



TUGAS AKHIR - RG 141536

**IDENTIFIKASI POTENSI SUMBER AIR DENGAN
CITRA SATELIT LANDSAT 8 DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
(STUDI KASUS : KABUPATEN BOJONEGORO)**

BAYU ARISTIWIJAYA
NRP 3511 100 036

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**IDENTIFICATION OF WATER RESOURCES
POTENTIAL USING LANDSAT 8 SATELLITE
IMAGERY AND GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM
(CASE STUDY : BOJONEGORO)**

BAYU ARISTIWIJAYA
NRP 3511 100 036

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”


**IDENTIFIKASI POTENSI SUMBER AIR DENGAN
CITRA SATELIT LANDSAT 8 DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
(STUDI KASUS : KABUPATEN BOJONEGORO)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
BAYU ARISTIWIJAYA
NRP. 3511 100 036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS (Pembimbing)
NIP. 19530527 198303 1 001

SURABAYA, SEPTEMBER 2015



IDENTIFIKASI POTENSI SUMBER AIR DENGAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS : KABUPATEN BOJONEGORO)

Nama : Bayu Aristiwijaya
NRP : 3511 100 036
Jurusan : Teknik Geomatika, FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun M.S., DEA, DESS

Abstrak

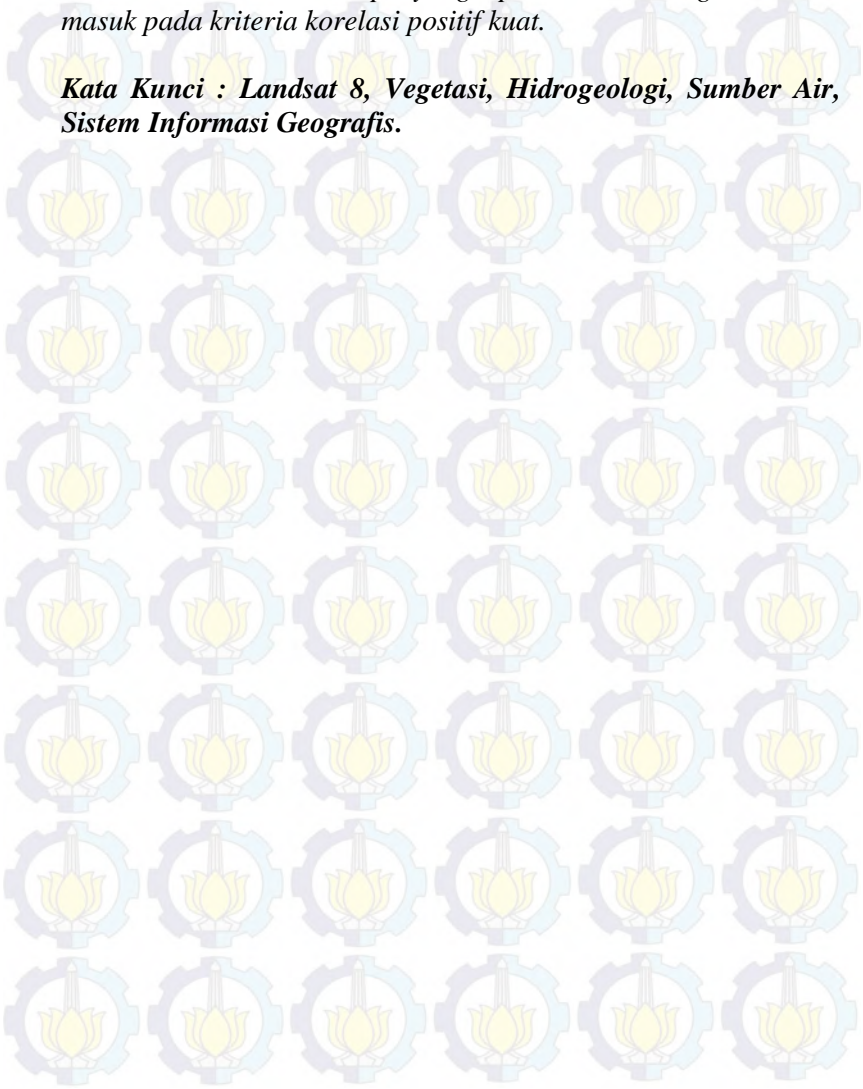
Ekplorasi sumber daya air perlu terus dilakukan demi memenuhi kebutuhan hidup masyarakat. Kabupaten Bojonegoro diketahui sebagai Kabupaten yang sering mengalami kesulitan air di beberapa sub bagian daerahnya, terutama saat musim kemarau. Penelitian mengenai potensi sumber air dilakukan sebagai tindakan awal dalam upaya identifikasi keberadaan sumber daya air.

Dari sisi ilmu penginderaan jauh, identifikasi potensi sumber daya air dilakukan dengan pengamatan kerapatan vegetasi dari hasil olahan citra satelit Landsat 8, terutama citra keluaran bulan Mei hingga September 2014. Data pendukung yang digunakan sebagai validasi dan pembandingan terdiri atas data geologi dan hidrogeologi, diolah bersama data primer menggunakan metode overlay dengan bantuan Sistem Informasi Geografis. Dari penelitian ini, dihasilkan data zonasi berupa Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bojonegoro dalam 4 kelas potensi debit air tanah, yaitu Tinggi (> 10 liter/detik), Sedang (± 5 liter/detik), Rendah (± 2.5 liter/detik), dan Langka (< 2.5 liter/detik).

Potensi kemunculan mata air teridentifikasi berada di kawasan dataran tinggi dengan akuifer produktif yang terpotong oleh patahan-patahan geologi. Terkecuali pada lahan vegetasi yang telah berubah menjadi lahan terbangun, tingkat kerapatan vegetasi yang konsisten di kawasan Kabupaten Bojonegoro

memiliki korelasi terhadap keberadaan sumber daya air sebesar 0.73 berdasarkan titik sampel yang dipilih, di mana angka tersebut masuk pada kriteria korelasi positif kuat.

Kata Kunci : Landsat 8, Vegetasi, Hidrogeologi, Sumber Air, Sistem Informasi Geografis.



**IDENTIFICATION OF WATER RESOURCES
POTENTIAL USING LANDSAT 8 SATELLITE
IMAGERY AND GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM
(CASE STUDY : BOJONEGORO)**

Name : Bayu Aristiwijaya
NRP : 3511 100 036
Department : Teknik Geomatika, FTSP-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Bangun M.S., DEA, DESS

Abstract

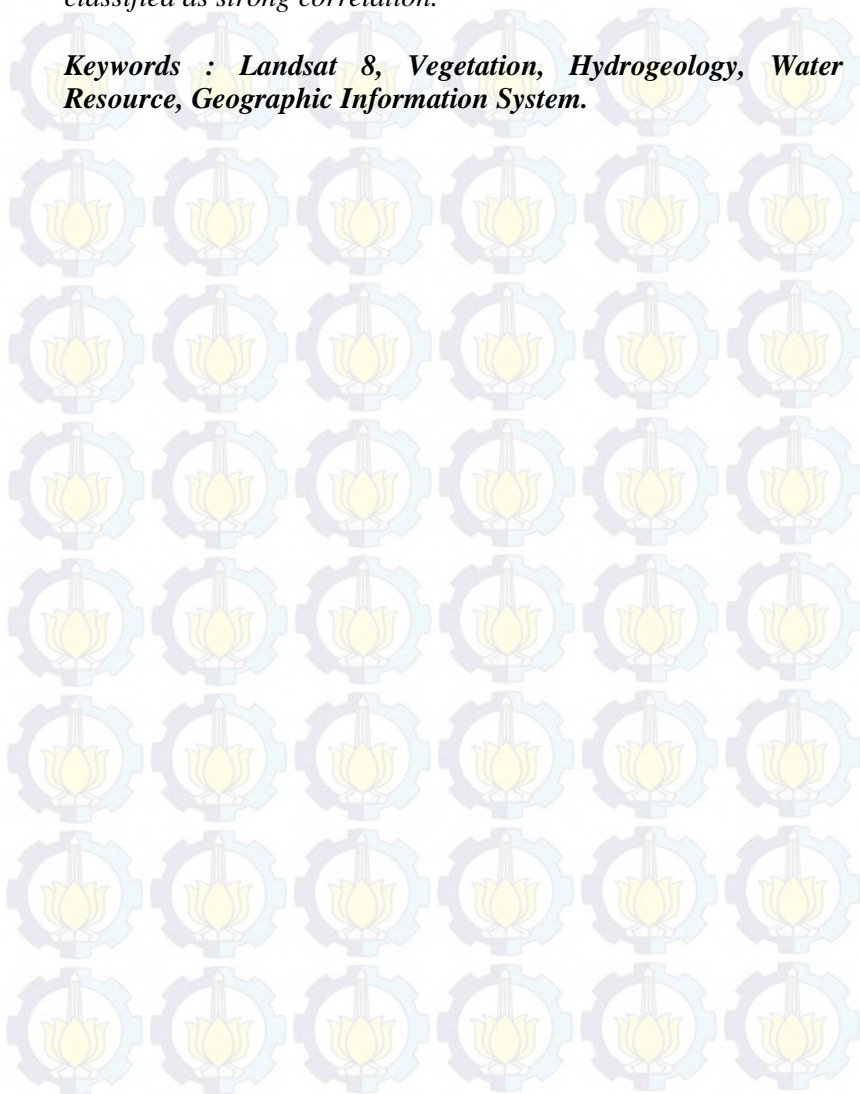
Exploration and exploitation of the water resources needs to be done in order to meet the needs of society life. Bojonegoro known as water shortage area in some of the sub-region, especially in the dry season. A research study of potential water resources are held as an initial action in effort to identify and search the existence of water resource.

From the remote sensing point of view, water resources potential are identified by analyzing the proportion of vegetation based on processed Landsat 8 satellite imagery, particularly for acquired image from May to September in 2014. The secondary data have a role as validator dan comparator which consists of Geological and Hydrogeological data, were processed along with the primary data by using overlaying method of the Geographic Information System. By doing this research, the potential zone can be shown as Groundwater Potential Maps of Bojonegoro and also classified in 4 class debit rate of groundwater flow, including High (> 10 liter/sec), Medium (\pm 5 liter/sec), Low (\pm 2.5 liter/sec), and Rare (< 2.5 liter/sec).

The potential zone of the natural appeared spring are identified at the highland of the district where a lot of productive aquifer are crossed by geological fault. With an exception of the vegetation landcover that change into urban area, the quite consistent proportion of vegetation landcover has the corresponding correlation to the existence of the water resource by

value of 0.73 (according to the chosen sample point) which it is classified as strong correlation.

Keywords : Landsat 8, Vegetation, Hydrogeology, Water Resource, Geographic Information System.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahillobbil 'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kelancaran dan petunjuk-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul **“Identifikasi Potensi Sumber Air dengan Citra Satelit Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Bojonegoro)”** dapat terselesaikan.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang Tua serta segenap keluarga atas doa dan dukungannya,
2. Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS selaku dosen pembimbing atas seluruh saran, komentar, serta bimbingannya,
3. Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS,
4. Pemerintah Daerah Kabupaten Bojonegoro yang telah banyak membantu dalam upaya pengumpulan data penelitian,
5. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Geomatika ITS yang telah turut membimbing dan membantu,
6. Teman-teman angkatan 2011 atas segala bentuk dukungannya,
7. Semua pihak terkait yang telah turut membantu penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum mendekati sempurna, maka dari itu saran serta kritik demi perbaikan akan sangat penulis hargai.

Penulis juga mengharapkan akan adanya penelitian serupa maupun lanjutan yang dapat menyempurnakan apa yang telah dikaji dalam penelitian ini.

Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih atas telah diterimanya laporan Tugas Akhir ini sebagai syarat kelulusan tingkat sarjana Teknik Geomatika, FTSP-ITS.

Surabaya, September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penginderaan Jauh.....	5
2.2 Citra Satelit Landsat 8	8
2.3 Algoritma Vegetasi.....	12
2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	13
2.5 Hidrologi	16
2.6 Pengertian Air Tanah.....	18
2.7 Penyebaran Air Tanah.....	19
2.8 Sifat Batuan Terhadap Air Tanah.....	20
2.9 Cekungan Air Tanah	22
2.10 Penelitian Sebelumnya	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Data dan Peralatan.....	25
3.2.1 Data.....	25
3.2.1 Peralatan	26
3.3 Metodologi Penelitian	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pemilihan Citra Landsat 8	33
4.2	Hasil Pengolahan Citra Landsat 8	33
4.2.1	Hasil Koreksi Geometrik	33
4.2.2	Hasil Perhitungan <i>Strength of Figure</i> (SoF).....	34
4.2.3	Hasil Koreksi Radiometrik	35
4.2.4	Hasil Pemetaan Kerapatan Vegetasi	36
4.3	Pengolahan Data Sekunder.....	40
4.3.1	Pengolahan Data Elevasi	40
4.3.2	Pengolahan Data Curah Hujan.....	43
4.4	Analisis Data	45
4.4.1	Analisis Korelasi Citra dengan Data Lapangan.....	45
4.4.2	Analisis Hidrogeologi.....	48
4.4.3	Analisis Potensi Air.....	53
4.4.4	Analisis Korelasi Kerapatan Vegetasi dengan Potensi Air	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Spesifikasi Kanal Spektral Sensor Landsat-8.....	9
Tabel 4. 1	Koordinat Titik GCP	34
Tabel 4. 2	Kelas Kerapatan Vegetasi	37
Tabel 4. 3	Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM dan USLE.....	41
Tabel 4. 4	Data Curah Hujan Kawasan Bojonegoro	43
Tabel 4. 5	Nilai <i>Digital Number</i> Citra.....	46
Tabel 4. 6	Nilai <i>Digital Number</i> Foto Lapangan.....	46
Tabel 4. 7	Sifat Akuifer Penyusun di Wilayah Bojonegoro	52



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi Uraian Sub-sistem SIG	15
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data	29
Gambar 4. 1 Sebaran GCP Koreksi Geometrik di Area Penelitian	33
Gambar 4. 2 Kerapatan Vegetasi Dengan Algoritma NDVI	37
Gambar 4. 3 Kerapatan Vegetasi Dengan Algoritma SAVI	38
Gambar 4. 4 Elevasi Lahan di Area Penelitian	40
Gambar 4. 5 Peta Kemiringan Lahan Kabupaten Bojonegoro	42
Gambar 4. 6 Akumulasi Aliran Air Permukaan di Area Penelitian	43
Gambar 4. 7 Sebaran Stasiun Pengamatan Cuaca Kabupaten Bojonegoro	44
Gambar 4. 8 Peta Curah Hujan Kabupaten Bojonegoro	44
Gambar 4. 9 Sebaran Titik Pengecekan Lapangan	45
Gambar 4. 10 Grafik Korelasi Citra dengan Foto	47
Gambar 4. 11 Interpolasi <i>Digital Number</i> Citra	48
Gambar 4. 12 Interpolasi <i>Digital Number</i> Foto	48
Gambar 4. 13 Peta Cekungan Air Tanah Kabupaten Bojonegoro	49
Gambar 4. 14 Peta Hidrogeologi Kabupaten Bojonegoro	50
Gambar 4. 15 Jenis Batuan di Area Penelitian	50
Gambar 4. 16 Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bojonegoro ...	56
Gambar 4. 17 Peta Zona Potensi Mata Air Kabupaten Bojonegoro	57
Gambar 4. 18 Grafik Korelasi Kerapatan Vegetasi dengan Potensi Air	58
Gambar 4. 19 Sebaran Titik Sampel Korelasi	59



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Data Citra Landsat-8 tahun 2014
LAMPIRAN B	Data ASTER Global DEM tahun 2011
LAMPIRAN C	Peta Kerapatan Vegetasi (SAVI) Kawasan Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN D	Peta Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kawasan Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN E	Peta Kemiringan Lereng Kawasan Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN F	Peta Cekungan Air Tanah Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN G	Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN H	Peta Zona Potensi Mata Air Kabupaten Bojonegoro
LAMPIRAN I	Peta Akumulasi Aliran Permukaan Kabupaten Bojonegoro



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air permukaan dan air tanah merupakan sumberdaya yang esensial bagi kehidupan manusia dan semua makhluk hidup. Sampai saat ini, air permukaan sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri, pembangkit tenaga listrik, dan keperluan lainnya. Di sisi lain, penggunaan air tanah umumnya masih terbatas untuk air minum, rumah tangga, sebagian industri, serta usaha pertanian pada wilayah dan musim tertentu. Ketersediaan air sebagai sumberdaya yang terbaru sudah menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat, karena hal tersebut akan sangat berpengaruh terhadap dinamika ekonomi pada sektor pertanian, perikanan, industri, perdagangan, transportasi, energi, pariwisata, dan lain sebagainya.

Distribusi air dari satu tempat ke tempat lain berbeda-beda menurut iklim, curah hujan, serta kondisi kawasan. Banyak daerah yang mempunyai potensi air yang cukup, tetapi tidak jarang dijumpai daerah-daerah yang mempunyai potensi air yang sangat minim, bahkan hanya pada waktu-waktu tertentu saja dapat tersedia air. Kebutuhan air saat ini sebagian besar diperoleh dari pemanfaatan sumber air permukaan seperti sungai, danau, mata air, maupun sumur dangkal (*dig well*). Dari waktu ke waktu cadangan air permukaan cenderung berkurang, di lain pihak populasi manusia semakin hari makin bertambah besar. Berkurangnya cadangan air permukaan terutama disebabkan oleh perubahan areal-areal yang semula daerah resapan air menjadi lapisan kedap air seperti kompleks perumahan, lahan parkir, jalan aspal dan sebagainya yang kesemuanya menyebabkan *recharge* air permukaan dari peresapan air hujan berkurang (Wedehanto, 2004).

Perkembangan wilayah Bojonegoro saat ini telah mengakibatkan perubahan berbagai aspek baik kondisi fisik, lingkungan, ekonomi, sosial, dan budaya. Pertumbuhan daerah

juga diikuti dengan peningkatan eksploitasi sumber daya air yang ada. Pemanfaatan air bawah tanah terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya kegiatan industri, jasa dan perdagangan, serta untuk pemenuhan kebutuhan pemukiman. Pada kawasan sub-urban dan pedesaan, sumber daya air dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan air pada jaringan irigasi pertanian.

