



**STUDI PERBANDINGAN PENDUGAAN POTENSI AIR BAWAH TANAH
METODE GEOLISTRIK DENGAN METODE SPASIAL
DI KABUPATEN SAMPANG - JAWA TIMUR**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

| | | |
|--------------|---------------------|----------------------------|
| Asal : | Hadiah Pembelian | Klass 627.1 PUT s |
| Terima Tgl : | 30 JUN 2010 | |
| Unlah Eks : | | |
| Oleh : | ang katalog : | |

Aditya Ivan Buana Putra
NIM 051910301012

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**

PERSEMBAHAN

Inspirasi kecil (Skripsi) ini saya persembahkan untuk :

1. Papaku Djuber dan Mamaku Indah Kusuma tercinta, yang tak lepas dari doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tulus, selalu mengiringiku langkah serta nafasku dalam meraih asa.
2. Saudara tunggalku, Adiatama Febrian Angkasa Putra (Adek) *who always give me support, I love you bro.*
3. Eyang kakung, Alm. H. Muh. Moenasib P.A. yang selalu merawat dan memberiku pengarahan untuk menjadi orang sukses, *thanks Grandpha.*
4. *My Teacher*, sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

"Bahwa sesungguhnya setelah kesukaran pasti ada kemudahan"

(Q.S. Al Insyirah : 5)

"Didunia ini tidak ada yang tidak sulit, namun tidak ada yang tidak mungkin"

(Napoleon Bonaparte)

*"Hai orang-orang yang beriman jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu,
sesungguhnya ALLAH SWT. beserta orang-orang yang sabar"*

(Q.S. Al Baqarah Ayat 45)

"Jenius adalah 1 % inspirasi dan 99 % keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras. Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan."

(Thomas A. Edison)

"Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna."

(Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aditya Ivan Buana Putra

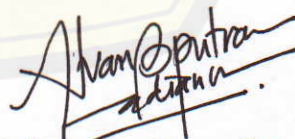
NIM : 051910301012

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Perbandingan Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah Metode Geolistrik Dengan Metode Spasial di Kabupaten Sampang - Jawa Timur” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dan sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 10 Juni 2010

Yang menyatakan,



Aditya Ivan Buana Putra
NIM 0519103011012

SKRIPSI



**STUDI PERBANDINGAN PENDUGAAN POTENSI AIR BAWAH TANAH
METODE GEOLISTRIK DENGAN METODE SPASIAL
DI KABUPATEN SAMPANG - JAWA TIMUR**

Oleh

Aditya Ivan Buana Putra
NIM 051910301012

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Gusfan Halik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Wiwik Yunarni W., S.T., M.T.

PENGESAHAN

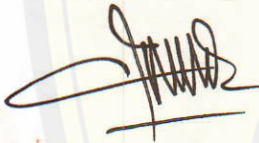
Skripsi berjudul “Studi Perbandingan Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah Metode Geolistrik Dengan Metode Spasial di Kabupaten Sampang - Jawa Timur”

hari, tanggal : Kamis, 10 Juni 2010

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,



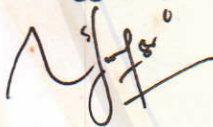
Gusfan Halik, S.T., M.T.
NIP 19710804 199803 1 002

Sekretaris,



Wiwik Yunarni W., S.T., M.T.
NIP 19700613 199802 2 001

Anggota I,



Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19711209 199803 2 001

Anggota II,



Jojok Widodo S., S.T., M.T.
NIP 19720527 200003 1 001

Mengesahkan

Dekan,



H. Widyono Hadi, M.T.

NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Studi Perbandingan Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah Metode Geolistrik Dengan Metode Spasial Di Kabupaten Sampang - Jawa Timur; Aditya Ivan Buana Putra; 051910301012; 2010 : 112 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Air merupakan suatu kebutuhan yang vital bagi manusia. Air tidak selalu mudah diperoleh dengan kualitas dan kuantitas yang cukup. Kondisi sumber daya air di Kabupaten Sampang telah mengalami ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air serta menurunnya daya dukung sumber daya air itu sendiri.

Pemanfaatan sumber daya air di Kabupaten Sampang digunakan untuk kebutuhan irigasi dan air baku didapat dari air permukaan (sungai dan sumber air) serta air tanah. Namun air permukaan pada daerah ini tidak mencukupi kebutuhan air untuk irigasi, sehingga masyarakat mengalami kesulitan air khususnya untuk irigasi. Sehingga perlu adanya upaya atau alternatif penyediaan air selain air permukaan. Salah satu alternatif adalah dengan cara memanfaatkan air bawah tanah.

Pemanfaatan air bawah tanah dapat dilakukan dengan cara pengeboran. Namun sering terjadinya kesalahan untuk menentukan titik pengeboran. Untuk menentukan titik pengeboran yang tepat dan mengetahui lapisan batuan pembawa air, maka perlu adanya penyelidikan awal (survei dan investigasi) akuifer pada daerah ini. Salah satu survei dan investigasi akuifer yaitu penyelidikan dengan Geolistrik (*Resistivity Meter*).

Seiring berkembangnya waktu, metode spasial merupakan salah satu metode yang mempunyai kemampuan penyediaan data dan informasi kebumihan yang bersifat dinamik. Pemanfaatan data spasial dalam SIG untuk kajian sumber

daya air dapat diterapkan untuk mempelajari ketersediaan air bawah tanah dan problema lingkungan yang terjadi, dengan memanfaatkan data multi sumber.

Penelitian ini terletak di Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang secara geografis terletak pada 07°11'38" LS / 113°22'07" BT. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik dan metode spasial. Metode geolistrik menggunakan konfigurasi Wenner Mapping untuk mengetahui susunan lapisan batuan pembawa air (akuifer), kedalaman dari permukaan tanah, dan potensi air bawah tanah. Metode spasial digunakan untuk menganalisis potensi air bawah tanah dengan bantuan program *ArcGIS 9.2*. Hasil yang didapatkan berupa peta potensi air bawah tanah.

Hasil perhitungan, analisis data dan pembahasan menunjukkan bahwa litologi pada lokasi penelitian didominasi gamping sisipan lempungan, gamping pasiran sisipan lempungan, gamping pasiran sisipan napal dan gamping pasiran. Batuan gamping pasiran sisipan napal dan gamping pasiran yang diharapkan berperan sebagai lapisan pembawa air (akuifer). Potensi air bawah tanah di lokasi penelitian dengan metode geolistrik sebesar 15,4 - 16,3 liter/detik. Potensi terbesar terdapat pada lintasan 2. Potensi air bawah tanah di lokasi penelitian dengan metode spasial sebesar 25 - 30 liter/detik.

Perlu diteliti lebih lanjut mengenai pendugaan potensi air bawah tanah metode geolistrik selain konfigurasi Wenner Mapping. Analisis data spasial terbatas menggunakan data sekunder yang ada. Oleh karena itu, perlu diteliti lebih lanjut menggunakan metode lain dan data terbaru seperti *remote sensing*.

SUMMARY

The Comparison Study of The Groundwater Potential Estimation By Using Geoelectricity Methods and Spatial Methods In The Regency of Sampang - East Java; Aditya Ivan Buaya Putra; 051910301012; 2010 : 112 pages; The Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The need of water in our life is lying on the first ranking. Human survives with no eat/food, but not without drinking water. Water is needed for drinking, farming and washing, etc. But the availability and accessibility are very limited and scarce as well as the quantity and the quality are very low. The conditions of water resources in The Regency of Sampang has been unbalance between water supply and water demand, also the degradation of water resources capacity was happened.

The utilization of water in The Regency of Sampang are for irrigation and drinking water, whereas basically it is from surface water (river and source of natural water) and groundwater. However, the surface water in this area does not enough of quantity for irrigation, therefore the people who living there are difficult for getting the water especially for irrigation. One of the way to solve the problem is by utilizing groundwater for their need.

The exploitation of groundwater can be done by applying drilling method. However, the difficulty/mistake are often found when it will determine the right position of location the drill point. The determination of the right position of the drill point and for knowing the layer of aquifer are required especially by doing the preliminary of investigation (survey and investigation) of the aquifer. One of the survey and investigation methods of the aquifer is by utilizing geoelectricity method (Resistivity Meter).

Currently, the spatial method is one of the methods that have a good capability to provide the data and geoscience information with a dynamic environment. The utilization of spasioal data of Geography Information System (GIS) for water resources can be applied for studying the availability of groundwater and environmental problems which had been occured by using a multi data source.

This study is located in Dusun Bunut-Sejati Village Kecamatan Camplong, Sampang. Dusun Bunut based on geographic situation is located at $07^{\circ}11'38''$ LS/ $113^{\circ}22'07''$ BT. This research use geoelectrical method and spatial method. Geoelectricity method applied Wenner Mapping to determine the composition of aquifers layer, the depth of layer from the ground surface and the potential of groundwater. The spatial method by applying of ArcGIS 9.2 program used to analyze the potential of groundwater. The result obtained from this program is the map of groundwater potential.

The result obtained from the calculations, data analysis and discussions in this study showed that the lithology at the research target area is dominated by limestone interbedded silt, sandy limestone interbedded silt, sandy limestone interbedded sandy marl and limestone. Sandy limestone interbedded sandy marl and limestone is expected as good aquifer. The potential of groundwater at study area which was obtained by using geoelectrical method were in a range 15,4 - 16,3 liters/second. The biggest potential of groundwater was achieved in the second path. On the other hand, the groundwater potential which was obtained from the spatial method in the study area were in a range 25-30 liters/second.

For further study, the prediction of the potential groundwater can be apply by using other methods except Wenner Mapping method. In this research the spatial data analysis was limited by using secondary data only. Therefore, it should be investigate by using other methods and the newest data such as by using remote sensing data.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Perbandingan Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah Metode Geolistrik Dengan Metode Spasial di Kabupaten Sampang - Jawa Timur”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Dr. Ir. T. Sutikto, M.Sc., selaku Rektor Universitas Jember;
2. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Gusfan Halik, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Wiwik Yunarni W., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Jojok Widodo S., S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan memberi masukan demi terselesainya skripsi ini;
4. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing serta memberi dukungan secara moral selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik;
5. Kedua orang tuaku, saudara tunggalku dan seluruh keluargaku yang tak lepas dari doa, kasih sayang dan dorongan dalam meraih asa;
6. Dosen, Teknisi Lab. dan Administrasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala bimbingannya selama ini;
7. Sahabat sekaligus Kakakku, Indra Hari P., Abd. Hasan A., A.Md., Tedy K., A.Md., Ahmad Muntaha S.T., Mirza Ghulam R., S.T., dan Julius Bayu S., A.Md. dan Renggo Wangsit T., A.Md. yang memberiku pelajaran dan dorongan semangat selama di Kampus Teknik;

8. Sahabatku Tim Olenk Sibutonk serta teman-teman yang susah senang kumpul bersama di Laboratorium Teknik Sipil;
9. Sahabatku Hafit Furqoni, S.P., Agustin Kardina, S.T. dan Rully, S.Pd. yang merasakan suka duka selama menjadi siswa sampai mahasiswa;
10. Teman kostku, Yudi P., Hafit S., Rofi N. S.Kg., Angga Budi P., M. Irfan, Iqbal, Alfian, Andhika R. Dan Mas Zainal Abidin A.Md., semoga sukses...!!;
11. Temanku seperjuangan dalam bidang ilmu Hidroteknik, Rossana N., S.T., Hadi Prasetyo, S.T., Arfian Hari K., Andi Wicaksono dan Rohman Wahyu A.Md. yang membantu dan memberikan motivasi selama ini;
12. Temanku Moh. Noor Ali, S.Si., Zainul Mushabiqqin (Komeng), Elok Permatasari S.KM. dan Sufi S.Si. yang memberikan masukan dan dorongan semangat;
13. Temanku KKT Mojogemi, Moh. Hasan B. S.Kep., R. Darsono, S.T., Hadi Susilo H., S.Ked., Karlinda R., S.Kg., Eka Damayanti, Kesit A. Cenderasari, S.Farm., Wulan Setya, S.Farm., Yuli Triwahyu I., S.Kep., dan Nurul Hikmah;
14. Teman-teman S1 dan D3 Angkatan 2005, semangat teman-teman...!!;
15. Teman-teman Teknik Sipil S1 dan D3 Universitas Jember, Teknik... Josss!!;
16. Semua pihak yang telah banyak membantu selama pembuatan skripsi ini.

