1.2 Peta Geologi .....	29
4.1.3 Peta Kelerengan.....	31
4.1.4 Peta Densitas Drainase .....	33
4.1.5 Peta Curah Hujan Tahunan.....	35
4.1.6 Peta Tutupan Lahan .....	37
4.1.7 Peta NDVI .....	39
4.2 Peta Zona Potensi Air Tanah .....	41
4.3 Perbandingan Peta Zona Potensi Air Tanah .....	49
4.4 Analisis Aspek Lingkungan.....	52
4.4.1 Kebutuhan Air Domestik.....	52



4.4.2	Kebutuhan Air Non-domestik .....	54
4.4.3	Evapotranspirasi Potensial .....	62
4.4.4	Limpasan Air Permukaan.....	66
4.4.5	<i>Supply &amp; Demand Analysis</i> .....	68
4.5	Analisis Aspek Kelembagaan.....	70
4.5.1	Regulator Bidang Air Tanah .....	70
4.5.2	Pembagian Wilayah Kerja.....	74
4.5.3	Perizinan Bidang Air Tanah.....	77
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>81</b>
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran.....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>BIODATA PENULIS</b>		

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Konsep MCE (Lidawati, 2014) .....	12
Gambar 2.2 Diagram alir MCE (Lidawati, 2014) .....	13
Gambar 3.1 Diagram tahapan penelitian.....	18
Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data .....	22
Gambar 4.1 Peta Kelas Permeabilitas Tanah .....	28
Gambar 4.2 Peta Geologi CAT Brantas .....	30
Gambar 4.3 Peta Kelerengan CAT Brantas .....	32
Gambar 4.4 Peta Densitas Drainase CAT Brantas .....	34
Gambar 4.5 Peta Curah Hujan Tahunan CAT Brantas .....	36
Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan pada CAT Brantas .....	38
Gambar 4.7 Peta NDVI pada CAT Brantas .....	40
Gambar 4.8 Peta Zona Potensi Air Tanah CAT Brantas .....	44
Gambar 4.9 Peta Zona Potensi Air Tanah pada Wilayah Administratif CAT Brantas .....	46
Gambar 4.10 Peta Hidrogeologi Indonesia .....	50
Gambar 4.11 Peta Evapotranspirasi Potensial pada CAT Brantas.....	65
Gambar 4.12 Peta Limpasan Air Permukaan pada CAT Brantas .....	67
Gambar 4.13 Struktur organisasi lembaga struktural di bidang air tanah.....	74
Gambar 4.14 Peta Batas CAT dan WS Brantas .....	76
Gambar 4.15 Skema proses izin perusahaan air tanah .....	79

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter dan sumbernya .....	23
Tabel 3.2 Bobot parameter .....	24
Tabel 4.1 Kelas permeabilitas tanah CAT Brantas .....	27
Tabel 4.2 Jenis batuan pada CAT Brantas .....	29
Tabel 4.3 Nilai kelerengan pada CAT Brantas .....	31
Tabel 4.4 Densitas drainase pada CAT Brantas .....	33
Tabel 4.5 Informasi stasiun hujan pada CAT Brantas .....	35
Tabel 4.6 Data hujan pada setiap stasiun hujan .....	35
Tabel 4.7 Klasifikasi tutupan lahan pada CAT Brantas .....	37
Tabel 4.8 Klasifikasi nilai NDVI pada CAT Brantas .....	39
Tabel 4.9 Peringkat dan normalisasi bobot setiap parameter .....	41
Tabel 4.10 Peringkat dan normalisasi bobot setiap sub-parameter .....	41
Tabel 4.11 Zona potensi air tanah pada CAT Brantas .....	45
Tabel 4.12 Lokasi zona potensi air tanah tinggi pada CAT Brantas .....	47
Tabel 4.13 Perbandingan zona peta .....	51
Tabel 4.14 Penduduk dan pelanggan PDAM pada CAT Brantas .....	53
Tabel 4.15 Hasil perhitungan kebutuhan air domestik .....	54
Tabel 4.16 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor sekolah .....	55
Tabel 4.17 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor fasilitas kesehatan .....	56
Tabel 4.18 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor perhotelan .....	57
Tabel 4.19 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor industri .....	58
Tabel 4.20 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor peternakan .....	59
Tabel 4.21 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor pertanian .....	60
Tabel 4.22 Hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik .....	61
Tabel 4.23 Hasil perhitungan PET pada Stasiun BMKG .....	63

Tabel 4.24 Nilai Evapotranspirasi Potensial pada setiap Kota/Kabupaten .....	64
Tabel 4.25 Koefisien limpasan berdasarkan tutupan lahan dan kelerengan.....	66
Tabel 4.26 Nilai limpasan air permukaan pada setiap Kota/Kabupaten.....	68
Tabel 4.27 Hasil perhitungan <i>Supply &amp; Demand Analysis</i> pada CAT Brantas....	69

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air tanah merupakan sumber air yang penting, baik dalam penggunaan domestik, agrikultur dan industri. Kepadatan penduduk yang tinggi, distribusi air yang tidak merata, tingginya kebutuhan, perkembangan ekonomi, perubahan iklim dan lainnya menyebabkan peningkatan konsumsi dan kekurangan air permukaan. Kurangnya air permukaan menyebabkan kebutuhan akan air tanah meningkat. Oleh karena itu, pemahaman terhadap sumber air tanah sangatlah penting dalam pengembangannya yang berkelanjutan (Selvam, et al., 2016).

Penilaian, pemodelan dan manajemen air tanah merupakan sesuatu yang sulit dilakukan karena kurangnya observasi *in-situ*, terutama pada zona di mana hanya terdapat sedikit infrastruktur pengamatan. Pada lingkungan seperti ini, biasanya jumlah sumur pantau sangat terbatas. Sedangkan, model air tanah membutuhkan distribusi temporal dan spasial sebagai data untuk *input* dan kalibrasi. Apabila data seperti ini tidak tersedia, model yang dihasilkan tidak dapat memiliki peran yang relevan dalam pendukung keputusan, karena model yang dihasilkan dalam kondisi ini tidaklah akurat (Montecino, et al., 2016).

Zona potensi air tanah adalah pendefinisian suatu area berdasarkan kemungkinan adanya sumber air tanah. Berbagai macam teknik dapat digunakan untuk memberikan informasi terkait potensi air tanah, baik secara langsung maupun tidak langsung (Agarwal & Garg, 2016). Perpaduan antara penginderaan jauh dan SIG merupakan salah satu pilihan dalam pemetaan air tanah. Dengan penginderaan jauh, menemukan lokasi potensi air tanah menjadi lebih mudah dan hemat biaya. Cakupan area yang luas, waktu singkat dan tingginya resolusi spasial memungkinkan eksplorasi pada area yang tidak dapat dijangkau menggunakan penginderaan jauh (Duan, et al., 2016). Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah teknologi komputer yang digunakan dalam pemetaan, visualisasi, manajemen, pemodelan dan analisis sekumpulan data spasial. SIG telah banyak dimanfaatkan untuk keperluan terkait dengan sumber air (Lilly, 2016). Membentuk hubungan

antara berbagai parameter yang didapat melalui penginderaan jauh dengan data sekunder lainnya merupakan suatu hal yang penting dalam eksplorasi air tanah. SIG merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menyatukan data-data yang telah terkumpul (Patra, et al., 2016).

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa penginderaan jauh dan SIG merupakan alternatif dalam pembuatan zona potensi air tanah. Penginderaan jauh digunakan untuk mendapatkan berbagai parameter dari potensi air tanah. Parameter-parameter ini kemudian dipadukan dengan data sekunder lainnya menggunakan SIG untuk menghasilkan peta zona potensi air tanah. Peta zona potensi air tanah yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan bagi daerah yang akan menggunakan air tanah sebagai alternatif sumber air bakunya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Seberapa besar potensi air tanah yang ada di daerah Cekungan Air Tanah Brantas?
2. Bagaimana kemampuan suplai dan kebutuhan air tanah dari Cekungan Air Tanah Brantas?
3. Bagaimana sistem lembaga pengelola yang ada untuk Cekungan Air Tanah Brantas?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat peta zona potensi air tanah dari Cekungan Air Tanah Brantas untuk selanjutnya melakukan analisis terhadap potensi air tanah yang ada.
2. Melakukan analisis terhadap kemampuan suplai dan kebutuhan air tanah dari Cekungan Air Tanah Brantas.
3. Melakukan analisis terhadap lembaga pengelola yang ada untuk Cekungan Air Tanah Brantas.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Peta zona potensi air tanah yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan bagi daerah yang membutuhkan alternatif sumber air baku. Analisis terhadap aspek lingkungan dan kelembagaan akan membantu dalam penggunaan sumber air tanah yang ada di Cekungan Air Tanah Brantas.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah wilayah Cekungan Air Tanah Brantas yang merupakan batas hidrogeologis.
2. Air tanah pada penelitian ini terdapat pada akuifer bebas.
3. Kualitas air tanah tidak dipertimbangkan pada penelitian ini.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Siklus Hidrogeologi**

Air terdapat di bawah permukaan bumi, yaitu pada ruang hampa, dalam retakan batuan dan di antara partikel tanah. Transisi material geologi dari kondisi tidak jenuh menjadi jenuh menandakan posisi dari permukaan air tanah (*water table*). Segala bentuk geologi yang mengandung dan mentransmisikan air dapat dianggap sebagai akuifer. Akuifer dibedakan oleh susunan fisik dan kimia dari batuan dan sedimen penyusunnya. Dalam akuifer tidak tertekan, bentuk dari permukaan air tanah secara kasar akan mengikuti permukaan tanah di atasnya (Wicke, et al., 2016).

Pengisian air tanah (*groundwater recharge*) adalah proses di mana infiltrasi dari permukaan tanah melewati permukaan air tanah. Presipitasi dan irigasi merupakan sumber utama dari proses *recharge* (Jakeman, et al., 2016). Air hujan yang mendarat di permukaan tanah dapat menyusup (infiltrasi) ke dalam zona tak jenuh atau vandose. Air akan melanjutkan pergerakannya ke bawah apabila tidak menguap, melekat pada partikel tanah atau dicegat oleh akar tanaman. Ketika air mencapai titik teratas dari permukaan air tanah, maka air tersebut akan menjadi *groundwater recharge*. Infiltrasi air ke dalam tanah dipengaruhi oleh jumlah presipitasi pada permukaan, bentuk topografi dan tingkat kompaksi dari tanah (Wicke, et al., 2016).

Pengurangan air tanah (*groundwater discharge*) adalah hilangnya air dari akuifer. *Groundwater discharge* terjadi karena kondisi alami dan pengaruh aktivitas manusia. Proses *discharge* yang terjadi secara alami adalah aliran ke badan air permukaan dan atmosfer (evapotranspirasi). Proses *discharge* yang terjadi karena pengaruh aktivitas manusia adalah pemompaan untuk kepentingan irigasi atau kehidupan sehari-hari (Jakeman, et al., 2016).

Ketika volume *recharge* dapat mengimbangi volume *discharge*, maka jumlah air yang tersimpan di dalam akuifer akan tetap sama. Terjadinya perubahan baik pada *recharge* maupun *discharge* akan mempengaruhi jumlah air yang

tersimpan dan tinggi permukaan air tanah. Ketika tingkat *discharge* melebihi *recharge* (seperti saat pemompaan berlebih atau tingkat evaporasi yang tinggi), maka jumlah air yang tersimpan akan berkurang dan permukaan air tanah akan menurun (Wicke, et al., 2016).

## **2.2 Parameter dalam Potensi Air Tanah**

Air tanah adalah air yang secara alami atau buatan berada di bawah permukaan tanah, baik di dalam lapisan akuifer atau bukan (Nelson & Quevauviller, 2016). Air tanah merupakan sumber air bersih terbesar yang tersedia di dunia (Agarwal & Garg, 2016), yang digunakan dalam berbagai kepentingan seperti agrikultur, industri, margasatwa dan aktivitas manusia (Ebrahimi, et al., 2016). Terdapat dua sumber utama dari air tanah, yaitu air hujan dan rembesan dari irigasi tanaman (Rawal, et al., 2016).

Keberadaan dari air tanah dalam suatu akuifer dipengaruhi oleh berbagai faktor. Jumlah dari faktor yang digunakan tergantung dari keberadaan data di area studi (Razandi, et al., 2015). Zona potensi air tanah adalah lokasi yang berpotensi terdapat sumber air tanah di dalamnya. Identifikasi dari zona potensi air tanah bergantung pada berbagai faktor. Beberapa faktor yang penting dalam menentukan potensi air tanah adalah tutupan lahan, jenis tanah, geologi, densitas drainase, curah hujan, dan kelerengan (Mandal, et al., 2016).

### **2.2.1 Tanah**

Tanah merupakan lapisan tipis dan material bebas yang menutupi batuan di muka bumi (Kodoatie, 2012). Jenis tanah memiliki peran penting dalam pemetaan air tanah. Setiap jenis tanah memiliki nilai permeabilitas yang berbeda. Tanah dengan tingkat permeabilitas tinggi memungkinkan tingkat infiltrasi yang cepat, sehingga lebih banyak air hujan yang dapat masuk ke dalam tanah (Mandal, et al., 2016). Air hujan yang jatuh ke permukaan akan meresap melalui tanah ke dalam batuan dasar yang ada di bawahnya (Naghibi, et al., 2015).

### **2.2.2 Geologi**

Formasi geologi berperan penting dalam pembentukan daratan. Jenis batuan di suatu area memiliki efek yang signifikan terhadap ketersediaan air tanah (Selvam, et al., 2016). Kemampuan air untuk mengalir dari permukaan ke bawah tanah dipengaruhi oleh jenis batuan di suatu area (Mekki & Laftouhi, 2016). Jenis batuan mempengaruhi kapasitas menampung air dari suatu akuifer dan keberadaan air tanah (Duan, et al., 2016). Setiap jenis batuan memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang berbeda (Razandi, et al., 2015). Sebagai contoh, area dengan formasi batuan kerikil memiliki potensi air tanah yang paling besar. Hal ini dikarenakan batuan kerikil memiliki tingkat porositas dan permeabilitas yang tinggi (Ahmed, et al., 2015).

### **2.2.3 Curah Hujan**

Curah hujan merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemetaan potensi air tanah. Curah hujan dianggap sebagai sumber utama dari pengisian ulang (*recharge*) air tanah. Curah hujan memiliki efek yang signifikan dalam pembuatan peta zona potensi air tanah (Razandi, et al., 2015). Jumlah air yang tersedia untuk menyusup (infiltrasi) ke dalam air tanah ditentukan oleh curah hujan (Agarwal & Garg, 2016).

### **2.2.4 Tutupan Lahan**

Tutupan lahan merupakan faktor yang berpengaruh dalam pemetaan air tanah. Suatu area dapat diklasifikasikan berdasarkan tutupannya menjadi lahan terbangun, tutupan vegetasi, badan air, tanah kosong, dan sebagainya (Selvam, et al., 2016). Tutupan lahan berpengaruh pada limpasan permukaan dan pengisian ulang (*recharge*) air tanah (Agarwal & Garg, 2016). Vegetasi menghambat limpasan permukaan, sehingga meningkatkan waktu detensi air dan meningkatkan infiltrasi. Lahan terbangun dapat menghambat limpasan permukaan, tetapi tidak memungkinkan infiltrasi. Sehingga lahan terbangun bukan merupakan area berpotensi (Mandal, et al., 2016).

### **2.2.5 Kelerengan**

Kelerengan merupakan salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi infiltrasi dari air hujan (Selvam, et al., 2016). Kelerengan dapat mempengaruhi aliran dan infiltrasi dari air permukaan. Daerah dengan kelerengan yang curam mengindikasikan kecepatan air yang tinggi. Daerah curam akan meningkatkan limpasan permukaan, sehingga mengurangi tingkat infiltrasi air permukaan. Sebaliknya, daerah yang relatif datar memiliki potensi air tanah yang tinggi dikarenakan tingkat infiltrasi yang tinggi (Duan, et al., 2016). Daerah yang curam akan mengurangi kemampuan permukaan untuk menampung air, sehingga waktu yang dibutuhkan air untuk infiltrasi tidak bisa tercapai. Distribusi air hujan pada daerah yang relatif datar akan meningkatkan potensi air tanah (Mandal, et al., 2016).

### **2.2.6 Densitas Drainase**

Densitas drainase adalah kedekatan jarak antara drainase dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Densitas drainase merupakan ukuran dari total panjang drainase per satuan luasan (Agarwal & Garg, 2016). Parameter ini merupakan kebalikan dari permeabilitas, sehingga daerah dengan nilai densitas drainase tinggi memiliki potensi air tanah yang rendah (Razandi, et al., 2015). Tingginya densitas drainase mengindikasikan bahwa sebagian besar air hujan akan menjadi limpasan ke dalam air permukaan. Sebaliknya, densitas drainase yang rendah mengindikasikan tingkat infiltrasi air hujan yang tinggi (Mandal, et al., 2016).

### **2.2.7 NDVI**

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) digunakan untuk mendapatkan parameter indeks vegetasi. Indeks vegetasi merupakan estimasi dari tingkat kesuburan tanaman. Indeks ini merupakan hasil perhitungan dari informasi multispektral antara spektrum merah dan dekat inframerah (*near infrared*) (Xue & Su, 2017). NDVI dianggap sebagai prospek air tanah pada suatu daerah (Mandal, et al., 2016). Nilai NDVI memiliki hubungan yang positif dengan potensi air tanah (Zandi, et al., 2016).

### **2.2.8 Cekungan Air Tanah**

Cekungan Air Tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (Kodoatie, 2012). Yang dimaksud batasan adalah akibat dari kondisi geologi bawah permukaan, seperti zona sesar, lipatan, dan kemiringan lapisan batuan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Pasal 8 Tahun 2008 tentang Air Tanah, Cekungan Air Tanah (CAT) ditetapkan berdasarkan kriteria sebagai berikut :

- a. mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik air tanah.
- b. mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah.
- c. memiliki satu kesatuan sistem akuifer.

Batas secara struktur geologi merupakan batas yang terjadi akibat zona sesar, adanya kemiringan lapisan batuan, adanya lipatan, adanya aktivitas magmatisme, dan adanya zona proses mineralisasi. Batas secara hidrologi merupakan batas yang tidak tetap, misalnya batas permukaan air laut, danau, waduk, dan daerah aliran sungai. Hal ini sering mengalami perubahan karena kondisi topografi dan kondisi pengaruh pasang surut air laut. Jadi, batas cekungan air tanah dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, kondisi geologi, serta pengaruh pasang surut air laut. Proses hidrogeologi dalam cekungan yaitu proses resapan, proses aliran air tanah, dan pelepasan air tanah. Proses resapan terjadi di daerah hulu. Bisa terjadi di bukit, di pegunungan, dan dari sumber mata air. Daerah resapan terbentuk karena adanya pengaruh dari siklus hidrologi di permukaan Bumi mulai dari proses pada air permukaan sampai terbentuknya mata air. Proses aliran air tanah terjadi pada morfologi dataran rendah. Jadi air tanah mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Hal ini juga dipengaruhi oleh struktur geologi yang ada pada daerah tersebut. Proses pelepasan air tanah merupakan bagian dari batas cekungan air tanah. Pada batas cekungan air tanah terdapat batuan dengan bermacam sifat permeabilitas masing-masing. Air tanah akan tertahan bila batumannya bersifat akuiklud (suatu lapisan jenuh air, tetapi relatif kedap air yang tidak dapat melepaskan airnya dalam jumlah berarti, misalnya lempung) dan akan mengalir

lambat pada batuan yang bersifat akuifug (lapisan batuan yang relatif kedap air, yang tidak mengandung ataupun dapat dilewati oleh air, misalnya batuan beku). Batu gamping yang telah cukup mengalami pelapukan dan mempunyai lubang-lubang hisap yang cukup banyak dapat merupakan sumber air tanah yang memuaskan, begitu juga dengan batu kapur. Pada umumnya batuan beku, metamorforik, dan batuan sedimen merupakan akuifer yang buruk kecuali kalau batuan tersebut retak dan berongga yang cukup besar sehingga dapat menyediakan tempat penampungan air dan saluran (Kodoatie, 2012).

### **2.3 Potensi Air Tanah Melalui Penginderaan jauh**

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dari suatu area yang berbahaya atau tidak mungkin dijangkau dengan menggunakan sensor. Pesawat dan satelit adalah media yang paling sering digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengumpulkan informasi dari bumi dan sumber alamnya (Rana & Neeru, 2017).

Salah satu kelebihan dari penginderaan jauh adalah resolusi spasial yang tinggi. Hal ini memungkinkan ekstraksi data temporal yang konsisten, dapat dibandingkan dan hemat biaya (Xue & Su, 2017). Data dari wilayah yang luas dapat dikumpulkan dengan cepat, relatif murah dan interval waktu yang diinginkan (Priyanka & Nayarana, 2017). Dengan kelebihan tersebut, Penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik permukaan bumi dengan efektif (Ebrahimi, et al., 2016).

Data penginderaan jauh hanya memberikan pengetahuan yang dangkal dan tidak memadai mengenai air tanah. Tetapi, secara tidak langsung memberikan informasi mengenai parameter yang digunakan dalam menentukan potensi air tanah pada suatu area (Patra, et al., 2016).

### **2.4 Sistem Informasi Geografis**

Sistem Informasi Geografis (SIG) pada dasarnya merupakan gabungan tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi dan geografis. Dengan melihat unsur-unsur pokoknya, maka jelas sistem informasi geografis merupakan salah satu sistem informasi dengan tambahan unsur geografis (Prahasta, 2009)



SIG merupakan sistem yang dapat mendukung proses pengambilan keputusan (terkait aspek) spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap akan mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan seperti perangkat keras dan perangkat lunak (Prahasta, 2009).

Komponen SIG didefinisikan oleh Ian Heywood dkk (2011) dapat dibagi menjadi berikut:

1. *Computer Systems (Hardware) and Software*

SIG berjalan pada semua sistem komputer mulai dari komputer personal sampai *multi - user* super komputer. SIG juga terprogram pada banyak perangkat lunak. Terdapat beberapa komponen yang dapat membuat operasi SIG berjalan lebih efektif:

2. *Spatial Data*

Data spasial digolongkan berdasarkan informasi mengenai posisi (garis lintang dan garis bujur), koneksi antara fitur (jalan raya, jalan kecil), dan rincian dari data non – spasial (kecepatan angin, petunjuk arah).