Melihat bahasan di atas, maka diperlukan suatu upaya identifikasi potensi sumber daya air di kawasan Kabupaten Bojonegoro. Terkait dengan hal tersebut ditawarkan sebuah solusi berupa penelitian untuk mengidentifikasi zona yang berpotensi terdapat air tanah di kawasan Kabupaten Bojonegoro dengan metode penginderaan jauh yang ditunjang Sistem Informasi Geografis (SIG).

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan data citra satelit Landsat 8 untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi dalam cakupan Kabupaten Bojonegoro, didukung data-data yang berkaitan dengan air tanah. Data olahan beserta atribut akan dianalisis dengan bantuan SIG sehingga dapat disusun Peta Potensi Sumber Air Kabupaten Bojonegoro. Diharapkan hasil penelitian ini juga dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan sumber daya air di Kabupaten Bojonegoro.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka muncul beberapa permasalahan, antara lain :

1. Bagaimana melakukan interpretasi data citra satelit Landsat 8 untuk mengidentifikasi zona-zona yang berpotensi terdapat sumber air di Kabupaten Bojonegoro?
2. Bagaimana menyajikan hasil pengolahan data kedalam bentuk peta persebaran zona potensial sumber air?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Wilayah penelitian mencakup area Kabupaten Bojonegoro.
2. Upaya identifikasi potensi air dari segi penginderaan jauh dilakukan dengan pengamatan kondisi kerapatan vegetasi di area penelitian menggunakan citra satelit Landsat 8.
3. Pendugaan lokasi kemunculan mata air dilakukan dengan pengamatan kondisi fisik area penelitian didukung dengan peta geologi dan data hidrogeologi.
4. Penelitian merupakan identifikasi awal yang dilakukan untuk mencari lokasi/zona yang memiliki potensi terdapat sumber air.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Melakukan identifikasi area yang diduga terdapat sumber air di Kabupaten Bojonegoro.
2. Mengetahui hubungan antara tingkat kerapatan vegetasi dengan potensi keberadaan sumber air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan informasi spasial mengenai area yang berpotensi terdapat sumber air di kawasan Kabupaten Bojonegoro.
2. Memberikan solusi awal bagi upaya penyediaan sumber air untuk kawasan yang mengalami kekurangan air di Kabupaten Bojonegoro.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

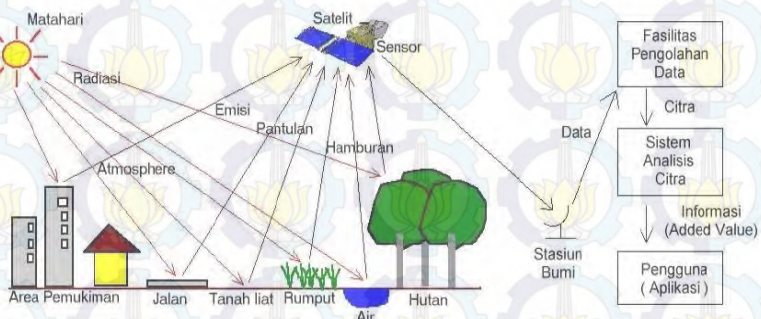
2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau indera adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang objek, area atau fenomena melalui analisis terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994). Alat yang dimaksud adalah alat pengindra atau sensor. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana baik berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana yang lainnya (Sutanto, 1986). Hasil perekaman oleh alat yang dibawa oleh suatu wahana ini selanjutnya disebut sebagai data penginderaan jauh. Dalam Sutanto (1986) diungkapkan bahwa penginderaan jauh adalah berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang Bumi, informasi ini khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan Bumi.

Dari pendapat beberapa ahli di atas dapat disimpulkan bahwa penginderaan jauh terdiri atas 3 komponen utama yaitu objek yang diindra, sensor untuk merekam gelombang elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan Bumi. Interaksi dari ketiga komponen ini menghasilkan data penginderaan jauh yang selanjutnya melalui proses interpretasi dapat diketahui jenis objek area ataupun fenomena yang ada. Secara umum dapat dikatakan bahwa penginderaan jauh dapat berperan dalam mengurangi secara signifikan kegiatan survei terestrial dalam inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam. Kegiatan survei terestris dengan adanya teknologi ini hanya dilakukan untuk membuktikan suatu jenis objek atau fenomena yang ada di lapangan untuk disesuaikan dengan hasil analisis data.

Proses penginderaan jauh menggunakan teknik perekaman data menggunakan sensor sebagai alat perekam objek di permukaan Bumi. Sensor dipasang pada wahana (*platform*) letaknya jauh dari objek yang diindera, sehingga diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek tersebut. Sensor memiliki batas kemampuan dalam mengidentifikasi objek, terutama yang berukuran kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi citra satelit merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam objek.

Menurut Sutanto (1986), empat komponen penting dalam sistem penginderaan jauh adalah (1) sumber tenaga elektromagnetik, (2) atmosfer, (3) interaksi antara tenaga dan objek, (4) sensor. Komponen dalam sistem ini berkerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh objek tersebut. Secara skematik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh (Sutanto, 1986)

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga yang dimaksud berupa spektrum elektromagnetik yang meliputi spektra kosmis, gamma, sinar X, *ultraviolet*, cahaya tampak, inframerah,

gelombang mikro serta gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Dalam dunia penginderaan jauh, terdapat dua sistem tenaga pada wahana yaitu sistem pasif dan sistem aktif.

1. Sistem Pasif

Pada wahana yang menggunakan sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal dari matahari. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain satelit ASTER, Landsat, SPOT, NOAA, MODIS dan lainnya.

2. Sistem Aktif

Pada wahana yang menggunakan sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan tenaga elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor radar (*radio detecting and ranging*) yang terintegrasi pada wahana tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Radarsat, JERS, ADEOS dan lainnya (Lillesand dan Kiefer, 1994).

Resolusi satelit menurut Purwadhi (2001), terbagi menjadi lima (5), yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor satelit adalah :

1. Resolusi Spasial

Merupakan ukuran objek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat terekam, maka semakin baik kualitas sensornya.

2. Resolusi Spektral

Merupakan daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data.

3. Resolusi Radiometrik

Kemampuan sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil kekuatan sinyal.

4. Resolusi Temporal

Perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang.

5. Resolusi Termal

Resolusi termal ialah keterbatasan sensor penginderaan jauh yang merekam pancaran tenaga termal atau perbedaan suhu yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh secara termal.

2.2 Citra Satelit Landsat 8

Satelit LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) dijadwalkan diluncurkan pada tahun 2011 dari VAFB, CA dengan pesawat peluncur Atlas-V-401. Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran *sun-synchronous*, pada ketinggian 705 km, inklinasi 98.2°, periode 99 menit, dan waktu liput ulang 16 hari. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang membawa Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal baru yaitu kanal-1 (443 nm) untuk aerosol garis pantai dan kanal 9 (1375 nm) untuk deteksi cirrus; akan tetapi tidak mempunyai kanal inframerah termal.

Dalam bulan Juli 2007, NASA telah menyerahkan kontrak kepada BATC (*Ball Aerospace Technology Corporation*), Boulder, CO. untuk mengembangkan instrument kunci OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8). BATC melakukan kontrak untuk perancangan, pengembangan, pembuatan dan integrasi dari sensor pencitra OLI. Perusahaan tersebut juga diperlukan untuk pengujian, pengiriman dan memberikan dukungan pengiriman lanjut dan 5 tahun dukungan di orbit untuk instrumen tersebut.

Tabel 3.1 di bawah menunjukkan spesifikasi kanal-kanal spektral pencitra dari Landsat-8.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Kanal Spektral Sensor Landsat-8
(Sitanggang, 2010)

Kanal No	Kanal	Kisaran Spektral (nm)	Penggunaan Data	Resolusi Spasial
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/coastal zone</i>	30 m
2	Biru	450-515	<i>Pigments/scatter /coastal</i>	
3	Hijau	525-600	<i>Pigments/coastal</i>	
4	Merah	630-680	<i>Pigments/coastal</i>	30 m (Kanal
5	Infra merah dekat (NIR)	845-885	<i>Foliage/coastal</i>	Warisan Landsat TM)
6	SWIR 2	1560-1660	<i>Foliage</i>	
7	SWIR 3	2100-2300	<i>Minerals/litter/no scatter</i>	
8	PAN	500-680	<i>Image sharpening</i>	15 m
9	SWIR	1360-1390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m

Ketersediaan kanal-kanal spektral reflektif dari sensor pencitra OLI pada LDCM (Landsat-8) yang menyerupai kanal-kanal spektral reflektif ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan objek-objek pada permukaan Bumi global. Untuk mengatasi kontinuitas data Landsat-7 pada kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) menetapkan sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI.

Kemampuan pencitraan multispektral telah lama menjadi pusat program satelit seri Landsat. Satelit-satelit seri Landsat membawa sensor-sensor yang mampu untuk melakukan pendeteksian gelombang elektromagnetik yang direfleksikan dan radiasi elektromagnetik yang diemisikan dalam beragam panjang-gelombang diskrit dari spektrum tampak dan inframerah termal. Dengan menggabungkan kanal-kanal spektral ini menjadi citra berwarna, para pengguna mampu mengidentifikasi dan membedakan karakteristik dan kondisi ciri penutup lahan, bahkan yang paling halus kanal-kanal multispektral data satelit seri Landsat dengan resolusi spasial 30 meter adalah ideal untuk pendeteksian, pengukuran, dan untuk menganalisis perubahan objek-objek pada permukaan Bumi pada level yang rinci, di mana pengaruh alamiah dan aktivitas yang diakibatkan manusia, dapat diidentifikasi dan dinilai secara akurat. Aplikasi yang paling penting dari data citra multispektral dari satelit seri Landsat adalah pendeteksian dan pemantauan perubahan-perubahan pada permukaan Bumi. Dengan penggabungan secara digital dua atau lebih citra yang dikumpulkan atas daerah yang sama di permukaan Bumi pada waktu-waktu yang berbeda dan menggunakan algoritma-algoritma deteksi perubahan yang dilakukan dengan komputer, para pengguna dapat menganalisis perubahan objek-objek pada permukaan Bumi (Sitanggang, 2010).

Sekarang ini data citra dari satelit-satelit seri Landsat adalah yang secara rutin digunakan di Amerika Serikat dan di seluruh dunia dalam peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam, pemetaan penggunaan lahan/penutup lahan, pengumpulan *intelligent* militer, dan mitigasi bencana. Khususnya di Indonesia, ketersediaan data inderaja TM/Landsat-5 dan ETM+ / Landsat-7 yang diterima pada Stasiun Bumi Penginderaan Jauh (Inderaja) Parepare yang dioperasikan oleh LAPAN, dan kemudahan perolehan data dari Stasiun Bumi Inderaja Pare Pare tersebut di atas, telah membuka peluang pemanfaatan data inderaja tersebut

untuk berbagai bidang aplikasi. Hal itu dapat dilihat dari penelitian/pengembangan dan operasionalisasi pemanfaatan data tersebut untuk sektor kehutanan, pertanian, perkebunan, pengembangan wilayah, geologi/pertambangan, pemetaan dan lain sebagainya di Indonesia. Akan tetapi sehubungan dengan kondisi teknis Landsat-7 yang mengalami keadaan SLC *OFF*, maka dengan kondisi data ETM+ tersebut, Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare-LAPAN menghentikan operasi akuisisi data Landsat tersebut sejak tahun 2007, dan sekarang ini dioperasikan untuk akuisisi data SPOT-4.

Citra Landsat 8 yang dirilis oleh USGS selalu memiliki kesalahan sensor. Proses koreksi kesalahan tersebut dilakukan dengan koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik dijabarkan sebagai pengukuran nilai radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu dari sinar ultraviolet, sinar tampak, inframerah hingga radiasi gelombang mikro yang digunakan untuk mendeteksi objek dari pantulan refleksi *irradiant* sinar matahari di setiap kanal spektral. Manfaat dari koreksi radiometrik adalah memperbaiki kualitas citra akibat dari kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan Bumi dan faktor lain, seperti arah sinar matahari, kondisi cuaca, kondisi atmosfer dan faktor lainnya, sehingga informasi yang dihasilkan menjadi lebih akurat, seperti dapat memperkirakan perbedaan parameter biofisik tanaman (*biophysical vegetation*), diantaranya tingkat konsentrasi klorofil daun. Selain itu, koreksi radiometrik sangat bermanfaat untuk menganalisis data multitemporal dan multi sensor yang digunakan untuk interpretasi dan mendeteksi perubahan secara kontinu.

Koreksi radiometrik dengan metode *Top of Atmosphere* (ToA) meliputi koreksi reflektansi dan koreksi matahari. Koreksi ToA Reflektansi tanpa koreksi sudut matahari ($\rho\lambda'$) dilakukan dengan mengkonversi nilai *digital number* (DN) ke nilai reflektansi. Untuk mendapatkan $\rho\lambda'$ dilakukan perhitungan sesuai pada persamaan (2.1) di mana nilai dari reflektansi *multiple band*

(M_p) dikalikan dengan kanalnya (Q_{cal}) lalu ditambahkan dengan reflektansi *addition band* (A_p).

Rumus yang digunakan adalah seperti berikut.

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (2.1)$$

Selanjutnya koreksi sudut matahari dilakukan untuk menghilangkan perbedaan nilai DN yang diakibatkan oleh posisi matahari saat perekaman data. Untuk mendapatkan nilai reflektansi yang terkoreksi ($\rho\lambda^*$), nilai $\rho\lambda'$ dapat dibagi dengan cosinus sudut zenith matahari (θ_{sz}) atau juga dapat dibagi dengan sinus sudut tinggi matahari (θ_{se}). Diketahui bahwa $\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{se}$.

$$\rho\lambda^* = \rho\lambda' / \cos(\theta_{sz}) \text{ atau } \rho\lambda' / \sin(\theta_{se}) \quad (2.2)$$

Nilai yang dibutuhkan untuk melakukan konversi DN ke reflektan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2) diperoleh dari metadata pada masing-masing produk citra satelit.

2.3 Algoritma Vegetasi

Algoritma *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk mengamati kondisi vegetasi melalui metode penginderaan jauh di mana faktor tanah (*soil*) terkalibrasi. SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) menggunakan persamaan *isoline* vegetasi yang diturunkan melalui aproksimasi reflektansi-reflektansi kanopi dengan sebuah model interaksi foton order pertama antara kanopi dan lapisan tanah. Model SAVI telah menggunakan pengetahuan tentang persamaan *isoline* vegetasi, yang diturunkan dari model-model reflektansi yang sederhana, untuk mendapatkan nilai yang telah terkoreksi terhadap pengaruh-pengaruh *background* tanah. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan suatu persamaan yang paling umum digunakan untuk mencari nilai indeks vegetasi di mana NDVI memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan kerapatan tajuk vegetasi dibandingkan indeks vegetasi lainnya (Ray, 1995) sedangkan SAVI dan MSAVI adalah persamaan yang memasukan faktor kalibrasi

tanah dalam proses perhitungannya. Menurut Gong et al., (2003) SAVI dan MSAVI adalah suatu persamaan yang dikembangkan untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi dengan menghilangkan faktor tanah.

Untuk mendapatkan tampilan kerapatan vegetasi baik dengan algoritma SAVI maupun NDVI, digunakan kanal pada saluran *Near Infrared* (NIR) dan *Visible Red* (RED). Pada algoritma SAVI, terdapat konstanta yang berperan sebagai faktor koreksi, di mana nilainya 0 untuk area dengan tutupan vegetasi yang banyak (tinggi), 1 untuk area yang sangat sedikit terdapat vegetasi. Umumnya digunakan nilai L sebesar 0.5 untuk area dengan jumlah vegetasi yang sedang. Adapun rumus yang algoritma SAVI dan NDVI dapat dilihat pada persamaan (2.3) dan (2.4) berikut.

$$SAVI = \frac{(1+L)(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)} \quad (2.3)$$

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (2.4)$$

Ray (1995) mengatakan bahwa persamaan-persamaan NDVI sangat cocok digunakan pada daerah dengan sebaran vegetasi rapat sedangkan pada daerah dengan sebaran vegetasi jarang, penggunaan persamaan SAVI sangat disarankan.

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Prahasta, 2009).

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di Bumi, menggabungkannya, menganalisis, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu

sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya. SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem sebagai berikut :

a. *Data Input*

Sub-sistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Sub-sistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengonversikan atau mentransformasikan format-format data aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat SIG yang bersangkutan.

b. *Data Output*

Sub-sistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (spasial) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, laporan, peta, dan lain sebagainya.

c. *Data Management*

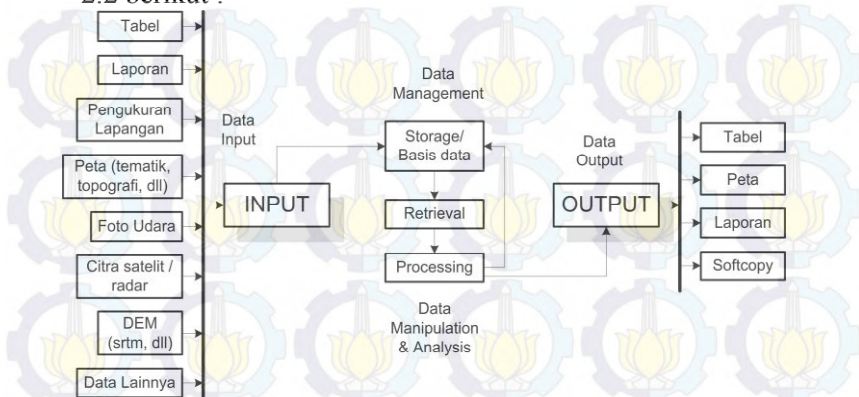
Sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrieve*, diperbarui, dan diubah.

d. *Data Manipulation & Analysis*

Sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu sub-sistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Sub-sistem SIG di atas dapat diilustrasikan dalam gambar

2.2 berikut :



Gambar 2. 2 Ilustrasi Uraian Sub-sistem SIG
(Prahasta, 2009)

Berdasarkan desain awalnya tugas utama SIG adalah untuk melakukan analisis data spasial. Dilihat dari sudut pemrosesan data geografis, SIG bukanlah penemuan baru. Pemrosesan data geografis sudah lama dilakukan oleh berbagai macam bidang ilmu, yang membedakannya dengan pemrosesan lama hanyalah digunakannya data digital. Adapun tugas utama dalam SIG adalah sebagai berikut :

- a. *Input Data*, sebelum data geografis digunakan dalam SIG, data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam bentuk digital. Proses konversi data dari peta kertas atau foto ke dalam bentuk digital disebut dengan digitasi. SIG modern bisa melakukan proses ini secara otomatis menggunakan teknologi *scanning*.
- b. Pembuatan peta, proses pembuatan peta dalam SIG lebih fleksibel dibandingkan dengan cara manual atau pendekatan kartografi otomatis. Prosesnya diawali dengan pembuatan *database*. Peta kertas dapat didigitalkan dan informasi digital tersebut dapat diterjemahkan ke dalam SIG. Peta yang dihasilkan

dapat dibuat dengan berbagai skala dan dapat menunjukkan informasi yang dipilih sesuai dengan karakteristik tertentu.