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

Jember, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Pengertian Air Tanah | 5 |
| 2.1.1 <i>Akuifer Bebas (Unconfined Aquifer)</i> | 6 |
| 2.1.2 <i>Akuifer Terkekang (Confined Aquifer)</i> | 6 |
| 2.1.3 <i>Akuifer Setengah Terkekang (Semiconfined Aquifer)</i> . | 7 |
| 2.1.4 <i>Akuifer Menggantung (Perched Aquifer)</i> | 7 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2 | Konsep Aliran Air Tanah | 8 |
| 2.3 | Kriteria Debit Relatif | 9 |
| 2.4 | Eksplorasi Air Tanah | 9 |
| 2.5 | Metode Geofisika | 10 |
| 2.5.1 | Metode Seismik | 10 |
| 2.5.2 | Metode Magnetik | 10 |
| 2.5.3 | Metode Geolistrik Resistivitas | 10 |
| 2.6 | Tahanan Jenis Semu | 11 |
| 2.7 | Konfigurasi Elektroda | 13 |
| 2.8 | Akuisi Data Geolistrik | 15 |
| 2.9 | Program <i>Res2DInv</i> | 15 |
| 2.10 | Interpretasi Data | 16 |
| 2.11 | Kondisi Geologi | 17 |
| 2.12 | Aspek Hidrogeologi | 19 |
| 2.13 | Metode Pengukuran Posisi dengan GPS (<i>Global Positioning System</i>) | 22 |
| 2.13.1 | Sistem GPS | 22 |
| 2.13.2 | Metode Penentuan Posisi dengan GPS | 23 |
| 2.13.3 | Ketelitian Penentuan Posisi dengan GPS | 24 |
| 2.14 | Sistem Informasi Geografis (SIG) | 25 |
| 2.14.1 | Pengertian Sistem Informasi Geografis (SIG) | 25 |
| 2.14.2 | Subsistem SIG | 25 |
| 2.14.3 | Alasan Penggunaan SIG | 26 |
| 2.14.4 | Cara Kerja SIG | 27 |
| 2.15 | Data Spasial Kemiringan Lereng | 28 |
| 2.16 | Data Spasial Sebaran Hujan | 29 |
| BAB 3. | METODE PENELITIAN | 30 |
| 3.1 | Lokasi Penelitian | 30 |
| 3.2 | Ruang Lingkup Penelitian | 30 |
| 3.3 | Sumber Data dan Tahapan Penelitian | 31 |

| | | |
|-----------------------------|--|------------|
| 3.3.1 | Data Primer | 31 |
| 3.3.2 | Data Sekunder | 31 |
| 3.3.3 | Pengolahan dan Analisis Data | 32 |
| 3.3.4 | Interpretasi Data Geolistrik | 33 |
| 3.3.5 | Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah | 33 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1 | Hasil Pengukuran Geolistrik | 37 |
| 4.2 | Interpretasi Data Geolistrik | 38 |
| 4.3 | Hasil Analisis Kondisi Geologi | 45 |
| 4.4 | Hasil Analisis Aspek Hidrogeologi | 48 |
| 4.5 | Hasil Analisis Tata guna Lahan | 51 |
| 4.6 | Hasil Analisis DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) | 53 |
| 4.7 | Hasil Analisis Sebaran Hujan | 55 |
| 4.8 | Hasil Analisis Data Sumur Bor | 57 |
| 4.9 | Analisis Data Spasial | 58 |
| 4.10 | Analisis Perbandingan Metode Geolistrik dengan Metode Spasial | 64 |
| BAB 5. | PENUTUP | 67 |
| 5.1 | Kesimpulan | 67 |
| 5.2 | Saran | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 68 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | | |
| A. | DATA PENGUKURAN TAHANAN JENIS | 70 |
| B. | DATA CURAH HUJAN KABUPATEN SAMPANG | 84 |
| C. | DATA SUMUR BOR DALAM SAMPANG (SDSP) | 97 |
| D. | DOKUMENTASI PENGUKURAN GEOLISTRIK | 111 |
| E. | DOKUMENTASI SURVEI LETAK POSISI SDSP | 112 |

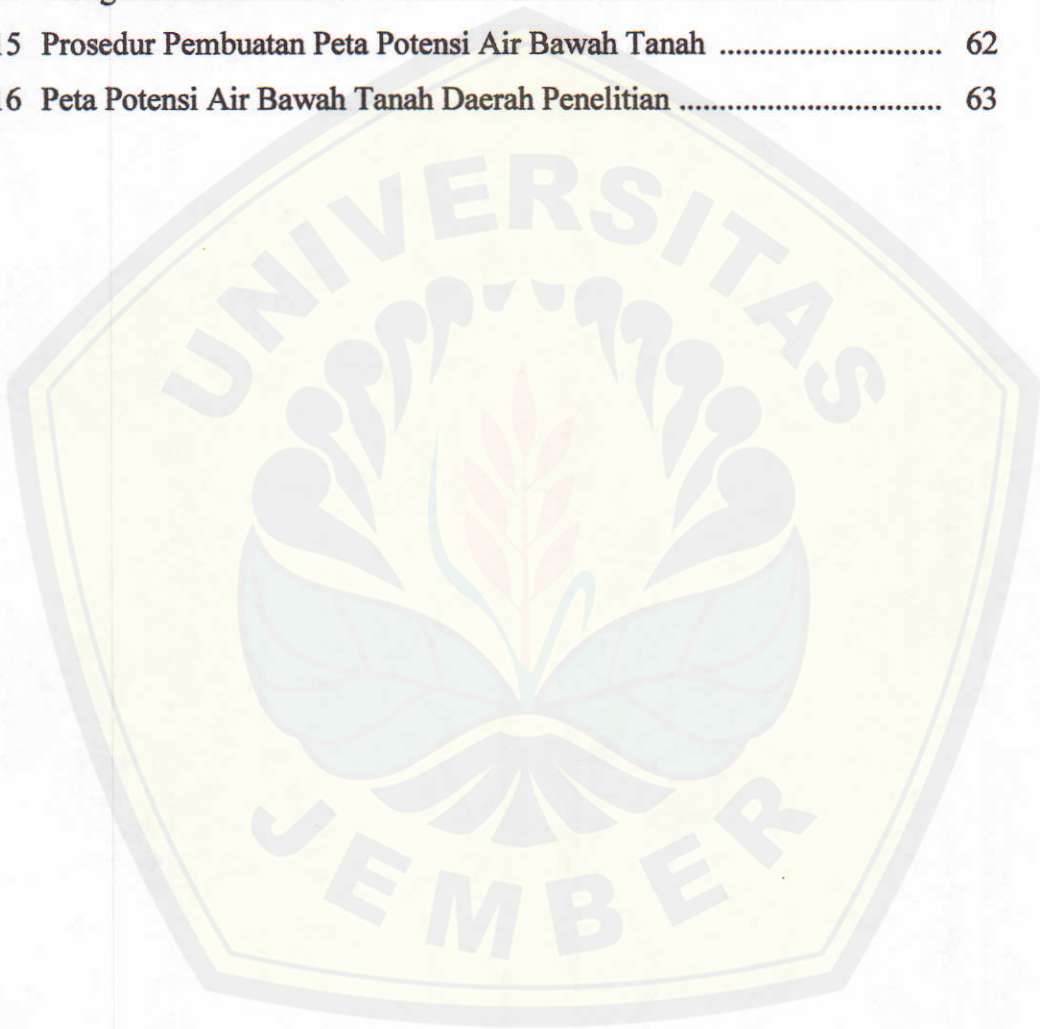
DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Nilai Konduktivitas Hidraulik (K)..... | 8 |
| 2.2 Kriteria Debit Relatif Pengeboran | 9 |
| 2.3 Nilai Tahanan Jenis (Resistivitas) Spesifik Batuan | 12 |
| 2.4 Nilai Tahanan Jenis (Resistivitas) Spesifik Berbagai Jenis Batuan | 12 |
| 2.5 Klasifikasi DEM menurut Kemiringan Lereng | 29 |
| 2.6 Klasifikasi Intensitas Hujan | 29 |
| 4.1 Interpretasi pada lintasan 1 | 43 |
| 4.2 Interpretasi pada lintasan 2 | 43 |
| 4.3 Interpretasi pada lintasan 3 | 43 |
| 4.4 Perkiraan Debit Aliran Lintasan 1 | 44 |
| 4.5 Perkiraan Debit Aliran Lintasan 2 | 44 |
| 4.6 Perkiraan Debit Aliran Lintasan 3 | 44 |
| 4.7 Kesesuaian Debit Sumur Bor dengan Peta Potensi Air Bawah Tanah .. | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Potongan Melintang Akuifer Bebas dan Akuifer Terkekang | 5 |
| 2.2 Akuifer Bebas | 6 |
| 2.3 Akuifer Terkekang | 6 |
| 2.4 Akuifer Setengah Terkekang | 7 |
| 2.5 Akuifer Menggantung | 7 |
| 2.6 Cara Kerja Geolistrik | 11 |
| 2.7 Beberapa Macam Model Konfigurasi Elektroda | 13 |
| 2.8 Akusisi Data Wenner Mapping | 15 |
| 2.9 Penentuan Posisi dengan GPS dengan Beberapa Satelit GPS | 22 |
| 2.10 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS | 24 |
| 2.11 Aplikasi Analisa SIG | 28 |
| 3.1 Peta Lokasi Penelitian | 30 |
| 3.2 Flow Chart Penelitian | 34 |
| 3.3 Flow Chart Pengolahan dan Analisa Data Primer | 35 |
| 3.4 Flow Chart Pengolahan dan Analisa Data Sekunder | 36 |
| 4.1 Peta Lintasan Geolistrik Wenner Mapping | 37 |
| 4.2 Litologi Lintasan 1 Geolistrik Wenner Mapping | 40 |
| 4.3 Litologi Lintasan 2 Geolistrik Wenner Mapping | 41 |
| 4.4 Litologi Lintasan 3 Geolistrik Wenner Mapping | 42 |
| 4.5 Peta Geologi Daerah Penelitian | 47 |
| 4.6 Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian | 50 |
| 4.7 Peta Tataguna Lahan Daerah Penelitian | 52 |
| 4.8 Peta DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) Daerah Penelitian | 54 |
| 4.9 Peta Sebaran Hujan Daerah Penelitian | 56 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.10 | Mempersiapkan Peta-peta | 59 |
| 4.11 | Pemberian Skor pada Peta | 59 |
| 4.12 | Penggabungan (<i>Overlay</i>) Peta | 60 |
| 4.13 | Perkalian dari Bobot dan Skor Peta | 60 |
| 4.14 | Mengklasifikasikan Skor Total | 61 |
| 4.15 | Prosedur Pembuatan Peta Potensi Air Bawah Tanah | 62 |
| 4.16 | Peta Potensi Air Bawah Tanah Daerah Penelitian | 63 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|-----------|
| A. DATA PENGUKURAN GEOLISTRIK | 70 |
| A.1 Data Pengukuran Tahanan Jenis Lintasan 1 (MD-01) | 70 |
| A.2 Data Pengukuran Tahanan Jenis Lintasan 2 (MD-02) | 74 |
| A.3 Data Pengukuran Tahanan Jenis Lintasan 3 (MD-03) | 78 |
| A.4 Data Posisi Letak Pengukuran (MDA-MDC) | 82 |
| B. DATA CURAH HUJAN KABUPATEN SAMPANG | 84 |
| B.1 Data Curah Hujan Sta. Ketapang Tahun 1992 - 2009 | 84 |
| B.2 Data Curah Hujan Sta. Banyuates Tahun 1992 - 2009 | 85 |
| B.3 Data Curah Hujan Sta. Robatal Tahun 1992 - 2009 | 86 |
| B.4 Data Curah Hujan Sta. Sampang Tahun 1992 - 2009 | 87 |
| B.5 Data Curah Hujan Sta. Labuhan Tahun 1992 - 2009 | 88 |
| B.6 Data Curah Hujan Sta. Omben Tahun 1992 - 2009 | 89 |
| B.7 Data Curah Hujan Sta. Sukobanah Tahun 1992 - 2009 | 90 |
| B.8 Data Curah Hujan Sta. Kedungdung Tahun 1992 - 2009 | 91 |
| B.9 Data Curah Hujan Sta. Tambelangan Tahun 1992 - 2009 | 92 |
| B.10 Data Curah Hujan Sta. Camplong Tahun 1992 - 2009 | 93 |
| B.11 Data Curah Hujan Sta. Torjun Tahun 1992 - 2009 | 94 |
| B.12 Data Curah Hujan Sta. Karang Penang Tahun 1992 - 2009 | 95 |
| B.13 Data Curah Hujan Sta. Jrengik Tahun 1992 - 2009 | 96 |
| C. DATA SUMUR BOR DALAM SAMPANG (SDSP) | 97 |
| C.1 Daftar Sumur Bor Dalam P2AT yang Telah Dibangun RP,JIAT, Mesin Penggerak, Pompa dan Telah Beroperasi di Kabupaten Sampang | 97 |
| C.2 Data Letak Posisi Sumur Bor Dalam Sampang (SDSP) | 98 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| C.3 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 078 | 99 |
| C.4 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 079 | 100 |
| C.5 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 083 | 101 |
| C.6 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 101 | 102 |
| C.7 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 103 | 103 |
| C.8 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 111 | 104 |
| C.9 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 146 | 105 |
| C.10 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 158 | 106 |
| C.11 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 176 | 107 |
| C.12 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 217 | 108 |
| C.13 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDSP 218 | 109 |
| C.14 | Litologi dan <i>Well Design</i> SDPM 123 | 110 |
| D. | DOKUMENTASI PENGUKURAN GEOLISTRIK | 111 |
| E. | DOKUMENTASI SURVEI LETAK POSISI SDSP | 112 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang harus disyukuri dan dikelola secara baik dan benar sehingga dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan untuk mewujudkan kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat di segala bidang. Air merupakan suatu kebutuhan yang vital bagi manusia. Air tidak selalu mudah diperoleh dengan kualitas dan kuantitas yang cukup. Air diperoleh dari air tanah dan air permukaan. Air tanah merupakan satu bagian dalam proses sirkulasi alamiah. Jika pemanfaatan air tanah itu memutuskan sistem sirkulasi, yakni air yang dieksploitasi melebihi besarnya pengisian kembali (*recharge*) maka akan terjadi pengurangan volume air tanah yang ada (Suyono, 2006:130).