3. *Data management and analysis procedures*

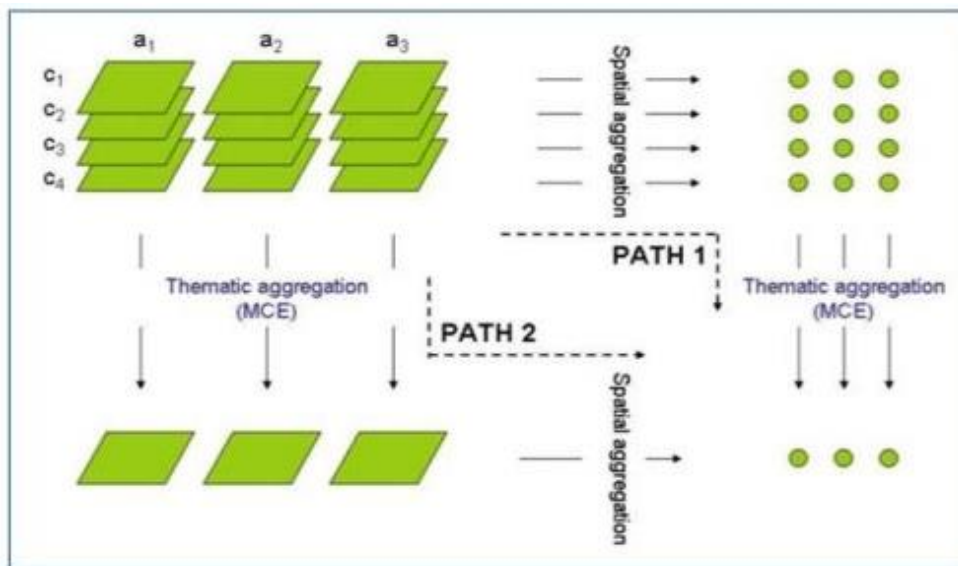
Fungsi dari SIG harus memungkinkan untuk memasukkan data, penyimpanan data, pengaturan data, pengubah data, analisis data, dan pengeluaran data. Memasukkan data adalah proses mengubah data dari satu bentuk ke bentuk lain yang dapat digunakan oleh SIG agar data dapat dibaca oleh komputer dan dapat ditulis ke dalam data base SIG. Pada tahap ini data harus diperiksa kebenarannya.

4. *People and GIS*

Komponen kunci dalam SIG adalah manusia. SIG akan berjalan dengan baik apabila terdapat orang yang dapat merencanakan, membuat dan mengoperasikan sistem dengan baik. Orang yang bekerja di bidang SIG memiliki kemampuan yang beragam, tergantung pada bagian masing – masing. Mereka juga dituntut harus mengetahui pengetahuan umum yang dibutuhkan untuk bekerja dengan data geografis.

## 2.5 Multi-Criteria Evaluation (MCE)

MCE berfungsi untuk membantu pengambilan kebijakan spasial dalam memilih dari beberapa alternatif pilihan lokasi yang tersedia menggunakan beberapa kriteria yang harus dipenuhi. Seperti pada gambar di bawah, MCE akan mengevaluasi beberapa alternatif pilihan lokasi ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) dan menyusunnya berdasarkan peringkat kesesuaian terhadap kriteria-kriteria spasial ( $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$ ) yang ditentukan (Lidawati, 2014).

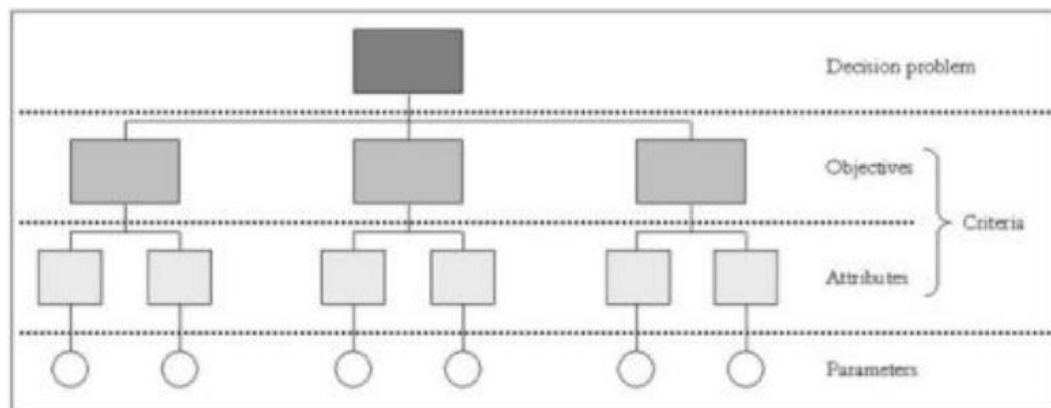


Gambar 2.1 Konsep MCE (Lidawati, 2014)

Langkah Pertama dalam MCE adalah membuat seleksi dari beberapa alternatif dalam bentuk peta dari suatu wilayah yang nantinya disebut sebagai kriteria. Kemudian kriteria yang berisi informasi dibuatkan standarisasi kriteria dan bobot untuk masing-masing kriteria. Hasil dari MCE yang menjadi luaran adalah peta. Peta ini menampilkan wilayah kesesuaian (beberapa alternatif wilayah) yang sangat membantu dalam pengambilan kebijakan atau keputusan (Wibowo & Semedi, 2011).

Pengambilan keputusan yang rasional memerlukan analisis yang seksama terhadap masalah keputusan. Dalam sebuah masalah yang kompleks, pendekatan yang sering digunakan adalah menguraikan masalah menjadi bagian yang lebih kecil dan mudah dimengerti. Bagian yang lebih kecil dan mudah dipahami disebut kriteria evaluasi dan ini dapat didekomposisi lebih jauh menjadi tujuan dan atribut.

Tujuan menyampaikan suatu keadaan yang diinginkan yang ingin dicapai oleh individu atau kelompok, sementara atribut digunakan untuk menandai suatu tujuan. Penguraian suatu masalah dapat terstruktur yang biasa disebut pohon kriteria (Wibowo & Semedi, 2011).



Gambar 2.2 Diagram alir MCE (Lidawati, 2014)

Seluruh penilaian kerentanan dihitung dengan rentang nilai 0 (tidak rentan) sampai dengan 1 (sangat rentan). Hal tersebut diperlukan karena tiap indikator kerentanan memiliki ukuran data yang berbeda-beda (nominal, ordinal interval, atau rasio). Proses standardisasi diperlukan untuk mempermudah dalam analisis penilaian risiko. Standardisasi dilakukan dengan memperhatikan nilai minimum. Jika nilai minimum suatu data memiliki 0 absolut maka digunakan metode maksimum, sementara jika tidak memiliki nilai 0 absolut maka digunakan metode interval. Kurva kerentanan yang digunakan dalam penelitian adalah kurva linear. Nilai kerentanan akan distandardisasi dengan beberapa cara disesuaikan dengan data yang diperoleh dan kesesuaian metode untuk memperoleh rentan nilai 1 sampai dengan 0 (Wibowo & Semedi, 2011).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Mandal dkk. membuat peta zona potensi air tanah dalam penelitiannya yang berjudul “*Delineation of Groundwater Potential Zones of Coastal Groundwater Basin Using Multi-Criteria Decision Making Technique*”. Lokasi dari penelitiannya adalah cekungan air tanah daerah pantai di India Timur. Pada penelitian ini peta zona potensi air tanah dibuat menggunakan metode *Analytical*

*Hierarchy Process* (AHP) dari berbagai parameter yang berpengaruh pada air tanah. Parameter tersebut adalah tutupan lahan, tanah, geomorfologi, hidrogeologi, geologi, tingkat *recharge*, densitas drainase, curah hujan, kelerengan, badan air permukaan, densitas patahan dan NDVI. Peta ini menghasilkan 4 zona yang menunjukkan bahwa 36.39% dari lokasi penelitian memiliki potensi air tanah yang tinggi. Penelitian ini berfungsi sebagai alat bantu dalam melakukan perencanaan ekstraksi air tanah. Peta zona potensi air tanah berperan sebagai informasi primer dalam melakukan survei lapangan (Mandal, et al., 2016).

Agarwal dan Garg dalam penelitiannya yang berjudul “*Remote Sensing and GIS Based Groundwater Potential & Recharge Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision Making Technique*” melakukan perpaduan antara penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk melakukan pemetaan zona potensi dan *recharge* air tanah. Lokasi dari penelitiannya adalah daerah aliran sungai Loni dan Morahi di Uttar Pradesh, India. Pada penelitian ini peta zona potensi air tanah dibuat menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dari berbagai parameter yang berpengaruh pada air tanah. Parameter tersebut adalah geologi, geomorfologi, tutupan lahan, densitas drainase, fluktuasi permukaan air tanah, kelerengan, tanah dan curah hujan. Peta ini menghasilkan 5 zona yang menunjukkan bahwa 7.06% dari lokasi penelitian memiliki potensi air tanah yang tinggi. Peta ini digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam penentuan lokasi sumur pompa. Peta ini juga membantu dalam perlindungan sumber air tanah yang vital. Penelitian ini menunjukkan bahwa perpaduan dari penginderaan jauh, SIG dan AHP dapat digunakan sebagai suatu alat dalam menyelesaikan permasalahan air tanah di lokasi yang luas dan keterbatasan data yang ada (Agarwal & Garg, 2016).

Selvam dkk. membuat peta zona potensi *recharge* air tanah dalam penelitiannya yang berjudul “*Application of remote sensing and GIS for delineating groundwater recharge potential zones of Kovilpatti Municipality, Tamil Nadu using IF technique*”. Lokasi dari penelitian ini adalah Kota Kovilpatti, Tamil Nadu, India. Penginderaan jauh digunakan untuk menghasilkan parameter yang berpengaruh pada *recharge* air tanah. Parameter ini kemudian dipadukan dengan data sekunder lain menggunakan SIG untuk menghasilkan peta zona potensi

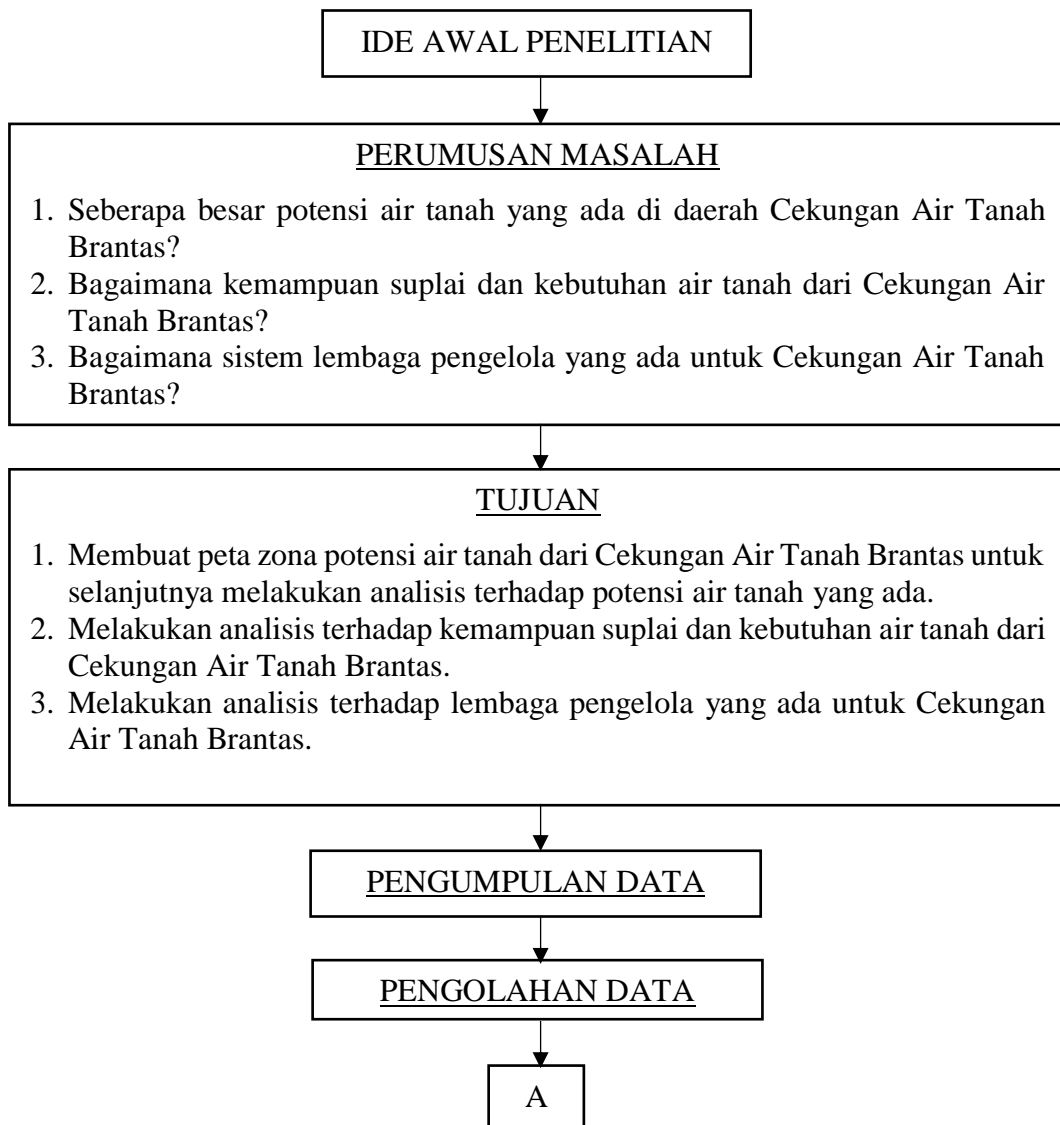
*recharge* air tanah. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah drainase, geologi, kelerengan, tanah, penggunaan lahan dan patahan. Peta ini menghasilkan 4 zona yang menunjukkan bahwa 19% dari lokasi penelitian memiliki potensi *recharge* air tanah yang tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode penginderaan jauh dan SIG dapat digunakan untuk melakukan identifikasi prospek air tanah dengan cepat. Peta ini dapat digunakan alat bantu dalam melakukan investigasi lapangan dan perencanaan lokasi bangunan *recharge* untuk meningkatkan keberlangsungan sumber air tanah (Selvam, et al., 2016).

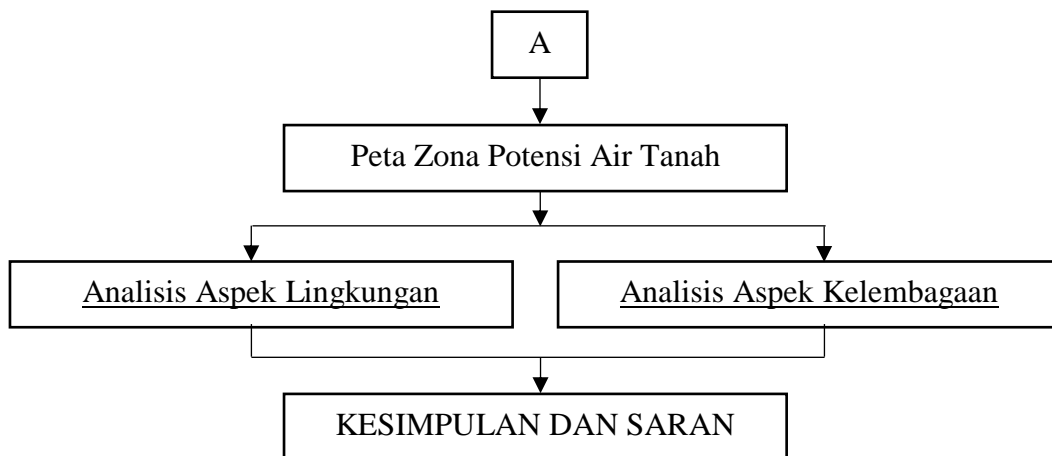
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III

## METODA PENELITIAN

Tahapan penelitian diperlukan untuk memudahkan pembahasan agar lebih terstruktur, terarah, dan sistematis sehingga didapatkan hasil pembahasan yang optimal dan tepat sasaran. Diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram tahapan penelitian

### 3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dimaksudkan untuk mempertajam permasalahan yang akan dibahas, oleh karena itu diperlukan batasan ataupun ruang lingkup permasalahan. Identifikasi ini yang dijadikan dasar dalam melakukan pembahasan lebih lanjut. Selanjutnya dari proses tersebut ditetapkan tujuan penelitian tersebut dilakukan.

### 3.2 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan untuk mengambil landasan teori yang berkaitan secara langsung dengan permasalahan yang sudah dirumuskan, dan dipakai sebagai pedoman dalam melaksanakan penelitian ataupun mengadakan evaluasi. Kajian pustaka yang dilakukan adalah dengan menghimpun dasar teori dari berbagai literatur yang berasal dari buku-buku teks, jurnal penelitian, ataupun penulisan-penulisan ilmiah seperti tugas akhir ataupun tesis, yang ada kaitannya dengan topik yang diteliti, serta dokumen-dokumen negara dan daerah. Kajian pustaka lebih diarahkan kepada aspek-aspek yang memiliki hubungan dengan permasalahan untuk dijadikan acuan dalam penelitian ini, yakni aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan.

Kajian pustaka ini diperlukan untuk mendukung, memberikan landasan teori maupun untuk tujuan analisis data terhadap langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan, sehingga penelitian ini akan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.



Selama proses penelitian, tinjauan terhadap pustaka terus dilakukan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dengan teori yang ada dan sebagai dasar dalam membuat perbaikan.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pengambilan data perlu diawali dengan suatu rencana agar memperoleh data yang dapat dianalisis lebih lanjut. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan contoh sesuai standar ataupun petunjuk-petunjuk yang ada sehingga didapatkan data-data yang dibutuhkan. Pemilihan sumber data dan jenis data perlu dilakukan dengan membuat suatu inventarisasi kebutuhan data. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

- Landsat 8 ORI  
Landsat 8 ORI (Operational Land Imager) merupakan citra satelit yang diproduksi oleh USGS (U.S. Geological Survey). Citra ini memiliki resolusi spasial sebesar 30 meter dengan waktu tempuh orbit 18 hari. Kelebihan dari Landsat terletak pada kemudahan dalam mencari dan mendapatkan datanya. Citra Landsat disediakan secara gratis, menjadikannya data yang sangat berharga baik untuk penggunaan pribadi maupun perusahaan (Ledoux, 2015).
- DEM SRTM  
*Digital elevation model* (DEM) adalah representasi 3 dimensi dari permukaan bumi dalam sumbu X, Y dan Z (Lin, et al., 2013). DEM yang diproduksi oleh Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) memiliki resolusi sebesar 30 meter dan tersedia secara gratis (Cheng, 2015).
- Curah Hujan Harian  
Curah hujan memiliki peran yang besar dalam pengisian ulang (*recharge*) air tanah. Curah hujan menentukan jumlah air yang tersedia untuk infiltrasi ke dalam sistem air tanah (Agarwal & Garg, 2016). Data curah hujan harian dimiliki oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) dan tersedia untuk umum. Data curah hujan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah mulai tahun 2012 – 2017.

- **Peta Geologi**  
Peta geologi memberikan informasi mengenai distribusi dari berbagai jenis batuan dan struktur deformasinya (Patra, et al., 2016). Peta geologi Indonesia dengan skala 1:50.000 disediakan oleh Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya (ESDM).
- **Peta Cekungan Air Tanah**  
Cekungan air tanah memberikan informasi mengenai keberadaan dan batas hidrogeologis dari air tanah (Kodoatie, 2012). Peta cekungan air tanah skala 1:125.000 disediakan oleh PAMSIMAS (Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat) dan tersedia untuk umum.
- **Peta Sumber Daya Tanah**  
Jenis tanah memiliki peran penting dalam pemetaan air tanah. Setiap jenis tanah memiliki nilai permeabilitas yang berbeda (Mandal, et al., 2016). Peta sumber daya tanah skala 1:50.000 disediakan oleh BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian).

### **3.4 Pengolahan Data**

Pengolahan data akan dilakukan untuk menghasilkan peta zona prospek air tanah. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam pengolahan data. Diagram alir dari pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3.2.

#### **3.4.1 Pembuatan Peta Tematik**

Data yang telah terkumpul pada tahap sebelumnya akan diolah untuk menghasilkan parameter yang diperlukan dalam penentuan zona prospek air tanah. Peta tematik yang berisikan parameter akan dihasilkan dalam tahap ini.

- **Landsat 8 ORI**  
Citra satelit Landsat 8 ORI akan diolah menggunakan metode *unsupervised* dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Komposisi warna *true color* akan digunakan dalam metode *unsupervised* untuk mendapatkan parameter tutupan lahan (Xue & Su, 2017). Informasi badan air yang

didapatkan dari tutupan lahan akan digunakan untuk menghitung densitas drainase (Selvam, et al., 2016).

$$DD = \frac{LWS}{AWS} \quad (1)$$

Di mana:

DD = Densitas Drainase (km/km<sup>2</sup>)

LWS = Panjang saluran dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) (km)

AWS = Luas daerah aliran sungai (DAS) (km<sup>2</sup>)

NDVI digunakan untuk mendapatkan parameter indeks vegetasi. Indeks vegetasi merupakan estimasi dari tingkat kesuburan tanaman, suatu parameter yang berpengaruh dalam menentukan prospek air tanah (Ledoux, 2015).

$$(NDVI) = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad (2)$$

Di mana:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near Infrared band*

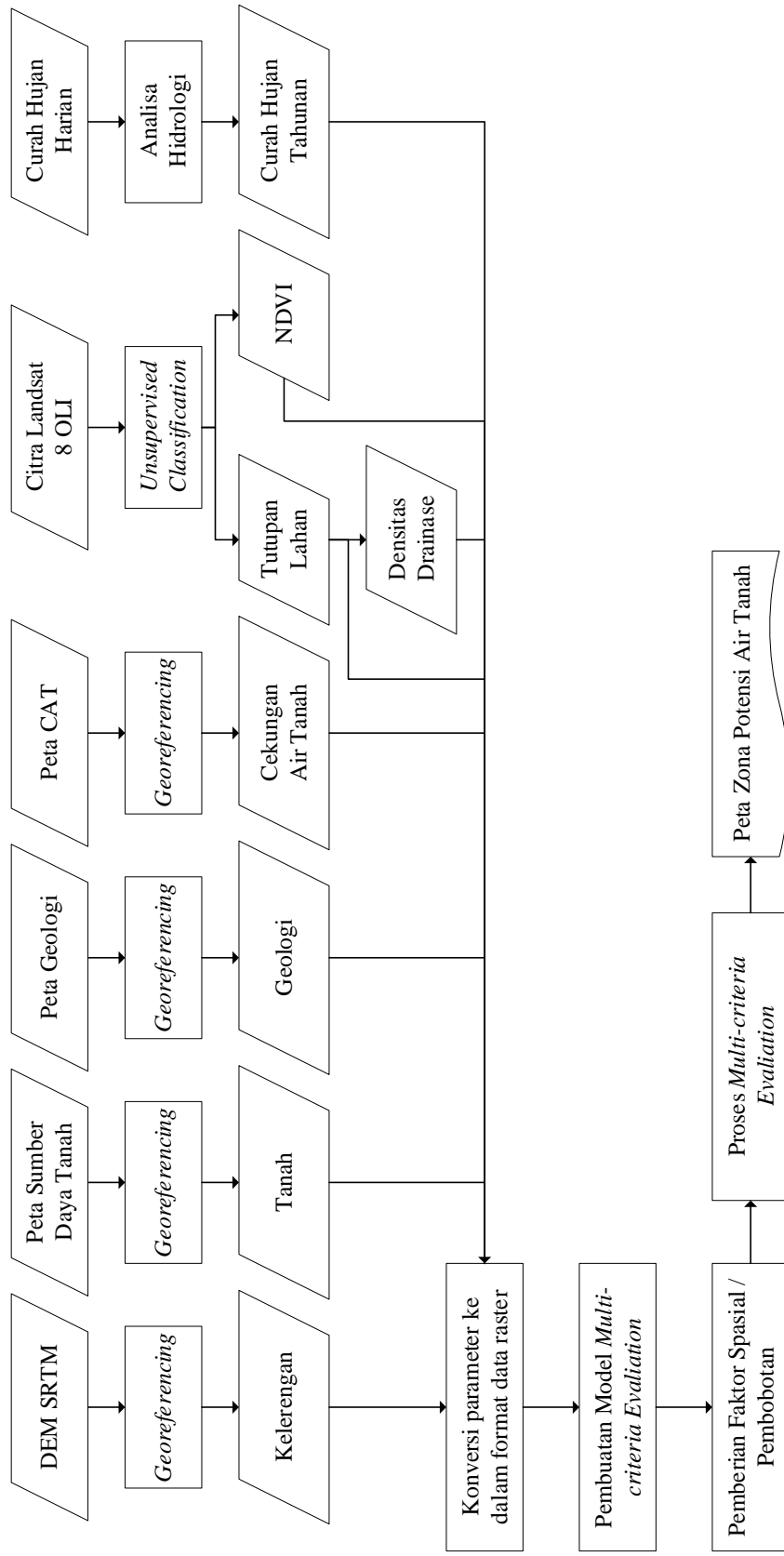
R = *Red band*

- DEM SRTM

DEM SRTM akan diolah untuk mendapatkan parameter *slope* (kelerengan). Parameter ini berpengaruh pada tingkat infiltrasi air dari presipitasi. Semakin besar tingkat kelerengan maka air tidak memiliki waktu yang cukup untuk infiltrasi, sehingga akan mengalir dan menjadi air permukaan (Mandal, et al., 2016).