- c. Manipulasi data, data dalam SIG akan membutuhkan transformasi atau manipulasi untuk membuat data-data tersebut kompatibel dengan sistem. Teknologi SIG menyediakan berbagai macam alat bantu untuk memanipulasi data yang ada dan menghilangkan data-data yang tidak dibutuhkan.
- d. Manajemen data, ketika volume data yang ada semakin besar dan jumlah pengguna semakin banyak, maka hal terbaik yang harus dilakukan adalah menggunakan *Database Management System* (DBMS) untuk membantu menyimpan, mengatur, dan mengelola data.
- e. Analisis *query*, SIG menyediakan kapabilitas untuk menampilkan *query* dan alat bantu untuk menganalisis informasi yang ada. Teknologi SIG digunakan untuk menganalisis data geografis untuk melihat pola dan tren.
- f. Memvisualisasikan hasil, untuk berbagai macam tipe operasi geografis, hasil akhirnya divisualisasikan dalam bentuk peta atau grafik. Peta sangat efisien untuk menyimpan dan mengkomunikasikan informasi geografis. Namun saat ini SIG juga sudah mengintegrasikan tampilan peta dengan menambahkan laporan, tampilan tiga dimensi, dan multimedia.

2.5 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang meliputi peristiwa distribusi, perpindahan, dan unsur-unsur air juga hubungannya dengan lingkungan sekitar (Viessman, 1977). Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait, yaitu antara proses hujan, penguapan, transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan, dan aliran bawah tanah.

Dalam hubungannya dengan pola hidrologi, daerah aliran sungai mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tataguna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik daerah aliran sungai tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah daerah aliran sungai tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar-kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, air permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai. Di antara faktor-faktor yang berperan dalam menentukan pola hidrologi tersebut di atas, faktor tataguna lahan, dan kemiringan dan panjang lereng dapat direkayasa manusia. Faktor-faktor yang lain bersifat alamiah, dan oleh karenanya, tidak di bawah kontrol manusia.

Analisis perubahan pola hidrologi merupakan analisis permukaan yang akan mempengaruhi sifat-sifat hidrologi suatu permukaan. Sifat permukaan yang akan dianalisis adalah arah aliran, akumulasi aliran serta jaringan aliran.

Arah aliran merupakan model sebagai satu bentuk hasil turunan yang didapatkan dari arah kemiringan lahan suatu tempat. Seperti telah diketahui, bahwa setiap tempat memiliki nilai ketinggian yang berbeda, sehingga untuk menentukan arah suatu aliran akan ditentukan dari nilai arah kemiringan lahan yang paling curam. Akumulasi aliran adalah daerah yang terakumulasi akibat dari pengaruh arah aliran sungai. Pemodelan akumulasi aliran ini berguna untuk menentukan jumlah air limpasan permukaan yang diterima oleh suatu tempat atau titik dalam suatu DAS. Jaringan aliran dapat disebut juga sebagai sungai atau badan air terbuka merupakan bentuk-bentuk dari sungai yang sudah dipengaruhi oleh arah aliran dan akumulasi aliran yang dapat menghasilkan jaringan dalam aliran sungai.

Dalam keterkaitannya dengan proses pengatusan (drainase) air hujan yang jatuh di dalam DAS terdapat beberapa parameter yaitu luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran, pola aliran, dan gradien kecuraman sungai.

2.6 Pengertian Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam mintakat jenuh (*saturation zone*) dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Kondisi air tanah dipengaruhi oleh iklim, kondisi geologi, geomorfologi dan penutup lahan serta aktivitas manusia (Todd, 1980).

Kondisi air tanah dapat diketahui dari kondisi akuifer. Akuifer adalah suatu lapisan batuan atau formasi geologi yang mempunyai struktur yang memungkinkan air untuk masuk dan bergerak melaluinya dalam kondisi normal. Sebagian air tanah berasal dari air permukaan yang meresap masuk ke dalam tanah dan membentuk suatu siklus hidrologi. Air tanah (*ground water*) terdapat pada suatu lapisan batuan yang menyimpan dan meloloskan air, yang umumnya disebut akuifer. Air tanah dapat dibedakan kedalam dua jenis yaitu air tanah bebas dan air tanah tertekan/dalam.

Selain itu dikenal pula air tanah magnetik (vulkanik) yang mempunyai kedalaman sekitar 3-5 kilometer, air kosmik yang berasal dari meteorit, serta fosil atau *connate* yakni air yang terperangkap dalam suatu cekungan di mana proses terjadinya bersamaan dengan proses terjadinya proses sedimentasi yang berlangsung secara alami dalam waktu pembentukan yang cukup lama. Air tanah merupakan salah satu komponen dari suatu sistem peredaran air di alam yang disebut siklus hidrologi. Siklus hidrologi sendiri adalah suatu proses sirkulasi dan perubahan bentuk dari air yang berlangsung secara terus menerus, baik air yang berada di laut, di atmosfer maupun yang berada di daratan.

Proses sirkulasi air di alam dan komponen-komponen yang berpengaruh di dalamnya merupakan suatu proses berjalan secara alami dan berkesinambungan. Uap air dari permukaan tanah (danau, laut, sungai, kolam) dan transpirasi tumbuhan akan bergerak naik ke atmosfer oleh proses pendinginan dan kondensasi menjadi awan dan embun yang kemudian pada kondisi meteorologi tertentu terjadi proses presipitasi berupa hujan.

Sebagian air hujan menguap kembali sebelum mencapai permukaan tanah dan sebagian lainnya tertahan oleh tumbuhan sebagai intersepsi. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah/batuan sebagai infiltrasi dan perkolasi yang kemudian tersimpan sebagai air tanah atau sebagai aliran bawah permukaan. Oleh berbagai proses geologi tertentu air tanah atau aliran bawah permukaan tanah tersebut dapat muncul ke permukaan dalam bentuk rembesan ataupun sebagai mata air.

Sebagian air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah/batuan menjadi air limpasan yang selanjutnya mengisi danau, sungai, laut dan tubuh air permukaan lainnya. Sedangkan sebagian air yang berada di dalam tanah pada bagian atas maupun tubuh air permukaan dan tumbuhan akan menguap kembali sebagai evapotranspirasi. Pada proses sirkulasi air tersebut, volume air tanah di dalam zona penyimpanan akan selalu berubah, karena terjadinya proses pengisian kembali (*recharge*) dan pengeluaran kembali (*discharge*). Pengisian kembali air tanah berasal dari peresapan air hujan, tubuh air permukaan dan juga pengisian air tanah secara buatan. Besar volume pengisian kembali akan tergantung pada luasan daerah pengisian.

Pengeluaran kembali terjadi apabila air tanah mengalir keluar dari zona penyimpanan seperti rembesan, mata air, dan pemompaan air tanah. Pemompaan atau pemanfaatan air tanah untuk berbagai keperluan baik keperluan rumah tangga, industri, pertanian, perikanan dan lain-lainnya menjadi sangat penting oleh karena itu pemenuhan kebutuhan dari sumber air permukaan sifatnya masih relatif terbatas. Namun hingga saat ini air tanah untuk keperluan rumah tangga masih lebih besar dibanding pemakai air lainnya.

2.7 Penyebaran Air Tanah

Pada dasarnya potensi air tanah sangat tergantung dari kondisi geologi terutama yang berkaitan dengan konfigurasi akuifer, struktur geologi, geomorfologi dan curah hujan. Dari jenis dan sebaran batuan berikut struktur geologi dapat diketahui

jenis dan sebaran akuifer yang ada walaupun demikian tidak semua batuan berfungsi sebagai akuifer.

Pada zona tidak jenuh air berpori-pori terisi oleh air dan sebagian lagi terisi sebagai air tanah. Air yang terdapat pada zona ini tidak termasuk dalam klasifikasi air tanah. Sebaliknya pada zona jenuh air semua pori-pori terisi oleh air dan air yang berada pada zona inilah yang disebut sebagai air tanah. Batas kedua zona tersebut adalah suatu bidang yang disebut sebagai muka air tanah.

Keterpadatan air tanah pada suatu daerah umumnya ditentukan oleh faktor iklim/musim (banyak hujan dan evapotranspirasi), namun terdapat juga faktor lain yang mempengaruhi seperti :

- a. kondisi penutup lahan (*land cover*)
- b. kondisi geomorfologi
- c. kondisi geologi
- d. aktivitas manusia.

Sebagian besar air tanah berasal dari air hujan yang meresap masuk kedalam tanah, air tanah tersebut disebut air meteorik. Selain air meteorik ada air lain yaitu air *juvenile water* yang dapat diklasifikasikan menurut asalnya yaitu *magnetic water*, *volcanic water* yang biasanya panas atau hangat dan mempunyai kandungan sulfur yang tinggi dan *cosmic* berasal dari ruang angkasa bersama dengan meteorit (Suyono, 1995).

2.8 Sifat Batuan Terhadap Air Tanah

Menurut Kruseman (1994), ditinjau dari sifat dan perilaku batuan terhadap air tanah terutama sifat fisik, struktur dan tekstur maka batuan dapat dibedakan kedalam 4 (empat) macam antara lain :

- a. Akuifer adalah lapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan dan mengalirkan air tanah yang cukup berarti seperti batu pasir, dan batugamping.
- b. Akuiklude adalah lapisan batuan yang dapat menyimpan air akan tetapi tidak dapat mengalirkan

air tanah dalam jumlah yang cukup berarti seperti lempung, *shale*, tuf halus.

- c. Akuitar adalah lapisan batuan yang dapat menyimpan air tetapi hanya dapat mengalirkan air tanah dalam jumlah yang sangat terbatas seperti basal scoria, serpih, napal, dan batulempung.
- d. Akuiflug adalah lapisan batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air tanah seperti batuan beku dan batuan metamorf dan walaupun ada air pada lapisan batuan tersebut hanya terdapat pada kekar atau rekahan batuan saja.

Apabila ditinjau dari sifat dan stratigrafi batuan di alam maka lapisan akuifer dapat dibedakan, antara lain :

- a. *Unconfined aquifer* (akuifer bebas) adalah suatu akuifer di mana muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas dari zona jenuh air. Air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer ini disebut air tanah tidak tertekan di mana muka air tanahnya disebut muka air tanah pheartik.
- b. *Confined aquifer* (akuifer tertekan) adalah suatu akuifer di mana air tanahnya terletak di bawah lapisan kedap air dan mempunyai tekanan lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Air tanah ini dibatasi oleh lapisan kedap air pada bagian atas maupun bagian bawahnya. Muka air tanah artesis oleh karena dilakukan pemboran maka muka air tanah akan bergerak naik ke atas mendekati permukaan tanah atau memancar sampai pada keadaan tertentu.
- c. *Leakage aquifer* (akuifer semi tertekan) adalah suatu lapisan akuifer di mana air tanahnya terletak pada suatu lapisan yang bersifat setengah kedap air dan posisi batuan akuifernya terletak antara akuifer bebas dan akuifer tertekan.

- d. *Ferced aquifer* (akuifer menggantung) adalah akuifer di mana massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk oleh lapisan yang relatif kedap air yang tidak begitu luas dan terletak pada zona tidak jenuh air.

2.9 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 (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air). 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 batuan 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 (Bowles, 1986).

2.10 Penelitian Sebelumnya

Terdapat dua penelitian terdahulu yang menjadi referensi tambahan bagi penelitian ini. Penelitian pertama dilaksanakan oleh Sari (2013) di mana pada penelitian ini dilakukan identifikasi potensi keberadaan mata air dari pendekatan bentang lahan terpilih menggunakan parameter fisik lahan berupa lereng, pola aliran, penggunaan lahan, bentuk lahan, dan pola kelurusan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui lokasi pemunculan mata air di Kabupaten Sleman berdasarkan parameter fisik lahan menggunakan citra penginderaan jauh dan memetakan serta menganalisis sebaran mata air menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Citra ASTER VNIR resolusi 15 meter hasil penajaman HSV digunakan untuk mempertajam kontras obyek. Analisis *hillshade* ASTER GDEM resolusi 30 meter digunakan

untuk interpretasi morfologi. Bantuan data sekunder seperti Peta Geologi, Peta RupaBumi, dan Peta Tanah diperlukan untuk identifikasi. Sebaran mata air dianalisis menggunakan analisis spasial. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 4 jenis mata air di Kabupaten Sleman, yaitu mata air vulkanik, mata air kontak, mata air depresi, dan mata air rekahan. Curah hujan mempengaruhi debit mata air pada Batuan Gunungapi Muda. Teknik penginderaan jauh menggunakan ASTER VNIR dan ASTER GDEM mampu digunakan untuk melakukan identifikasi lokasi pemunculan mataair. Sistem Informasi Geografis terbukti dapat digunakan untuk analisis spasial serta memetakan lokasi sebaran mata air di Kabupaten Sleman.

Penelitian kedua dilaksanakan oleh Triasari (2013) berupa upaya penelitian untuk menduga keberadaan cekungan air tanah dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra Landsat 7 ETM+, peta hidrogeologi, peta geologi, dan data sekunder lain untuk identifikasi keberadaan cekungan air tanah. Metode yang diterapkan adalah dengan melakukan *overlay* citra Landsat terhadap data-data pendukung tersebut untuk kemudian dilakukan analisis. Kemudian didapatkan bahwa lokasi penelitian yaitu Kecamatan Pandaan memiliki potensi cekungan air tanah sedang-tinggi sebesar 3.085,4239 Ha (70,86%) dan potensi cekungan air tanah rendah-sedang sebesar 1.268,5050 Ha (29,14%). Kabupaten Gempol memiliki potensi cekungan air tanah sedang-tinggi sebesar 1.234,5996 Ha (20,48%), potensi cekungan air tanah rendah-sedang sebesar 2.651,8448 Ha (43,98%), dan potensi cekungan air tanah rendah sebesar 2.133,5421 Ha (35,54%).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah kawasan Kabupaten Bojonegoro pada koordinat $6^{\circ} 59' \text{ LS} - 7^{\circ} 37' \text{ LS}$ dan $112^{\circ} 09' \text{ BT} - 112^{\circ} 25' \text{ BT}$. Lokasi dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
(galeri.bojonegoro.net, 2014)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Data citra satelit Landsat 8 pada bulan Mei hingga September 2014.
2. Peta RBI Kabupaten Bojonegoro skala 1:25.000
3. Peta Geologi Kabupaten Bojonegoro skala 1:100.000
4. Data *Global Digital Elevation Map* satelit ASTER
5. Data Hidrogeologi Kabupaten Bojonegoro
6. Data Curah Hujan Kabupaten Bojonegoro 2007-2014.

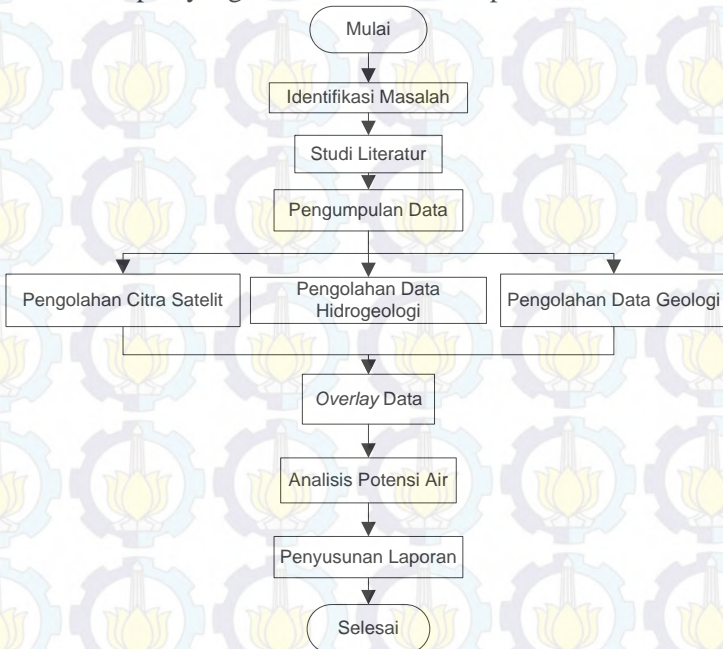
3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Perangkat Keras
 - Laptop
 - *GPS Handheld*
 - *Rollmeter*
2. Perangkat Lunak
 - *ArcGIS 10*
 - *Matlab 7.5*
 - *Microsoft Office 2013*

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahapan penelitian :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menemukan permasalahan yang perlu diangkat maupun dicari solusinya melalui suatu kegiatan penelitian. Adapun permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah masalah kelangkaan sumber daya air di Kabupaten Bojonegoro. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi awal bagi permasalahan tersebut berupa identifikasi zona potensial yang kemungkinan terdapat sumber air di kawasan tersebut melalui metode penginderaan jauh.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan mendapatkan referensi mengenai metode yang perlu diterapkan, data yang dibutuhkan, serta estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian ini. Selain itu studi literatur juga akan banyak membantu dalam memberikan gambaran mengenai bentuk dari hasil akhir penelitian. Studi literatur diambil dari buku, jurnal, majalah, internet, dan lain-lain.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memastikan ketersediaan data yang diperlukan dalam pengerjaan penelitian ini. Data berupa data spasial grafis maupun tabular serta data non spasial.