Kondisi sumber daya air di Kabupaten Sampang telah mengalami ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air serta menurunnya daya dukung sumber daya air itu sendiri. Pada musim penghujan selalu terjadi banjir, sedangkan pada musim kemarau terjadi kekeringan. Pada musim kemarau, pasokan air sangat terbatas, sementara kebutuhannya relatif tetap, sehingga pasokan air untuk pertanian menjadi terbatas. Kekeringan yang menyebabkan terjadinya kegagalan usaha pertanian, perkebunan, dan peternakan (Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Air Tanah Dalam TA. 2009). Kekeringan di kabupaten Sampang telah menyebabkan kegagalan panen yang cukup luas yaitu ± 3.116 Ha pada tahun 2005 (RPJM Kabupaten Sampang 2007-2012, 2006).

Berdasarkan Profil Kabupaten Sampang 2007, maka dapat diketahui luas areal sawah fungsional sebesar 16.877 Ha, yang terdiri dari: 4.254 Ha (irigasi teknis), 681 Ha (irigasi semi teknis) ; 96 Ha (irigasi sederhana); 11.082 Ha (irigasi tadah hujan); 490 Ha (sawah irigasi air tanah). Kecamatan Camplong merupakan salah satu wilayah yang terdapat di Kabupaten Sampang yang memiliki potensi

daerah irigasi yang baik dengan luas lahan sawah seluas 1963,28 Ha (Sampang Dalam Angka 2007, 2008). Dalam memenuhi kebutuhan air untuk keperluan irigasi menggunakan air permukaan. Namun air permukaan pada daerah ini tidak mencukupi kebutuhan air untuk irigasi, sehingga masyarakat mengalami kesulitan air khususnya untuk irigasi (RPJM Kabupaten Sampang 2007-2012, 2006). Sehingga perlu adanya upaya atau alternatif penyediaan air selain air permukaan. Salah satu alternatif adalah dengan cara memanfaatkan air bawah tanah.

Pemanfaatan air bawah tanah dapat dilakukan dengan cara pengeboran. Namun sering terjadi kesalahan untuk menentukan titik pengeboran. Untuk menentukan titik pengeboran yang tepat dan mengetahui lapisan batuan pembawa air, maka perlu adanya penyelidikan awal (survei dan investigasi) akuifer pada daerah ini. Salah satu survei dan investigasi akuifer yaitu penyelidikan dengan metode geolistrik (*Resistivity Meter*).

Seiring berkembangnya waktu, metode spasial merupakan salah satu metode yang mempunyai kemampuan penyediaan data dan informasi kebumiharian yang bersifat dinamik. Ketersediaan data dan informasi yang diimbangi dengan pengolahan data menjadi informasi wilayah dapat dilakukan dengan sistem informasi geografis (Hartono, 2005). Pemanfaatan data spasial dalam SIG untuk kajian sumber daya air dapat diterapkan untuk mempelajari ketersediaan air bawah tanah dan problema lingkungan yang terjadi, dengan memanfaatkan data multi sumber. Pada penelitian ini, akan dilakukan studi perbandingan pendugaan potensi air bawah tanah dengan metode geolistrik dan metode spasial. Lokasi penelitian terletak di Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang Jawa Timur sebagai studi kasus.

1.2 Rumusan Masalah

Air bawah tanah merupakan sumber potensi air yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan. Untuk mendapatkan potensi air yang diharapkan maka perlu adanya penyelidikan akuifer sebelum dilakukan pengeboran. Metode yang

digunakan dengan metode geolistrik (*Resistivity Meter*) dan metode spasial.

Penelitian skripsi ini akan membahas mengenai :

1. Seperti apakah struktur lapisan bawah permukaan tanah pembawa air (akuifer) dengan pendekatan geolistrik pada lokasi penelitian?
2. Berapakah potensi air bawah tanah dengan metode geolistrik pada lokasi penelitian?
3. Berapakah potensi air bawah tanah dengan metode spasial pada lokasi penelitian?

1.3 Batasan Masalah

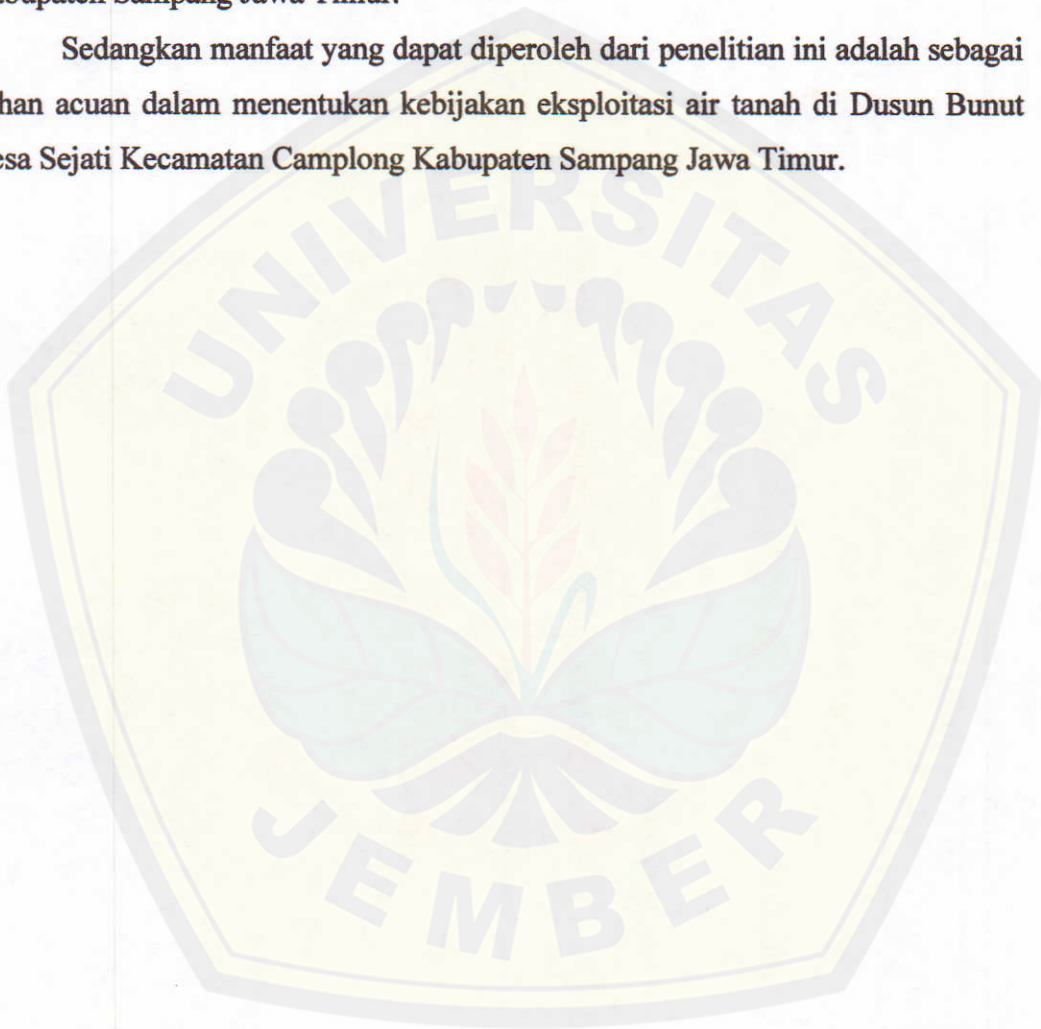
Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian adalah Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang Jawa Timur.
2. Pelaksanaan penyelidikan posisi potensi air bawah tanah menggunakan metode Geolistrik konfigurasi Wenner Alpha dengan teknik pengambilan data menggunakan Lateral Mapping (*Wenner Mapping*) dengan menggunakan geolistrik tipe *Martiel Geophysics*.
3. Panjang lintasan Geolistrik sepanjang 700 meter.
4. Pengumpulan data berupa pengukuran posisi lokasi penyelidikan baik koordinat maupun elevasinya menggunakan GPS (*Global Positioning System*) tipe *Garmin GPSMAP 76CSX*.
5. Pengolahan/inversi data Geolistrik dilakukan dengan bantuan program *Res2Dinv*.
6. Pengolahan data GPS dilakukan dengan bantuan program *Surfer ver. 8*.
7. Analisis potensi air bawah tanah dilakukan dengan bantuan program *ArcGIS 9.2*.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah tersedianya informasi yang lebih detail mengenai struktur lapisan bawah tanah pembawa air (akuifer) dan potensi air bawah tanah di Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang Jawa Timur.