- Curah Hujan Harian

Data curah hujan harian akan diolah menggunakan analisis hidrologi untuk menjadi curah hujan tahunan. Selanjutnya akan dilakukan interpolasi untuk membuat peta curah hujan dengan poligon Thiessen. Hujan memiliki kontribusi yang besar dalam pengisian (*recharge*) air tanah (Ebrahimi, et al., 2016).



Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data

Tabel 3.1 Parameter dan sumbernya

No.	Parameter	Sumber
1	Tutupan Lahan	Citra Landsat 8 OLI
2	Densitas Drainase	
3	NDVI	
4	Geologi	Peta Geologi
5	Tanah	Peta Sumber Daya Tanah
6	Kelerengan	DEM SRTM
7	Curah Hujan tahunan	Curah hujan harian
8	Cekungan air tanah	Peta cekungan air tanah

### 3.4.2 Georeferencing

*Georeferencing* akan dilakukan terhadap data yang telah diolah. Proses *georeferencing* dilakukan agar seluruh parameter berada dalam satu sistem koordinat yang sama. Hasil *georeferencing* adalah peta tematik dari setiap parameter dalam sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*).

### 3.4.3 MCE

MCE (*Multi-criteria Evaluation*) merupakan alat bantu pengambil kebijakan spasial. Proses MCE akan menghasilkan pembagian lokasi berdasarkan parameter dan bobot yang telah ditentukan. Proses MCE akan dilakukan menggunakan *software GIS (Geographic Information System)*. Seluruh peta tematik akan dikonversi ke dalam format raster. Setelah seluruh peta memiliki format yang sama, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan. Bobot ditentukan berdasarkan tingkat kesesuaian parameter terhadap prospek air tanah dan studi literatur yang telah dilakukan. Bobot dari setiap parameter dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bobot parameter

No.	Parameter	Sub-parameter	Skor
1	Tutupan Lahan	Agrikultur	6
		Hutan	5
		Badan Air	4
		Daerah Berpasir	3
		Tanah Basah	2
		Lahan Terbangun	1
2	Densitas Drainase	Renggang	3
		Sedang	2
		Rapat	1
3	NDVI	0.75-1	4
		0.5-0.75	3
		0.25-0.5	2
		<0.25	1
4	Geologi	Batu Gamping	4
		Endapan Aluvium	3
		Batu Pasir	2
		Batuan Vulkanik	1
5	Tanah	Pasir	3
		Lempung Berpasir	2
		Lempung	1
6	Kelerengan	0-1%	5
		1-3%	4
		3-5%	3
		5-10%	2
		>10%	1
7	Curah Hujan tahunan	>1.000 mm/tahun	3
		500-1.000 mm/tahun	2
		<500 mm/tahun	1

(Mandal, et al., 2016)

Setelah seluruh parameter dan sub-parameternya diberikan bobot, maka proses analisis MCE dapat dilakukan. Analisis MCE akan menghasilkan zonasi potensi air tanah. Zona ini akan dibagi berdasarkan tingkat potensinya menjadi 5 zona.

### 3.5 Analisis Non-Teknis

#### 3.5.1 Analisis Aspek Lingkungan

Analisis aspek lingkungan akan dilakukan dengan menggunakan *supply & demand analysis* (analisis penawaran dan permintaan). *Supply* yang digunakan adalah data curah hujan yang telah dikurangi oleh evapotranspirasi potensial dan limpasan air permukaan. Sedangkan *demand* akan dihitung berdasarkan penggunaan air tanah, baik untuk keperluan domestik maupun non-domestik. Dengan analisis ini maka kemampuan daya dukung lingkungan Cekungan Air Tanah Brantas dapat diketahui. Rumus yang digunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut:

$$\Delta S = \text{Supply} - \text{demand} \quad (3)$$

$$\text{Supply} = P - PET - R \quad (4)$$

$$\text{Demand} = \text{kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non - domestik} \quad (5)$$

Di mana:

$\Delta S$  = perubahan cadangan air tanah (m<sup>3</sup>/tahun)

$P$  = presipitasi (m<sup>3</sup>/tahun)

$PET$  = evapotranspirasi potensial (m<sup>3</sup>/tahun)

$R$  = limpasan air permukaan (m<sup>3</sup>/tahun)

Perhitungan seluruh parameter *supply* dilakukan secara spasial. Pendekatan yang digunakan adalah perhitungan volume. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V = \text{pixel size} * Z \quad (6)$$

Di mana:

$V$  = volume (m<sup>3</sup>/tahun)

*pixel size* = ukuran pixel (30 meter × 30 meter)

$Z$  = ketinggian / nilai intensitas (m/tahun)

#### 3.5.2 Analisis Aspek Kelembagaan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2008, pengelolaan air tanah dilakukan dalam skala cekungan air tanah. Cekungan

Air Tanah Brantas merupakan salah satu CAT terbesar yang meliputi beberapa Kota dan Kabupaten. Kajian akan dilakukan untuk mengetahui kondisi pengelolaan CAT Brantas dari sisi kelembagaan.

### **3.6 Kesimpulan**

Kesimpulan merupakan tahapan akhir dari penelitian yang merangkum terhadap pembahasan yang telah dilakukan dari permasalahan yang telah dirumuskan. Kesimpulan ini disertai dengan saran atau rekomendasi yang dapat dilakukan dalam pemanfaatan air tanah, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Peta Tematik

Data-data yang telah terkumpul diproses ke dalam bentuk peta tematik. Peta tematik dibuat dalam format raster dengan sistem proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM) zona 49S. Berikut adalah hasil pemrosesan peta tematik untuk setiap parameter.

##### 4.1.1 Peta Kelas Permeabilitas Tanah

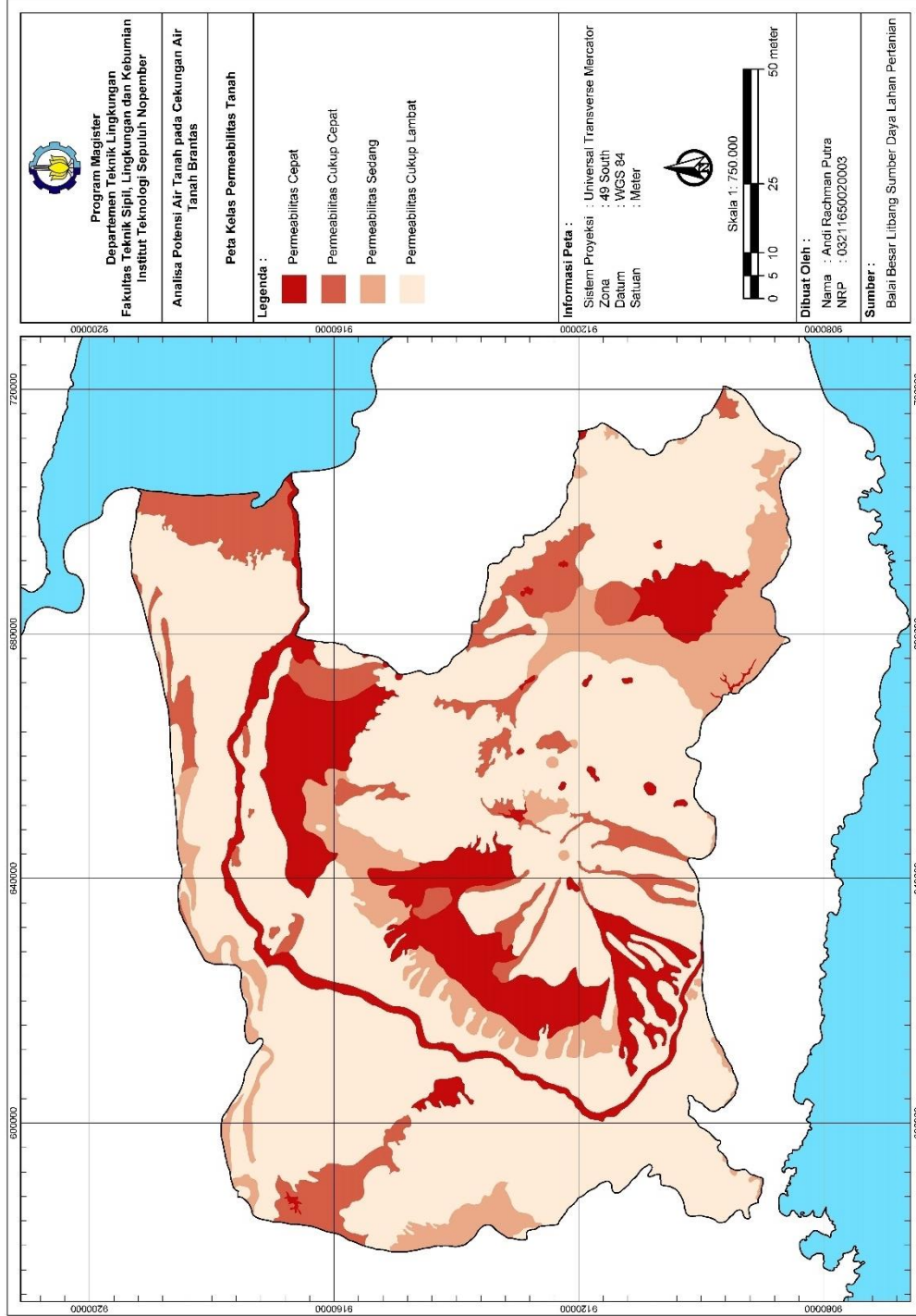
Jenis tanah memiliki peran penting dalam pemetaan air tanah, di mana setiap jenis tanah memiliki nilai permeabilitas yang berbeda (Mandal, et al., 2016). Berdasarkan peta sumber daya tanah yang diperoleh dari Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP), dapat diketahui bahwa jenis tanah yang ada di daerah Cekungan Air Tanah (CAT) Brantas memiliki 4 kelas permeabilitas. Kelas permeabilitas tersebut adalah cepat, cukup cepat, sedang dan cukup lambat. Tabel 4.1 menunjukkan luasan dari setiap kelas permeabilitas tanah.

Tabel 4.1 Kelas permeabilitas tanah CAT Brantas

No.	Kelas Permeabilitas Tanah	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	Cepat	1.103,53	13,45%
2	Cukup cepat	953,16	9,54%
3	Sedang	6.589,94	11,05%
4	Cukup lambat	1.343,74	65,96%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa daerah CAT Brantas dominan dengan jenis tanah yang memiliki kelas permeabilitas tanah cukup lambat, yaitu sebesar 65,96% dari total area.

Potensi air tanah memiliki hubungan langsung dengan kelas permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi memiliki potensi air tanah yang besar. Bobot paling besar diberikan pada tanah dengan kelas permeabilitas cepat, sampai dengan bobot paling rendah pada tanah dengan kelas permeabilitas cukup lambat. Peta kelas permeabilitas tanah dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Kelas Permeabilitas Tanah

#### 4.1.2 Peta Geologi

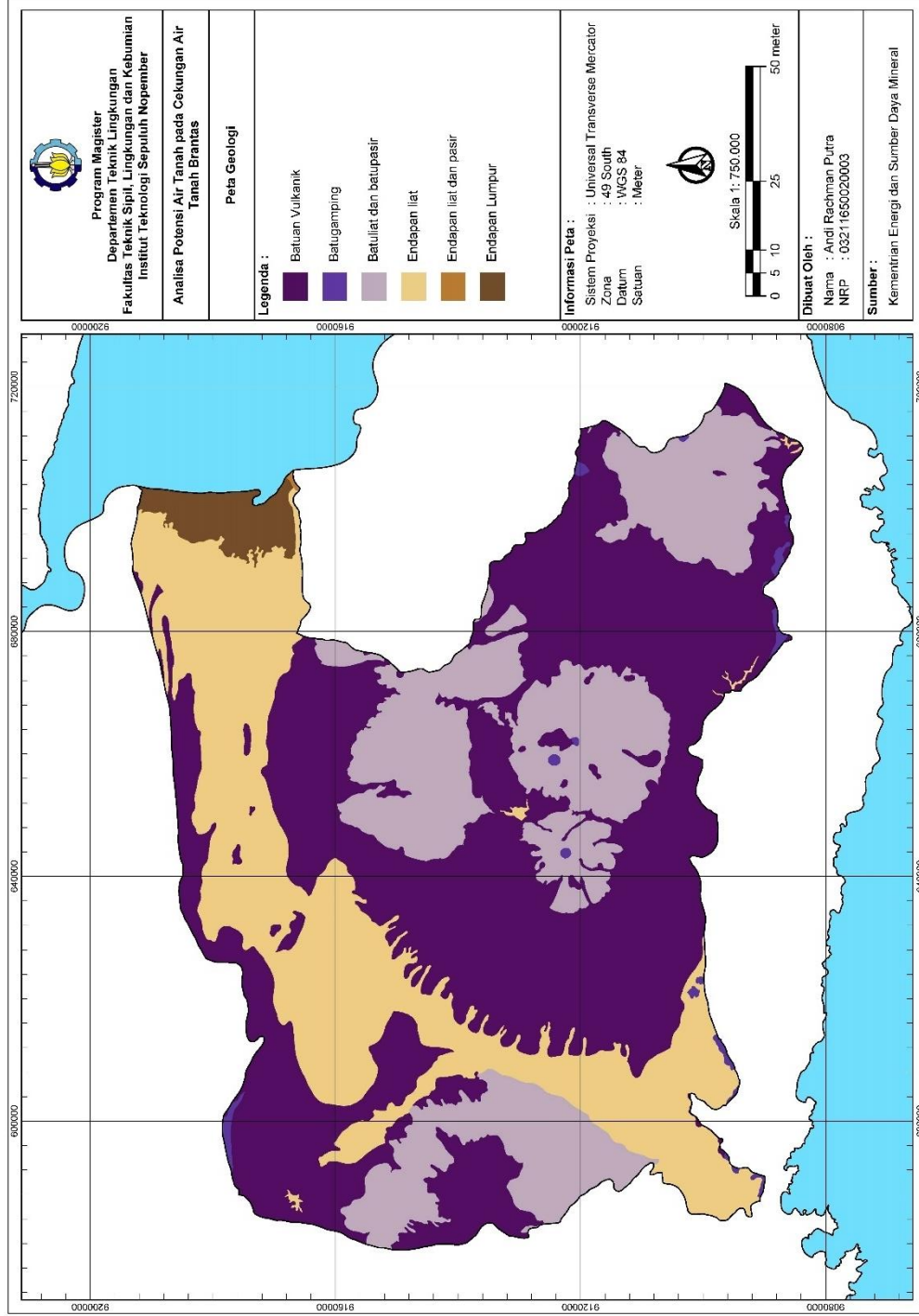
Jenis batuan di suatu area memiliki efek yang signifikan terhadap ketersediaan air tanah (Selvam, et al., 2016). Berdasarkan peta geologi yang diperoleh dari Badan Geologi milik Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), dapat diketahui bahwa jenis batuan yang ada di daerah Cekungan Air Tanah (CAT) Brantas beragam.

Batuan andesit, basalt dan tuf yang kemudian dikelompokkan menjadi batuan vulkanik menutupi 48,50% dari total area CAT Brantas. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa gunung pada area CAT Brantas. Batuan vulkanik memiliki potensi air tanah yang paling rendah. Campuran antara batuliat dan batupasir menutupi 23,80% dari total area CAT Brantas. Campuran batuan ini memiliki potensi air tanah yang sedang. Batugamping dan endapan liat yang memiliki potensi air tanah cukup baik menutupi 25,64% dari total area CAT Brantas. Sedangkan sisanya, endapan lumpur serta endapan liat dan pasir yang menutupi 2,04% dari area pesisir CAT Brantas. Jenis batuan ini memiliki potensi air tanah yang paling baik.

Jenis batuan beserta luasannya dapat dilihat pada Tabel 4.2, sedangkan untuk peta geologi dari CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Jenis batuan pada CAT Brantas

No.	Jenis Batuan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	Batuan Vulkanik	4.845,02	48,50%
2	Batugamping	57,18	0,57%
3	Batuliat dan batupasir	2.377,88	23,80%
4	Endapan liat	2.504,27	25,07%
5	Endapan liat dan pasir	2,55	0,02%
6	Endapan lumpur	203,47	2,04%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>



Gambar 4.2 Peta Geologi CAT Brantas

### 4.1.3 Peta Kelerengan

Kelerengan merupakan salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi infiltrasi dari air hujan (Selvam, et al., 2016). Daerah dengan kelerengan yang curam mengindikasikan kecepatan air yang tinggi. Daerah curam akan meningkatkan limpasan permukaan, sehingga mengurangi tingkat infiltrasi air permukaan, begitu juga sebaliknya (Duan, et al., 2016).

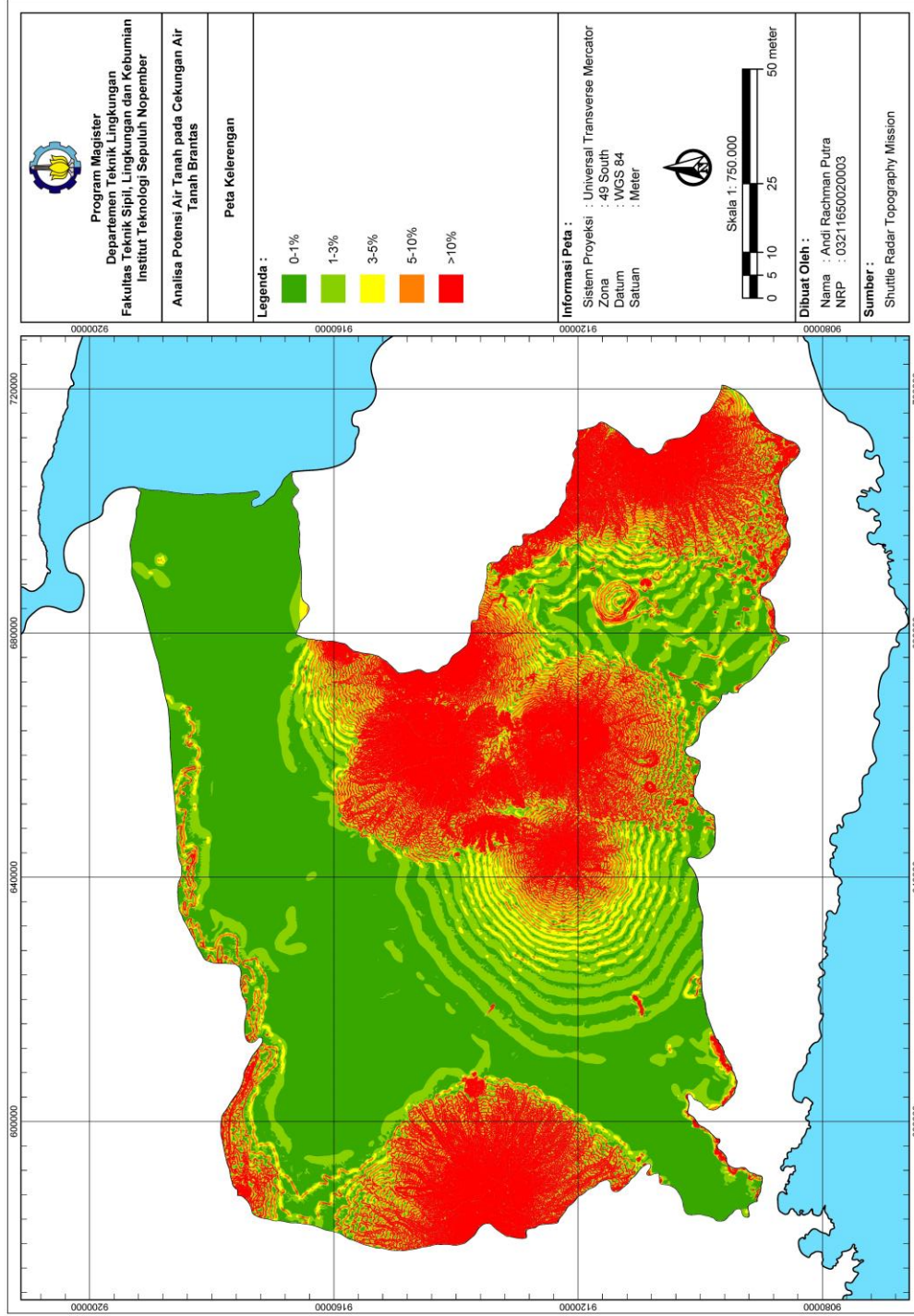
Data kontur didapatkan dari *digital elevation model* (DEM) yang diproduksi oleh Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Nilai elevasi pada daerah Cekungan Air Tanah (CAT) Brantas bernilai antara 0 sampai 3.662 meter di atas permukaan laut. Data kontur selanjutnya digunakan untuk membuat peta kelerengan.

Berdasarkan peta kelerengan yang dihasilkan, 43,36 % dari area CAT Brantas memiliki nilai kelerengan antara 0-1%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar dari area CAT Brantas memiliki potensi air tanah yang baik. 24,65% dari area CAT Brantas memiliki nilai kelerengan yang lebih besar dari 10%, di mana hal ini menunjukkan potensi air tanah yang rendah. Hal ini dikarenakan terdapat daerah pegunungan pada CAT Brantas.

Nilai kelerengan beserta luasannya dapat dilihat pada Tabel 4.3, sedangkan peta kelerengan dari CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4.3 Nilai kelerengan pada CAT Brantas

No.	Nilai Kelerengan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	0-1%	4.332,31	43,36%
2	1-3%	1.683,79	16,85%
3	3-5%	696,74	6,97%
4	5-10%	815,16	8,16%
5	>10%	2.462,38	24,65%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>



Gambar 4.3 Peta Kelerengan CAT Brantas

#### 4.1.4 Peta Densitas Drainase

Densitas drainase adalah kedekatan jarak antara drainase dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) (Agarwal & Garg, 2016). Tingginya densitas drainase mengindikasikan bahwa sebagian besar air hujan akan menjadi limpasan ke dalam air permukaan (Mandal, et al., 2016). Oleh karena itu, daerah dengan densitas drainase tinggi akan memiliki potensi air tanah yang rendah.