4. Pengolahan Citra Satelit

Pengolahan citra satelit dilakukan untuk mengamati tingkat kerapatan vegetasi di kawasan tersebut. Area yang teridentifikasi memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi disinyalir terdapat kemungkinan keberadaan air tanah di area tersebut.

5. Pengolahan Data Hidrogeologi

Pengolahan data hidrogeologi dilakukan untuk keperluan pengamatan sebaran akuifer, keberadaan cekungan air tanah, sebaran mata air serta curah hujan sebagai bahan analisis.

6. Pengolahan Data Geologi

Pengolahan data geologi meliputi pengamatan kondisi geologi kawasan, ketinggian lahan, serta kemiringan lahan. Pengamatan ini ditujukan untuk menganalisis perubahan gradien atau kemiringan lereng serta keberadaan patahan-patahan geologi yang menyebabkan aliran air tanah terpotong dan memungkinkan timbulnya mata air.

7. *Overlay* Data

Overlay data pada tahap ini merupakan proses saling tumpang-tindih antara hasil pengamatan vegetasi dengan hasil pengolahan data geologi dan data hidrologi. Hal ini bertujuan untuk mempersempit/mengerucutkan area yang berpotensi terdapat mata air.

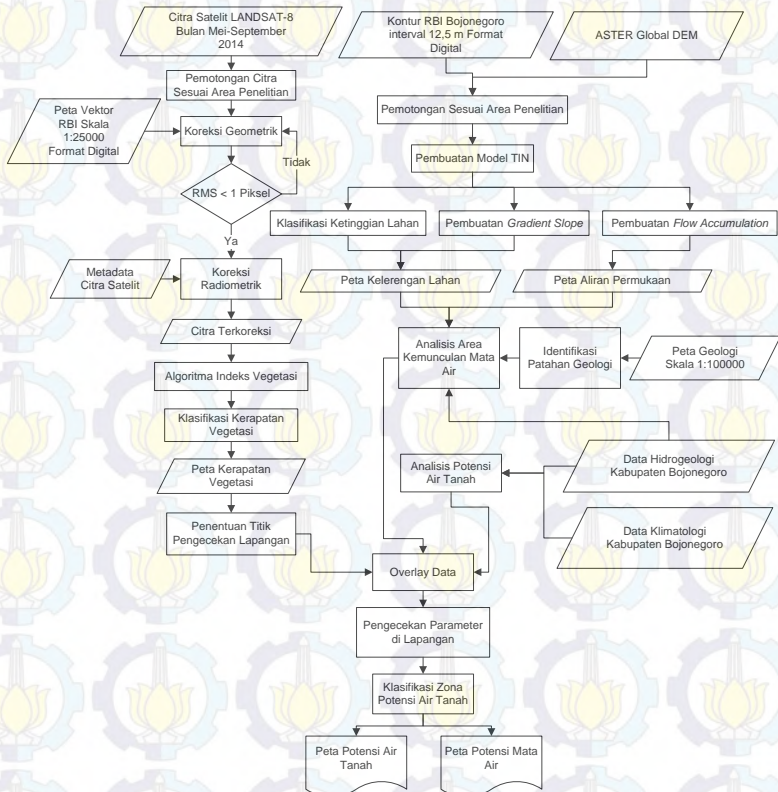
8. Analisis Potensi Air

Dalam tahap ini hasil pengolahan data dianalisis dengan data sekunder serta data hasil pengecekan lapangan untuk mendapatkan kesimpulan berupa area potensial sumber air.

9. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari penelitian tugas akhir ini.

Langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengolahan data dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir seperti gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahapan pengolahan data :

1. Data yang digunakan pada tahap pengamatan kerapatan vegetasi adalah data citra satelit Landsat 8 pada musim kemarau tahun 2014 yaitu bulan Mei hingga September 2014. Pemotongan citra sesuai area penelitian dilakukan berdasarkan data batas administrasi yang diperoleh.

2. Koreksi geometrik dilakukan untuk mengembalikan posisi citra pada koordinat yang seharusnya, dengan acuan *Ground Control Points* (GCP) yang telah ditentukan dari peta RBI yang digunakan. Kemudian dilakukan koreksi radiometrik yang secara teknis dilakukan untuk mengubah nilai *digital number* menjadi nilai reflektansi.
3. Proses pengamatan kerapatan vegetasi pada citra yang telah terkoreksi menggunakan algoritma *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) sebagai algoritma utama serta algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai pembanding. Kemudian dilakukan klasifikasi kerapatan dalam 3 kelas yaitu jarang, sedang, dan rapat. Koordinat titik sampel untuk pengecekan lapangan didasarkan pada hasil klasifikasi tersebut, dipilih sebanyak 5 titik sampel untuk tiap kelas kerapatan.
4. Data yang digunakan pada tahap analisis morfologi kawasan adalah data kontur RBI digital skala 1:25000 dan data Aster Global DEM sebagai pembanding. Data di atas dikonversikan ke dalam format TIN (*Triangulated Irregular Network*) untuk kemudian diklasifikasikan elevasinya dalam warna tertentu agar memudahkan pengamatan ketinggian lahan. Dilakukan juga pemetaan *Gradient Slope* (kemiringan lereng) sehingga dapat diamati kawasan yang curam maupun landai. Pembuatan *Flow Accumulation* dilakukan untuk melihat ujung dari aliran air permukaan berupa hulu sungai, di mana pada umumnya mata air muncul.
5. Pengamatan keberadaan patahan-patahan geologi dilakukan dengan memanfaatkan peta geologi serta dikomparasikan dengan hasil pemetaan kemiringan lereng sebagai upaya validasi. Analisis di atas dilanjutkan dengan peta hidrogeologi untuk melihat area mana saja

yang memiliki akuifer potensial. Proses *overlay* dari data tersebut akan menunjukkan di area mana akuifer produktif terpotong oleh patahan geologi sehingga memudahkan zonasi area potensial mata air.

6. Data hidrogeologi yang digunakan berupa sebaran cekungan air tanah, sebaran akuifer, sebaran mata air, data debit air sumur gali dan dilengkapi dengan data curah hujan. Selanjutnya dilakukan analisis potensi keberadaan air tanah.
7. Proses *overlaying* data dari hasil pengolahan sebelumnya dilakukan untuk mengerucutkan zona potensial sumber air yang akan dipetakan.
8. Tahap pengecekan parameter di lapangan dilakukan untuk meninjau kebenaran dari data sekunder yang didapatkan serta akurasi dari kenampakan kerapatan vegetasi yang ditunjukkan oleh hasil olahan citra satelit dengan kondisi sebenarnya. Komparasi nilai *digital number* di citra satelit dengan di lapangan dilakukan secara matematis dan spasial.
9. Tahapan terakhir adalah analisis dari keseluruhan hasil, baik data penginderaan jauh maupun data sekunder yang telah diolah. Untuk hasil analisis dari potensi air tanah, dilakukan zonasi ke dalam empat kelas potensi menurut besar-kecilnya debit air tanah.
10. Hasil akhir yang diharapkan dari penelitian ini adalah inventarisasi data spasial potensi sumber air kawasan Kabupaten Bojonegoro.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

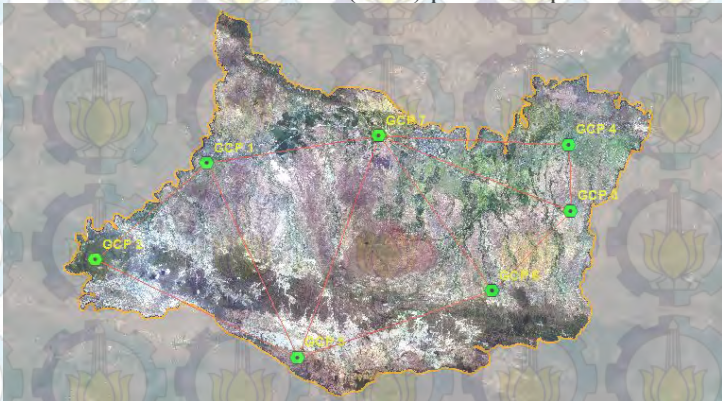
4.1 Pemilihan Citra Landsat 8

Pemilihan citra penginderaan jauh Landsat 8 dilakukan sesuai dengan cakupan area penelitian (*path 119; row 65*) pada kondisi awan yang relatif sedikit. Maka dari itu citra dipilih pada pada keluaran musim kemarau yakni bulan Mei hingga September pada tahun 2014. Selain hampir bebas awan, citra pada musim kemarau tersebut dapat menunjukkan area yang konsisten nampak hijau walaupun sedang kekurangan air sehingga akan mempermudah penentuan titik sampel pada masing-masing klasifikasi tingkat kerapatan.

4.2 Hasil Pengolahan Citra Landsat 8

4.2.1 Hasil Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk meregristrasi posisi piksel pada citra agar dapat sesuai dengan posisi yang seharusnya. Berikut pada gambar 4.1 dapat dilihat kenampakan citra yang digunakan serta sebaran *Ground Control Point* (GCP) pada area penelitian.



Gambar 4. 1 Sebaran GCP Koreksi Geometrik di Area Penelitian

Hasil total RMS *Error* yang didapat setelah dilakukan koreksi geometrik dari 7 GCP di atas dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut, yaitu sebesar 5,278 meter. Seperti yang diketahui bahwa ukuran tiap piksel dari citra Landsat 8 adalah 30 meter, maka besar RMS *Error* yang didapat adalah sebesar 0,176 piksel. Adapun toleransi yang diperbolehkan adalah ≤ 1 piksel.

Tabel 4. 1 Koordinat Titik GCP

X Source (meter)	Y Source (meter)	X Map (meter)	Y Map (meter)	Residual (meter)	RMS Error (meter)
566688,429	9206635,318	566700,909	9206633,197	4,318	5,278
551020,527	9193094,573	551026,016	9193092,402	2,434	
617502,756	9199976,068	617528,085	9199951,722	4,444	
617242,196	9209205,379	617273,797	9209185,393	2,166	
579298,757	9179438,514	579304,574	9179414,253	5,960	
606552,710	9188758,095	606578,595	9188717,050	9,110	
590747,881	9210474,904	590764,596	9210472,494	5,241	

4.2.2 Hasil Perhitungan *Strength of Figure* (SoF)

Perhitungan *Strength of Figure* dilakukan untuk melihat kekuatan geometrik serta penyebaran kesalahan dari rangkaian segitiga pada GCP di atas. SoF yang kecil mencerminkan ketelitian yang baik dan merata pada seluruh jaringan.

Perhitungan SoF dapat dilihat sebagai berikut :

- Jumlah titik : 7
- Jumlah *baseline* : 11
- N ukuran : jumlah *baseline* x 3 = 33
- N parameter : jumlah titik x 3 = 21
- U : N ukuran - N parameter = 12

Sehingga didapat :

$$SoF = \frac{Trace (A x A^T)^{-1}}{U} = 0.1858$$

Kekuatan dari jaring dilihat dari seberapa dekat nilai SoF-nya terhadap nilai nol, semakin kecil maka semakin kuat.

4.2.3 Hasil Koreksi Radiometrik

Citra satelit pada umumnya mengandung nilai *Digital Number* (DN) asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang berdampak pada hasil informasi yang kurang akurat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai sudut perekaman, lokasi matahari, kondisi cuaca dan faktor pengaruh lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi radiometrik untuk memperbaiki nilai piksel dengan cara mengkonversi nilai DN menjadi nilai unit spektral reflektan.

Data Landsat 8 dikoreksi radiometrik menggunakan metode *Top of Atmosphere* (ToA) yang meliputi koreksi reflektansi dan koreksi matahari. Koreksi ToA Reflektansi dilakukan dengan mengkonversi nilai *digital number* (DN) ke nilai reflektansi. Selanjutnya koreksi sudut matahari dilakukan untuk menghilangkan perbedaan nilai DN yang diakibatkan oleh posisi matahari saat perekaman data. Posisi matahari terhadap Bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi objek yang direkam. Proses ini dilakukan sesuai dengan formula pada persamaan (2.1) dan (2.2).

Nilai-nilai yang perlu dimasukkan ke dalam formula pada metode ToA telah tersedia pada masing-masing produk citra berupa metadata seperti berikut.

```

REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000

```



```

REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000

```

Hasil konversi dari tiap *band* selanjutnya dikoreksikan terhadap *solar angle*. Metadata yang digunakan untuk *solar angle* dapat dilihat seperti berikut.

```

CLOUD_COVER = 2.92
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 76.42678984
SUN_ELEVATION = 63.24906293
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0033037

```

Hasil dari proses ini adalah citra yang nampak lebih jelas, nilai DN yang turun drastis menjadi nilai reflektan. Kemudian akan didapatkan citra satelit yang terkoreksi geometrik dan radiometrik sehingga siap digunakan untuk proses kombinasi *band* maupun algoritma indeks vegetasi.

4.2.4 Hasil Pemetaan Kerapatan Vegetasi

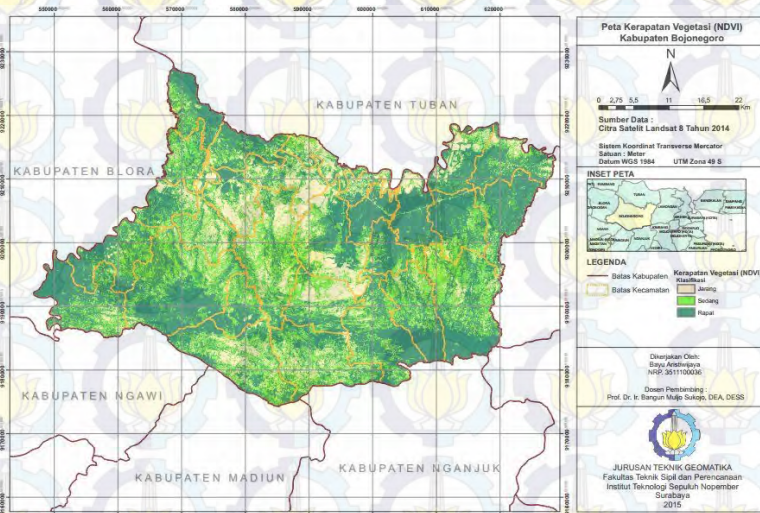
Proses pengamatan kerapatan vegetasi menggunakan algoritma *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) sebagai algoritma utama serta algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai pembanding, di mana kedua algoritma tersebut menggunakan kanal merah dan inframerah. Pengolahan citra dengan kedua algoritma tersebut akan menghasilkan citra baru dengan *digital number* pada rentang -1 hingga +1. Citra tersebut kemudian diklasifikasikan tingkat kerapatan vegetasinya berdasarkan acuan seperti pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Kelas Kerapatan Vegetasi

Kelas	Kisaran DN	Tingkat Kerapatan
1	$(-1,0) - 0,32$	Jarang
2	$0,32 - 0,42$	Sedang
3	$0,42 - 1$	Rapat

Sumber : Departemen Kehutanan, 2003

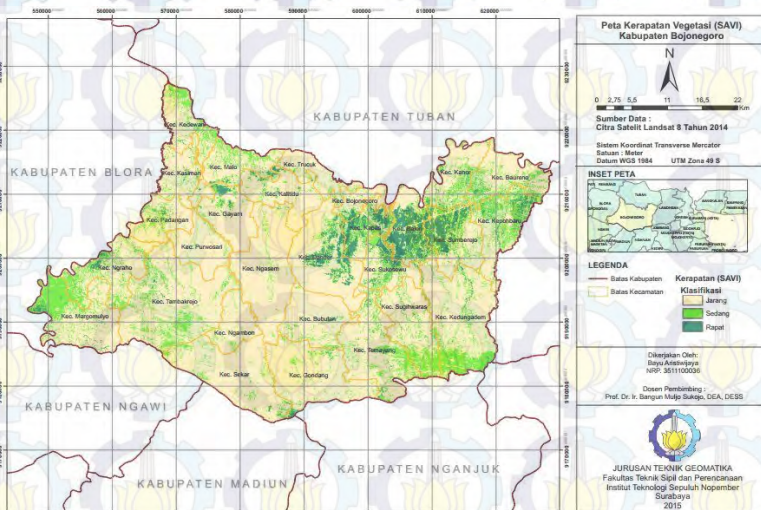
Proses pemetaan kerapatan vegetasi dilakukan berdasarkan formula pada persamaan (2.3) dan (2.4). Hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3 di mana pada prosesnya mengaplikasikan algoritma NDVI dan SAVI.



Gambar 4. 2 Kerapatan Vegetasi Kabupaten Bojonegoro dengan Algoritma NDVI

Hasil pemetaan kerapatan vegetasi dengan algoritma NDVI menunjukkan tingkat konsentrasi klorofil daun yang berkorelasi dengan kerapatan vegetasi berdasarkan nilai spektral pada setiap pikselnya. Nilai piksel hasil transformasi NDVI pada

area penelitian adalah $-0,502261$ sampai $0,813965$ di mana semakin besar nilai pikselnya maka semakin tinggi kerapatan vegetasi di area tersebut. Berdasarkan olahan data citra penginderaan seperti pada gambar 4.2, dapat dilihat bahwa daerah dengan tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi sebagian kawasan dataran rendah utara serta di kawasan dataran tinggi selatan yang terklasifikasikan dengan warna hijau tua. Area dengan tampilan hijau tua di wilayah dataran tinggi selatan diindikasikan merupakan daerah yang terdapat potensi kemunculan mata air. Namun asumsi tersebut masih harus diuji dengan data sekunder yang nantinya akan ditumpang-tindihkan dan dianalisis secara menyeluruh.



Gambar 4. 3 Kerapatan Vegetasi Kabupaten Bojonegoro dengan Algoritma SAVI

Pada prinsipnya proses algoritma vegetasi digunakan untuk mengukur tingkat intensitas kehijauan, namun adanya faktor pantulan tanah dapat meningkatkan nilai indeks vegetasi. Pantulan tanah ini

dipengaruhi oleh kandungan kelembaban tanah, tekstur tanah, kekasaran permukaan, adanya oksida besi dan kandungan bahan organik.