Sedangkan manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai bahan acuan dalam menentukan kebijakan eksploitasi air tanah di Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang Jawa Timur.

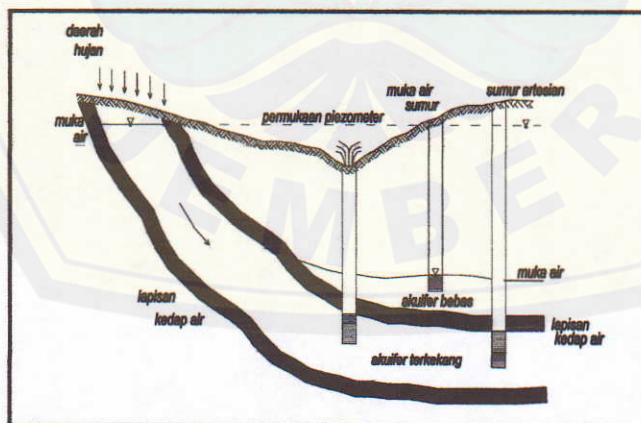


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Tanah

“Air tanah ialah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase atau dengan pemompaan” (Kodoatie, 2005:15). Disebut juga sebagai aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan.

Air tanah dalam adalah air yang berada di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah dengan kedalaman > 60 meter. Air tersebut terdapat dalam ruang pori dalam lapisan tanah atau batuan yang mengandung air jenuh (Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Air Tanah Dalam TA. 2009). Air tanah merupakan air yang menempati rongga-rongga pada lapisan geologi. Lapisan geologi yang ditempati air tanah yaitu lapisan geologi yang tembus air (*permeable*) yang disebut akuifer dan lapisan geologi yang tidak tembus air (*impermeable*) dinamakan *aquiclude*.

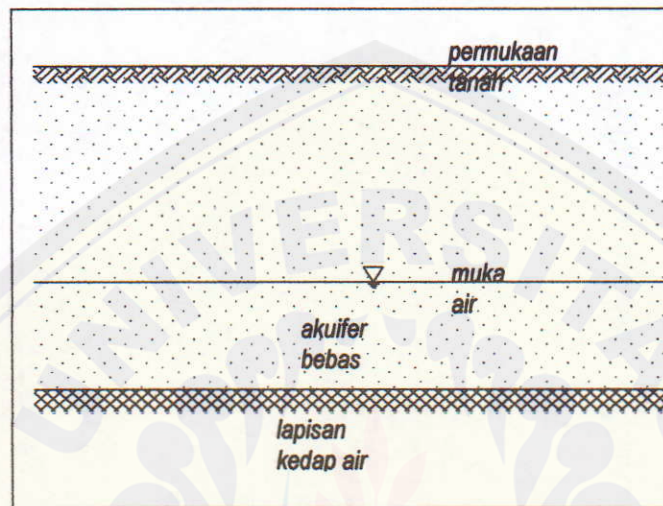


Gambar 2.1. Potongan Melintang Akuifer Bebas dan Akuifer Terkekang (Bisri, 1988:6)

Berdasarkan susunan lapisan geologinya (litologi) dan harga kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam (Bisri, 1988 : 5):

2.1.1 Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

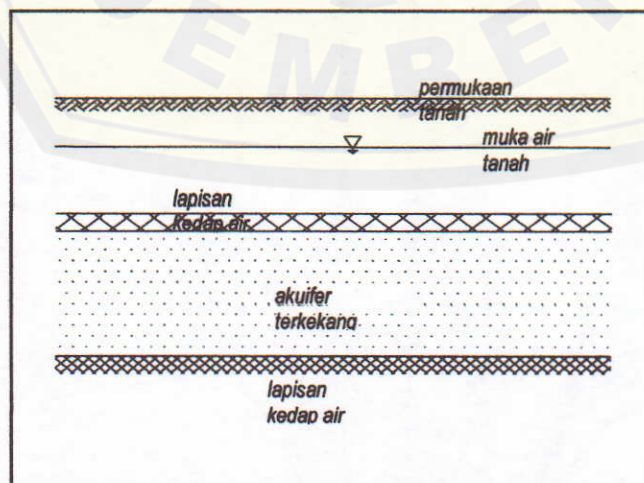
Adalah akuifer dimana muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas daerah jenuh air. Bagian atas akuifer bebas tidak tertutup dengan lapisan impermeable. Akuifer ini disebut juga *phreatic aquifer*.



Gambar 2.2. Akuifer Bebas (Bisri, 1988:6)

2.1.2 Akuifer Terkekang (*Confined Aquifer*)

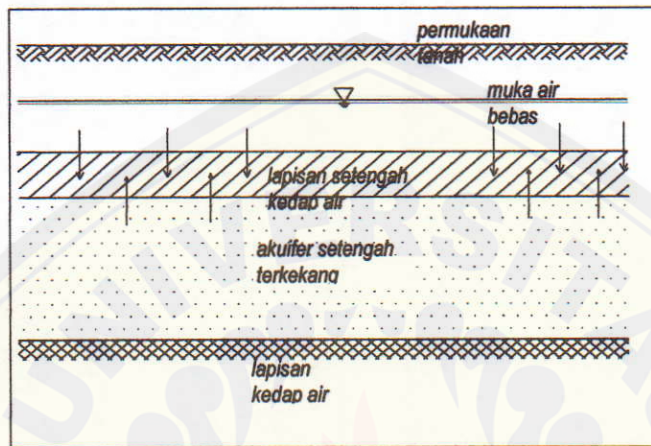
Adalah akuifer yang bagian atas dan bawah tertutup dengan lapisan kedap air (impermeable) dan mempunyai tekanan yang lebih besar daripada tekanan atmosfer. Akuifer ini disebut juga dengan *pressure aquifer*.



Gambar 2.3. Akuifer Terkekang (Bisri, 1988:6)

2.1.3 Akuifer Setengah Terkekang (*Semiconfined Aquifer*)

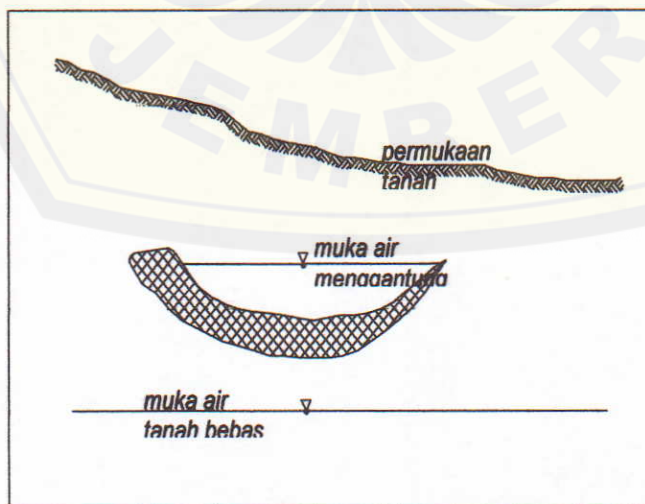
Adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (nilai kelulusannya terletak antara akuifer dan akuitar) dan bagian bawah terletak pada suatu dasar yang kedap air.



Gambar 2.4. Akuifer Setengah Terkekang (Bisri, 1988:7)

2.1.4 Akuifer Menggantung (*Perched Aquifer*)

Adalah akuifer yang massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak di atas daerah jenuh air.



Gambar 2.5. Akuifer Menggantung (Bisri, 1988 : 7)

2.2 Konsep Aliran Air Tanah

Air selalu bergerak menuju ke tempat yang lebih rendah. Air tanah bergerak menempati rongga-rongga dalam lapisan akuifer. Gerakan air tanah dalam keadaan sebenarnya tidak berubah (Soemarto, 1999:166). Gerakan tersebut dikuasai prinsip-prinsip hidrolika yang telah tersusun baik. Konsep aliran air tanah merupakan aliran porous media. Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh Darcy (1856) yang dikenal dengan Hukum Darcy. Konsep ini merupakan dasar dari hidrogeologi secara kuantitatif. Persamaan dasarnya adalah sebagai berikut (Soemarto, 1999:170):

$$Q = q \times A = -K \times \frac{dh}{dl} \times A \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q = K i A \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

- Q = debit aliran (m³/dt)
- A = luas suatu potongan (m²)
- $\frac{dh}{dl} = i$ = kelandaian/gradien hidrolik
- K = konduktivitas hidrolik

Besarnya nilai konduktivitas hidrolik tergantung dari jenis tanah terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Hidrolik (K)

| Rocks (Batuan) | Unconsolidated deposits (Material sedimen) | K (m/det) |
|---|--|-------------------|
| Karst Limestone | | 1 |
| permeable fractured metamorphic & igneous | | 10 ⁻¹ |
| limestone & dolomite | | 10 ⁻² |
| batuan pasir | | 10 ⁻³ |
| unfractured metamorphic & igneous | | 10 ⁻⁴ |
| shale | | 10 ⁻⁵ |
| Lempung unweathered marine clay | | 10 ⁻⁶ |
| | Glacial till | 10 ⁻⁷ |
| | silt loess | 10 ⁻⁸ |
| | pasir lanau | 10 ⁻⁹ |
| | pasir | 10 ⁻¹⁰ |
| | kerikil | 10 ⁻¹¹ |
| | | 10 ⁻¹² |
| | | 10 ⁻¹³ |

Sumber : Freeze & Cherry, 1979 (Dalam Kadoatie, 2005:75)

2.3 Kriteria Debit Relatif

Menurut Sonny Wedhanto (2006:96) bahwa kriteria debit relatif dengan skala ordinal, ditentukan atas dasar fungsi sumur bor yaitu untuk irigasi sawah. Tiap hektar (ha) sawah membutuhkan satu liter air per detik, dan satu sumur dirancang untuk mengairi 30 ha sawah, sehingga debit minimum adalah 30 liter/detik. Jika debit sumur bor hanya 15 liter/detik atau kurang, maka pengeboran dianggap gagal. Tetapi jika pengeboran berada di daerah yang tak memiliki sumber air, pengeboran dengan debit 12-15 liter/detik boleh dilanjutkan. Kriteria debit relatif pengeboran terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Debit Relatif Pengeboran

| Debit Relatif Pengeboran (liter/detik) | Kriteria |
|---|--------------|
| ≤ 15 | Sangat Kecil |
| $> 15 - < 20$ | Kecil |
| $20 - < 25$ | Sedang |
| $25 - 30$ | Besar |
| > 30 | Sangat Besar |

Sumber : Sonny W., 2006

2.4 Eksplorasi Air Tanah

Eksplorasi air tanah merupakan pendugaan potensi keberadaan air tanah pada suatu daerah. Keberadaan air tanah pada suatu daerah tidak lepas dari kondisi lapisan geologi bawah permukaan daerah tersebut. Untuk mengetahui keberadaan air tanah, perlu adanya survei awal untuk mengetahui kondisi lapisan geologi bawah permukaan. Survei yang dilakukan yaitu survei kondisi geologi, aspek hidrogeologi yang telah diperoleh.

Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan letak posisi yang akan dilakukan eksplorasi air tanah. Saat ini telah dikembangkan berbagai cara untuk mengetahui kondisi lapisan geologi bawah permukaan yaitu menggunakan metode pengeboran secara langsung dan beberapa metode geofisika. Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui potensi

air tanah yaitu dengan survei geolistrik (Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Air Tanah Dalam TA. 2009). Metode pengeboran dilakukan setelah kegiatan pendugaan lapisan bawah permukaan tanah dengan metode geofisika, dengan alasan sebagai pembuktian kebenaran dari hasil pendugaan tersebut.

2.5 Metode Geofisika

Metode Geofisika merupakan metode yang sering digunakan untuk mengetahui kondisi lapisan geologi bawah permukaan. Ada beberapa metode Geofisika yang dapat digunakan antara lain :

2.5.1 Metode Seismik

Dalam metode seismik penyelidikan didasarkan pada kecepatan rambat dari getaran suara, yang tergantung dari kerapatan material dan massa. Metode Seismik sendiri terdiri dari metode refraksi seismik dan metode refleksi seismik.

2.5.2 Metode Magnetik

Metode magnetik merupakan salah satu bentuk pengukuran terhadap variasi dalam medan magnetik bumi. Metode ini banyak digunakan dalam pencarian material magnetik dalam lingkungan yang tidak magnetis atau sebaliknya.

2.5.3 Metode Geolistrik Resistivitas

Geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di dalam bumi dan bagaimana mendeteksinya di permukaan bumi (Geophysical Consulting and Instrument Services - <http://www.geocis.net/image-upload/geolistrik.pdf>). Pada metode geolistrik tahanan jenis ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan dibawah titik ukur. Metode ini banyak digunakan dalam penentuan struktur geologi, ketebalan lapisan penutup, kadar kelembaban tanah dan permukaan air tanah serta dalam bidang *Engineering Geology* seperti

penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, juga digunakan dalam eksplorasi geothermal.

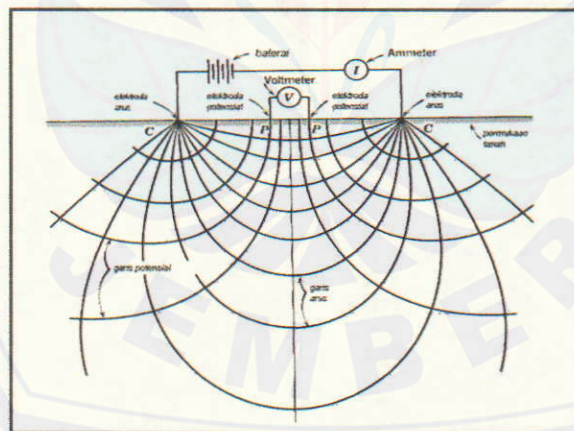
Teknik pengambilan data dalam metode Geolistrik terdiri dari :

a. *Vertical Sounding*

Vertical Sounding merupakan penyelidikan perubahan tahanan jenis bawah permukaan ke arah vertikal. Caranya pada titik ukur yang tetap, jarak elektroda arus dan tegangan diubah atau divariasi. Konfigurasi elektroda yang biasanya dipakai adalah konfigurasi Schlumberger.

b. *Lateral Mapping*

Lateral Mapping adalah penyelidikan perubahan tahanan jenis bawah permukaan ke arah lateral (horisontal). Caranya dengan jarak elektroda arus dan tegangan tetap, titik ukur dipindah atau digeser secara horisontal. Konfigurasi elektroda yang biasa dipakai adalah konfigurasi Wenner atau Dipole-Dipole.



Gambar 2.6. Cara Kerja Geolistrik (SNI 03-2528-1991)

2.6 Tahanan Jenis Semu

Tahanan jenis (resistivitas) semu merupakan nilai yang diperoleh dari akuisisi data di lapangan. Nilai resistivitas semu untuk berbagai batuan ditampilkan pada tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3 Nilai Tahanan Jenis (Resistivitas) Spesifik Batuan

| Lapisan | Harga Tahanan Spesifik ($\Omega\text{-m}$) | |
|--------------------|--|--------------|
| Air Permukaan | 80 – 200 | |
| Air Tanah | 30 – 100 | |
| Alluvium-Dillivium | Lapisan silt-lempung | 10 -200 |
| | Lapisan pasir | 100 – 600 |
| | Lapisan pasir dan kerikil | 100 – 1000 |
| Neo-tersier | Batu lumpur | 20 -200 |
| | Batu pasir | 50 – 500 |
| | Konglomerat | 100 – 500 |
| | Tufa | 20 – 200 |
| | Kelompok andesit | 100 – 2000 |
| | Kelompok granit | 1000 - 10000 |
| | Kelompok-kelompok chert, slate | 200 – 2000 |

Sumber :Suyono Sosrodarsono, 2006

Tabel 2.4 Nilai Tahanan Jenis (Resistivitas) Spesifik Berbagai Jenis Batuan

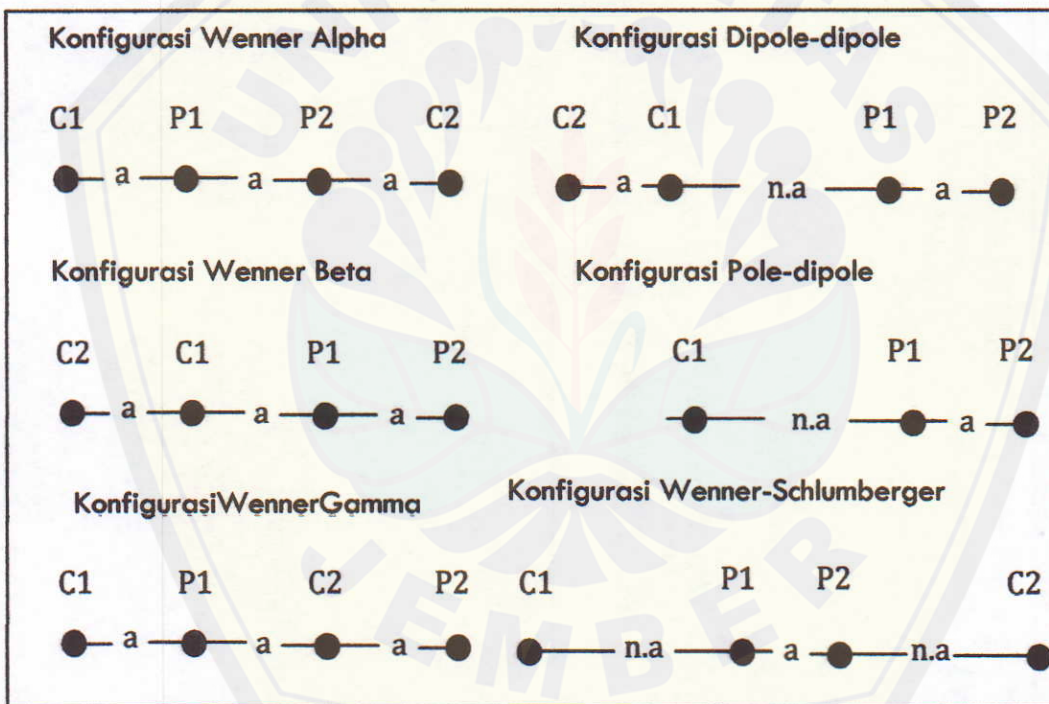
| Material | Resistivity ($\Omega\text{-m}$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Igneous and Metamorphic Rocks | |
| a. Granite | $5 \times 10^3 - 10^6$ |
| b. Basalt | $10^3 - 10^6$ |
| c. Slate | $6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$ |
| d. Marble | $10^2 - 2.5 \times 10^8$ |
| e. Quartzite | $10^2 - 2 \times 10^8$ |
| Sedimentary Rocks | |
| a. Sandstone | $8 - 4 \times 10^3$ |
| b. Shale | $20 - 2 \times 10^3$ |
| c. Limestone | $50 - 4 \times 10^2$ |
| Soils and Waters | |
| a. Clay | 1 -100 |
| b. Alluvium | 10 - 800 |
| c. Groundwater (fresh) | 10 - 100 |
| d. Sea water | 0.2 |
| Chemicals | |
| a. Iron | 9.074×10^{-8} |

| | |
|------------------------------|------------------------|
| b. 0.01 M Potassium chloride | 0.708 |
| c. 0.01 M Sodium chloride | 0.843 |
| d. 0.01 M acetic acid | 6.13 |
| e. Xylene | 6.998×10^{16} |

Sumber : M.H. Loke, 1999

2.7 Konfigurasi Elektroda

Berdasarkan letak penempatan elektroda potensial dan elektroda arus, dikenal beberapa jenis model konfigurasi elektroda metode geolistrik resistivitas antara lain :



Gambar 2.7 Beberapa Macam Model Konfigurasi Elektroda (Loke, 1999 : 2)

Besarnya tahanan jenis dirumuskan dengan (Santoso, 2002:112) :

$$\Delta V = VM - VM = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\rho = 2\pi \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\rho = K \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$K = 2\pi \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right)^{-1} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

- ρ : tahanan jenis (resistivitas) semu (Ohm-m)
- K : faktor geometri
- ΔV : beda potensial (Volt)
- I : kuat arus (Ampere)
- n : faktor spasi
- a : spasi elektroda

Karena nilai perbandingan antara beda potensial dan besarnya arus yang diinjeksikan $\left(\frac{\Delta V}{I} \right)$ atau sama dengan nilai resistivitas hasil pendugaan (R), maka untuk rumus diatas berubah menjadi :

$$\rho = K R \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan R : besarnya resistivitas hasil pendugaan (Ohm)

Konfigurasi Wenner dengan teknik pengambilan data dengan lateral mapping sering digunakan dalam pengukuran Geolistrik. Hal ini dikarenakan pengolahan yang sederhana dari harga-harga resistivitas yang diukur (Suyono, 2006:105). Dengan konfigurasi ini jarak spasi elektrodanya tetap, berada pada bidang yang sama dan lurus pada setiap pengukuran. Metode sounding merupakan salah satu metode dengan pencocokan kurva. Hasil interpretasi mempunyai kesalahan yang besar karena tidak ada kurva model sebagai pembanding. Sedangkan metode mapping merupakan metode dengan membuat peta kontur isotahanan jenis dari perhitungan tahanan jenis dari lintasan. Hasil dari pengolahan data metode mapping dapat dibandingkan atau dikonfirmasi dengan data lain seperti data geologi, data hidrogeologi.