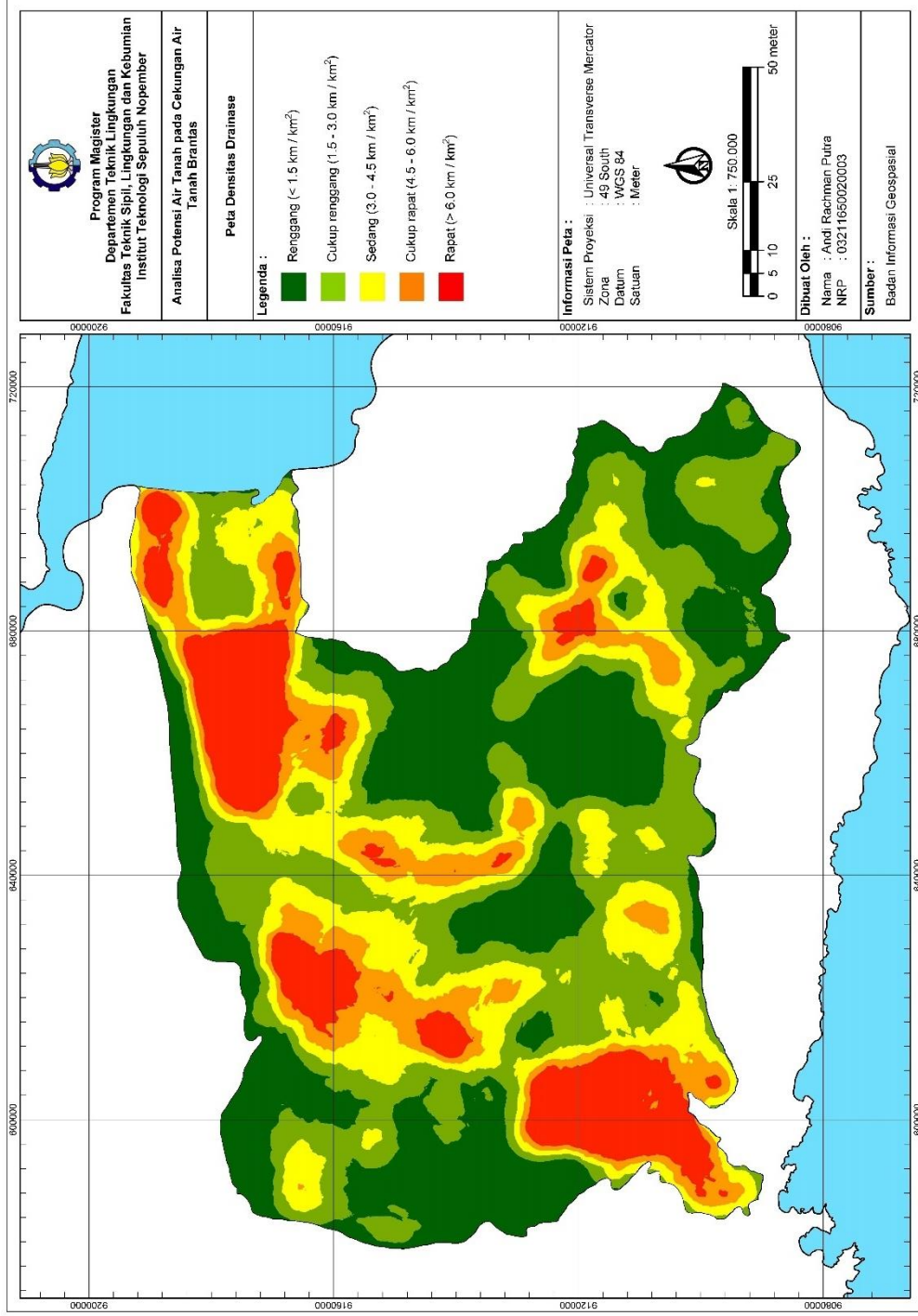
Peta densitas drainase dibuat menggunakan peta jaringan sungai milik Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai data dasarnya. Densitas drainase kemudian dibagi menjadi 5 kelas berdasarkan tingkat kerapatannya.

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat diketahui bahwa 31,84% dari area CAT Brantas memiliki densitas drainase yang renggang. 28,10% dari area CAT Brantas memiliki densitas drainase yang cukup renggang. Kelas densitas drainase sedang menutupi area CAT Brantas seluas 17,38%. Sedangkan untuk kelas densitas drainase cukup rapat dan rapat menutupi area CAT Brantas seluas 10,66% dan 12,02%. Kelas drainase cukup rapat dan rapat terdapat pada area pemukiman, di mana area pemukiman memiliki banyak drainase yang saling berdekatan.

Pembagian kelas densitas drainase dapat dilihat pada Tabel 4.4, sedangkan peta densitas drainase dari CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.4 Densitas drainase pada CAT Brantas

No.	Densitas Drainase	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	Renggang (<1,5 km / km <sup>2</sup> )	3.180,78	31,84%
2	Cukup renggang (1,5 – 3,0 km / km <sup>2</sup> )	2.807,51	28,10%
3	Sedang (3,0 – 4,5 km / km <sup>2</sup> )	1.736,01	17,38%
4	Cukup rapat (4,5 – 6,0 km / km <sup>2</sup> )	1.065,47	10,66%
5	Rapat (>6,0 km / km <sup>2</sup> )	1.200,60	12,02%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>



Gambar 4.4 Peta Densitas Drainase CAT Brantas



#### 4.1.5 Peta Curah Hujan Tahunan

Jumlah air yang tersedia untuk menyusup (infiltrasi) ke dalam air tanah ditentukan oleh curah hujan (Agarwal & Garg, 2016). Terdapat 6 stasiun hujan milik Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada area CAT Brantas. Informasi dari stasiun hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Informasi stasiun hujan pada CAT Brantas

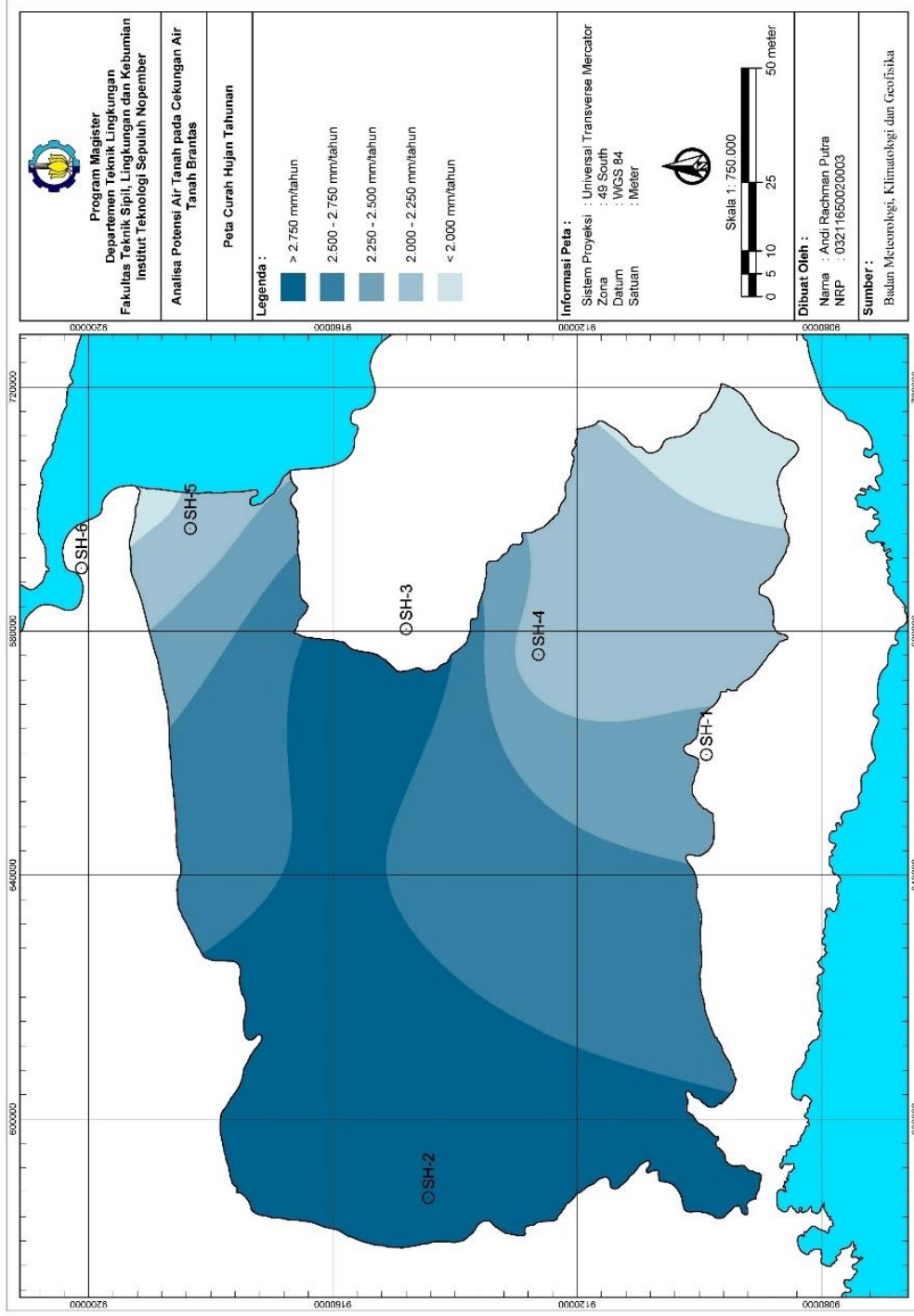
Kode	Nama Stasiun Hujan	Koordinat UTM	
		Northing	Easting
SH-1	Stasiun Geofisika Karang Kates	9098832,75	659746,35
SH-2	Stasiun Geofisika Sawahan	9144364,49	587114,30
SH-3	Stasiun Geofisika Tretes	9148018,12	680363,16
SH-4	Stasiun Klimatologi Malang	9126331,13	676151,71
SH-5	Stasiun Meteorologi Juanda	9183340,79	696832,58
SH-6	Stasiun Meteorologi Perak I	9201172,67	690342,45

Data curah hujan yang digunakan mulai tahun 2012 sampai dengan 2017. Data curah hujan harian kemudian diproses menjadi data curah hujan tahunan, untuk selanjutnya digunakan nilai rata-ratanya. Data hujan dari setiap stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data hujan pada setiap stasiun hujan

Kode	Hujan (mm/tahun)						Rata-rata
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
SH-1	2.282,00	2.377,92	2.039,68	2.032,75	3.315,73	2.093,00	2.356,84
SH-2	2.637,60	-	2.481,30	2.859,16	4.024,48	2.504,60	2.901,43
SH-3	2.694,93	3.236,89	3.256,50	2.923,00	3.306,90	3.417,90	3.139,35
SH-4	1.938,40	1.893,68	1.796,53	1.812,73	2.704,10	2.219,20	2.060,77
SH-5	1.340,10	1.994,94	1.918,70	1.890,70	3.090,40	2.079,90	2.052,46
SH-6	1.628,82	2.210,96	1.741,60	1.695,50	2.375,70	2.080,00	1.955,43

Peta Isohyet kemudian dibuat berdasarkan rata-rata dari data curah hujan tahunan dan dibagi menjadi 5 kelas. Peta Isohyet pada area CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Curah Hujan Tahunan CAT Brantas

#### 4.1.6 Peta Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan faktor yang berpengaruh dalam pemetaan air tanah (Selvam, et al., 2016). Tutupan lahan berpengaruh pada limpasan permukaan dan pengisian ulang (*recharge*) air tanah (Agarwal & Garg, 2016). Peta tutupan lahan dibuat menggunakan citra Landsat 8. Terdapat 4 citra yang digunakan, yaitu citra dengan kode 118065, 118066, 119065 dan 119066.

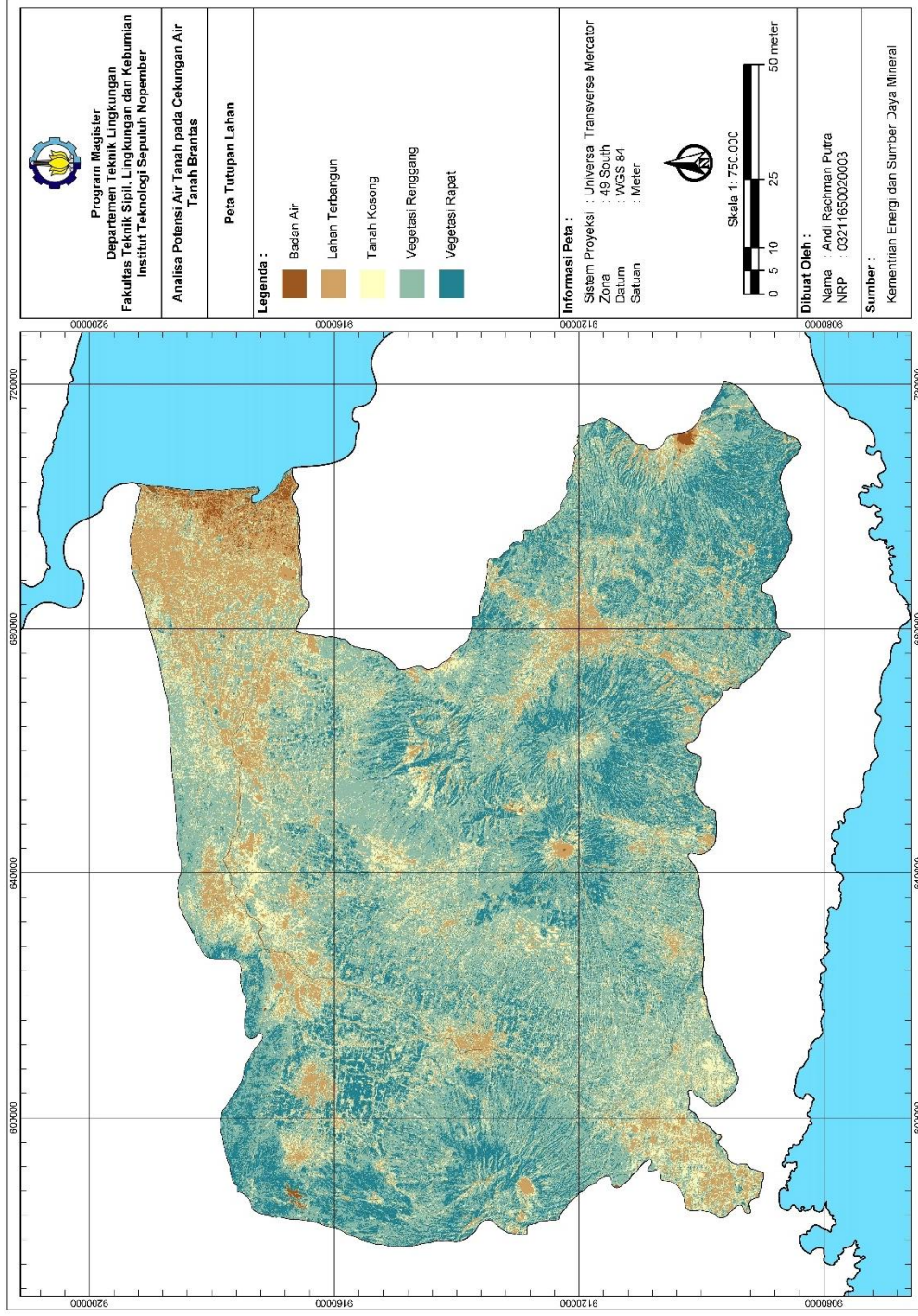
Proses *mosaic* dilakukan untuk menyatukan seluruh citra satelit, kemudian digunakan komposisi kanal *composite color* untuk mempermudah proses klasifikasi. Klasifikasi lahan dilakukan menggunakan proses *unsupervised*. Citra satelit diklasifikasi menjadi 5 tutupan lahan, yaitu lahan terbangun, badan air, lahan kosong, vegetasi rapat dan vegetasi renggang.

Berdasarkan hasil klasifikasi *unsupervised* pada area CAT Brantas, dapat diketahui bahwa 48,19% dari total area merupakan vegetasi renggang. Kelas vegetasi renggang dapat diartikan sebagai taman, sawah, perkebunan dan semacamnya. Sedangkan tutupan lahan terbesar selanjutnya adalah vegetasi rapat, yang menutupi 20,26% dari total luasan CAT Brantas. Vegetasi rapat dapat diartikan sebagai hutan dan lahan dengan tumbuhan besar.

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit dapat dilihat pada Tabel 4.7, sedangkan peta klasifikasi lahan dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.7 Klasifikasi tutupan lahan pada CAT Brantas

No.	Tutupan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	Badan Air	70,81	0,71%
2	Lahan Terbangun	1.312,37	13,14%
3	Tanah Kosong	1.768,69	17,70%
4	Vegetasi Renggang	4.814,75	48,19%
5	Vegetasi Rapat	2.023,73	20,26%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>



Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan pada CAT Brantas

#### 4.1.7 Peta NDVI

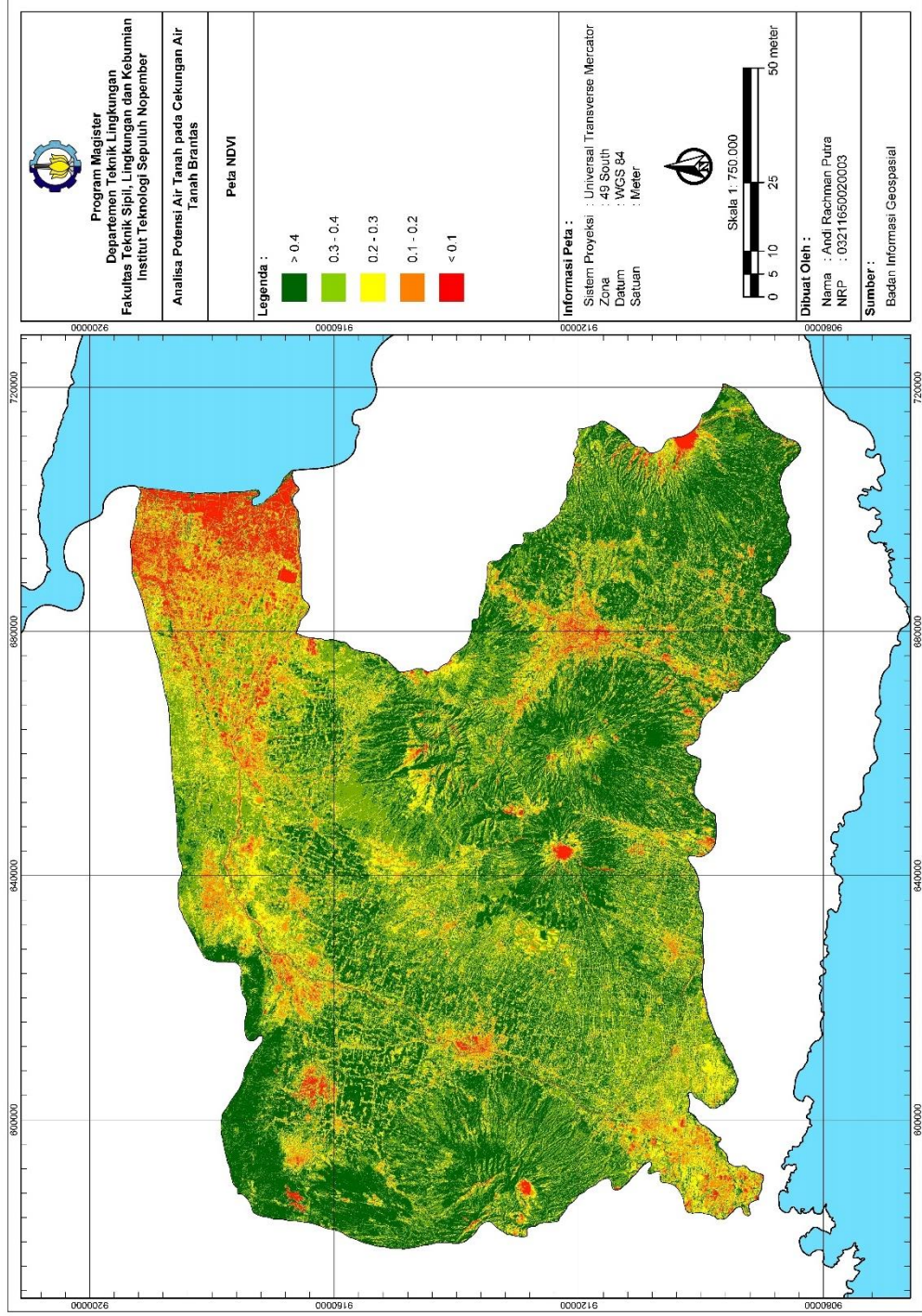
NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan estimasi dari tingkat kesuburan tanaman. Indeks ini merupakan hasil perhitungan dari informasi multispektral antara spektrum merah dan dekat inframerah (*near infrared*) (Xue & Su, 2017). NDVI dianggap sebagai prospek air tanah pada suatu daerah (Mandal, et al., 2016). Nilai NDVI memiliki hubungan yang positif dengan potensi air tanah (Zandi, et al., 2016).

Citra satelit yang digunakan untuk melakukan perhitungan NDVI merupakan citra satelit yang sama dengan citra satelit yang digunakan dalam pembuatan klasifikasi lahan. Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa 34,49% dari area CAT Brantas memiliki nilai NDVI yang lebih besar dari 0,4. Hal ini menandakan bahwa 1/3 dari CAT Brantas memiliki potensi air tanah yang tinggi berdasarkan parameter NDVI. 33,96 dari total area CAT Brantas memiliki nilai NDVI antara 0,3 sampai 0,4. Hanya 3,81% dari area CAT Brantas yang memiliki potensi air tanah yang rendah berdasarkan parameter NDVI.