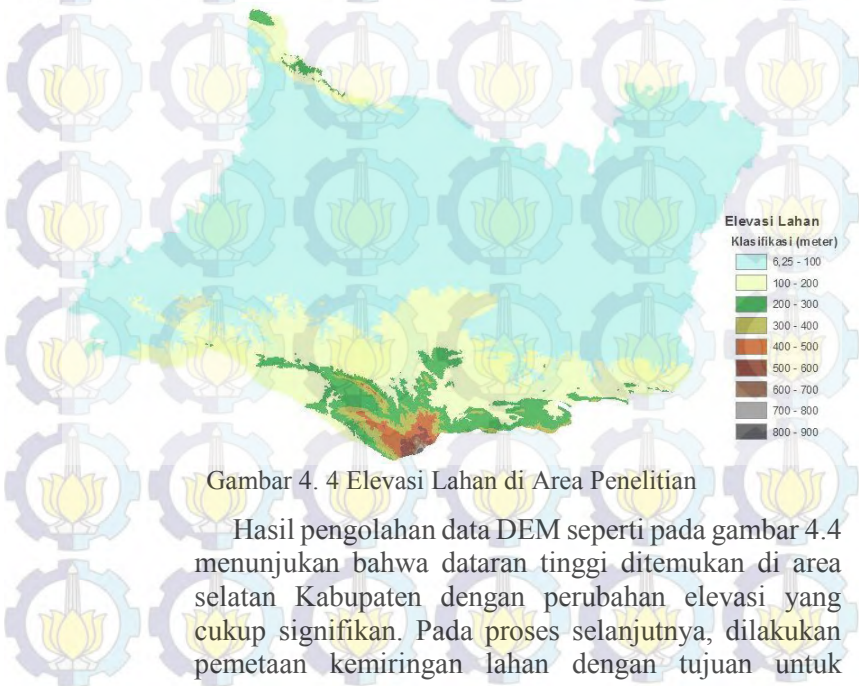
Nilai piksel hasil transformasi SAVI di area penelitian didapatkan berkisar pada $-0,134043$ sampai $0,62615$. Kelebihan dari penggunaan algoritma ini adalah adanya koreksi terhadap faktor pantulan tanah sehingga pada area penelitian yang sama, nilai kisaran *digital number* yang didapat akan lebih kecil dibandingkan saat menggunakan algoritma NDVI. Secara umum algoritma SAVI maupun NDVI memiliki formula yang hampir sama, hanya saja terdapat penambahan faktor koreksi tanah pada algoritma SAVI. Dengan demikian, hasil pemetaan kerapatan vegetasi dengan algoritma SAVI akan lebih mengerucut pada area yang benar-benar rapat vegetasinya ataupun kawasan yang rimbun daun pepohonannya. Penggunaan algoritma SAVI juga akan meminimalisir beberapa kasus kesalahan interpretasi, seperti teridentifikasinya lahan pertanian rumput gajah sebagai area dengan kerapatan vegetasi yang sedang atau rapat. Dari hasil pemetaan dengan algoritma SAVI, maka dapat diamati daerah mana yang terdapat sebaran tanaman-tanaman besar dengan jumlah daun yang besar. Keberadaan tanaman-tanaman besar yang tumbuh subur dan konsisten menunjukkan bahwa di bawah permukaan tanah pada area tersebut terdapat cadangan air tanah yang hanya mampu dicapai oleh akar-akar tanaman yang cukup besar.

Berdasarkan hasil klasifikasi melalui citra satelit maka dapat diambil titik sampel dari citra untuk melakukan pengecekan di lapangan. Titik sampel dipilih secara menyebar seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dengan catatan diambil 5 sampel untuk tiap klasifikasi.

4.3 Pengolahan Data Sekunder

4.3.1 Pengolahan Data Elevasi

Semua data digital dari RBI skala 1:25000 diproyeksikan ke dalam sistem koordinat UTM zona 49S. Untuk kontur, akan dikonversikan ke bentuk TIN, kemudian raster. Dilakukan pula pengolahan bentuk *slope* untuk melihat seberapa lereng kawasan tersebut. Hasilnya dibandingkan dengan olahan data elevasi yang berasal dari *ASTER Global DEM*. Adapun hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah. Kenampakan dari ketinggian lahan tersebut akan memudahkan pengamatan kondisi kawasan secara fisik pada beberapa analisis selanjutnya.



Gambar 4. 4 Elevasi Lahan di Area Penelitian

Hasil pengolahan data DEM seperti pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa dataran tinggi ditemukan di area selatan Kabupaten dengan perubahan elevasi yang cukup signifikan. Pada proses selanjutnya, dilakukan pemetaan kemiringan lahan dengan tujuan untuk melihat area mana yang curam. Data yang dihasilkan

kemudian diklasifikasikan sesuai dengan referensi yang tercantum pada tabel 4.3 sehingga data kemiringan lahan dalam bentuk spasial seperti pada gambar 4.5 dapat disajikan. Area yang terklasifikasikan sebagai area curam tersebut terindikasi merupakan area patahan (dapat berupa jurang, lereng, tebing dan sejenisnya). Data ini kemudian dicocokkan dengan data garis patahan geologi yang didapatkan dari peta geologi regional sebagai upaya komparasi dan validasi.

Tabel 4. 3 Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM dan USLE

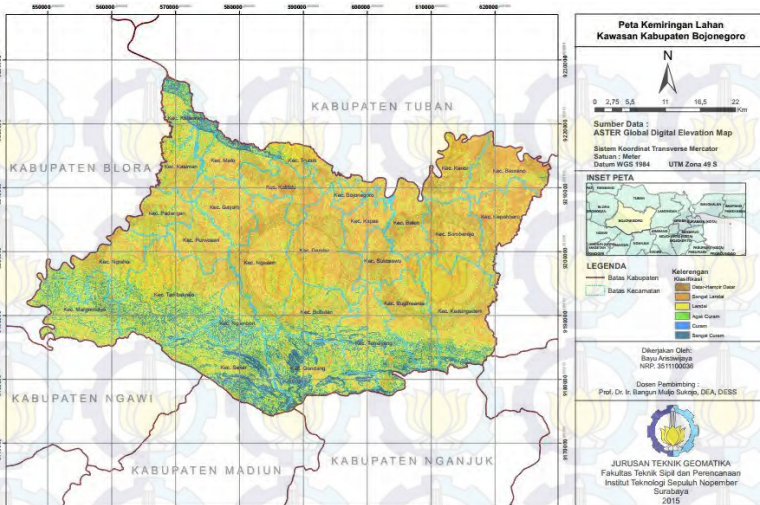
Kemiringan lereng (°)	Kemiringan lereng (%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE* (%)
< 1	0 – 2	Datar – hampir datar	0 - 2	1 - 2
1 – 3	3 – 7	Sangat landai	2 - 6	2 - 7
3 – 6	8 – 13	Landai	6 - 13	7 - 12
6 – 9	14 – 20	Agak curam	13 - 25	12 - 18
9 – 25	21 – 55	Curam	25 - 55	18 - 24
25 – 26	56 – 140	Sangat curam	> 55	> 24
> 65	> 140	Terjal		

Keterangan :

USSSM = *United Stated Soil System Management*

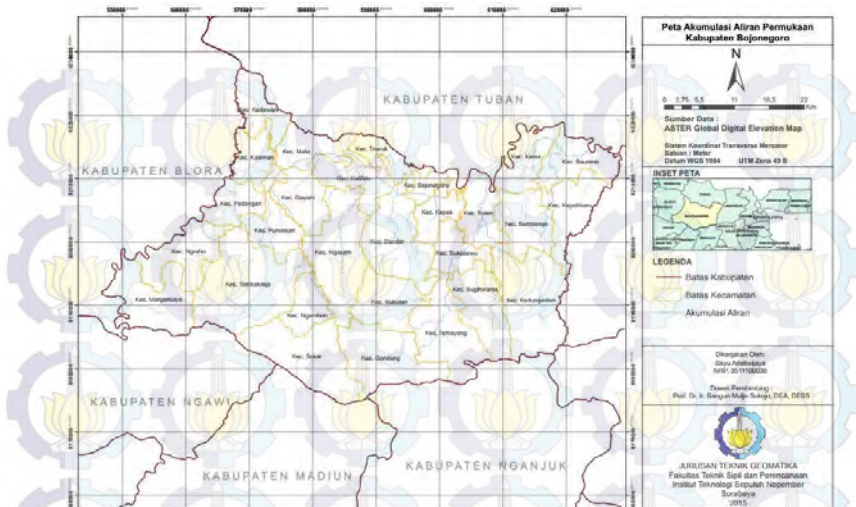
USLE = *Universal Soil Loss Equation*

Sumber : Departemen Kehutanan, 1986



Gambar 4. 5 Peta Kemiringan Lahan Kabupaten Bojonegoro

Pengolahan selanjutnya adalah pemetaan akumulasi aliran air permukaan pada kawasan Kabupaten Bojonegoro. Berdasarkan rendah-tingginya elevasi pada kawasan, maka dapat diamati area-area rendah yang merupakan jalur air permukaan. Jalur yang terbentuk ditumpang-tindihkan dengan data jaringan sungai sebagai pembanding. Pada pengamatan jalur aliran yang muncul, dapat dilihat bahwa area tempat mulai munculnya sungai adalah pada dataran tinggi di sisi selatan Bojonegoro. Pada pangkal-pangkal jalur tersebut, diindikasikan bahwa di area tersebut terdapat banyak mata air yang alirannya saling terkumpul dan menjadi sebuah jalur sungai. Garis berwarna biru pada gambar 4.6 menunjukkan akumulasi aliran permukaan berdasarkan olahan data DEM, di mana garis tersebut hampir berhimpit dengan garis pada data jaringan sungai.



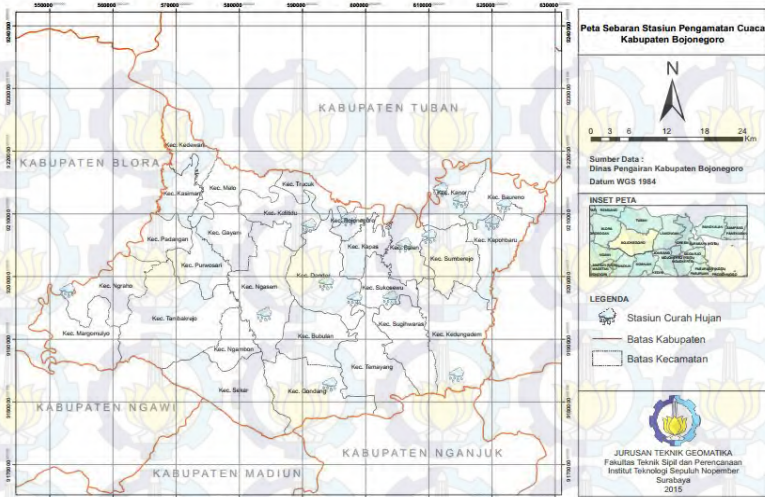
Gambar 4. 6 Akumulasi Aliran Air Permukaan di Area Penelitian

4.3.2 Pengolahan Data Curah Hujan

Pada penelitian ini digunakan rerata data curah hujan dari tahun 2007 hingga 2014 yang diukur pada stasiun pengamatan cuaca di Kabupaten Bojonegoro seperti tabel berikut.

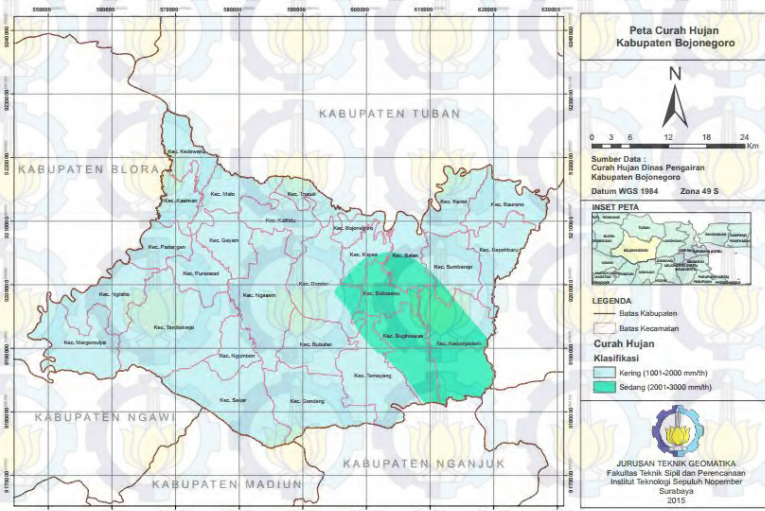
Tabel 4. 4 Data Curah Hujan Kawasan Bojonegoro

No	Stasiun	X (meter)	Y (meter)	Curah Hujan (mm/tahun)
1	Bojonegoro	597425	9209284	1710
2	Dander	593802	9199065	1990
3	Jatiblimbing	598331	9196460	2040
4	Klepek	603882	9196612	2514
5	Balen	605997	9205038	1984
6	Leran	591041	9208196	1444
7	Kanor	611818	9213843	1828
8	Baureno	621838	9211466	1283
9	Tlogorejo	619994	9208646	1175
10	Simorejo	614920	9212180	1670
11	Gondang	594295	9182868	1172
12	Karangnongko	552864	9197826	1101
13	Panjang	614381	9184417	2280
14	Sumberrejo	610049	9206503	1836
15	Setren	584028	9194018	1691



Gambar 4. 7 Sebaran Stasiun Pengamatan Cuaca Kabupaten Bojonegoro

Data curah hujan di atas diolah sehingga menghasilkan peta curah hujan seperti gambar 4.8 di bawah.



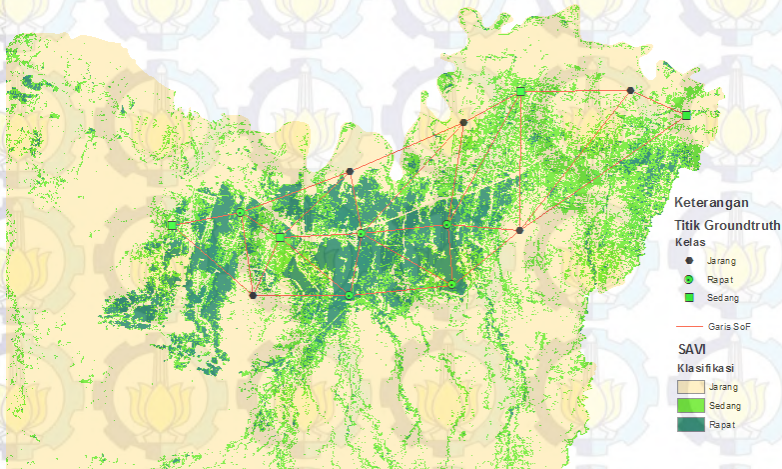
Gambar 4. 8 Peta Curah Hujan Kabupaten Bojonegoro

Hasil pemetaan besarnya curah hujan seperti pada gambar 4.8 digunakan sebagai analisa tambahan untuk melihat seberapa besar suplai air yang diterima oleh daerah pengisian (*recharge*).

4.4 Analisis Data

4.4.1 Analisis Korelasi Citra dengan Data Lapangan

Pengujian tingkat kepercayaan dari tampilan kerapatan yang ditunjukkan oleh citra satelit yang digunakan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan serta pemotretan untuk dibandingkan dengan data pada citra. Secara singkat, pengujian korelasi dari data citra terhadap dapat lapangan dilakukan dengan membandingkan nilai digital number dari keduanya. Adapun titik sampel yang diambil tersebar seperti pada gambar 4.9 berikut.



Gambar 4. 9 Sebaran Titik Pengecekan Lapangan

Setelah dilakukan pengecekan nilai *digital number* baik dari citra maupun dari lapangan, maka didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Nilai *Digital Number Citra*

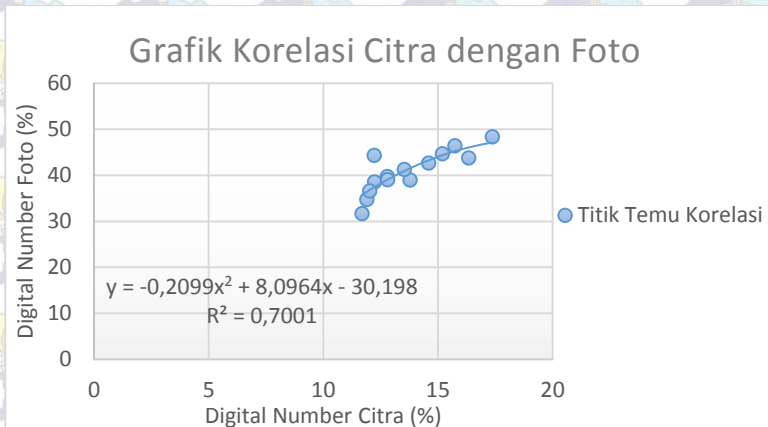
Titik	X (meter)	Y (meter)	DN	DN max	Persentase (%)
Jarang 1	622819	9213520	9964	65535	15,20408942
Jarang 2	615953	9204801	10712	65535	16,34546426
Jarang 3	612480	9211516	9564	65535	14,59372854
Jarang 4	605387	9208488	10314	65535	15,73815518
Jarang 5	599359	9200814	11388	65535	17,37697414
Sedang 1	626322	9211977	9034	65535	13,78500038
Sedang 2	616006	9213468	8014	65535	12,22858015
Sedang 4	601067	9204390	8871	65535	13,53627832
Sedang 5	594337	9205150	8386	65535	12,79621576
Rapat 1	611484	9205205	7659	65535	11,68688487
Rapat 2	605378	9200771	7799	65535	11,90051118
Rapat 3	611799	9201402	8023	65535	12,24231327
Rapat 4	606161	9204618	7883	65535	12,02868696
Rapat 5	598633	9205922	8398	65535	12,81452659

Tabel 4. 6 Nilai *Digital Number Foto Lapangan*

Titik	X (meter)	Y (meter)	RED dipantulkan	RED Max	Persentase (%)
Jarang 1	622819	9213520	113,922391	255	44,67544745
Jarang 2	615953	9204801	111,565247	255	43,75107725
Jarang 3	612480	9211516	108,787303	255	42,66168745
Jarang 4	605387	9208488	118,32529	255	46,40207451
Jarang 5	599359	9200814	123,227354	255	48,32445255
Sedang 1	626322	9211977	99,386692	255	38,97517333
Sedang 2	616006	9213468	112,881938	255	44,26742667
Sedang 4	601067	9204390	105,122366	255	41,22445725
Sedang 5	594337	9205150	101,293626	255	39,72299059
Rapat 1	611484	9205205	80,685157	255	31,64123804
Rapat 2	605378	9200771	88,413253	255	34,67186392
Rapat 3	611799	9201402	98,279325	255	38,54091176
Rapat 4	606161	9204618	93,295089	255	36,58630941
Rapat 5	598633	9205922	99,536322	255	39,03385176

Dapat dilihat bahwa nilai *digital number* pada tabel 4.5 dan 4.6 di atas disajikan dalam nilai persentase. Pengujian korelasi dari keduanya dilakukan untuk melihat seberapa akurat kenampakan kerapatan vegetasi yang ditunjukkan oleh citra

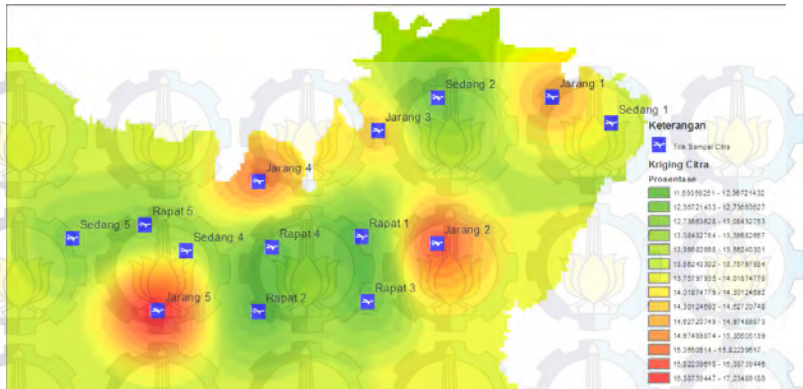
satelit. Adapun hubungan korelasi dari kedua data tersebut dapat dilihat pada grafik berikut.