2.8 Akusisi Data Geolistrik

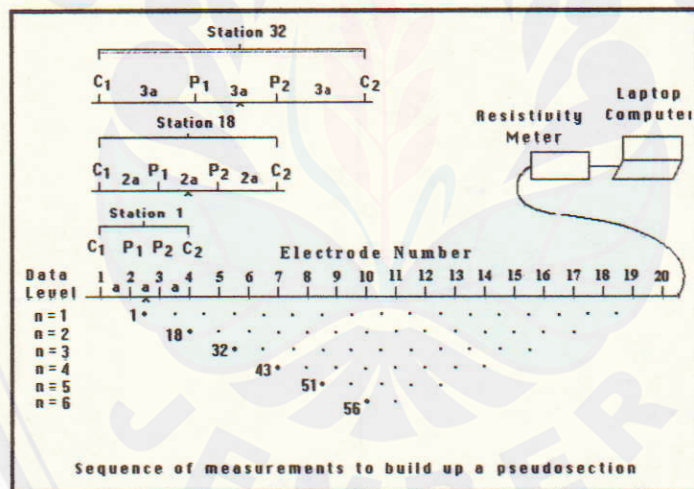
Akusisi data geolistrik merupakan pengambilan data (resistivitas semu) di lapangan. Dalam pengambilan data perlu menentukan panjang lintasan pengukuran, agar memperoleh kedalaman yang diinginkan. Panjang lintasan pada konfigurasi Wenner Alpha dapat dirumuskan dengan (Loke, 1999:13)

$$\frac{z_e}{L} = 0,173 \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

- z_e : kedalaman penyelidikan
- L : panjang lintasan survei/pengukuran

Ilustrasi akusisi data konfigurasi Wenner Alpha dengan teknik pengambilan Lateral Mapping (Wenner Mapping) dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Akusisi Data Wenner Mapping (Loke, 1999:6)

2.9 Program Res2DInv

Res2DInv adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivitas 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari hasil data survei geolistrik. Penampang yang dihasilkan dalam proses analisis data untuk konfigurasi elektroda adalah penampang dalam bentuk dua dimensi. Hasil inversi data resistivitas dengan bantuan program *Res2DInv* menggambarkan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya.

Proses pemasukan data (input data) dalam program ini untuk konfigurasi Wenner disimpan dalam bentuk Notepad, kemudian file disimpan dalam bentuk *.dat (misal: data_geolistrik.dat). Data masukan dalam file *.dat adalah datum point, spasi elektroda, faktor spasi (n) dan nilai resistivitas semu (ρ). Setelah data disimpan dalam ekstensi *.dat, data dapat dibaca melalui program *Res2DInv* dan selanjutnya dapat dilakukan inversi. Hasil yang didapat dari proses inversi berupa kondisi bawah permukaan, yang meliputi tiga jenis penampang yaitu penampang nilai resistivitas semu, penampang resistivitas hasil perhitungan, dan penampang resistivitas sebenarnya.

2.10 Interpretasi Data

Dasar interpretasi data geolistrik yang digunakan hingga saat ini umumnya berdasarkan atas nilai tahanan jenis yang kemudian ditafsirkan kedalam batuan-batuan tertentu sesuai dengan sifat dan kondisi geologinya. Tujuan dari interpretasi data geolistrik ini adalah untuk mendapatkan harga tahanan jenis sebenarnya dan ketebalan masing-masing lapisan batuan. Pada prinsipnya suatu profil geologis harus diketahui, agar penyimpangan dari model-model tersebut dapat kita lokalisasi dan diinterpretasikan (Verhoef, 1994:43)

Gambaran kondisi bawah permukaan dapat diperoleh dari interpretasi data yang dilakukan dengan melihat adanya perbedaan tahanan jenis batuan hasil inversi data resistivitas. Dari hasil inversi data resistivitas dapat dibuat batas lapisan tanah dengan melihat adanya kecenderungan warna yang mengindikasikan nilai resistivitas.

Berdasarkan data pendukung lainnya seperti data geologi dan data hidrogeologi pada daerah yang diteliti kemudian dikorelasikan dengan data pengukuran lapangan, sehingga didapatkan gambaran kondisi bawah permukaan dari suatu lintasan pengukuran. Hasil interpretasi yang diperoleh dapat memberikan gambaran sifat fisik batuan (pendugaan susunan lapisan geologi bawah permukaan).

2.11 Kondisi Geologi

Geologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi, tetapi kenyataannya hanya bagian kulit bumi saja (Verhoef, 1994:3). Tanah dan batuan adalah material geologi atau material bumi yang utama. Dalam geologi dipelajari proses terbentuknya tanah dan batuan. Formasi tanah dan batuan mempunyai gambaran karakteristik yang menetapkan dasar-dasar untuk interpretasi dan menuntukan unsur-unsurnya, yang juga merupakan dasar-dasar untuk mengestimasi sifat-sifat mekanisnya (Hendarsin, 2003:19). Dalam penelitian geologis, umumnya seseorang harus dapat berorientasi dan memahami peta-peta yang memuat berbagai fakta geologis sehingga dibutuhkan peta geologi. Peta geologi memberikan informasi suatu daerah/wilayah/kawasan dengan sebaran dan jenis serta sifat batuan, umur, stratigrafi, struktur, tektonika, fisiografi dan sumberdaya mineral serta energi.

Proses tektonik yang berlangsung sejak permulaan Tersier berkaitan dengan pembentukan struktur geologi dan keberadaan berbagai jenis batuan. Batuan merupakan kombinasi dari berbagai mineral. Berdasarkan cara pembentukannya batuan dibedakan menjadi 3 (Verhoef, 1994:6), yaitu:

a. Batuan Beku (*Igneous rocks*)

Batuan beku terbentuk oleh bermacam-macam kristal, seringkali terjadi dari fasa cair, hampir selalu tidak berlapis (terbentuk akibat pembekuan magma, misalnya: basalt, gabbro, diorite dan granite).

b. Batuan Sedimen (*Sedimentary rocks*)

Batuan sedimen atau batuan endapan pada umumnya berupa butiran-butiran tersendiri mulai dari sangat halus hingga sangat kasar, seringkali terikat satu sama lain oleh massa antar (matriks), pasir lepas (tidak merekat), misalnya: batu konglomerat, batupasir (kuarsa), batugamping dan lempung.

c. Batuan Metamorf (*Metamorphic rocks*)

Batuan metamorf atau batuan malihan adalah batuan yang terbentuk akibat proses perubahan temperature dan/atau tekanan dari batuan yang telah ada sebelumnya, misalnya: batu sabak (*slate*) dan marmer.

Hasil pemetaan geologi (Peta Geologi Lembar Tanjungbumi & Paemekasan, Jawa) oleh S. Azis, Sutrisno, Y. Noya dan K. Brata, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi memperlihatkan bahwa daerah pemetaan tersusun berbagai formasi batuan. Batuan yang terdapat di daerah ini umurnya berkisar dari Miosen Tengah (Tersier) sampai Kuarter.

Formasi batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Tawun (Tmt), berumur Miosen Tengah bagian bawah, terendapkan dalam lingkungan litoral. Formasi ini tersebar di bagian tengah lembar, memanjang timur-barat. Di atas formasi ini terdapat Formasi Ngranyong (Tmtn) secara selaras dan setempat menjemari. Formasi Ngranyong berumur Miosen Tengah, terendapkan di lingkungan litoral. Kemudian di atasnya secara selaras terendapkan Formasi Bulu (Tmb), yang berumur akhir Miosen Tengah, terendapkan dalam lingkungan laut dangkal dan tersebar memanjang dari timur ke barat di bagian utara lembar. Formasi Pasean (Tmp) terendapkan secara tak selaras diatas Formasi Bulu, berumur Miosen Akhir. Tak selaras di atas formasi ini terdapat Formasi Madura (Tpm) yang berumur Miosen Akhir-Pliosen, terendapkan di lingkungan litoral-sublitoral, tersebar terutama di bagian utara dan sebagian selatan lembar. Kemudian secara tak selaras di atasnya terendapkan Formasi Pamekasan (Qpp), dengan lingkungan pengendapan litoral. Formasi ini terhampar luas di bagian selatan lembar. Formasi termuda adalah terumbu koral (Ql) dan aluvium (Qa), yang terendapkan tak selaras di atas batuan yang lebih tua. Deskripsi masing-masing formasi batuan diuraikan sebagai berikut :

- Formasi Tawun (Tmt)

Formasi ini terdiri dari batu lempung bersisipan batu pasir, batu gamping dan konglomerat.

- Formasi Ngranyong (Tmtn)
Formasi ini terdiri dari batu pasir bersisipan dengan batu lempung, napal dan batu gamping.
- Formasi Bulu (Tmb)
Formasi ini terdiri dari perselingan antara batu gamping dan napal.
- Formasi Pasean (Tmp)
Formasi ini terdiri dari perselingan napal pasiran dengan batu gamping lempungan dan batu gamping pasiran
- Formasi Madura (Tpm)
Formasi ini terdiri dari batu gamping pasiran dan sisipan napal dan batu gamping terumbu pejal.
- Formasi Pamekasan (Qpp)
Formasi ini terdiri dari batu lempung, batu pasir dan konglomerat.
- Terumbu Koral (Ql)
Formasi ini terdiri dari koral, cangkang moluska serta fauna laut lainnya
- Aluvium (Qa)
Formasi ini terdiri dari pasir, lempung, lumpur, kerikil dan kerakal.

2.12 Aspek Hidrogeologi

Hidrogeologi merupakan perpaduan antara ilmu geologi dan hidrolika. Gabungan dua kata hidro dan geologi menunjukkan secara implisit pengertian geologi dari air. Hidrogeologi merupakan suatu studi tentang interaksi antara kerangka sistem batuan dan atau dengan air tanah (Kodoatie, 1996:7). Dalam prosesnya studi ini menyangkut aspek-aspek fisika dan kimia yang terjadi di dekat atau di bawah permukaan tanah. Proses ini terjadi dalam skala waktu harian (*daily time scale*). Sedangkan gerakan air didalam tanah melalui sela-sela dari kerangka batuan dikenal juga dengan istilah aliran air tanah (*groundwater flow*).