Hasil perhitungan NDVI pada area CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.8, sedangkan peta klasifikasi NDVI dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Tabel 4.8 Klasifikasi nilai NDVI pada CAT Brantas

No.	Nilai NDVI	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	< 0,1	381,10	3,81%
2	0,1 – 0,2	1.002,08	10,03%
3	0,2 – 0,3	1.768,69	17,70%
4	0,3 – 0,4	3.392,67	33,96%
5	> 0,4	3.445,81	34,49%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>



Gambar 4.7 Peta NDVI pada CAT Brantas

## 4.2 Peta Zona Potensi Air Tanah

Peta zona potensi air tanah dibuat berdasarkan 7 parameter yang telah disajikan dalam bentuk peta tematik. Skor dan bobot diberikan kepada setiap parameter dan sub-parameter berdasarkan studi literatur dan tingkat kesesuaiannya terhadap potensi air tanah. Selanjutnya dilakukan normalisasi terhadap seluruh skor sehingga proses pembobotan akan menghasilkan nilai 0 – 1. Lokasi dengan nilai yang mendekati 1 akan memiliki potensi air tanah yang semakin tinggi. Sedangkan lokasi dengan nilai yang mendekati 0 akan memiliki potensi air tanah yang semakin rendah. Tabel 4.9 menunjukkan pembagian skor dan normalisasi bobot untuk setiap parameter. Pembagian skor dan normalisasi bobot untuk setiap sub-parameter dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Peringkat dan normalisasi bobot setiap parameter

No.	Parameter	Skor	Normalisasi Bobot
1	Geologi	7	0,194
2	Densitas Drainase	7	0,194
3	Tanah	6	0,167
4	Hujan Tahunan	5	0,139
5	Kelerengan	5	0,139
6	Tutupan Lahan	4	0,111
7	NDVI	2	0,056

Sumber: (Mandal, et al., 2016)

Tabel 4.10 Peringkat dan normalisasi bobot setiap sub-parameter

No.	Parameter	Sub-parameter	Skor	Normalisasi Bobot
1	Geologi	Batugamping	4	0,250
		Endapan liat dan pasir	3	0,1875
		Endapan lumpur	3	0,1875
		Endapan liat	3	0,1875
		Batuliat dan batupasir	2	0,125
		Batuan vulkanik	1	0,0625
2	Densitas Drainase	Renggang	5	0,333
		Cukup renggang	4	0,267
		Sedang	3	0,200
		Cukup rapat	2	0,133
		Rapat	1	0,067

No.	Parameter	Sub-parameter	Skor	Normalisasi Bobot
3	Tanah	Cepat	4	0,400
		Cukup cepat	3	0,300
		Sedang	2	0,200
		Cukup lambat	1	0,100
4	Hujan Tahunan	> 2.750 mm/tahun	5	0,333
		2.500 – 2.750 mm/tahun	4	0,267
		2.250 – 2.500 mm/tahun	3	0,200
		2.000 – 2.250 mm/tahun	2	0,133
		< 2.000 mm/tahun	1	0,067
5	Kelerengan	0-1%	5	0,333
		1-3%	4	0,267
		3-5%	3	0,200
		5-10%	2	0,133
		> 10%	1	0,067
6	Tutupan Lahan	Vegetasi rapat	5	0,333
		Vegetasi renggang	4	0,267
		Badan air	3	0,200
		Lahan kosong	2	0,133
		Lahan terbangun	1	0,067
7	NDVI	> 0,4	5	0,333
		0,3 – 0,4	4	0,267
		0,2 – 0,3	3	0,200
		0,1 – 0,2	2	0,133
		< 0,1	1	0,067

Sumber: (Mandal, et al., 2016)

Terdapat perubahan pada pembagian kelas sub-parameter dan skornya. Perubahan ini dilakukan dengan menyesuaikan hasil yang diinginkan dan data yang tersedia. Pada penelitian yang dijadikan referensi, peta yang dihasilkan memiliki 4 zona. Sedangkan pada penelitian ini, peta yang dihasilkan memiliki 5 zona. Sehingga parameter densitas drainase, hujan tahunan, tutupan lahan dan NDVI dibagi menjadi 5 kelas. Pada parameter hujan tahunan dan NDVI, pembagian kelas dilakukan dengan memperhatikan nilai maksimum dan minimum pada data. Apabila tidak dilakukan penyesuaian kelas, maka peta parameter yang dihasilkan akan memiliki sebaran data yang tidak merata.



Pembuatan peta zona potensi air tanah dilakukan setelah peringkat dan normalisasi bobot diberikan kepada setiap peta tematik. Rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai potensi air tanah adalah sebagai berikut (Mandal, et al., 2016):

$$GWPI_{i,j} = \sum_{k \in F} W_k \left( \frac{w_l^k}{w_{l_{max}}^k} \right) \quad (7)$$

Di mana:

$GWPI_{i,j}$  = Nilai potensi air tanah pada koordinat i,j

$F$  = Kumpulan seluruh parameter

$k$  = Bagian dari kumpulan seluruh parameter

$W_k$  = Normalisasi bobot dari parameter k

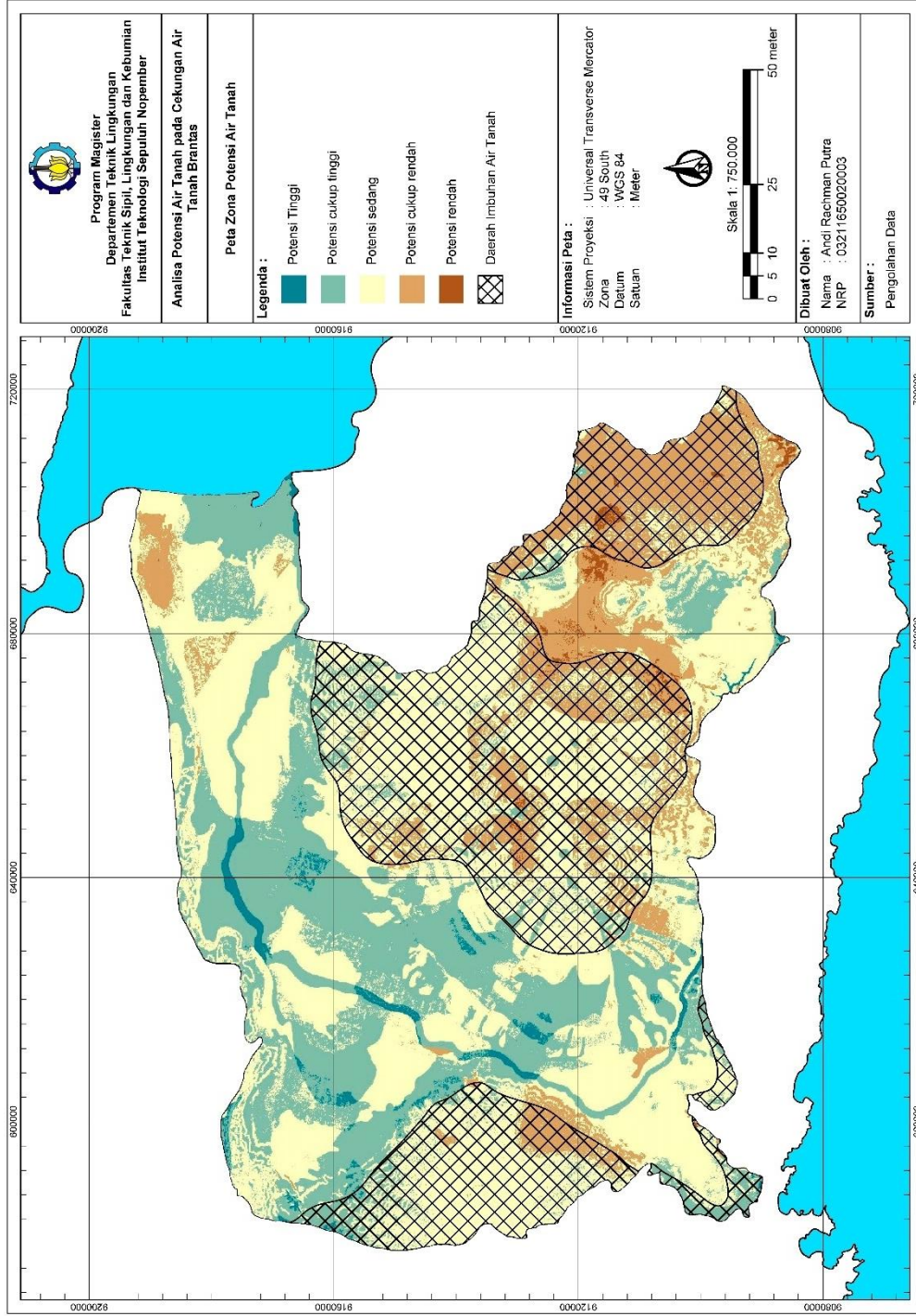
$w_l^k$  = Normalisasi bobot dari sub-parameter k

$w_{l_{max}}^k$  = Nilai maksimum normalisasi bobot dari sub-parameter k

Sebagai contoh akan dilakukan perhitungan nilai potensi air tanah pada koordinat *Northing* 9172748 dan *Easting* 632593. Skor dari lokasi ini adalah sebagai berikut: Geologi 3, Densitas Drainase 4, Tanah 4, Hujan Tahunan 5, Kelerengan 5, Tutupan Lahan 3 dan NDVI 4. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned} GWPI &= \text{Nilai Geologi} + \text{Nilai Densitas Drainase} + \text{Nilai Tanah} + \text{Nilai Hujan} \\ &\quad \text{Tahunan} + \text{Nilai Kelerengan} + \text{Nilai Tutupan Lahan} + \text{Nilai NDVI} \\ &= 0,194 \left( \frac{0,1875}{0,25} \right) + 0,194 \left( \frac{0,267}{0,333} \right) + 0,167 \left( \frac{0,4}{0,4} \right) + 0,139 \left( \frac{0,333}{0,333} \right) + \\ &\quad 0,139 \left( \frac{0,333}{0,333} \right) + 0,111 \left( \frac{0,2}{0,333} \right) + 0,056 \left( \frac{0,267}{0,333} \right) \\ &= 0,146 + 0,156 + 0,167 + 0,139 + 0,139 + 0,067 + 0,045 \\ &= 0,858 \end{aligned}$$

Nilai potensi air tanah yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah 0,858. Nilai ini menunjukkan bahwa pada koordinat *Northing* 9172748 dan *Easting* 632593 termasuk ke dalam zona potensi tinggi. Peta yang dihasilkan dibagi menjadi 5 zona berdasarkan tingkat potensinya. Peta dilengkapi dengan batas daerah imbuhan air tanah sebagai informasi tambahan. Peta zona potensi air tanah dapat dilihat pada Gambar 4.8.



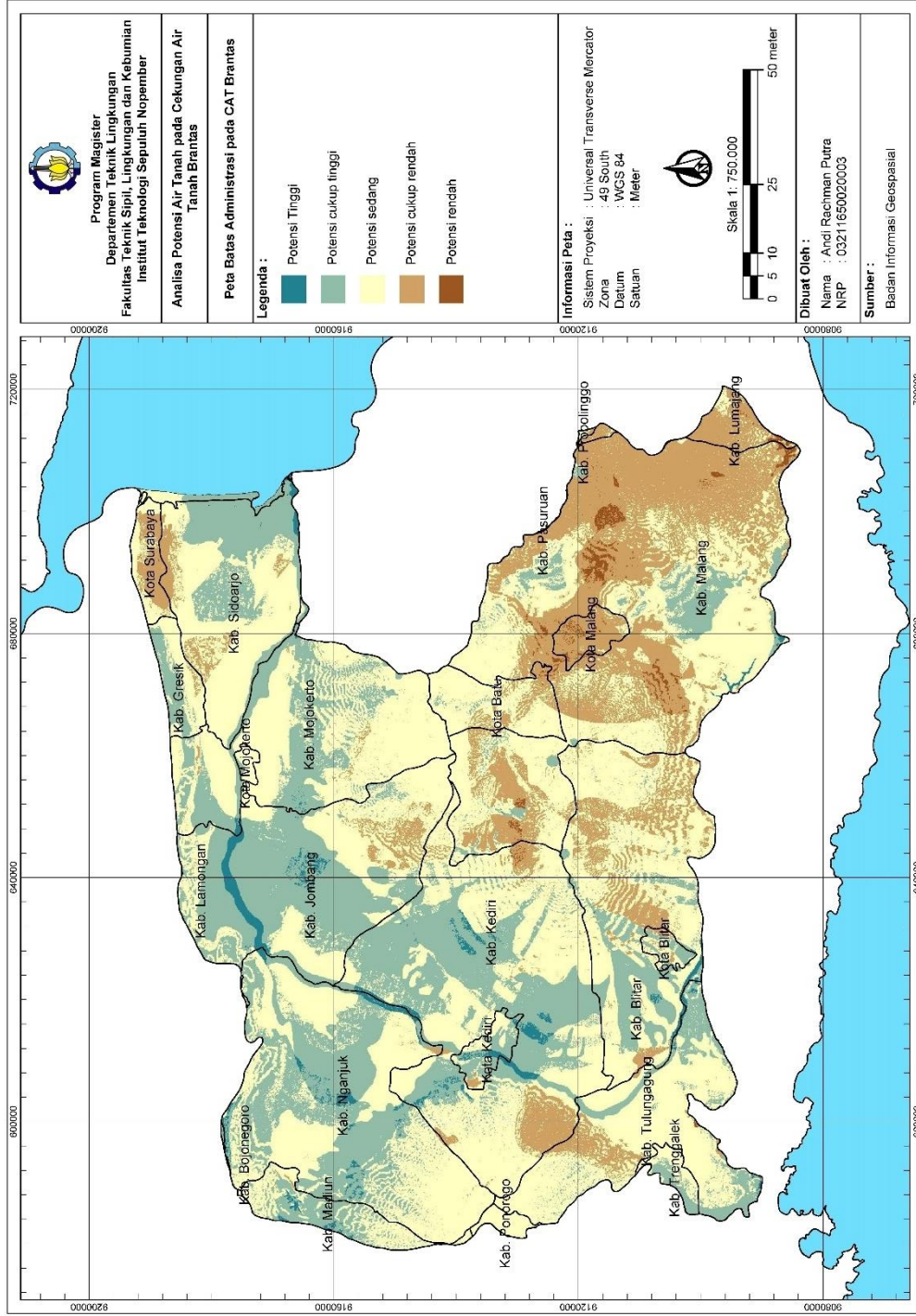
Gambar 4.8 Peta Zona Potensi Air Tanah CAT Brantas

Berdasarkan peta zona potensi air tanah yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa sebagian besar dari CAT Brantas, yaitu 52,24% dari total area termasuk ke dalam zona potensi air tanah sedang. Zona dengan cakupan area terbesar selanjutnya adalah zona potensi air tanah cukup tinggi, yaitu sebanyak 27,91% dari total area CAT Brantas. Pada urutan ketiga terdapat zona potensi air tanah cukup rendah, yaitu sebanyak 17,72% dari total area CAT Brantas. Area CAT Brantas yang termasuk ke dalam zona potensi air tanah tinggi hanya sebesar 1,49%. Sedangkan area yang termasuk ke dalam zona potensi air tanah rendah hanya sebesar 0,64%. Luasan dan persentase dari setiap zona potensi air tanah dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Zona potensi air tanah pada CAT Brantas

No.	Zona Potensi Air Tanah	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase
1	Tinggi	149,05	1,49%
2	Cukup tinggi	2.788,42	27,91%
3	Sedang	5.219,37	52,24%
4	Cukup rendah	1.770,10	17,72%
5	Rendah	63,44	0,64%
<b>Total</b>		<b>9.990,37</b>	<b>100%</b>

Zona potensi air tanah tinggi tersebar di 83 Kecamatan yang mayoritasnya berada di bagian barat dari CAT Brantas. Zona potensi air tanah tinggi dengan luasan paling besar, yaitu 9,16 km<sup>2</sup> terdapat di Kecamatan Ploso, Kabupaten Jombang. Luasan terbesar selanjutnya, yaitu 8,30 km<sup>2</sup> terdapat di Kecamatan Ngronggot, Kabupaten Nganjuk. Pada urutan nomor 3 terdapat Kecamatan Kendat, Kabupaten Kediri dengan luasan 7,79 km<sup>2</sup>. Selanjutnya terdapat Kecamatan Kudu, Kabupaten Jombang dengan luasan 7,31 km<sup>2</sup>. Pada urutan nomor 5 terdapat Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang dengan luasan 6,85 km<sup>2</sup>. Peta administrasi pada CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.9, sedangkan lokasi dan luasan dari zona potensi air tanah tinggi dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.12.



Gambar 4.9 Peta Zona Potensi Air Tanah pada Wilayah Administratif CAT Brantas

Tabel 4.12 Lokasi zona potensi air tanah tinggi pada CAT Brantas

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Luas Area (km<sup>2</sup>)</b>
Kota Blitar	Sunan Wetan	0,08
Kota Kediri	Mojoaroto	2,93
	Kota Kediri	2,23
	Pesantren	0,56
Kec. Blitar	Srengat	4,57
	Kademangan	2,91
	Sanan Kulon	1,15
	Kalingoro	0,85
	Wonodadi	0,44
	Nglegok	0,10
	Ponggok	0,04
	Gandusari	0,01
Kab. Bojonegoro	Bubulan	0,48
Kab. Jombang	Ploso	9,16
	Kudu	7,31
	Jogoroto	6,85
	Megaluh	6,59
	Tembelang	3,21
	Plandaan	2,55
	Kesamben	1,74
	Sumobito	0,99
	Mojoagung	0,64
	Peterongan	0,58
	Mojowarno	0,36
	Jombang	0,16
	Diwek	0,08
	Kabuh	0,03
	Kab. Kediri	Kendat
Pare		5,52
Ngadiluwih		4,42
Grogol		3,22
Papar		2,49
Purwoasri		2,38
Puncu		2,27
Tarokan		2,24

Tabel 4.12 Lokasi zona potensi air tanah tinggi pada CAT Brantas (lanjutan)

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Luas Area (km<sup>2</sup>)</b>
Kab. Kediri	Wates	1,95
	Semen	1,72
	Mojo	0,54
	Kepung	0,12
	Plemahan	0,08
	Plosoklaten	0,05
	Kunjang	0,04
	Ngancar	0,02
Kab. Madiun	Saradan	3,76
	Gemarang	1,84
Kab. Malang	Gedangan	1,47
	Bantur	1,37
	Pagak	1,29
	Kepanjen	0,54
	Gondang Legi	0,37
	Ngantang	0,04
	Sumbermanjing	0,03
	Dampit	0,01
	Dau	0,01
	Bumiaji	0,01
Kab. Mojokerto	Kemlagi	1,84
	Trowulan	0,77
	Gedek	0,35
	Ngoro	0,28
	Pacet	0,04
	Trawas	0,02
Kab. Nganjuk	Ngronggot	8,30
	Sukomoro	5,18
	Rejoso	4,37
	Berbek	2,70
	Gondang	2,37
	Jatikalen	2,31
	Loceret	2,07
	Pace	1,12
	Wilangan	1,12

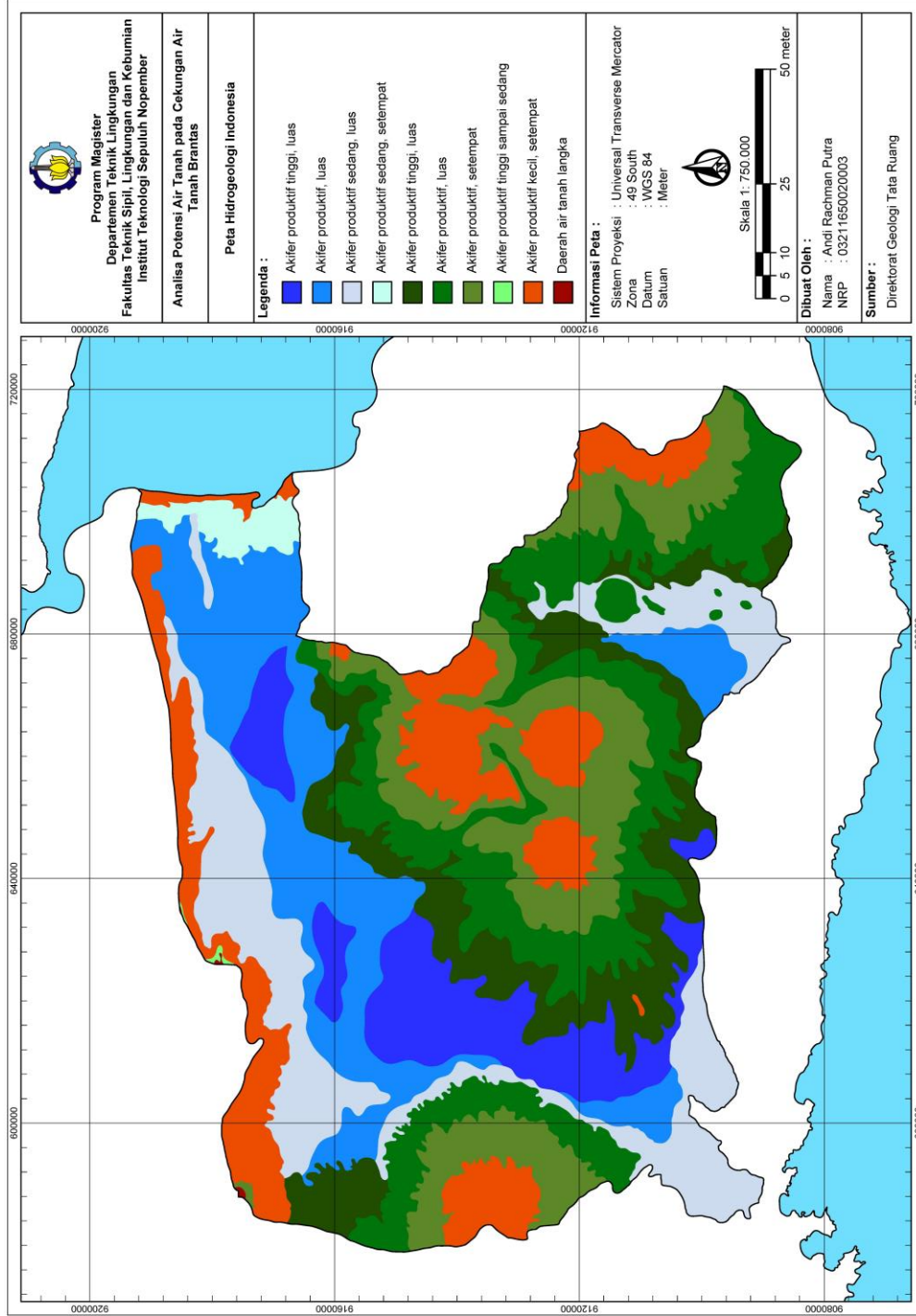
Tabel 4.12 Lokasi zona potensi air tanah tinggi pada CAT Brantas (lanjutan)

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Luas Area (km<sup>2</sup>)</b>
Kab. Nganjuk	Kertosono	0,76
	Prambon	0,44
	Nganjuk	0,27
	Ngetos	0,04
	Ngluyu	0,02
Kab. Pasuruan	Gempol	0,16
Kab. Sidoarjo	Jabon	5,69
	Sidoarjo	0,04
Kab. Tulungagung	Rejotangan	3,73
	Besuki	0,86
	Ngunut	0,46
	Campur Darat	0,20
	Pucang Laban	0,09
	Kalidawir	0,01

Peta zona potensi air tanah yang telah dibuat memberikan informasi mengenai lokasi dengan potensi air tanah yang tinggi pada CAT Brantas. Peta ini memberikan informasi yang cukup dangkal dalam mengenai air tanah. Tetapi informasi ini dapat digunakan sebagai langkah awal penentuan lokasi dalam rangkaian studi mengenai air tanah. Informasi ini juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam penentuan kebijakan, seperti penentuan lokasi konservasi air tanah, perencanaan tata guna lahan dan sebagainya.