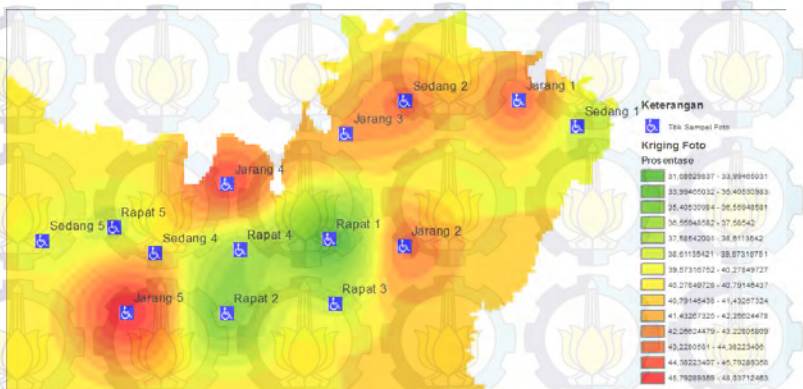
Gambar 4. 10 Grafik Korelasi Citra dengan Foto

Menurut Sarwono (2006) korelasi positif yang kuat ditunjukkan pada rentang angka 0,5 – 0,75. Hasil pengolahan dan komparasi antara nilai DN foto di lapangan dengan DN pada citra satelit yang digunakan menunjukkan korelasi sebesar 0,7. Secara matematis, dapat disimpulkan bahwa data citra satelit yang digunakan memenuhi tingkat kepercayaan yang disyaratkan.

Nilai persentase dari *digital number* citra maupun foto dapat juga diamati secara spasial untuk melihat sebarannya di area penelitian. Pada tahap ini digunakan metode *kriging* untuk melihat titik yang terinterpolasi secara teratur maupun titik-titik yang terjadi *overlapping*. Kenampakan interpolasi nilai *digital number* antar titik sampel dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 11 Interpolasi Digital Number Citra

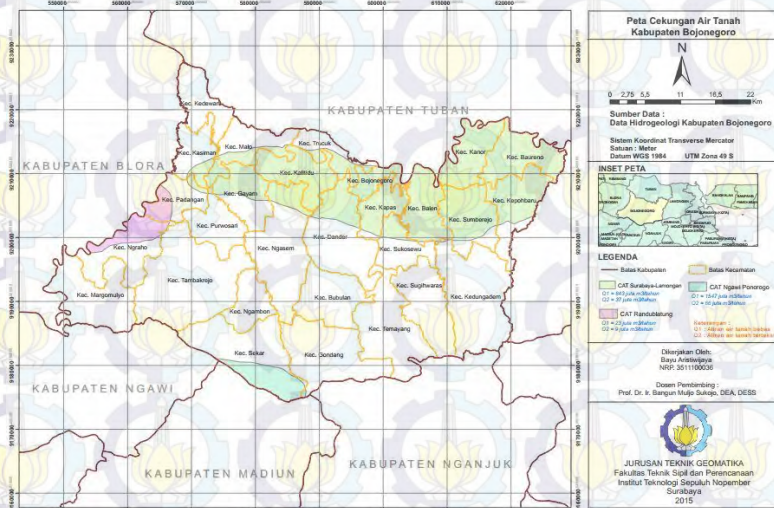


Gambar 4. 12 Interpolasi Digital Number Foto

4.4.2 Analisis Hidrogeologi

Keberadaan Cekungan Air Tanah (CAT) secara alami dibatasi hidraulika yang dikontrol oleh kondisi geologi dan hidrogeologi di kawasan tersebut. Maka dari itu, batas dari suatu cekungan air tanah dapat melintas antar kota, Kabupaten, provinsi, bahkan negara.

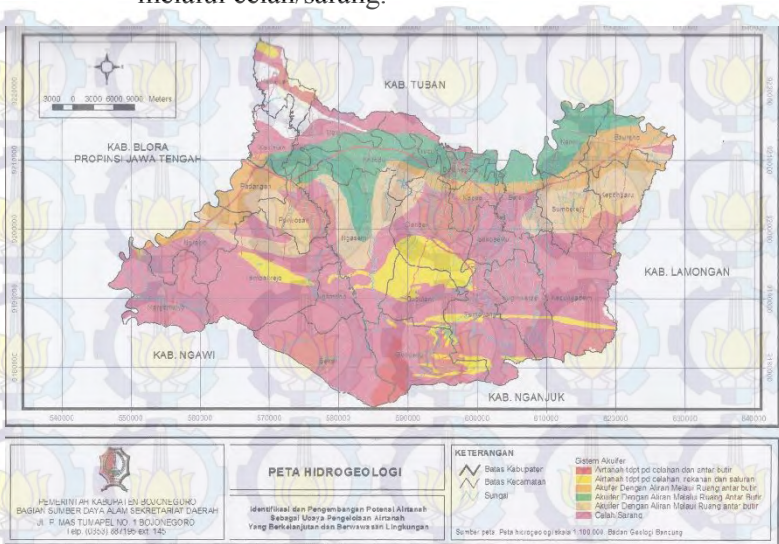
Kawasan provinsi Jawa Timur memiliki beberapa CAT lintas Kabupaten. Sebagian dari CAT tersebut berada dalam wilayah administratif Bojonegoro antara lain CAT Surabaya-Lamongan, CAT Randublatung, dan CAT Ngawi-Ponorogo. Secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.13 di bawah.



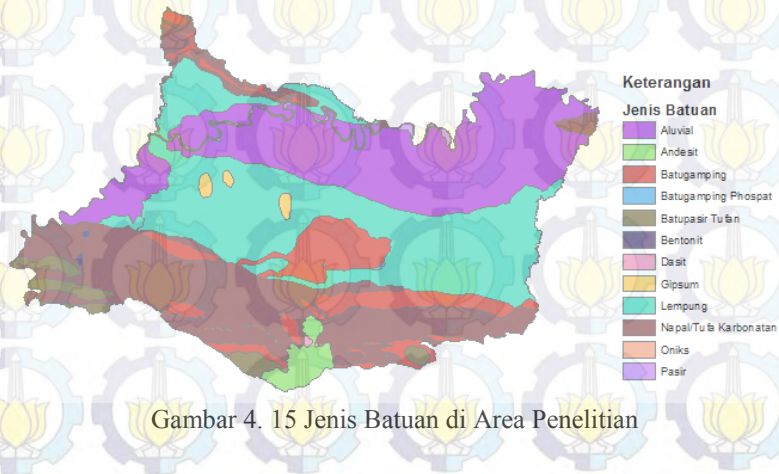
Gambar 4. 13 Peta Cekungan Air Tanah Kabupaten Bojonegoro

Pada CAT Surabaya-Lamongan, diketahui bahwa jumlah aliran air tanah bebas (Q_1) sebesar 843 juta m^3 /tahun sedangkan jumlah aliran air tanah tertekan (Q_2) sebesar 37 juta m^3 /tahun. CAT Randublatung memiliki Q_1 sebesar 23 juta m^3 /tahun dan Q_2 sebesar 9 juta m^3 /tahun kemudian CAT Ngawi-Ponorogo memiliki Q_1 sebesar 1547 juta m^3 /tahun dan Q_2 sebesar 66 juta m^3 /tahun. Wilayah Kabupaten Bojonegoro teridentifikasi memiliki 4 macam sistem akuifer, yakni air tanah terdapat pada celahan dan ruang antar butir; air tanah terdapat pada celahan, rekahan, dan saluran;

air tanah terdapat pada ruang antar butir; serta air tanah melalui celah/sarang.



Gambar 4. 14 Peta Hidrogeologi Kabupaten Bojonegoro



Gambar 4. 15 Jenis Batuan di Area Penelitian

- a) Air tanah terdapat pada celahan dan ruang antar butir
Akuifer jenis ini tersusun atas breksi pandan (Qpv) yang terdiri atas breksi andesit. Breksi andesit tersusun oleh kepingan batuan andesit, berukuran kerikil hingga kerakal, setempat sampai bongkah; massa dasar terdiri dari batu pasif tufan berbutir halus hingga kasar; belum padat hingga pejal. Secara administratif akuifer ini tersebar di Kecamatan Gondang pada Desa Krondonan, Jari, dan Pragelan. Sistem akuifer ini memiliki produktifitas tinggi. Sifat permeabilitasnya tergolong rendah-sedang dengan debit air tanah sebesar 5-10 liter per detik.
- b) Air tanah terdapat pada celahan dan ruang antar butir
Akuifer jenis tersusun atas satuan Formasi Sonde (Tps0) yang tersusun atas perselingan batu lempung dan batu pasir tufan, bersisipan batu gamping, Formasi Lidah yang terdiri atas terumbu dan batu gamping berlapis. Tersebar di daerah Dander hingga Bubulan dan sekitarnya, pada Lajur Randublutung. Sistem akuifer ini bersifat setempat produktif. Sifat permeabilitas tergolong rendah-sedang dengan debit air tanah sebesar < 5 liter per detik.
- c) Air tanah terdapat pada ruang antar butir
Akuifer jenis ini tersusun atas aluvium (Qal) yang terdiri atas lempung, pasir, kerikil, kerakal. Satuan ini terdapat di sepanjang sungai Bengawan Solo, membentuk undak sungai dan sebagian merupakan dataran banjir. Sistem akuifer ini bersifat produktif sedang dengan penyebaran luas. Sifat permeabilitas tergolong rendah-sedang dengan debit 5-10 liter per detik.
- d) Air tanah melalui celah/sarang
Akuifer jenis ini tersebar di sebagian besar wilayah Kabupaten Bojonegoro, terutama kawasan bagian utara

dan selatan. Sebagian besar sistem akuifer ini tersusun atas Formasi Kalibeng (Tm_{pk}) yang terdiri atas napal, batupasir tufan dan kalkarenit. Sistem akuifer ini bersifat produktif kecil, dengan permeabilitas rendah dan debit yang langka.

Tabel 4. 7 Sifat Akuifer Penyusun di Wilayah Bojonegoro

Sistem Akuifer	Produktifitas	Permeabilitas	Debit (ltr/dt)
Air tanah terdapat pada celahan dan ruang antar butir.	Produktifitas tinggi dengan penyebaran luas.	Rendah-Sedang	5-10
Air tanah terdapat pada celahan dan ruang antar butir.	Setempat akuifer produktif.	Rendah-Sedang	< 5
Air tanah terdapat pada ruang antar butir.	Produktif sedang dengan penyebaran luas.	Rendah-Sedang	5-10
Air tanah melalui celah/sarang.	Produktif kecil setempat berarti.	Rendah	Langka

Aliran air tanah di lokasi analisis dipengaruhi oleh landaian hidrologi, geomorfologi dan kondisi hidrogeologi setempat. Berdasarkan hasil analisis DEM dan pemetaan *flow accumulation*, dapat dilihat bahwa aliran air tanah pada akuifer relatif mengikuti pola struktur dan landaian hidrologinya. Secara umum aliran air tanah di Kabupaten Bojonegoro mengarah dari dataran tinggi sisi selatan menuju ke utara ke arah CAT Surabaya Lamongan.

Area lepasan (*discharge*) dan daerah pengisian (*recharge*) diamati berdasarkan data fisik lahan, Peta Geologi, dan Peta Hidrogeologi. Untuk menentukan daerah lepasan dan daerah pengisian di wilayah penelitian dilakukan dengan melihat bentuk morfologi, keterdapatn sungai, litologi penyusun batuan, serta data hidrogeologi. Daerah pengisian berperan sebagai wilayah peresapan air tanah yang mampu menambah volume air tanah pada suatu CAT. Ciri dari daerah pengisian antara lain :

- a) secara umum aliran air tanah bergerak ke daerah yang lebih rendah (dapat diamati pada pemodelan DEM 3 dimensi),
- b) terdapat akuifer produktif,
- c) terdapat singkapan batuan yang lolos air (permeabilitas tinggi),
- d) berupa dataran tinggi (hulu) di mana banyak muncul mata air alami.

Daerah lepasan berperan sebagai tempat keluarnya air tanah yang berlangsung secara alami pada suatu CAT. Setelah dilakukan analisis diketahui bahwa sebagian besar daerah pengisian berada di dataran tinggi Bojonegoro bagian selatan, yang meliputi Kecamatan Kedungadem, Sugihwaras, Temayang, Bubulan, Ngambon, Tambakrejo, Ngraho, dan Kecamatan Margomulyo. Sedangkan daerah lepasan berada di bagian tengah Kabupaten Bojonegoro yang sebagian besar merupakan DAS Bengawan Solo.

Setelah dilakukan analisis *overlaying*, diketahui bahwa beberapa wilayah Kecamatan di Kabupaten Bojonegoro yang berada pada area CAT Surabaya-Lamongan didominasi oleh kerapatan vegetasi yang tinggi hingga sedang. Banyak sedikitnya tumbuh-tumbuhan dapat menjadi indikator bahwa air tanah suatu kawasan cukup banyak dan relatif dangkal.

4.4.3 Analisis Potensi Air

Berdasarkan evaluasi data-data hidrogeologi serta debit mata air, maka potensi air tanah di wilayah Kabupaten Bojonegoro terbagi menjadi 4 wilayah yaitu Tinggi, Sedang, Rendah, dan Langka. Analisis berikut juga mempertimbangkan parameter kerapatan vegetasi.

a) Wilayah Potensi Air Tanah Tinggi

Wilayah potensi air tanah yang tinggi terdapat di daerah dataran rendah yang terbentang di bagian utara Kabupaten Bojonegoro, yang membentang dari timur ke barat di sekitar Kecamatan Baureno,

ke arah barat hingga ke Kecamatan Kalitudu. Wilayah ini tersusun atas satuan geologi endapan aluvial daratan yang terdiri atas pasir berbutir kasar sampai sedang, kerikil dan sisipan lempung, permeabilitas tinggi sampai sedang. Muka air tanah umumnya dekat dengan permukaan. Kedudukan muka air bawah tanah antara 1 – 10 meter di bawah muka tanah setempat.

Di Kecamatan Kalitudu, Padangan, dan Ngraho, debit sumur bor lebih dari 10 liter/detik. Di sekitar Kecamatan Balen, debit pengeboran antara 9-17 liter/detik. Berdasarkan pemetaan kerapatan vegetasi dengan citra satelit Landsat 8, kawasan ini memiliki kerapatan vegetasi sedang hingga rapat. Terdapat juga area dengan vegetasi jarang pada area perkotaan dan kawasan-kawasan yang telah terbangun.

b) Wilayah Potensi Air Tanah Sedang

Wilayah potensi air tanah sedang terdapat di daerah Kecamatan Kepohbaru, Sumberejo, sebagian di daerah sekitar Kecamatan Ngasem dan Padangan. Daerah potensi air tanah sedang ini terletak di dataran aluvial yang tersusun atas pasir berbutir kasar sampai sedang, kerikil, dan sisipan lempung. Permeabilitas umumnya sedang sampai tinggi.

Sumur bor di kawasan ini umumnya memiliki debit 5 liter/detik, dengan kedalaman muka air tanah bebas umumnya 2-15 meter. Berdasarkan pemetaan kerapatan vegetasi, kawasan ini memiliki kerapatan vegetasi jarang, sedang, hingga rapat.

c) Wilayah Potensi Air Tanah Rendah

Wilayah potensi air tanah rendah umumnya berada di bagian kaki perbukitan. Pada penelitian ini, potensi air tanah rendah ditemukan pada Kecamatan Temayang, Sugihwaras, Tambakrejo, dan sebagian daerah di Kecamatan Ngraho.

Wilayah potensi rendah ini secara umum berada pada satuan litologi gamping dan lempungan, diantaranya pada Formasi Klitik, Formasi Lidah, Formasi Kalibeng, Formasi Kabuh, Formasi Kerek. Batuan ini umumnya tersusun atas batu pasir tufan bersisipan lempung, breksi konglomerat dan batu gamping.