Sebagai dasar dalam mengetahui kandungan dan aliran air tanah dalam suatu penelitian atau pekerjaan, seseorang harus memahami fakta geologis dan

hidrolika. Sebagai referensi menggunakan peta Hidrogeologi daerah setempat, yang memberikan informasi tentang keterdapatan air tanah dan kemungkinan luah sumur yang menyadap akuifer, serta komposisi air tanah, dikaitkan dengan unit-unit geologi (litologi, stratigrafi dan struktur), dan informasi lain yang berkaitan dengan air tanah dari satu daerah tertentu.

Hasil pemetaan hidrogeologi (Peta Hidrogeologi Lembar VIII Surabaya, Jawa) oleh R. Soekardi Poespowardoyo, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, air tanah di pulau Madura terdapat pada kedalaman yang relatif mudah diperoleh di sebagian besar daerah yang tertutup endapan alluvium dan menjadi lebih alam dan sulit diperoleh di daerah perbukitan dan gawir batu gamping. Mata air muncul dari akuifer batu gamping sebagai mata air sentuh atau dari aliran air tanah yang muncul melalui bidang perlapisan, zona rekahan dan patahan. Pemunculan mata air mandiri yang secara relatif berluah besar.

Sebagian besar wilayah Madura didominasi formasi batu gamping dengan menempati sekitar 35% luas daratan, dan di daerah dataran terdapat pada kedalaman yang berbeda-beda di bawah endapan alluvium. Mutu air tanah yang terdapat dalam endapan alluvium di daerah pantai umumnya jelek, airnya payau atau asin. Evapotranspirasi yang tinggi serta pengaliran yang buruk merupakan beberapa sebab terjadinya kenaikan penguapan dalam air. Sehingga batuan dibawah tanah hampir tidak memiliki daya simpan air, dan karenanya pengisian kembali dari air hujan praktis tidak ada dan aliran air tanah hampir berhenti (*stagnan*).

Kelulusan dan daya simpan batugamping bermacam-macam, tergantung pada tingkat keterdapatan sistem celahan dan rongga pelarutan berlangsung di dalamnya. Dimana batu gamping dalam bentuk hablur dan keras, air tanah terdapat dalam sistem saluran pelarutan di sepanjang celahan dan bidang perlapisan karena sifat batuan secara alamiah adalah kedap air. Sumur yang dibor pada batuan ini berluah besar. Batu gamping lunak dan repui, air tanah nampaknya akan terdapat juga dalam ruang-ruang antara batuan dan sebaran air tanah akan lebih merata. Sumur yang dibor pada batuan ini berluah kecil. Pada

daerah batu gamping yang tidak atau sedikit tertutup lapisan batu lempung, sebagian besar air tanahnya bersifat tak tertekan.

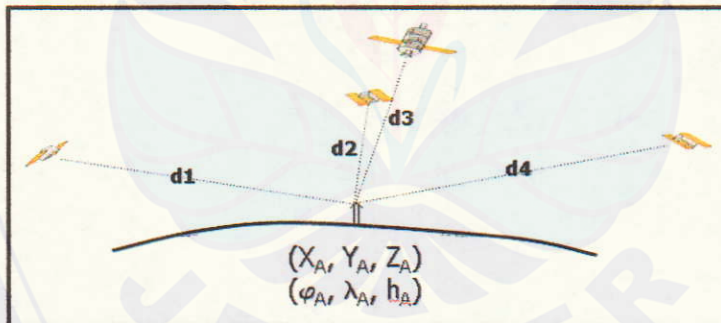
Terdapatnya air tanah dan produktivitas akuifer di Kabupaten Sampang memiliki tingkat yang beragam, deskripsi masing-masing produktivitas akuifer diuraikan sebagai berikut :

- **Akuifer produktif sedang dengan penyebaran luas**
Akuifer dengan keterusan sedang, muka air tanah beragam dari atas sampai bawah permukaan tanah serahan sumur kurang dari 5 liter/detik.
- **Setempat, akuifer berproduktif sedang**
Merupakan akuifer dangkal kebanyakan tidak menerus, tipis dengan keterusan rendah sampai sedang, serahan sumur umumnya kurang dari 5 liter/detik.
- **Akuifer berproduksi sedang**
Aliran air tanah melalui zona celahan, rekahan dan saluran pelarutan. Serahan sumur beragam, pata tempat yang serasi mencapai lebih dari 10 liter/detik. Apabila akuifer bercelah batugamping produktif ditutupi oleh akuifer antar butir berproduksi kecil, luah sumur mencapai 60 liter/detik dapat diharapkan.
- **Akuifer berproduksi rendah**
Aliran air tanah melalui zona celahan dan rekahan, muka air tanah umumnya dalam dengan luah sumur kisaran sedang sampai besar. Apabila akuifer bercelah batugamping produktif ditutupi oleh akuifer antar butir berproduksi kecil, luah sumur mencapai 10 liter/detik dapat diharapkan.
- **Akuifer produktif kecil, setempat berarti**
Keterusan umumnya rendah sampai sangat rendah, setempat air tanah dalam jumlah terbatas, dapat diperoleh terutama pada daerah lembah atau zona pelapukan batuan.
- **Daerah air tanah langka**

Akibatnya dalam satu kecamatan maupun desa terdapat perbedaan ketersediaan air tanah yang sangat mencolok.

2.13 Metode Pengukuran Posisi dengan GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dikembangkan dan dikelola oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. GPS dapat memberikan informasi tentang posisi, kecepatan dan waktu dimana saja di muka bumi setiap saat, dengan ketelitian penentuan posisi dalam fraksi milimeter sampai dengan meter. Kemampuan jangkauannya mencakup seluruh dunia dan dapat digunakan banyak orang setiap saat pada waktu yang sama (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:9). Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS adalah perpotongan ke belakang dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS. Penentuan posisi dengan GPS dengan beberapa satelit terdapat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Penentuan Posisi dengan GPS dengan Beberapa Satelit GPS
(GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:9)

2.13.1 Sistem GPS

Untuk dapat melaksanakan prinsip penentuan posisi di atas, GPS dikelola dalam suatu sistem GPS yang terdiri dari dari 3 bagian utama yaitu (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:9) :

a. Bagian Angkasa

Terdiri dari satelit-satelit GPS yang mengorbit mengelilingi bumi, jumlah

satelit GPS adalah 24 buah. Satelit GPS mengorbit mengelilingi bumi dalam 6 bidang orbit dengan tinggi rata-rata setiap satelit ± 20.200 Km dari permukaan bumi. Setiap satelit GPS secara kontinyu memancarkan sinyal-sinyal gelombang pada 2 frekuensi L-band (dinamakan L1 dan L2). Dengan mengamati sinyal-sinyal dari satelit dalam jumlah dan waktu yang cukup, kemudian data yang diterima tersebut dapat dihitung untuk mendapatkan informasi posisi, kecepatan maupun waktu.

b. Bagian Pengontrol

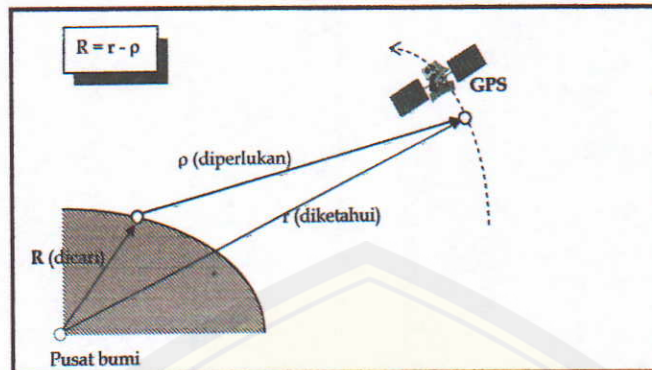
Adalah stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit yang berfungsi untuk memonitor dan mengontrol kelaikgunaan satelit-satelit GPS. Stasiun kontrol ini tersebar di seluruh dunia, yaitu di pulau Ascension, Diego Garcia, Kwajalein, Hawaii dan Colorado Springs. Di samping memonitor dan mengontrol fungsi seluruh satelit, juga berfungsi menentukan orbit dari seluruh satelit GPS.

c. Bagian Pengguna

Adalah peralatan (*Receiver* GPS) yang dipakai pengguna satelit GPS, baik di darat, laut, udara maupun di angkasa. Alat penerima sinyal GPS (*Receiver* GPS) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, maupun waktu. Secara umum Receiver GPS dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu *Receiver* militer, *Receiver* tipe navigasi, *Receiver* tipe geodetik.

2.13.2 Metode Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan satelit GPS adalah pengikatan ke belakang dengan jarak, yaitu mengukur jarak ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Prinsip dasar penentuan posisi dengan satelit GPS terdapat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Prinsip Dasar Penentuan Posisi Dengan GPS
(dalam GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:9)

Penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metoda diantaranya (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:11):

a. Metode Absolut

Penentuan posisi dengan GPS metode absolut adalah penentuan posisi yang hanya menggunakan 1 alat *receiver* GPS. Aplikasi utama untuk keperluan navigasi, metoda penentuan posisi absolut ini umumnya menggunakan data *pseudorange* dan metode ini tidak dimaksudkan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian posisi yang tinggi.

b. Metode Relatif (Differensial)

Yang dimaksud dengan penentuan posisi relatif atau metode differensial adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya, pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu. Selanjutnya dari data hasil pengamatan diproses/dihitung akan didapat perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx , dy , dz) atau disebut juga dengan *baseline* antar titik yang diukur.

2.13.3 Ketelitian Penentuan Posisi dengan GPS

Penentuan posisi dengan GPS dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:12) :

- a. Ketelitian data terkait dengan tipe data yang digunakan, kualitas *receiver* GPS, level dari kesalahan dan bias.
- b. Geometri satelit, terkait dengan jumlah satelit yang diamati, lokasi dan distribusi satelit dan lama pengamatan.
- c. Metoda penentuan posisi, terkait dengan metoda penentuan posisi GPS yang digunakan, apakah absolut, relatif, DGPS, RTK dan lain-lain.
- d. Strategi pemrosesan data, terkait dengan *real-time* atau *post processing*, strategi eliminasi dan pengkoreksian kesalahan dan bias, pemrosesan *baseline* dan perataan jaringan serta kontrol kualitas.

2.14 Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.14.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis (SIG)

Secara umum pengertian SIG adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerjasama secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007:1).

Sedangkan menurut Aronoff dalam Prahasta (2002:55), SIG adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografi. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis obyek-obyek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis yaitu masukan, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), analisis dan manipulasi data, serta keluaran.

2.14.2 Subsistem SIG

Menurut Prahasta (2002:56) SIG dapat diuraikan menjadi 4 subsistem yaitu :

1. Data input

Subsistem data input berfungsi untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber yang relevan untuk kepentingan analisis. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format-format data-data aslinya kedalam format yang digunakan oleh SIG.

2. Manajemen data

Subsistem manajemen data berfungsi untuk mengorganisasikan data spasial maupun atribut ke dalam basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, di *update*, dan di edit. Basis data adalah himpunan dari beberapa berkas data atau tabel yang disimpan dengan suatu struktur tertentu, sehingga saling keterkaitan yang ada di antara anggota-anggota himpunan tersebut dapat diketahui, dimunculkan dan dimanipulasi oleh perangkat lunak manajemen basis data untuk keperluan tertentu.