### **4.3 Perbandingan Peta Zona Potensi Air Tanah**

Indonesia sudah memiliki Peta Hidrogeologi dengan skala 1:250.000 yang dikeluarkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan pada tahun 1984. Peta ini memberikan informasi mengenai keberadaan air tanah dan produktivitas akuifer. Analisis akan dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara Peta Hidrogeologi Indonesia dengan Peta zona potensi air tanah yang dihasilkan pada penelitian ini. Peta Hidrogeologi Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta Hidrogeologi Indonesia



Peta Hidrogeologi Indonesia memiliki 10 zona keberadaan air tanah. Untuk menyesuaikan dengan Peta Zona Potensi Air Tanah yang dihasilkan dalam penelitian ini, maka zona pada Peta Hidrogeologi Indonesia akan diklasifikasikan menjadi 5 zona. Perbandingan zona dari kedua peta dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan zona peta

<b>Peta Zona Potensi Air Tanah (Gambar 4.8)</b>	<b>Peta Hidrogeologi Indonesia (Gambar 4.10)</b>
Potensi Tinggi	Akuifer produktif tinggi
Potensi Cukup Tinggi	Akuifer produktif
Potensi Sedang	Akuifer produktif sedang
Potensi Cukup Rendah	Akuifer produktif Kecil
Potensi Rendah	Daerah air tanah langka

Analisis peta dilakukan menggunakan metode *overlay* pada *software* ArcGIS. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa kedua peta hanya memiliki kesesuaian sebesar 27,09%. Lokasi dengan potensi air tanah yang sama hanya seluas 2706,34 km<sup>2</sup> dari total luas CAT Brantas, yaitu 9990,37 km<sup>2</sup>. Besarnya perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan parameter yang digunakan dalam pembuatan peta. Peta Zona Potensi Air Tanah pada penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya dengan jumlah 7 parameter, yaitu Geologi, Densitas Drainase, Tanah, Hujan Tahunan, Kelerengan, Tutupan Lahan dan NDVI (Mandal, et al., 2016). Sedangkan Peta Hidrogeologi Indonesia menggunakan 3 parameter, yaitu Topografi, Geologi dan Investigasi Lapangan.

Terdapat perbedaan pada parameter geologi yang digunakan pada kedua peta. Peta Hidrogeologi Indonesia menggunakan Peta Geologi dengan skala 1:250.000. Sedangkan Peta Zona Potensi Air Tanah pada penelitian ini menggunakan Peta Geologi dengan skala yang lebih besar, yaitu 1:100.000. Peta Geologi skala 1:100.000 dipublikasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi pada tahun 1992. Perbedaan skala dan tahun pembuatan dapat menjadi penyebab perbedaan dari kedua peta yang dihasilkan.

Perbedaan selanjutnya terdapat pada Peta Topografi yang digunakan. Peta Hidrogeologi Indonesia menggunakan Peta Topografi AMS (*American military*

*service*) seri T.503 dengan skala 1:250.000 yang dipublikasikan pada tahun 1954. Sedangkan data topografi pada penelitian ini didapatkan dari *Digital elevation model* (DEM) yang dipublikasikan oleh Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) pada tahun 2014. Data DEM memiliki resolusi spasial 30 meter, di mana secara teoritis dapat menghasilkan peta dengan skala paling besar 1:60.000. Besarnya perbedaan skala dari kedua data topografi ini merupakan penyebab lain dari perbedaan dari kedua peta yang dihasilkan.

Kelebihan dari Peta Hidrogeologi Indonesia adalah adanya parameter investigasi lapangan. Data investigasi lapangan memberikan informasi mengenai ketinggian muka air tanah dan debit sumur. Parameter ini memiliki skor yang tinggi, sehingga akan memiliki signifikansi yang cukup besar apabila digunakan dalam pembuatan Peta Zona Potensi Air Tanah. Parameter ini juga memungkinkan pembagian zona yang lebih spesifik, seperti pada Peta Hidrogeologi Indonesia yang memiliki 10 pembagian zona.

Peta Zona Potensi Air Tanah yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki tingkat kesesuaian yang rendah dengan Peta Hidrogeologi Indonesia, yaitu hanya sebesar 27,09%. Tidak adanya data investigasi lapangan dalam penelitian ini merupakan faktor utama dari rendahnya tingkat kesesuaian ini. Perbedaan skala dan tahun publikasi dari parameter yang sama digunakan juga menjadi penyebab lain dari perbedaan di antara kedua peta ini.

#### **4.4 Analisis Aspek Lingkungan**

Analisis aspek lingkungan dilakukan menggunakan *supply & demand analysis* (analisis penawaran dan permintaan). Data curah hujan tahunan akan digunakan sebagai *supply*. Sedangkan perhitungan terhadap kebutuhan air domestik dan non-domestik akan digunakan sebagai *demand*. Evapotranspirasi potensial dan limpasan air permukaan juga akan digunakan dalam perhitungan.

##### **4.4.1 Kebutuhan Air Domestik**

Perhitungan kebutuhan domestik dilakukan menggunakan data penduduk yang bukan merupakan pelanggan PDAM atau air perpipaan. Data penduduk didapatkan dari buku Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017. Terdapat 6 Kota

dan 17 Kabupaten pada CAT Brantas. Data penduduk dan pelanggan PDAM setiap Kota/Kabupaten dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Penduduk dan pelanggan PDAM pada CAT Brantas

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Penduduk</b>	<b>Pelanggan PDAM</b>
Kota Batu	202.319	48.920
Kota Blitar	152.097	23.232
Kota Kediri	281.978	50.200
Kota Malang	856.410	489.756
Kota Mojokerto	126.404	17.840
Kota Surabaya	3.016.653	2.008.496
Kab. Blitar	1.149.710	51.260
Kab. Bojonegoro	1.307.269	23.192
Kab. Gresik	1.310.439	330.432
Kab. Jombang	1.247.303	73.584
Kab. Kediri	1.554.385	53.440
Kab. Lamongan	1.354.119	65.820
Kab. Lumajang	1.033.698	104.260
Kab. Madiun	677.993	131.900
Kab. Malang	2.560.675	393.788
Kab. Mojokerto	1.104.522	82.708
Kab. Nganjuk	1.045.375	54.888
Kab. Pasuruan	1.593.683	90.860
Kab. Ponorogo	868.814	69.728
Kab. Probolinggo	1.151.613	78.228
Kab. Sidoarjo	2.222.996	1.802.900
Kab. Trenggalek	691.295	33.320
Kab. Tulungagung	1.026.101	85.880

Sumber: Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan air minum setiap Kota/Kabupaten selama satu tahun. Penduduk yang bukan merupakan pelanggan PDAM diasumsikan menggunakan air tanah sebagai sumber airnya. Standar kebutuhan air minum domestik mengacu kepada standar yang ditetapkan oleh Ditjen Cipta Karya, yaitu 150 L/orang/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air domestik dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan kebutuhan air domestik

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Pengguna Air Tanah</b>	<b>Kebutuhan Domestik (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	153.399	8,399
Kota Blitar	128.865	7,055
Kota Kediri	231.778	12,690
Kota Malang	366.654	20,074
Kota Mojokerto	108.564	5,944
Kota Surabaya	1.008.157	55,197
Kab. Blitar	1.098.450	60,140
Kab. Bojonegoro	1.284.077	70,303
Kab. Gresik	980.007	53,655
Kab. Jombang	1.173.719	64,261
Kab. Kediri	1.500.945	82,177
Kab. Lamongan	1.288.299	70,534
Kab. Lumajang	929.438	50,887
Kab. Madiun	546.093	29,899
Kab. Malang	2.166.887	118,637
Kab. Mojokerto	1.021.814	55,944
Kab. Nganjuk	990.487	54,229
Kab. Pasuruan	1.502.823	82,280
Kab. Ponorogo	799.086	43,750
Kab. Probolinggo	1.073.385	58,768
Kab. Sidoarjo	420.096	23,000
Kab. Trenggalek	657.975	36,024
Kab. Tulungagung	940.221	51,477

#### 4.4.2 Kebutuhan Air Non-domestik

Perhitungan kebutuhan air non-domestik dilakukan berdasarkan sektornya. Sektor yang pertama adalah sekolah, di mana kebutuhan air pada sektor ini dihitung berdasarkan jumlah guru dan murid. Data untuk sektor sekolah didapatkan dari buku Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017. Standar kebutuhan air minum mengacu kepada standar yang ditetapkan oleh Ditjen Cipta Karya, yaitu 10 L/orang/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor sekolah pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor sekolah

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Sekolah</b>	<b>Guru</b>	<b>Murid</b>	<b>Kebutuhan Air (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	144	2.846	38.414	0,108
Kota Blitar	231	3.590	53.113	0,148
Kota Kediri	220	4.178	66.185	0,184
Kota Malang	1.029	15.391	212.268	0,594
Kota Mojokerto	111	2.448	29.365	0,083
Kota Surabaya	1.663	40.791	522.267	1,470
Kab. Blitar	1.859	31.362	186.105	0,568
Kab. Bojonegoro	1.705	19.592	221.525	0,629
Kab. Gresik	656	11.165	150.516	0,422
Kab. Jombang	1.996	22.082	303.845	0,851
Kab. Kediri	2.180	20.324	312.113	0,868
Kab. Lamongan	4.186	33.708	282.716	0,826
Kab. Lumajang	779	10.427	135.019	0,380
Kab. Madiun	411	6.787	78.969	0,224
Kab. Malang	3.988	30.471	472.921	1,314
Kab. Mojokerto	1.991	23.903	295.202	0,833
Kab. Nganjuk	1.632	16.316	197.744	0,559
Kab. Pasuruan	2.530	22.098	300.185	0,841
Kab. Ponorogo	998	15.030	147.054	0,423
Kab. Probolinggo	1.991	18.311	218.616	0,618
Kab. Sidoarjo	2.188	33.986	445.708	1,252
Kab. Trenggalek	1.125	10.821	126.509	0,358
Kab. Tulungagung	1.697	16.450	264.261	0,733

Sumber: Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017

Sektor non-domestik selanjutnya adalah fasilitas kesehatan. Terdapat 2 sumber kebutuhan air pada sektor fasilitas kesehatan, yaitu rumah sakit dan puskesmas. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Ditjen Cipta Karya, kebutuhan air untuk rumah sakit adalah 200 L/tempat tidur/hari, sedangkan puskesmas adalah 2000 L/Unit/hari. Data rumah sakit dan puskesmas didapatkan dari dokumen Profil Kesehatan Kota/Kabupaten. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor fasilitas kesehatan pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor fasilitas kesehatan

Kota/Kabupaten	Rumah Sakit		Puskesmas	Kebutuhan Air (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /tahun)
	Unit	Tempat Tidur		
Kota Batu	6	406	11	0,038
Kota Blitar	5	605	19	0,058
Kota Kediri	12	1.383	35	0,127
Kota Malang	24	2.080	49	0,188
Kota Mojokerto	6	617	19	0,059
Kota Surabaya	40	7.382	122	0,628
Kab. Blitar	6	410	92	0,097
Kab. Bojonegoro	10	919	36	0,093
Kab. Gresik	16	1.307	32	0,119
Kab. Jombang	12	1.221	107	0,167
Kab. Kediri	14	996	117	0,158
Kab. Lamongan	14	1.045	142	0,180
Kab. Lumajang	7	584	76	0,098
Kab. Madiun	8	980	24	0,089
Kab. Malang	36	2.249	473	0,509
Kab. Mojokerto	11	963	101	0,144
Kab. Nganjuk	5	696	20	0,065
Kab. Pasuruan	5	348	106	0,103
Kab. Ponorogo	6	945	88	0,133
Kab. Probolinggo	6	570	120	0,129
Kab. Sidoarjo	26	2.492	84	0,243
Kab. Trenggalek	4	414	88	0,094
Kab. Tulungagung	12	1.436	96	0,175

Sumber: Profil Kesehatan Kota/Kabupaten

Sektor non-domestik yang ketiga adalah perhotelan. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Ditjen Cipta Karya, perhitungan kebutuhan air untuk sektor perhotelan didasarkan pada jumlah tempat tidur, yaitu 150 L/tempat tidur/hari. Data untuk sektor perhotelan didapatkan dari buku Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor perhotelan pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor perhotelan

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Jumlah Hotel</b>	<b>Tempat Tidur</b>	<b>Kebutuhan Air (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	550	12.292	0,673
Kota Blitar	18	1.122	0,061
Kota Kediri	25	1.493	0,082
Kota Malang	100	6.112	0,335
Kota Mojokerto	10	552	0,030
Kota Surabaya	189	14.835	0,812
Kab. Blitar	10	215	0,012
Kab. Bojonegoro	22	1.257	0,069
Kab. Gresik	19	660	0,036
Kab. Jombang	21	989	0,054
Kab. Kediri	20	798	0,044
Kab. Lamongan	7	538	0,029
Kab. Lumajang	17	749	0,041
Kab. Madiun	6	461	0,025
Kab. Malang	143	2.994	0,164
Kab. Mojokerto	99	4.035	0,221
Kab. Nganjuk	12	632	0,035
Kab. Pasuruan	8	615	0,034
Kab. Ponorogo	49	1.224	0,067
Kab. Probolinggo	26	998	0,055
Kab. Sidoarjo	75	3.458	0,189
Kab. Trenggalek	0	520	0,028
Kab. Tulungagung	24	1.770	0,097

Sumber: Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017

Sektor non-domestik selanjutnya adalah industri. Data industri didapatkan dari buku Direktori Perusahaan Industri Besar dan Sedang Provinsi Jawa Timur 2017. Berdasarkan SNI 19-6728.1-2002 kebutuhan air industri dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah karyawan, luas industri atau jenis/tipe industri. Data yang tersedia adalah jumlah karyawan, sehingga standar kebutuhan air yang digunakan adalah 500 L/karyawan/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor industri pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor industri

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Industri</b>	<b>Jumlah Karyawan</b>	<b>Kebutuhan Air (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	37	1.304	0,238
Kota Blitar	13	1.723	0,314
Kota Kediri	36	26.035	4,751
Kota Malang	270	40.053	7,310
Kota Mojokerto	63	8.008	1,461
Kota Surabaya	957	123.993	22,629
Kab. Blitar	81	3.170	0,579
Kab. Bojonegoro	88	8.989	1,640
Kab. Gresik	602	88.030	16,065
Kab. Jombang	161	31.554	5,759
Kab. Kediri	122	15.648	2,856
Kab. Lamongan	150	13.749	2,509
Kab. Lumajang	85	12.600	2,300
Kab. Madiun	20	2.755	0,503
Kab. Malang	267	54.328	9,915
Kab. Mojokerto	268	41.243	7,527
Kab. Nganjuk	49	5.881	1,073
Kab. Pasuruan	811	114.925	20,974
Kab. Ponorogo	36	1.995	0,364
Kab. Probolinggo	63	12.737	2,325
Kab. Sidoarjo	977	167.273	30,527
Kab. Trenggalek	46	1.863	0,340
Kab. Tulungagung	188	11.715	2,138

Sumber: Direktori Perusahaan Industri Besar dan Sedang Provinsi Jawa Timur 2017

Perhitungan selanjutnya dilakukan untuk mengetahui kebutuhan dari sektor peternakan. Data untuk sektor peternakan didapatkan dari buku Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017. Standar kebutuhan air peternakan yang ditetapkan dalam SNI 19-6728.1-2002 adalah 40 L/ekor/hari untuk Sapi dan Kerbau, 5 L/ekor/hari untuk Domba dan Kambing, 6 L/ekor/hari untuk Babi dan 0,6 L/ekor/hari untuk Unggas. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor peternakan pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.20.



Tabel 4.20 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor peternakan

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Sapi &amp; Kerbau</b>	<b>Domba &amp; Kambing</b>	<b>Babi</b>	<b>Unggas</b>	<b>Kebutuhan Air (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	14.352	15.347	258	410.922	0,328
Kota Blitar	3.385	4.339	376	394.840	0,145
Kota Kediri	3.569	4.963	0	190.395	0,103
Kota Malang	3.951	1.499	0	790.789	0,234
Kota Mojokerto	145	2.770	15	16.050	0,011
Kota Surabaya	881	2.192	0	35.279	0,025
Kab. Blitar	158.300	146.869	6.600	19.733.872	6,915
Kab. Bojonegoro	202.946	276.226	0	3.317.188	4,194
Kab. Gresik	53.531	103.046	0	3.523.455	1,741
Kab. Jombang	63.332	165.418	0	3.952.396	2,092
Kab. Kediri	222.513	182.691	2.538	23.682.000	8,774
Kab. Lamongan	105.198	185.645	0	49.976.571	12,820
Kab. Lumajang	182.140	148.755	1.088	4.822.606	3,989
Kab. Madiun	60.081	94.857	380	2.125.721	1,517
Kab. Malang	306.017	281.332	13.262	37.536.337	13,231
Kab. Mojokerto	55.521	71.209	0	2.839.261	1,562
Kab. Nganjuk	139.322	185.519	1.149	4.920.073	3,453
Kab. Pasuruan	193.117	135.241	0	4.969.684	4,155
Kab. Ponorogo	84.394	215.511	0	1.433.496	1,939
Kab. Probolinggo	269.188	134.432	0	4.291.897	5,115
Kab. Sidoarjo	13.990	62.885	0	779.178	0,490
Kab. Trenggalek	39.323	393.765	0	3.483.890	2,056
Kab. Tulungagung	136.671	198.733	10.778	10.690.511	4,723

Sumber: Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017

Perhitungan yang terakhir dilakukan untuk mengetahui kebutuhan dari sektor pertanian. Data untuk sektor pertanian didapatkan dari buku Kota/Kabupaten Dalam Angka tahun 2017. Berdasarkan SNI 19-6728.1-2002, perhitungan kebutuhan berdasarkan pada luas sawah dengan kebutuhan rata-rata 1 L/det/ha. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk sektor perkebunan pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.21. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$A = L \times lt \times a \quad (8)$$

Di mana:

$A$  = Penggunaan air irigasi dalam satu tahun ( $m^3$ /tahun)

$L$  = Luas daerah irigasi (ha)

$lt$  = Intensitas tanaman (300%) musim/tahun

$a$  = Standar penggunaan air (1 L/det/ha)

0,001  $m^3$ /det/ha \* 3600 \* 24 \* 120 hari/musim

Tabel 4.21 Hasil perhitungan kebutuhan air sektor pertanian

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Luas daerah irigasi (ha)</b>	<b>Kebutuhan Air (<math>10^6 m^3</math>/tahun)</b>
Kota Batu	2.400	74,650
Kota Blitar	1.087	33,810
Kota Kediri	1.903	59,191
Kota Malang	1.142	35,521
Kota Mojokerto	529	16,454
Kota Surabaya	35	1,089
Kab. Blitar	31.680	985,375
Kab. Bojonegoro	38.146	1.186,493
Kab. Gresik	66.306	2.062,382
Kab. Jombang	48.707	1.514,983
Kab. Kediri	57.026	1.773,737
Kab. Lamongan	87.833	2.731,958
Kab. Lumajang	33.547	1.043,446
Kab. Madiun	31.163	969,294
Kab. Malang	42.739	1.329,354
Kab. Mojokerto	36.616	1.138,904
Kab. Nganjuk	37.596	1.169,386
Kab. Pasuruan	33.898	1.054,363
Kab. Ponorogo	32.775	1.019,434
Kab. Probolinggo	34.710	1.079,620
Kab. Sidoarjo	21.852	679,685
Kab. Trenggalek	12.881	400,651
Kab. Tulungagung	24.975	776,822

Terdapat 6 sektor yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air non-domestik, yaitu sektor sekolah, fasilitas kesehatan, perhotelan, industri, peternakan dan pertanian. Total kebutuhan air non-domestik pada CAT Brantas dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik

Kota/Kabupaten	Kebutuhan Air ( $10^6$ m <sup>3</sup> /tahun)			
	Sekolah	Fasilitas Kesehatan	Perhotelan	Industri
Kota Batu	0,108	0,038	0,673	0,238
Kota Blitar	0,148	0,058	0,061	0,314
Kota Kediri	0,184	0,127	0,082	4,751
Kota Malang	0,594	0,188	0,335	7,310
Kota Mojokerto	0,083	0,059	0,030	1,461
Kota Surabaya	1,470	0,628	0,812	22,629
Kab. Blitar	0,568	0,097	0,012	0,579
Kab. Bojonegoro	0,629	0,093	0,069	1,640
Kab. Gresik	0,422	0,119	0,036	16,065
Kab. Jombang	0,851	0,167	0,054	5,759
Kab. Kediri	0,868	0,158	0,044	2,856
Kab. Lamongan	0,826	0,180	0,029	2,509
Kab. Lumajang	0,380	0,098	0,041	2,300
Kab. Madiun	0,224	0,089	0,025	0,503
Kab. Malang	1,314	0,509	0,164	9,915
Kab. Mojokerto	0,833	0,144	0,221	7,527
Kab. Nganjuk	0,559	0,065	0,035	1,073
Kab. Pasuruan	0,841	0,103	0,034	20,974
Kab. Ponorogo	0,423	0,133	0,067	0,364
Kab. Probolinggo	0,618	0,129	0,055	2,325
Kab. Sidoarjo	1,252	0,243	0,189	30,527
Kab. Trenggalek	0,358	0,094	0,028	0,340
Kab. Tulungagung	0,733	0,175	0,097	2,138

Tabel 4.22 Hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik (lanjutan)

Kota/Kabupaten	Kebutuhan Air ( $10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ )		
	Peternakan	Perkebunan	Total
Kota Batu	0,328	74,650	76,034
Kota Blitar	0,145	33,810	34,537
Kota Kediri	0,103	59,191	64,437
Kota Malang	0,234	35,521	44,180
Kota Mojokerto	0,011	16,454	18,098
Kota Surabaya	0,025	1,089	26,652
Kab. Blitar	6,915	985,375	993,545
Kab. Bojonegoro	4,194	1.186,493	1.193,119
Kab. Gresik	1,741	2.062,382	2.080,765
Kab. Jombang	2,092	1.514,983	1.523,905
Kab. Kediri	8,774	1.773,737	1.786,436
Kab. Lamongan	12,820	2.731,958	2.748,322
Kab. Lumajang	3,989	1.043,446	1.050,253
Kab. Madiun	1,517	969,294	971,652
Kab. Malang	13,231	1.329,354	1.354,487
Kab. Mojokerto	1,562	1.138,904	1.149,191
Kab. Nganjuk	3,453	1.169,386	1.174,571
Kab. Pasuruan	4,155	1.054,363	1.080,470
Kab. Ponorogo	1,939	1.019,434	1.022,360
Kab. Probolinggo	5,115	1.079,620	1.087,862
Kab. Sidoarjo	0,490	679,685	712,386
Kab. Trenggalek	2,056	400,651	403,528
Kab. Tulungagung	4,723	776,822	784,688

#### 4.4.3 Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial (PET) merupakan ukuran dari kemampuan atmosfer menghilangkan air dari permukaan melalui proses evaporasi dan transpirasi. Perhitungan dilakukan menggunakan Metode Thornthwaite. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan PET adalah rata-rata temperatur setiap bulan, rata-rata lama penyinaran setiap bulan dan jumlah hari dalam setiap bulan. Data ini

diperoleh dari BMKG, bersamaan dengan data curah hujan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$PET = 16 \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{d}{30}\right) \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^\alpha \quad (9)$$

Di mana:

$PET$  = Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

$N$  = Lama penyinaran dalam 1 bulan

$d$  = Jumlah hari dalam 1 bulan

$t$  = Rata-rata temperatur dalam 1 bulan

$\alpha$  =  $675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,49239$

$I$  = Indeks panas dalam 1 tahun

$$= \sum_{i=1}^{12} i$$

$i$  = Indeks panas dalam 1 bulan

$$= \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Perhitungan PET dilakukan per-bulan pada setiap Stasiun BMKG. Hasil Perhitungan PET dapat dilihat pada Tabel 4.23.