Kedalaman muka air tanah tertekan sampai 40 meter. Debit sumur bor di daerah ini umumnya maksimal 2.5 liter/detik. Meskipun demikian, di wilayah ini terdapat akuifer produktif dengan banyak sesar yang membuat air tanah terpotong sehingga muncul beberapa mata air secara alami. Tercatat debit mata air yang muncul antara 0.5 hingga 2.5 liter/detik. Berdasarkan pengamatan kerapatan vegetasi, tingkat kerapatan di wilayah ini sebagian besar jarang hingga sedang. Terdapat beberapa area kecil yang terdeteksi vegetasinya rapat, terutama area di sekitar munculnya mata air alami.

d) Wilayah Air Tanah Langka

Wilayah potensi air tanah langka ini terdapat pada daerah dengan litologi batu lempung. Penyebaran akuifer sangat tidak merata. Beberapa mata air yang muncul di wilayah ini memiliki debit kurang dari 2.5 liter/detik. Kerapatan vegetasi di wilayah ini terdeteksi sebagian besar jarang hingga sedang.

Peta potensi air tanah dapat dilihat pada gambar 4.16 berikut.



Gambar 4. 16 Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bojonegoro

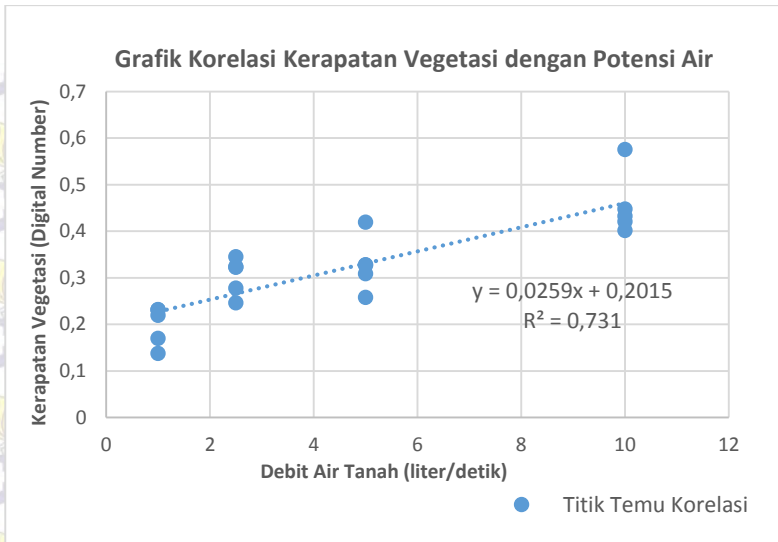
Berdasarkan analisis morfologi serta sebaran jenis dan sifat akuifer yang ada di wilayah Kabupaten Bojonegoro, maka dapat dilihat arah ke mana arah aliran air tanah. Potensi munculnya sumber air (mata air) juga dapat diidentifikasi dari keberadaan sesar maupun patahan yang memotong akuifer di wilayah tersebut. Setelah dilakukan analisis, maka dihasilkan peta potensi mata air seperti pada gambar 4.17 berikut.



Gambar 4. 17 Peta Zona Potensi Mata Air Kabupaten Bojonegara

4.4.4 Analisis Korelasi Kerapatan Vegetasi dengan Potensi Air

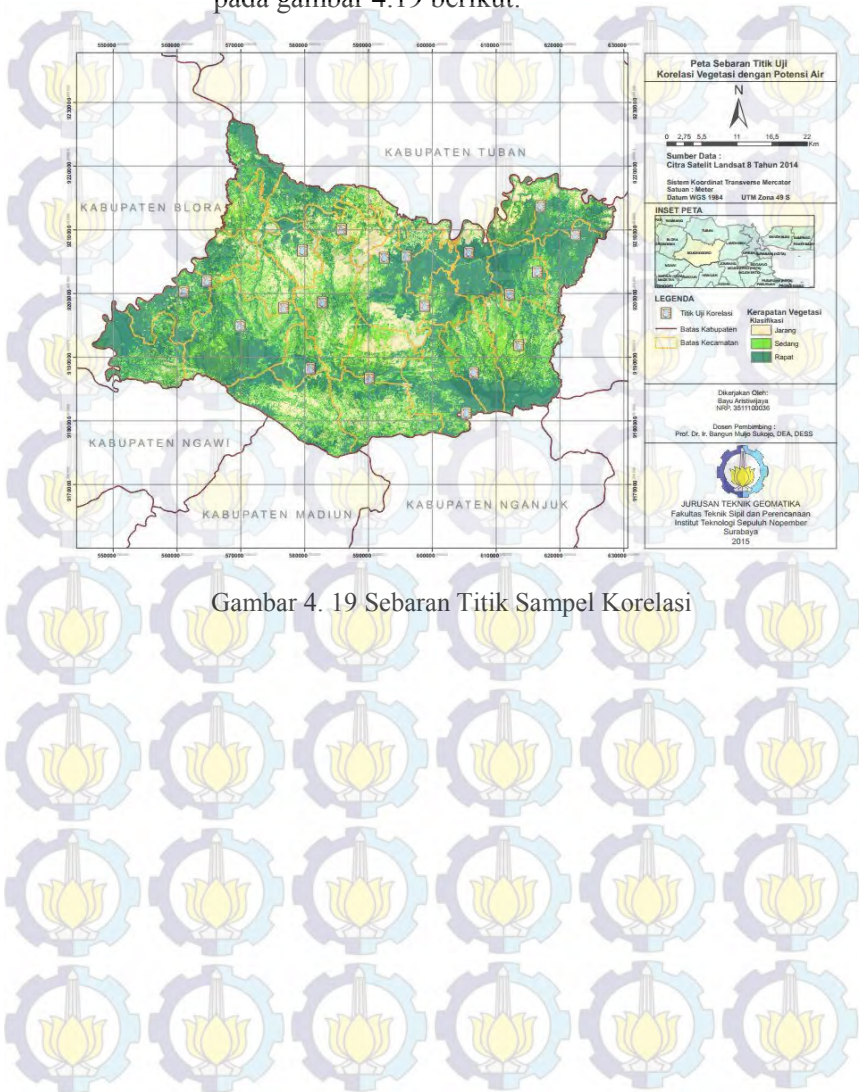
Besar potensi air tanah yang telah terpetakan tertumpang-tindihkan pada referensi yang sama dengan hasil pemetaan kerapatan vegetasi. Pengambilan titik sampel pada area yang tumpang-tindih antara tinggi rendahnya potensi air dengan rapat renggangnya vegetasi dilakukan untuk pengujian korelasi. Berdasarkan titik sampel yang dipilih, maka didapatkan grafik korelasi seperti pada gambar 4.18 berikut.



Gambar 4. 18 Grafik Korelasi Kerapatan Vegetasi dengan Potensi Air

Didapatkan bahwa korelasi antara tinggi rendahnya tingkat kerapatan vegetasi dengan tinggi rendahnya potensi air sebesar 0,73 di mana nilai tersebut masuk pada kategori korelasi positif yang kuat. Pengambilan titik sampel mempertimbangkan kondisi tutupan lahan, di mana pemilihannya menghindari area terbangun. Hal ini dikarenakan korelasi ini menganalisis hubungan antara banyak sedikitnya tumbuh-tumbuhan dengan banyak sedikitnya air tanah. Berdasarkan grafik korelasi seperti pada gambar 4.18, dapat dilihat bahwa tingginya nilai *digital number* citra yang maksudnya area dengan vegetasi rapat, linier (berbanding lurus) terhadap besarnya debit aliran air tanah.

Sebaran titik sampel yang dipilih dapat dilihat pada gambar 4.19 berikut.



Gambar 4. 19 Sebaran Titik Sampel Korelasi



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan berbagai macam pengolahan data dan analisis hasil, maka didapatkan kesimpulan bahwa :

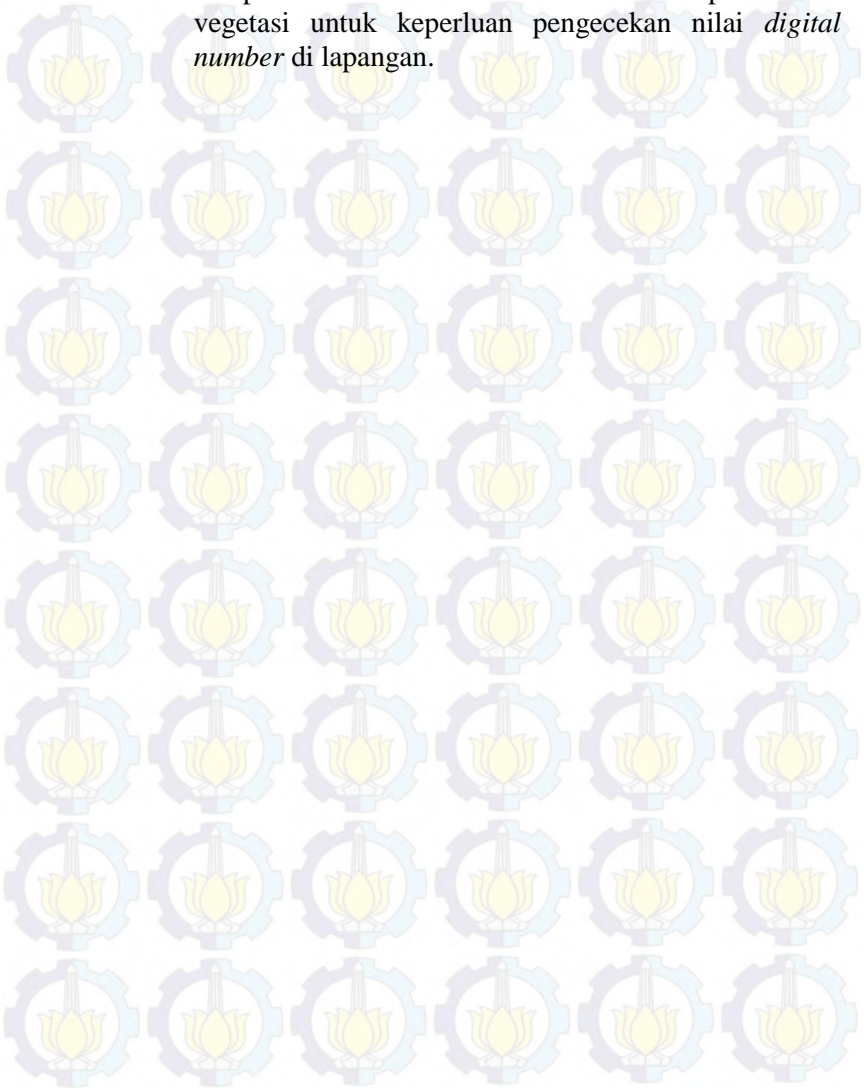
- a) Potensi air tanah kawasan Kabupaten Bojonegoro terbagi ke dalam 4 kelas potensi debit air tanah, yaitu Tinggi (>10 liter/detik), Sedang (± 5 liter/detik), Rendah (± 2.5 liter/detik), dan Langka (<2.5 liter/detik). Potensi kemunculan mata air teridentifikasi berada di kawasan dataran tinggi (wilayah selatan) di mana terdapat akuifer produktif terpotong oleh patahan-patahan geologi.
- b) Terkecuali pada lahan vegetasi yang telah berubah menjadi lahan terbangun, tingkat kerapatan vegetasi yang konsisten di kawasan penelitian memiliki korelasi terhadap keberadaan sumber daya air sebesar 0.73 berdasarkan titik sampel yang dipilih. Angka tersebut masuk pada kriteria korelasi positif kuat. Disimpulkan bahwa semakin banyak tumbuh-tumbuhan pada suatu area, maka potensi keberadaan sumber air juga semakin tinggi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan oleh penulis setelah melaksanakan penelitian ini adalah :

- a) Gunakan citra dengan resolusi yang lebih tinggi untuk mempermudah interpretasi, terutama jika area penelitian masih dalam lingkup Kabupaten.
- b) Dalam upaya identifikasi potensi sumber air, parameter vegetasi tidak dapat berdiri sendiri. Perbanyak data-data sekunder yang terkait sebagai bahan validasi dan analisis.

- c) Gunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) ataupun *drone* saat akan melakukan pemotretan vegetasi untuk keperluan pengecekan nilai *digital number* di lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah*. Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Bowles, J.E. 1986. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Gong, P., R. Pu, G.S. Biging and M. R. Larriou, 2003. *Estimation of Forest Leaf Area Index Using Vegetation Indices Derived from Hyperion Hyperspectral Data*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41, No 6.
- Kruseman, G.P. , & M.A de Ridder. 1994. *Analysis & Evaluation of Pumping Test Data. Publication 47*. Wageningen, The Netherlands.
- Lillesand, T.M., dan R.W. Kiefer. 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Alih Bahasa: Dulbahri. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Penerbit Informatika, Bandung.
- Purwadhi, S.H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Grasindo. Jakarta.
- Ray, T.W. 1995. *A FAQ on Vegetation in Remote Sensing*. Division of Geological and Planetary Sciences California Institute of Technology. California-USA.
- Sari, P. M. 2013. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Mata Air di Kabupaten Sleman*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Sarwono, J. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sitanggang, G. 2010. *Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (LANDSAT-8)*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.

Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh, Jilid I dan II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Suyono. 1995. *Diktat Hidrologi Dasar*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Todd, D.K. 1980. *Ground-water hydrology (Second Edition): John Wiley and Sons*. New York.

Triasari, R. 2013. *Penggunaan Citra Satelit Landsat 7 ETM+ dan Data Hidrogeologi Untuk Menduga Keberadaan Cekungan Air Tanah*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Viessman, W. Jr. dkk. 1977. *Introduction to Hydrology*. New York Hagerstown Philadelphia San Fransisco London: HARPER & ROW, PUBLISHERS.

Wedehanto, S. 2004. *Penggunaan Citra Satelit Landsat 7 ETM untuk Menduga Keberadaan Air Tanah (Studi Kasus Pemboran Sumur P2AT di Wilayah Kabupaten Madiun)*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

"Peta Kabupaten Bojonegoro". Galeri Bojonegoro. 2 Agustus 2014. Web. 15 Desember 2014.

<<http://galeri.bojonegoro.net/fasum/peta-kabupaten-bojonegoro>>

LAMPIRAN A

Data Citra Landsat-8 tahun 2014



(Path 119 ; Row 65)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

Data ASTER Global DEM tahun 2011

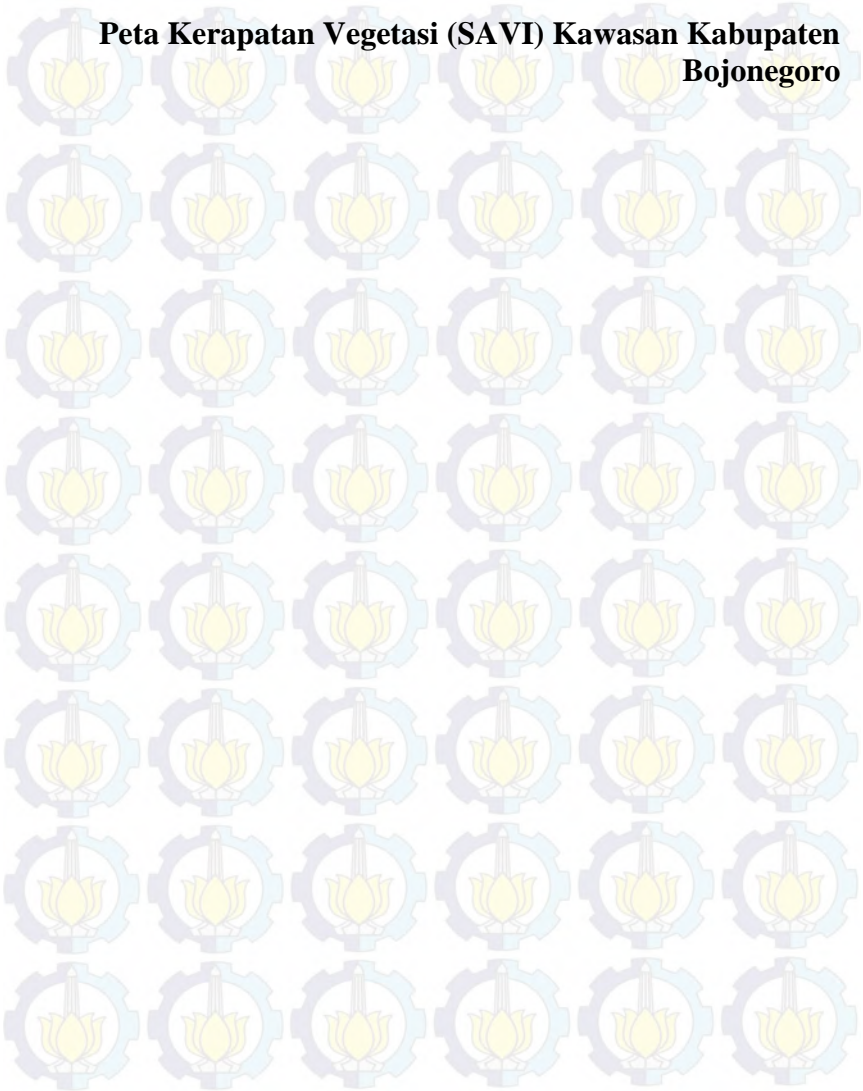




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C

Peta Kerapatan Vegetasi (SAVI) Kawasan Kabupaten Bojonegoro

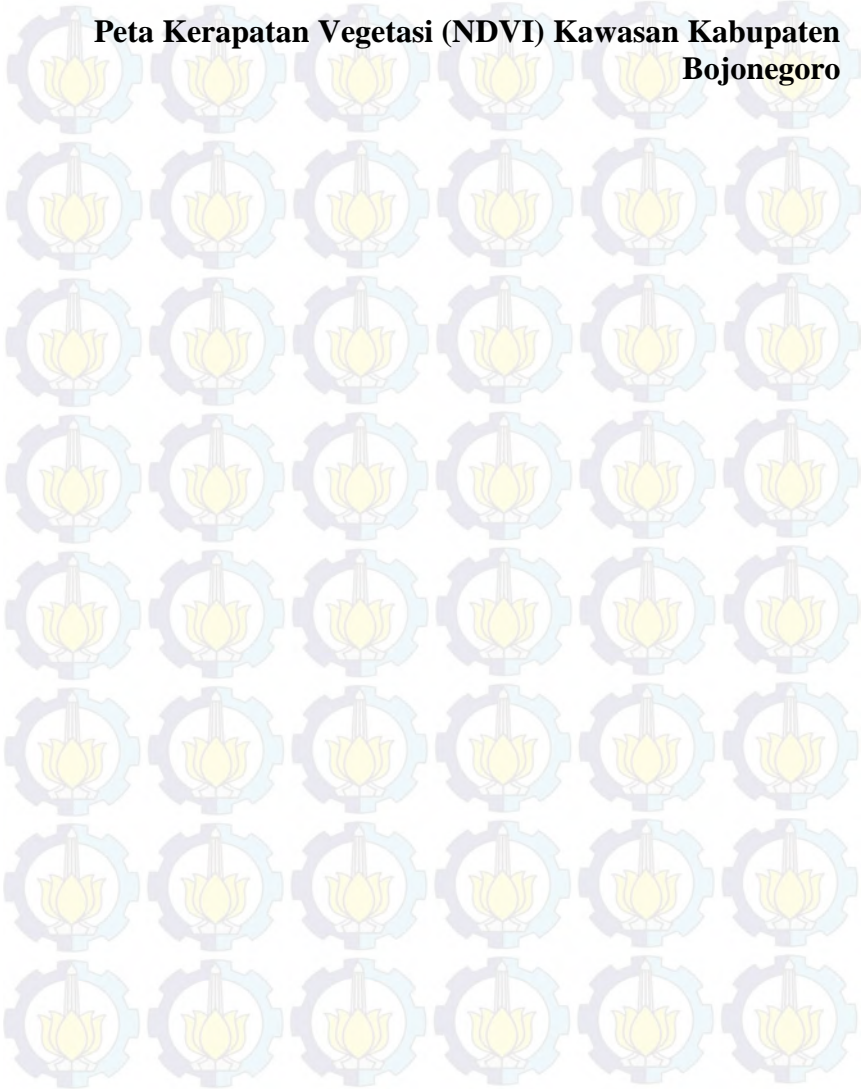




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D

Peta Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kawasan Kabupaten Bojonegoro