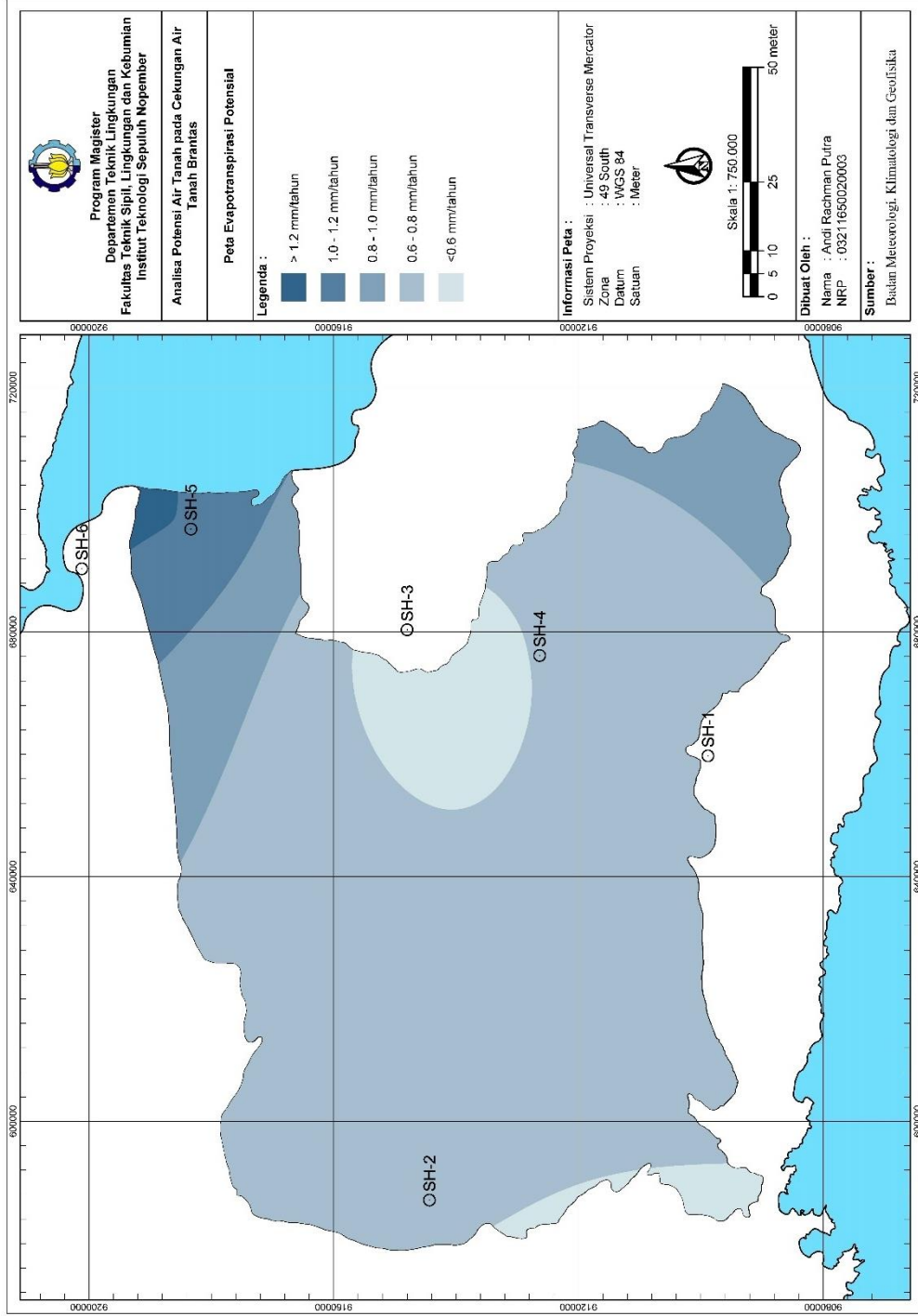
Tabel 4.23 Hasil perhitungan PET pada Stasiun BMKG

PET	Stasiun BMKG					
	SH-1	SH-2	SH-3	SH-4	SH-5	SH-6
Januari	51,918	28,664	27,138	40,403	75,224	79,917
Februari	51,217	36,564	25,698	41,600	70,583	72,481
Maret	61,986	40,411	32,265	45,370	75,772	90,970
April	66,164	50,832	39,695	50,014	93,807	88,524
Mei	77,333	60,042	42,419	59,860	117,850	117,206
Juni	64,495	52,972	39,270	54,804	101,118	101,062
Juli	59,147	57,525	36,437	47,665	97,519	104,925
Agustus	66,221	64,590	37,385	51,296	106,974	114,339
September	72,899	71,352	48,167	58,537	114,308	120,207
Oktober	84,862	71,491	53,643	68,227	137,706	141,874
November	58,732	52,657	44,051	53,553	112,525	109,549
Desember	52,750	34,314	35,788	41,955	80,366	76,339
Total	767,723	621,415	461,957	613,285	1.183,751	1.217,394

Selanjutnya dilakukan pemetaan Evapotranspirasi Potensial pada CAT Brantas. Peta Evapotranspirasi Potensial dapat dilihat pada Gambar 4.11, sedangkan besaran Evapotranspirasi Potensial pada setiap Kota/Kabupaten dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Nilai Evapotranspirasi Potensial pada setiap Kota/Kabupaten

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Luas Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Evapotranspirasi Potensial (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	190,212	108,797
Kota Blitar	36,734	24,349
Kota Kediri	68,659	43,327
Kota Malang	73,785	49,328
Kota Mojokerto	17,595	13,577
Kota Surabaya	89,982	104,831
Kab. Blitar	944,334	631,765
Kab. Bojonegoro	2,544	1,709
Kab. Gresik	105,797	101,030
Kab. Jombang	990,614	679,395
Kab. Kediri	1.531,981	967,255
Kab. Lamongan	0,077	0,061
Kab. Lumajang	93,647	81,838
Kab. Madiun	172,308	108,713
Kab. Malang	2.239,905	1.604,760
Kab. Mojokerto	867,535	594,526
Kab. Nganjuk	1.182,984	772,543
Kab. Pasuruan	4,859	3,731
Kab. Ponorogo	29,777	17,840
Kab. Probolinggo	2,785	2,327
Kab. Sidoarjo	643,284	628,146
Kab. Trenggalek	49,514	29,562
Kab. Tulungagung	624,214	382,503



Gambar 4.11 Peta Evapotranspirasi Potensial pada CAT Brantas

#### 4.4.4 Limpasan Air Permukaan

Air hujan yang jatuh ke permukaan tidak semuanya mengalami infiltrasi. Ada air yang mengalir dari permukaan ke badan air. Banyaknya limpasan air permukaan dipengaruhi oleh tutupan lahan dan kelerengan (Mahmoud & Alazba, 2015). Koefisien limpasan yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.25.

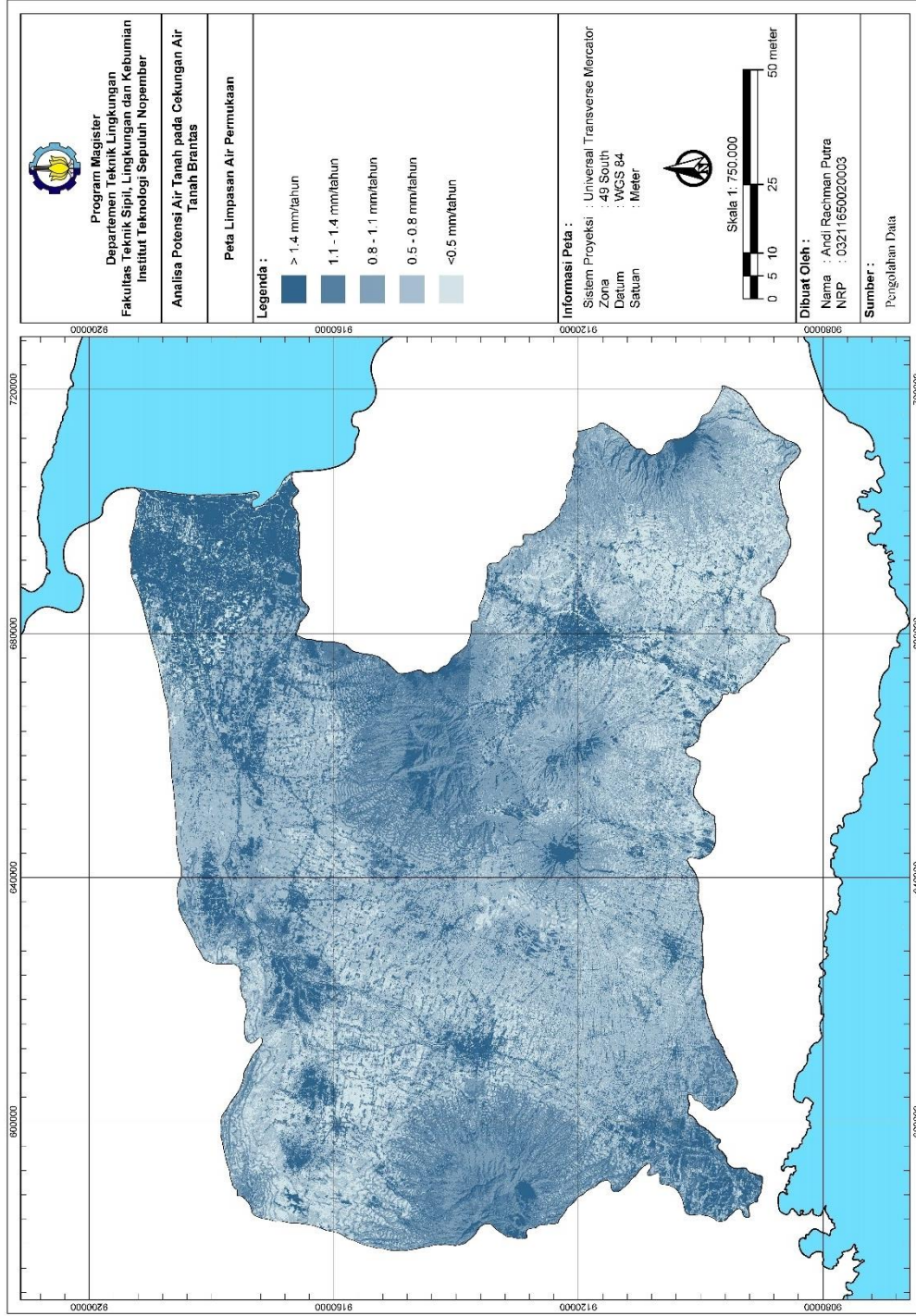
Tabel 4.25 Koefisien limpasan berdasarkan tutupan lahan dan kelerengan

<b>Tutupan Lahan</b>	<b>Kelerengan (%)</b>	<b>Koefisien Limpasan</b>
Vegetasi Rapat	< 0,5	0,10
	0,5 – 5	0,14
	5 – 10	0,20
	> 10	0,32
Vegetasi Renggang	< 0,5	0,20
	0,5 – 5	0,24
	5 – 10	0,30
	> 10	0,42
Tanah Kosong	< 0,5	0,40
	0,5 – 5	0,44
	5 – 10	0,50
	> 10	0,62
Lahan Terbangun	< 0,5	0,75
	0,5 – 5	0,75
	5 – 10	0,75
	> 10	0,75
Badan Air	< 0,5	1,00
	0,5 – 5	1,00
	5 – 10	1,00
	> 10	1,00

Sumber: (Mahmoud & Alazba, 2015)

Peta Curah Hujan Tahunan, Peta Tutupan Lahan dan Peta Kelerengan digunakan untuk menghitung limpasan air permukaan. Peta limpasan air permukaan dapat dilihat pada Gambar 4.12, sedangkan nilai limpasan air permukaan untuk setiap Kota/Kabupaten dapat dilihat pada Tabel 4.26.





Gambar 4.12 Peta Limpasan Air Permukaan pada CAT Brantas

Tabel 4.26 Nilai limpasan air permukaan pada setiap Kota/Kabupaten

<b>Kota/Kabupaten</b>	<b>Limpasan Air Permukaan (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/tahun)</b>
Kota Batu	218,116
Kota Blitar	29,536
Kota Kediri	84,985
Kota Malang	57,703
Kota Mojokerto	27,562
Kota Surabaya	117,735
Kab. Blitar	795,338
Kab. Bojonegoro	2,261
Kab. Gresik	103,735
Kab. Jombang	944,427
Kab. Kediri	1.478,891
Kab. Lamongan	0,033
Kab. Lumajang	104,124
Kab. Madiun	139,526
Kab. Malang	2.034,762
Kab. Mojokerto	957,254
Kab. Nganjuk	1.027,694
Kab. Pasuruan	5,218
Kab. Ponorogo	37,335
Kab. Probolinggo	2,154
Kab. Sidoarjo	907,988
Kab. Trenggalek	63,626
Kab. Tulungagung	608,415

#### 4.4.5 *Supply & Demand Analysis*

*Supply & Demand Analysis* dilakukan untuk mengetahui daya dukung lingkungan dari CAT Brantas. Data curah hujan tahunan digunakan sebagai *supply*. Sedangkan kebutuhan air domestik dan non-domestik, evapotranspirasi potensial dan limpasan air permukaan digunakan sebagai *demand*. Hasil perhitungan *Supply & Demand Analysis* dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Hasil perhitungan *Supply & Demand Analysis* pada CAT Brantas

Kota/Kabupaten	Supply (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /tahun)		Limpasan Air	Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /tahun)		Cadangan Air (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /tahun)
	Presipitasi	PET		Domestik	Non-domestik	
Kota Batu	471,847	108,797	218,116	8,356	75,652	60,927
Kota Blitar	95,906	24,349	29,536	7,055	34,537	0,428
Kota Kediri	191,047	43,327	84,985	12,690	64,437	-14,392
Kota Malang	154,953	49,328	57,703	20,074	44,180	-16,332
Kota Mojokerto	47,165	13,577	27,562	5,944	18,098	-18,016
Kota Surabaya	186,166	104,831	117,735	15,062	7,273	-58,736
Kab. Blitar	2.398,450	631,765	795,338	32,730	540,714	397,903
Kab. Bojonegoro	7,390	1,709	2,261	0,069	1,176	2,175
Kab. Gresik	256,093	101,030	103,735	4,650	180,324	-133,646
Kab. Jombang	2.714,485	679,395	944,427	58,088	1.377,525	-344,951
Kab. Kediri	4.208,346	967,255	1.478,891	82,177	1.786,436	-106,413
Kab. Lamongan	0,207	0,061	0,033	0,003	0,120	-0,011
Kab. Lumajang	178,991	81,838	104,124	2,616	53,988	-63,575
Kab. Madiun	507,333	108,713	139,526	4,710	153,081	101,302
Kab. Malang	4.918,462	1.604,760	2.034,762	75,795	865,352	337,793
Kab. Mojokerto	2.396,158	594,526	957,254	48,694	1.000,251	-204,566
Kab. Nganjuk	3.381,025	772,543	1.027,694	49,914	1.081,111	449,763
Kab. Pasuruan	12,649	3,731	5,218	0,265	3,484	-0,049
Kab. Ponorogo	87,000	17,840	37,335	0,927	21,674	9,224
Kab. Probolinggo	5,638	2,327	2,154	0,098	1,817	-0,759
Kab. Sidoarjo	1.522,892	628,146	907,988	21,642	670,328	-705,212
Kab. Trenggalek	141,086	29,562	63,626	1,396	15,642	30,859
Kab. Tulungagung	1.752,861	382,503	608,415	28,899	440,515	292,530

Hasil analisis menunjukkan bahwa *supply* air tanah tidak dapat memenuhi *demand* yang berada di beberapa Kota/Kabupaten pada CAT Brantas. Rata-rata nilai cadangan air adalah sebesar -5,05% dari *supply*. Air tanah yang disuplai melalui hujan habis dikonsumsi pada beberapa Kota/Kabupaten, sehingga tidak ada simpanan untuk CAT Brantas setiap tahunnya. Berdasarkan *supply & demand analysis* yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa kemampuan daya dukung lingkungan CAT Brantas berada dalam kondisi tidak baik.

#### **4.5 Analisis Aspek Kelembagaan**

Peraturan yang secara spesifik membahas mengenai air tanah terdapat pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2008. Dalam peraturan tersebut dikatakan bahwa pengelolaan air tanah berdasarkan pada cekungan air tanah. Pengelolaan ini meliputi merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi penyelenggaraan konservasi air tanah, pendayagunaan air tanah dan pengendalian daya rusak air tanah. Pengelolaan air tanah diselenggarakan dengan berlandaskan kebijakan dan strategi pengolahan air tanah. Kebijakan dan strategi ini disusun dan ditetapkan secara terintegrasi oleh wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air.

##### **4.5.1 Regulator Bidang Air Tanah**

Lembaga yang berfungsi sebagai regulator di bidang air tanah adalah Dewan Sumber Daya Air (SDA), baik pada tingkat nasional, provinsi atau kota/kabupaten. Dewan SDA adalah lembaga non struktural yang merupakan wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air. Peraturan mengenai Dewan SDA Nasional terdapat pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2017 tentang Dewan Sumber Daya Air Nasional. Tugas dari Dewan SDA Nasional adalah memberikan saran dan pertimbangan kepada Presiden dalam menetapkan kebijakan nasional di bidang pengelolaan sumber daya air serta mengoordinasikan penetapan dan pelaksanaan kebijakan nasional pengelolaan sumber daya air antar pemangku kepentingan. Sedangkan fungsi dari Dewan SDA Nasional adalah:

- a. pemberian saran dan pertimbangan kepada Presiden dalam penetapan kebijakan nasional dan penanganan isu strategis antar pemangku kepentingan dalam pengelolaan sumber daya air;
- b. koordinasi dan sinkronisasi penetapan dan pelaksanaan kebijakan nasional di bidang pengelolaan sumber daya air antar pemangku kepentingan; dan
- c. pelaksanaan pemantauan dan evaluasi pelaksanaan kebijakan nasional pengelolaan sumber daya air antar pemangku kepentingan.

Peraturan untuk Dewan SDA pada tingkat provinsi dan kota/kabupaten terdapat pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2008 tentang Dewan Sumber Daya Air. Tugas dari Dewan SDA pada tingkat provinsi dan kota/kabupaten adalah:

- a. menyusun dan merumuskan kebijakan serta strategi pengelolaan sumber daya air;
- b. memberikan pertimbangan untuk penetapan wilayah sungai dan cekungan air tanah;
- c. memantau dan mengevaluasi pelaksanaan tindak lanjut penetapan wilayah sungai dan cekungan air tanah, serta pengusulan perubahan penetapan wilayah sungai dan cekungan air tanah; dan
- d. menyusun dan merumuskan kebijakan pengelolaan sistem informasi hidrologi, hidrometeorologi, dan hidrogeologi.

Sedangkan fungsi dari Dewan SDA adalah menyelenggarakan fungsi koordinasi pengelolaan sumber daya air melalui:

- a. konsultasi dengan pihak terkait guna keterpaduan dan pengintegrasian kebijakan serta tercapainya kesepahaman dan keselarasan kepentingan antar sektor, antar wilayah dan antar pemilik kepentingan;
- b. pemantauan dan evaluasi pelaksanaan kebijakan pengelolaan SDA;
- c. konsultasi dengan pihak terkait guna pemberian pertimbangan untuk penetapan wilayah sungai dan cekungan air tanah;
- d. konsultasi dengan pihak terkait guna keterpaduan kebijakan sistem informasi hidrologi, hidrometeorologi, dan hidrogeologi; dan
- e. pemantauan dan evaluasi pelaksanaan kebijakan sistem informasi hidrologi, hidrometeorologi, dan hidrogeologi.

Fungsi koordinasi dan sinkronisasi penetapan dan pelaksanaan kebijakan nasional di bidang pengelolaan sumber daya air antar pemangku kepentingan menunjukkan bahwa Dewan SDA merupakan wadah koordinasi di bidang air tanah. Sedangkan fungsi pelaksanaan pemantauan dan evaluasi pelaksanaan kebijakan pengelolaan sumber daya air menunjukkan bahwa Dewan SDA merupakan regulator di bidang air tanah. Dengan ini dapat diketahui bahwa fungsi regulator dan wadah koordinasi dimiliki oleh Dewan SDA, baik pada tingkat nasional, provinsi maupun kota/kabupaten.

Terdapat 2 lembaga struktural yang memiliki fungsi regulator di bidang air tanah, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai dan Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan. Balai Besar Wilayah Sungai merupakan unit pelaksana teknis yang berada di bawah Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Peraturan mengenai Balai Besar Wilayah Sungai terdapat pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 21/PRT/M/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis Kementerian Pekerjaan Umum.

Balai Besar Wilayah Sungai mempunyai tugas melaksanakan pengelolaan sumber daya air di wilayah sungai yang meliputi perencanaan, pelaksanaan konstruksi, operasi dan pemeliharaan dalam rangka konservasi dan pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air pada sungai danau, waduk, bendungan dan tampungan air lainnya, irigasi, air tanah, air baku, rawa, tambak dan pantai. Sedangkan fungsi dari Balai Besar Wilayah Sungai adalah:

- a. penyusunan pola dan rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai;
- b. penyusunan rencana dan program, studi kelayakan dan perencanaan teknis/desain/pengembangan sumber daya air;
- c. persiapan, penyusunan rencana dan dokumen pengadaan barang dan jasa;
- d. pelaksanaan pengadaan barang dan jasa serta penetapan pemenang selaku Unit Layanan Pengadaan (ULP);
- e. pengendalian dan pengawasan konstruksi pelaksanaan pembangunan sumber daya air;
- f. penyusunan rencana dan pelaksanaan pengelolaan kawasan lindung sumber air pada wilayah sungai;

- g. pengelolaan sumber daya air yang meliputi konservasi dan pendayagunaan sumber daya air serta pengendalian daya rusak air pada wilayah sungai;
- h. pengelolaan sistem hidrologi;
- i. pengelolaan sistem informasi sumber daya air;
- j. pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air pada wilayah sungai;
- k. pelaksanaan bimbingan teknis pengelolaan sumber daya air yang menjadi kewenangan provinsi dan kabupaten/kota;
- l. penyiapan rekomendasi teknis dalam pemberian ijin atas penyediaan, peruntukan, penggunaan dan pengusahaan sumber daya air pada wilayah sungai;
- m. fasilitasi kegiatan Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air pada wilayah sungai;
- n. pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air;
- o. pelaksanaan penyusunan laporan akuntansi keuangan dan akuntansi barang milik negara selaku Unit Akuntansi Wilayah;
- p. pelaksanaan pemungutan, penerimaan dan penggunaan biaya jasa pengelolaan sumber daya air (BJPSDA) sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; dan
- q. pelaksanaan urusan tata usaha dan rumah tangga balai serta koordinasi dengan instansi terkait.