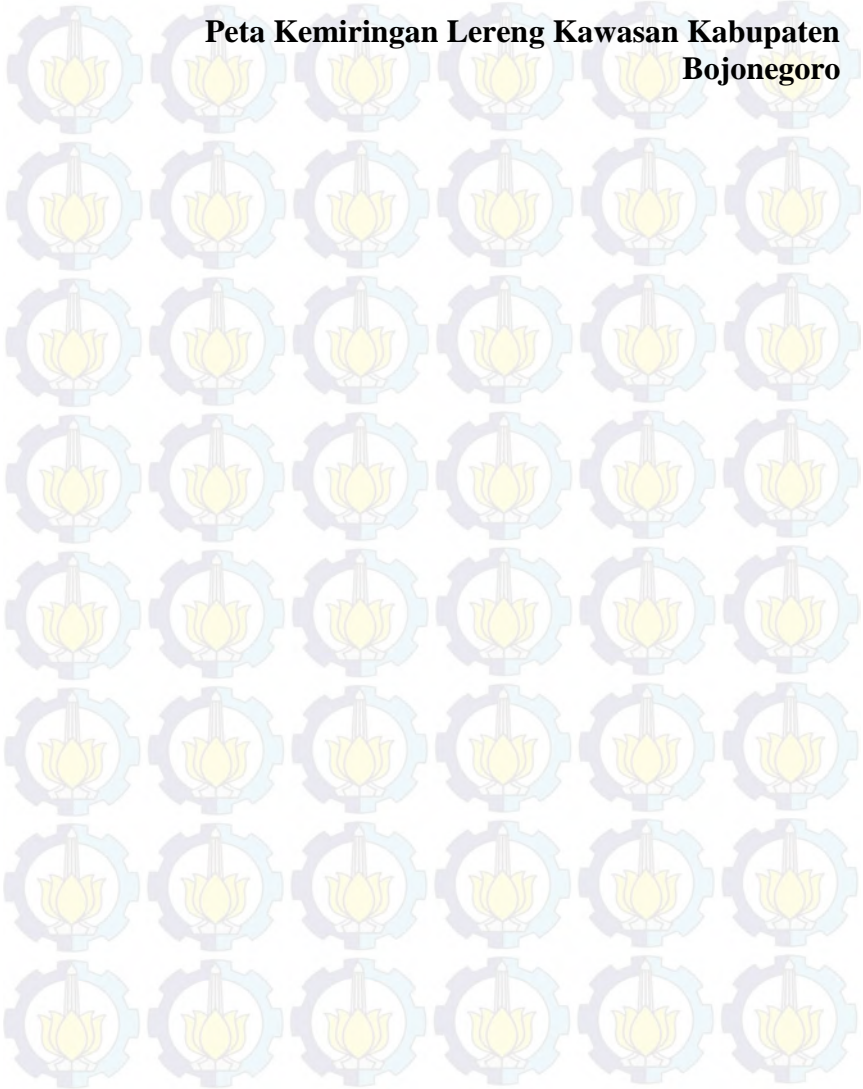




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E

Peta Kemiringan Lereng Kawasan Kabupaten Bojonegoro

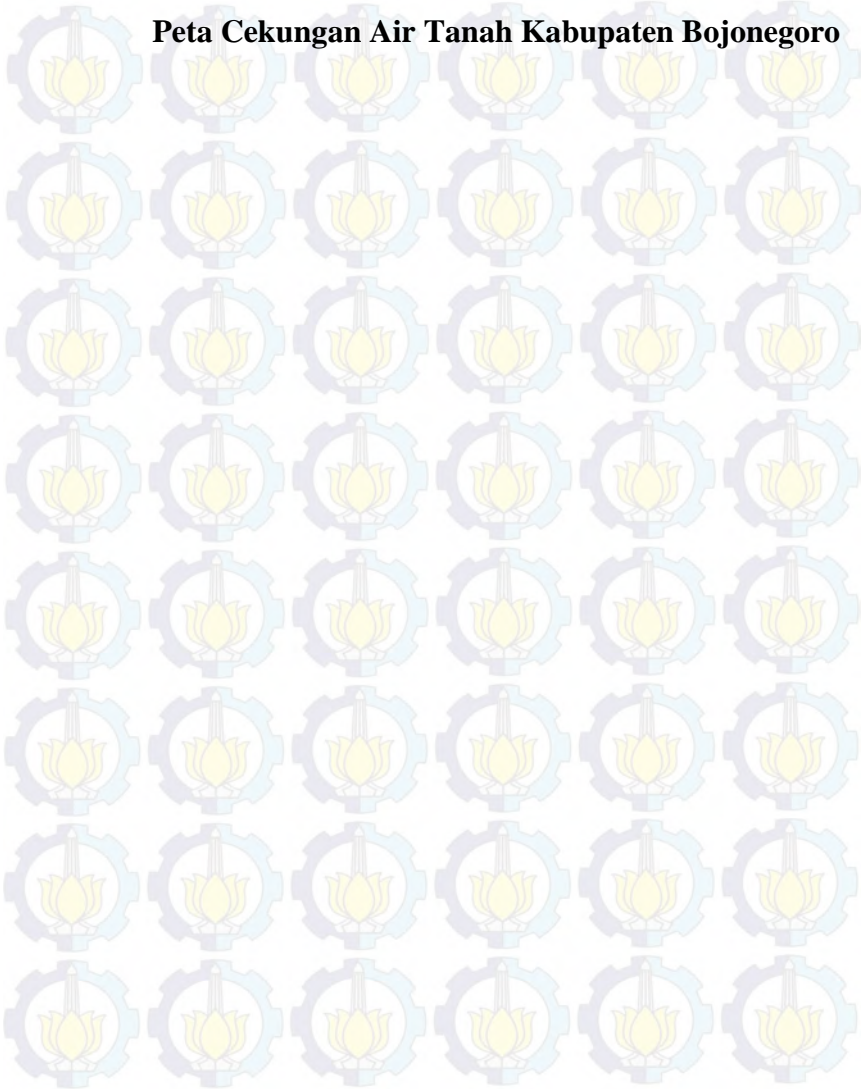




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN F

Peta Cekungan Air Tanah Kabupaten Bojonegoro

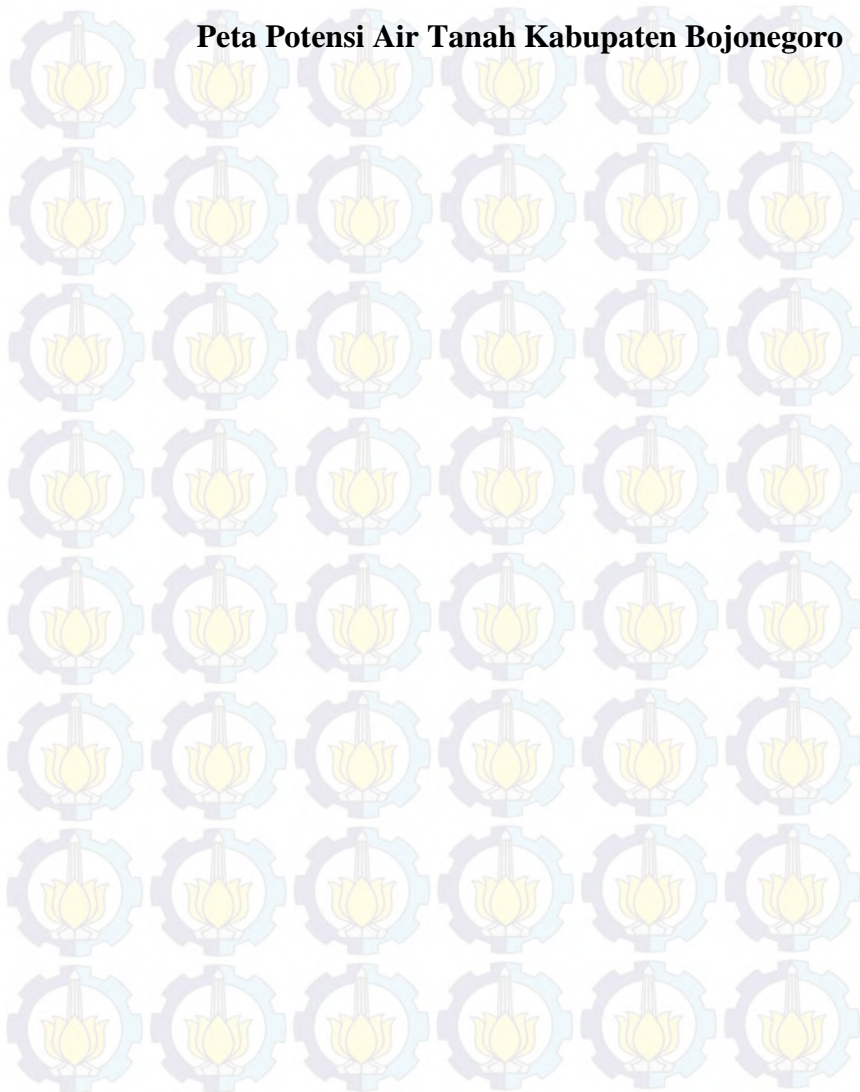




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN G

Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bojonegoro

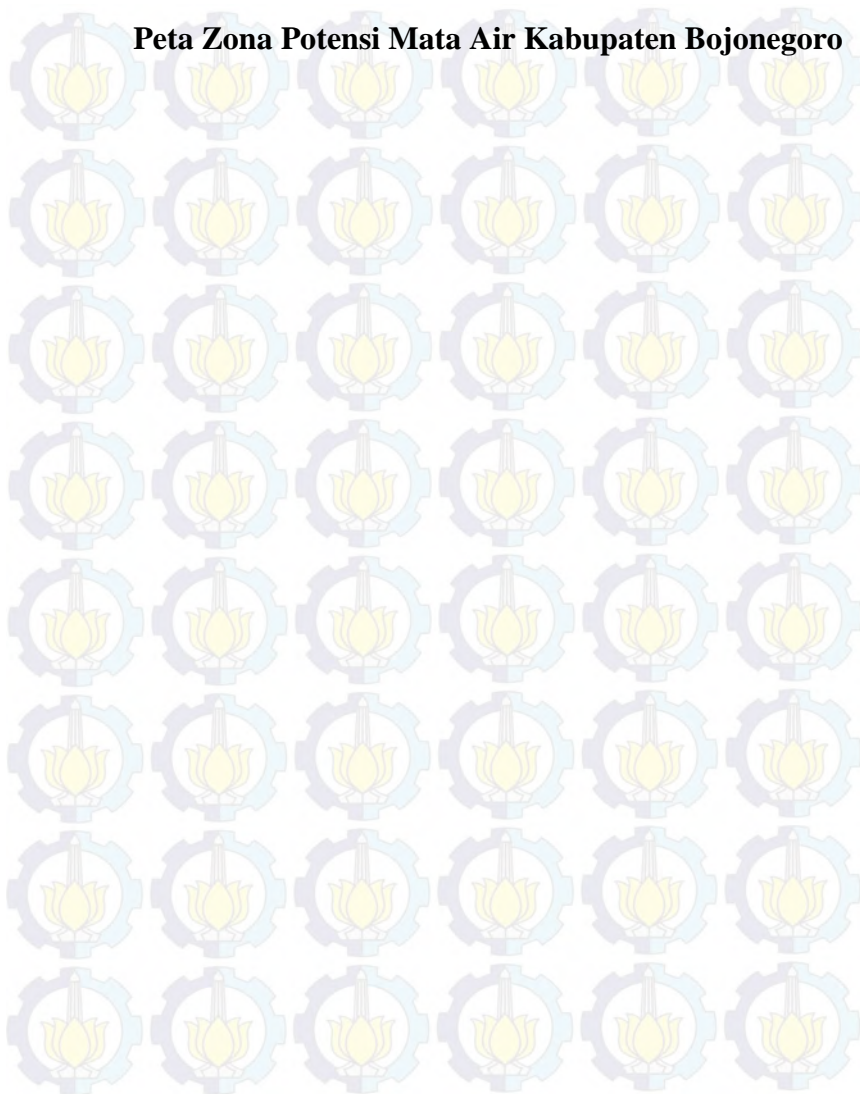




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN H

Peta Zona Potensi Mata Air Kabupaten Bojonegoro

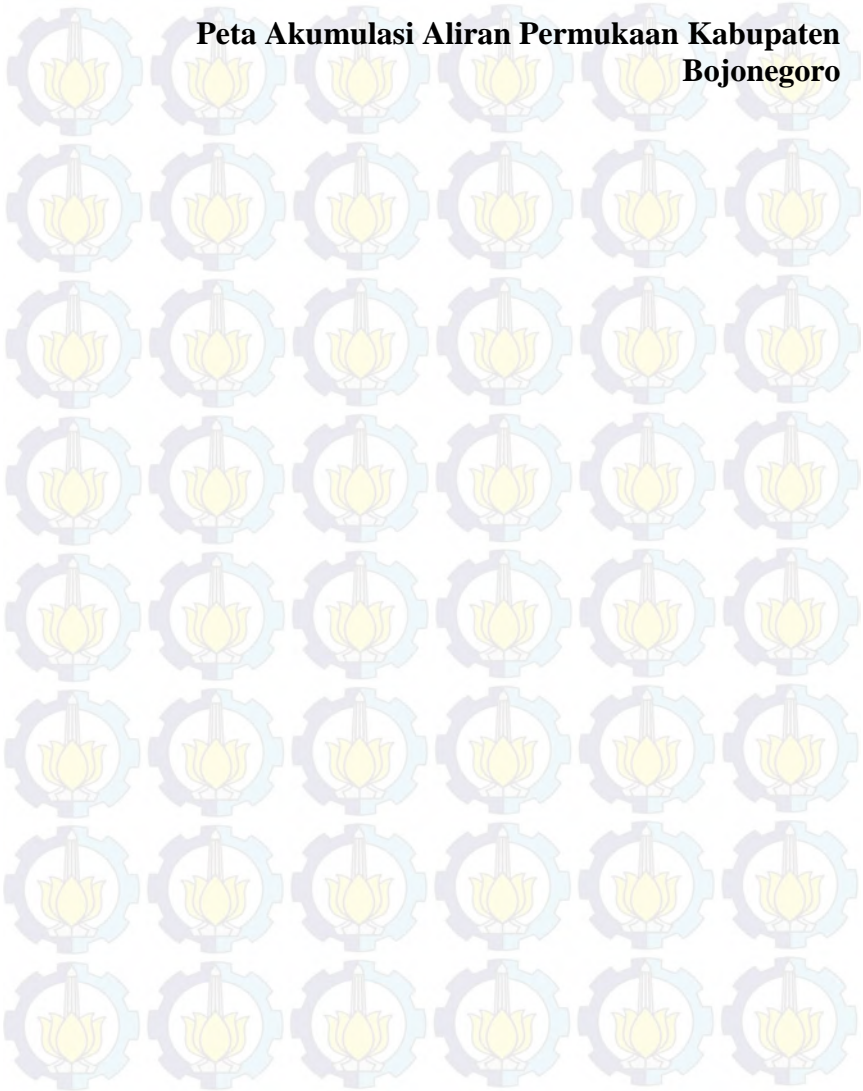




“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

Peta Akumulasi Aliran Permukaan Kabupaten Bojonegoro





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat, 17 November 1993 dan merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di TK Ubung, kemudian melanjutkan di SDN 1 Ubung hingga kelas 3. Penulis kemudian berpindah domisili di Daerah Istimewa Yogyakarta dan melanjutkan pendidikan di SDN 1 Purworejo.

Penulis memilih pendidikan selanjutnya di SMP Negeri 4 Pakem, lulus pada tahun 2009 dan melanjutkan jenjang berikutnya di SMA Negeri 8 Yogyakarta. Lulus SMA pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi negeri dengan menempuh program studi S-1 Teknik Geomatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Diterima melalui seleksi reguler SNMPTN 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3511 100 036. Selain memperdalam ilmu eksakta di bangku kuliah, selama menjadi mahasiswa penulis juga cukup aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan, UKM dan kajian kampus, serta berbagai kegiatan pelatihan maupun seminar baik dalam lingkup institut, regional, maupun nasional.

Dalam upaya menyelesaikan masa studi di jurusan Teknik Geomatika ITS, penulis memilih tugas akhir yang terkait dengan bidang geospasial khususnya pada disiplin ilmu penginderaan jauh. Penulis berharap dapat selalu menghasilkan karya yang bermanfaat bagi orang-orang terdekat dan mampu memberikan perubahan positif bagi masyarakat luas.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”