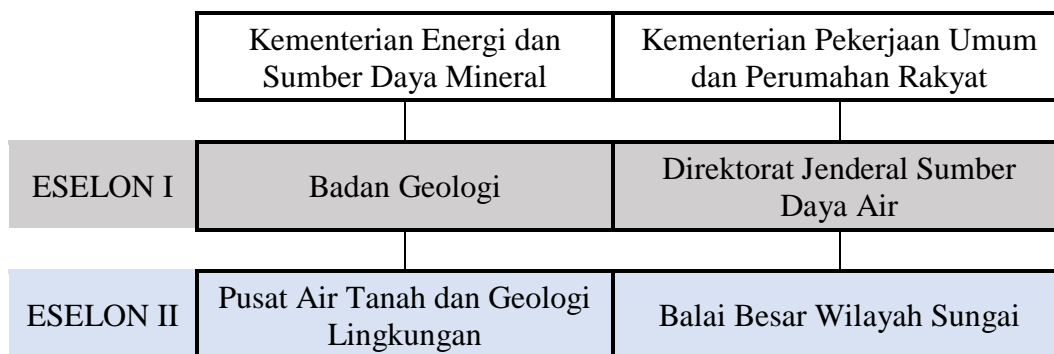
Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan merupakan lembaga yang berada di bawah Badan Geologi. Peraturan mengenai Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan terdapat pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan mempunyai tugas melaksanakan penelitian, penyelidikan, dan perekayasa serta pelayanan di bidang air tanah, geologi teknik, dan geologi lingkungan. Sedangkan fungsi dari Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan adalah:

- a. penyiapan penyusunan kebijakan teknis, norma, standar, prosedur dan kriteria serta rencana dan program di bidang air tanah, geologi teknik, dan geologi lingkungan;

- b. pelaksanaan pemetaan, penelitian, penyelidikan, dan bimbingan teknis, serta pemberian rekomendasi teknis di bidang air tanah, geologi teknik, dan geologi lingkungan;
- c. pemantauan, evaluasi dan pelaporan pelaksanaan pemetaan, penelitian, penyelidikan, di bidang air tanah, geologi teknik, dan geologi lingkungan; dan
- d. pelaksanaan urusan ketatausahaan, rumah tangga, administrasi keuangan, perencanaan, informasi, dan kepegawaian Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan.

Kepala Balai Besar Wilayah Sungai dan Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan memiliki jabatan struktural yang sama, yaitu ESELON II. Struktur organisasi dari kedua lembaga ini dapat dilihat pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Struktur organisasi lembaga struktural di bidang air tanah

#### 4.5.2 Pembagian Wilayah Kerja

Permasalahan utama dalam pengelolaan sumber daya air adalah pembagian wilayah kerja. Terdapat 2 pembagian wilayah sumber daya air, yaitu wilayah sungai dan cekungan air tanah. Wilayah sungai merupakan pembagian wilayah berdasarkan daerah aliran sungai, sedangkan cekungan air tanah merupakan pembagian wilayah berdasarkan batas hidrogeologis.

Terdapat 421 cekungan air tanah yang terdaftar pada Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2011 mengenai Cekungan Air Tanah. Cekungan air tanah dibagi berdasarkan lokasinya menjadi 4 bagian, yaitu:

- a. Cekungan Air Tanah dalam kabupaten/kota, 205 Cekungan Air Tanah
- b. Cekungan Air Tanah lintas kabupaten/kota, 176 Cekungan Air Tanah
- c. Cekungan Air Tanah lintas provinsi, 36 Cekungan Air Tanah



d. Cekungan Air Tanah lintas negara, 4 Cekungan Air Tanah

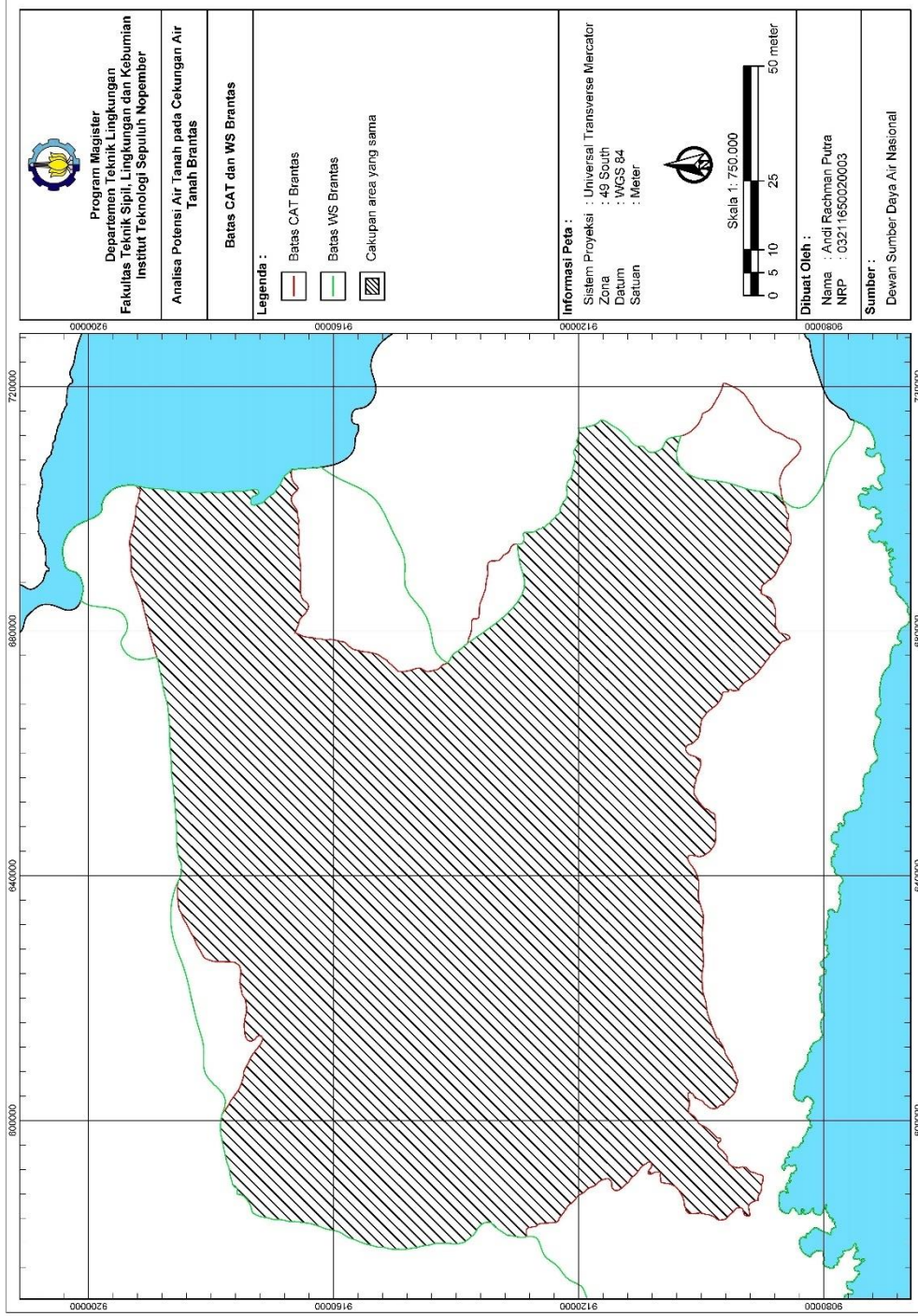
Terdapat 131 wilayah sungai yang terdaftar pada Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai. Wilayah sungai dibagi berdasarkan lokasi menjadi 4 bagian, yaitu:

- a. Wilayah Sungai Lintas Negara, 5 wilayah sungai
- b. Wilayah Sungai Lintas Provinsi, 29 wilayah sungai
- c. Wilayah Sungai Strategis Nasional, 29 wilayah sungai
- d. Wilayah Sungai Lintas Kabupaten/Kota, 53 wilayah sungai
- e. Wilayah Sungai Dalam Satu Kabupaten/Kota, 15 wilayah sungai.

CAT Brantas termasuk ke dalam Cekungan Air Tanah lintas kota/kabupaten, sedangkan WS Brantas termasuk ke dalam wilayah sungai strategis nasional. Saat ini pengelolaan sumber daya air dilaksanakan berdasarkan pembagian wilayah sungai. Pada daerah Brantas terdapat Balai Besar Wilayah Sungai Brantas yang secara khusus melakukan pengelolaan sumber daya air pada WS Brantas. Begitu juga dengan wilayah sungai lainnya yang memiliki Balai Besar Wilayah Sungai atau Balai Wilayah sungai pengelolanya tersendiri.

Sampai saat ini hanya terdapat satu lembaga yang melakukan pengelolaan air tanah berdasarkan cekungan air tanah, yaitu Balai Konservasi Air Tanah. Lembaga ini merupakan unit pelaksana teknis milik Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan yang diatur pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2013. Tugas dari Balai Konservasi Air Tanah adalah melaksanakan pemantauan kondisi air tanah dan penanggulangan dampak pengambilan air tanah pada Cekungan Air Tanah Jakarta.

Pengelolaan sumber daya air yang dilaksanakan berdasarkan cekungan air tanah baru ada untuk CAT Jakarta. Pengelolaan air tanah pada wilayah lainnya dilaksanakan berdasarkan wilayah sungai. Permasalahannya adalah pengelolaan air tanah menjadi tidak efektif, dikarenakan pembagian wilayah berdasarkan wilayah sungai dan cekungan air tanah tidak sama. Perbedaan antara cakupan WS Brantas dan CAT Brantas dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Peta Batas CAT dan WS Brantas

Berdasarkan analisis aspek lingkungan, daya dukung lingkungan dari CAT Brantas berada dalam kondisi tidak baik. Salah satu cara untuk mengatasi kondisi ini adalah dengan membentuk lembaga pengelola sumber daya air yang melakukan pengelolaan air tanah berdasarkan cekungan air tanah. Lembaga ini dapat berupa unit pelaksana teknis yang berada di bawah Pusat Air Tanah dan Geologi Lingkungan, seperti Balai Konservasi Air Tanah.

Lembaga pengelola CAT Jakarta dibentuk setelah muncul dampak dari pengambilan air tanah pada CAT Jakarta yang tidak terkontrol. Hal ini dapat dihindari apabila ada pengelolaan air tanah berdasarkan cekungan air tanah. Setiap cekungan air tanah seharusnya memiliki Balai Konservasi Air Tanah, sebagaimana setiap wilayah sungai memiliki Balai Besar Wilayah Sungai atau Balai Wilayah Sungai yang secara khusus melakukan pengelolaan masing-masing wilayah sungai. Terbentuknya lembaga ini diharapkan dapat mengendalikan atau bahkan menghindari dampak dari penggunaan air tanah, khususnya pada CAT Brantas.

#### **4.5.3 Perizinan Bidang Air Tanah**

Seluruh peraturan mengenai perizinan terkait air tanah terdapat pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 121 Tahun 2015 tentang Pengusahaan Sumber Daya Air. Terdapat 2 jenis izin yang diatur dalam peraturan tersebut, yaitu izin pengusahaan sumber daya air dan izin pengusahaan air tanah. Izin pengusahaan air tanah dapat diperoleh dengan mengajukan permohonan tertulis kepada gubernur setelah memenuhi syarat administratif dan teknis. Ketentuan dari izin pengusahaan air tanah yang diterbitkan oleh gubernur adalah sebagai berikut:

- a. pada setiap Cekungan Air Tanah lintas provinsi dan lintas negara setelah memperoleh rekomendasi teknis yang berisi persetujuan dari menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang Air Tanah; atau
- b. dalam wilayah provinsi selain pada Cekungan Air Tanah lintas provinsi dan lintas negara setelah memperoleh rekomendasi teknis yang berisi persetujuan dari dinas provinsi yang membidangi Air Tanah.

Izin pengusahaan air tanah memiliki masa berlaku paling lama 3 tahun dengan mempertimbangkan ketersediaan air, kondisi dan lingkungan Sumber Air

dan/atau tujuan perusahaan. Pemegang izin perusahaan air tanah memiliki hak sebagai berikut:

- a. memperoleh dan mengusahakan Air Tanah, Sumber Air Tanah, dan/atau Daya Air Tanah sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam izin; dan
- b. membangun prasarana dan sarana Air Tanah sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam izin.

Sedangkan kewajiban dari pemegang izin perusahaan air tanah adalah sebagai berikut:

- a. mematuhi ketentuan dalam izin;
- b. menyampaikan laporan debit perusahaan Air Tanah setiap bulan kepada gubernur;
- c. memasang meteran Air pada setiap sumur produksi untuk perusahaan Air Tanah;
- d. membangun sumur resapan di lokasi yang ditetapkan oleh Gubernur;
- e. berperan serta dalam penyediaan sumur pantau Air Tanah;
- f. melakukan usaha pengendalian terjadinya pencemaran Air;
- g. melaporkan kepada Gubernur apabila dalam pelaksanaan pengeboran atau penggalian, serta perusahaan Air Tanah ditemukan hal-hal yang dapat membahayakan lingkungan;
- h. melakukan perbaikan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan yang ditimbulkan; dan
- i. memberikan 15% (lima belas persen) dari batasan debit perusahaan Air Tanah yang ditetapkan dalam izin bagi pemenuhan kebutuhan pokok sehari-hari masyarakat setempat.

Tata cara perizinan diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 01/PRT/M/2016 tentang Tata Cara Perizinan Perusahaan Sumber Daya Air dan Penggunaan Sumber Daya Air. Rekomendasi teknis merupakan syarat dalam pengajuan izin perusahaan air tanah. Rekomendasi teknis disusun oleh Balai Besar Wilayah Sungai atau Balai Wilayah Sungai melalui Tim Rekomendasi Teknis.

Setelah memiliki rekomendasi teknis, maka permohonan izin perusahaan air tanah dapat diajukan kepada Unit Pelayanan Perizinan (UPP) milik Direktorat

Jendral Sumber Daya Air. Apabila persyaratan sudah dinyatakan lengkap oleh UPP, maka akan dilanjutkan dengan proses verifikasi. Proses verifikasi dilakukan oleh Tim Verifikasi Perizinan yang ditetapkan oleh Direktur Jendral Sumber Daya Air. Proses ini dimaksudkan untuk memeriksa rekomendasi teknis, kesesuaian antara permohonan izin dengan rekomendasi teknis dan kelayakan teknis pemberian izin. Setelah lolos proses verifikasi, maka izin perusahaan air tanah dapat dikeluarkan. Skema proses izin perusahaan air tanah dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Skema proses izin perusahaan air tanah

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan Peta Zona Potensi Air Tanah CAT Brantas yang dibuat, dapat diketahui bahwa 1,49% dari CAT Brantas memiliki potensi air tanah tinggi, 27,91% dengan potensi air tanah cukup tinggi, 52,24% dengan potensi air tanah sedang, 17,72% dengan potensi air tanah cukup rendah dan 0,64% dengan potensi air tanah rendah. Peta yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian sebesar 27,09% dengan Peta Hidrogeologi Indonesia. Tidak adanya data investigasi lapangan dalam pembuatan peta merupakan faktor utama dari rendahnya tingkat kesesuaian ini.
2. Berdasarkan analisis aspek lingkungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa rata-rata cadangan air setiap tahunnya bernilai negatif, yaitu -5,05% dari *supply* air tanah pada CAT Brantas. Hal ini menandakan bahwa kemampuan daya dukung lingkungan CAT Brantas berada dalam kondisi tidak baik.
3. Pengelolaan sumber daya air, termasuk air tanah dilaksanakan berdasarkan wilayah sungai oleh Balai Besar Wilayah Sungai. Pembagian wilayah sungai tidak sama dengan cekungan air tanah, sehingga diperlukan pengelolaan tersendiri berdasarkan cekungan air tanah.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan data investigasi lapangan dalam pembuatan peta terkait air tanah. Tidak adanya data investigasi lapangan menyebabkan rendahnya tingkat kesesuaian antara peta yang dihasilkan dalam penelitian ini dengan Peta Hidrogeologi Indonesia.

Saran yang selanjutnya adalah diadakan pengelolaan air tanah yang dilaksanakan berdasarkan cekungan air tanah. Pengelolaan ini diharapkan dapat mengurangi atau bahkan menghindari dampak dari penggunaan air tanah.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R., & Garg, P. K. (2016). Remote Sensing and GIS Based Groundwater Potential & Recharge Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision Making Technique. *Water Resources Management*, 30(1), 243–260. doi:10.1007/s11269-015-1159-8
- Ahmed, K., Shahid, S., Harum, S. b., Ismail, T., Nawaz, N., & Shamsudin, S. (2015). Assessment of groundwater potential zones in an arid region based on catastrophe theory. *Earth Science Informatics*, 8(3), 539–549.
- Cheng, P. (2015). SPOT-6 and SPOT-7 Satellites. *GeoInformatics*, 18(2).
- Duan, H., Deng, Z., Deng, F., & Wang, D. (2016). Assessment of Groundwater Potential Based on Multicriteria Decision Making Model and Decision Tree Algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016. doi:10.1155/2016/2064575
- Ebrahimi, H., Ghazavi, R., & Karimi, H. (2016). Estimation of Groundwater Recharge from the Rainfall and Irrigation in an Arid Environment Using Inverse Modeling Approach and RS. *Water Resources Management*, 30(6), 1939-1951. doi:10.1007/s11269-016-1261-6
- Jakeman, A. J., Barreteau, O., Hunt, R. J., Rinaudo, J.-D., & Ross, A. (2016). *Integrated Groundwater*. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-23576-9\_29
- Kodoatie, R. J. (2012). *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Ledoux, L. (2015). Evaluating Landsat 8 Satellite Sensor Data for Improved Vegetation Mapping Accuracy of the New Hampshire Coastal Watershed Area. *University of New Hampshire, ProQuest Dissertations Publishing*.
- Lidawati. (2014). Sistem Pengambil Keputusan Berbasis Spasial (SDSS) untuk Perencanaan Kebijakan Angkutan Barang di Perkotaan. *TLI – Asia Pacific White Paper Series*, 1-14.
- Lilly, J. O. (2016). A GIS Approach to Modeling Groundwater Levels in the Mississippi River Valley Alluvial Aquifer. *ProQuest Dissertations Publishing*.

- Lin, Y., Zhang, F., & Hu, W. (2013). A Novel 3D Visualization Method of SAR Data. *IET International Radar Conference 2013*.
- Mahmoud, S. H., & Alazba, P. (2015). Hydrological Response to Land Cover Changes and Human Activities in Arid Regions Using a Geographic Information System and Remote Sensing. *PLoS ONE*, *10*(4), 19. doi:10.1371/journal.pone.0125805
- Mandal, U., Sahoo, S., Munusamy, S. B., Dhar, A., Panda, S. N., Kar, A., & Mishra, P. (2016). Delineation of Groundwater Potential Zones of Coastal Groundwater Basin Using Multi-Criteria Decision Making Technique. *Water Resources Management*, *30*, 4293–4310. doi:10.1007/s11269-016-1421-8
- Mekki, O. A., & Laftouhi, N.-E. (2016). Combination of a geographical information system and remote sensing data to map groundwater recharge potential in arid to semi-arid areas: the Haouz Plain, Morocco. *Earth Science Informatics*, *9*(4), 465–479.
- Montecino, H. C., Staub, G., Ferreira, V. G., & Parra, L. B. (2016). Monitoring Groundwater Storage in Northern Chile Based on Satellite Observations and Data Simulation. *Boletim de Ciências Geodésicas*, *22*(1), 1-15.
- Naghibi, S. A., Pourghasemi, H. R., Pourtaghi, Z. S., & Rezaei, A. (2015). Groundwater qanat potential mapping using frequency ratio and Shannon's entropy models in the Moghan watershed, Iran. *Earth Science Informatics*, *8*(1), 171–186. doi:10.1007/s12145-014-0145-7
- Nelson, R., & Quevauviller, P. (2016). Groundwater Law. In A. J. Jakeman, O. Barreteau, R. J. Hunt, J.-D. Rinaudo, & A. Ross (Eds.), *Integrated Groundwater Management* (pp. 173-196). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-23576-9\_7
- Olmedo, G. F., Ortega-Farías, S., Fuente-Sáiz, D. d., Fonseca-Luego, D., & Fuentes-Peñailillo, F. (2016). water: Tools and Functions to Estimate Actual Evapotranspiration Using Land Surface Energy Balance Models in R. *The R Journal*, *8*(2), 352-369.
- Patra, H. P., Adhikari, S. K., & Kumar, S. (2016). *Groundwater Prospecting and Management* (1st ed.). Singapore: Springer Science+Business Media.

- Priyanka, S., & Nayarana, M. (2017). Detection of Water Level in Lakes using Satellite Images. *i-manager's Journal on Image Processing*, 4(1), 23-32.
- Rana, H., & Neeru, N. (2017). Hybrid Technique for Detection of Water Using Satellite Images. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(7). doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v8i7.4361>
- Rawal, D., Vyas, A., & Rao, S. S. (2016). Application of GIS and Groundwater Modelling Techniques to Identify The Perched Aquifers to Demarkate Water Logging Conditions in Parts of Mehsana. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III(8), 173-180. doi:10.5194/isprsannals-III-8-173-2016
- Razandi, Y., Pourghasemi, H. R., Neisani, N. S., & Rahmati, O. (2015). Application of analytical hierarchy process, frequency ratio, and certainty factor models for groundwater potential mapping using GIS. *Earth Science Informatics*, 8(4), 867–883. doi:10.1007/s12145-015-0220-8
- Selvam, S., Dar, F. A., Magesh, N. S., Singaraja, C., Venkatramanan, S., & Chung, S. Y. (2016). Application of remote sensing and GIS for delineating groundwater recharge potential zones of Kovilpatti Municipality, Tamil Nadu using IF technique. *Earth Science Informatics*, 9, 137-150. doi:10.1007/s12145-015-0242-2
- Wibowo, A., & Semedi, J. (2011). Model Spasial dengan SMCE untuk Kesesuaian Kawasan Industri. *Globe*, 13, 50-59.
- Wicke, A., Patros, T., & Parkin, G. (2016). Lateral groundwater flow and pond interactions during dry and wet years. *Studies by Undergraduate Researchers at Guelph*, 9(1), 25-37.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017. doi:10.1155/2017/1353691
- Zandi, J., Ghazvinei, P. T., Hashim, R., Yusof, K. B., Ariffin, J., & Motamedi, S. (2016). Mapping of Regional Potential Groundwater Springs Using Logistic Regression Statistical Method. *Water Resources*, 43(1), 48-57. doi:10.1134/S0097807816010097



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 9 Oktober 1993 yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan sampai dengan sekolah menengah atas ditempuh penulis di Jakarta Selatan. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Geomatika ITS dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta 3511100012. Pendidikan Strata 1 diselesaikan selama 9 semester pada tahun 2016. Penulis langsung melanjutkan pendidikan Strata 2 di Departemen Teknik Lingkungan ITS dengan bidang keahlian Teknik Sanitasi Lingkungan. Penulis memilih bidang ilmu yang tidak linier karena keinginan penulis untuk mengaplikasikan bidang ilmu geomatika dalam bidang ilmu lainnya.