3. Manipulasi data dan analisis

Subsistem ini berfungsi untuk menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk keperluan informasi yang diharapkan.

4. Data output

Subsistem data output berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

2.14.3 Alasan Penggunaan SIG

Aplikasi-aplikasi SIG menjadi menarik untuk digunakan di berbagai bidang karena beberapa alasan berikut (Prahasta, 2002:7) :

1. SIG dapat digunakan sebagai alat bantu (baik sebagai *tools* maupun bahan *tutorials*) utama yang interaktif, menarik, dan menantang di dalam usaha-usaha untuk meningkatkan pemahaman, pengertian, pembelajaran, dan pendidikan (mulai dari usia sekolah hingga dewasa) mengenai ide-ide atau

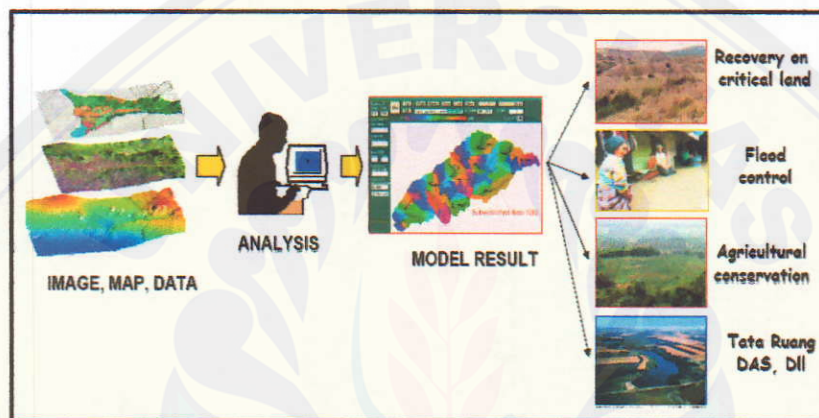
konsep-konsep lokasi, ruang (spasial), kependudukan, dan unsur-unsur geografis yang terdapat di permukaan bumi berikut data-data atribut terkait yang menyertainya.

2. SIG menggunakan baik data spasial maupun atribut secara terintegrasi hingga sistemnya dapat menjawab baik pertanyaan spasial (berikut permodelannya) maupun non spasial serta memiliki kemampuan analisis spasial dan non spasial.
3. SIG dapat memisahkan dengan tegas antara bentuk presentasi dengan data-datanya (basis data) sehingga memiliki kemampuan-kemampuan untuk merubah presentasi dalam berbagai bentuk.
4. SIG memiliki kemampuan-kemampuan untuk menguraikan unsur-unsur yang terdapat di permukaan bumi ke dalam bentuk beberapa *layer* atau *coverage* data spasial. Dengan layers ini permukaan bumi dapat “direkonstruksi” kembali atau dimodelkan dalam bentuk nyata (*real world* tiga dimensi) dengan menggunakan data ketinggian berikut layer tematik yang diperlukan.
5. SIG memiliki kemampuan-kemampuan yang sangat baik dalam memvisualkan data spasial berikut atribut-atributnya. Modifikasi warna, bentuk, dan ukuran simbol yang diperlukan untuk merepresentasikan unsur-unsur permukaan bumi dapat dilakukan dengan mudah.

2.14.4 Cara Kerja SIG

SIG dapat merepresentasikan *real world* (dunia nyata) di atas monitor komputer sebagaimana lembaran peta dapat merepresentasikan dunia nyata di atas kertas. Tetapi SIG memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas daripada lembaran peta kertas. Peta merupakan representasi grafis dari dunia nyata, obyek-obyek yang direpresentasikan di atas peta disebut unsur peta atau *map features* (contohnya adalah sungai, taman, kebun, jalan, dan lain-lain). Karena peta mengorganisasikan unsur-unsur berdasarkan lokasi-lokasinya, peta sangat baik dalam memperlihatkan hubungan atau relasi yang dimiliki unsur-unsurnya.

SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut-atribut di dalam basis data. Kemudian SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel (relasional). Setelah itu, SIG menghubungkan unsur-unsur di atas dengan tabel-tabel yang bersangkutan. Dengan demikian, atribut-atribut ini dapat diakses melalui lokasi-lokasi unsur-unsur peta, dan sebaliknya, unsur-unsur peta juga dapat diakses melalui atribut-atributnya. Karena itu, unsur-unsur tersebut dapat dicari dan ditemukan berdasarkan atribut-atributnya.



Gambar 2.11 Aplikasi Analisis SIG

2.15 Data Spasial Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besar kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan % (prosen) dan $^{\circ}$ (derajat). Data spasial kemiringan lereng dapat disusun dari hasil pengolahan data ketinggian (garis kontur) dengan bersumber pada peta topografi atau peta rupabumi. Pengolahan data kontur untuk menghasilkan informasi kemiringan lereng dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer.

Penyusunan data spasial kemiringan lereng dengan bantuan komputer dapat dilakukan apabila telah tersedia data kontur dalam format digital. Data kontur terlebih dahulu diolah untuk menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk kemudian diproses guna menghasilkan data kemiringan lereng,

selanjutnya diklasifikasikan. Klasifikasi DEM menurut kemiringan lereng terdapat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi DEM menurut Kemiringan Lereng

| Klas Lereng | Kelerengan | Keterangan |
|-------------|------------|--------------|
| 1 | 0% - 8% | Datar |
| 2 | 8% - 15% | Landai |
| 3 | 15% - 25 % | Agak curam |
| 4 | 25% - 45% | Curam |
| 5 | > 45% | Sangat curam |

Sumber : Kepmen Pertanian No. 387/Kpts/Um/11/1980

2.16 Data Spasial Sebaran Hujan

Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan (Triatmodjo, 2008:18). Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Jumlah dan variasi debit air tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Distribusi hujan dalam ruang dapat diketahui dengan mengukur hujan di beberapa lokasi pada daerah yang ditinjau, sedangkan distribusi waktu dapat diketahui dengan hujan sepanjang waktu.

Data spasial sebaran hujan dapat disusun dari hasil pengolahan data hujan. Pengolahan data hujan untuk menghasilkan informasi intensitas hujan. Klasifikasi intensitas hujan terdapat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Klasifikasi Intensitas Hujan

| Klas Hujan | Intensitas hujan (mm/hari hujan) | Keterangan |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | s/d 13,6 | Sangat rendah |
| 2 | 13,6 - 20,7 | Rendah |
| 3 | 20,7 - 27,7 | Sedang |
| 4 | 27,7 - 34,8 | Tinggi |
| 5 | > 34,8 | Sangat tinggi |

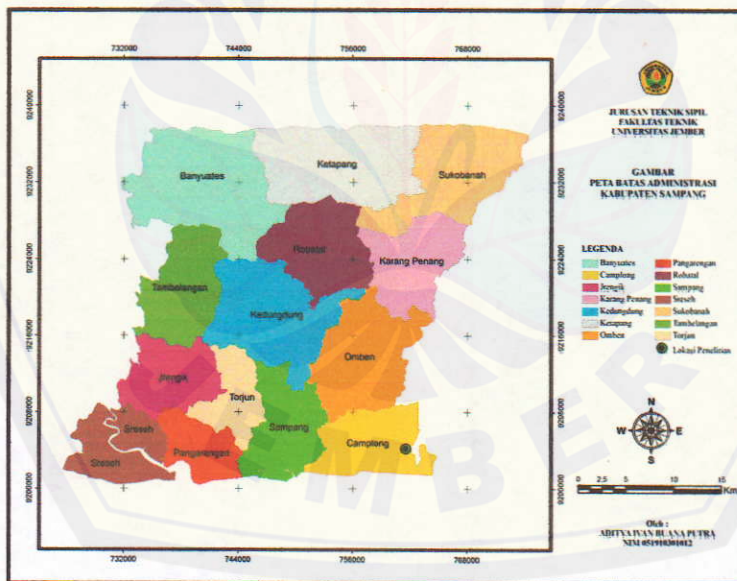
Sumber : Kepmen Pertanian No. 387/Kpts/Um/11/1980



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten Sampang secara administrasi terletak dalam wilayah Propinsi Jawa Timur yang secara geografis terletak di antara 113°08' - 113°39' BT dan 6°05' - 7°13' LS. Kabupaten Sampang terletak ±100 Km dari Surabaya, yang dapat ditempuh dengan perjalanan ±2,5 jam. Lokasi penelitian terletak di Dusun Bunut Desa Sejati Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang secara geografis terletak pada 07°11'38" LS / 113°22'07" BT. Peta lokasi daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian pendugaan potensi air bawah tanah ini, meliputi:

- Orientasi lapangan serta pengamatan kondisi geologi dan hidrogeologi
- Perencanaan lokasi lintasan pengukuran.

- c. Pengukuran dengan Geolistrik
- d. Pengolahan dan Analisis data.
- e. Interpretasi data Geolistrik
- f. Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah

3.3 Sumber Data dan Tahapan Penelitian

Sumber data dan tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Data Primer

a. Data Geolistrik (Survei geolistrik)

Akuisi data/pengukuran di lapangan menggunakan Geolistrik tipe *Martiel Geophysic*. Akuisi data geolistrik meliputi:

- Penentuan lintasan/posisi pengukuran
- Penandaan posisi elektroda pada lintasan
Penandaan(dengan angka) dengan cara mengecat tanahnya, agar posisi elektroda tidak salah meletakkan pada saat akuisi data.
- Pematokan elektroda
Pematokan elektroda pada lintasan yang telah diberi tanda.
- Akuisi data
Pengambilan data lapangan *pseudosection* dengan Geolistrik

b. Data Letak Posisi Pengukuran

Letak posisi pengukuran didapat dari pengukuran dengan GPS tipe *Garmin GPSMAP 76CSX*.

3.3.2 Data Sekunder

a. Data sekunder dari Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Geologi Tata Lingkungan:

- Peta Geologi Lembar Tanjungbumi & Pamekasan skala 1 : 100.000.
- Peta Hidrogeologi Lembar VIII Surabaya (Jawa) skala 1 : 250.000.

- b. Data sekunder dari Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL):
 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) digital skala 1 : 25.000.
 - Peta Tataguna Lahan digital skala 1 : 25.000.
 - Peta Batas Administrasi Kabupaten Sampang
- c. Data sekunder dari Dinas Pengairan Kabupaten Sampang:
 - Data koordinat letak stasiun hujan.
 - Data curah hujan tahun 1992 – 2009.
- d. Data sekunder dari Direktorat Jendral Sumber Daya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Air Tanah (P2AT) Jawa Timur:
 - Data Bor Sumur Dalam Kabupaten Sampang (SDSP).

3.3.3 Pengolahan dan Analisis Data

- a. Pengolahan (inversi) data lapangan geolistrik menggunakan bantuan program *Res2DInv*.
- b. Pengolahan data GPS menggunakan bantuan program *Surfer ver. 8*.
- c. Pengolahan data sekunder (peta geologi, hidrogeologi, tataguna lahan, DEM, dan sebaran hujan) menggunakan bantuan program *ArcViewGIS 3.3* dan *ArcGIS 9.2*.
- d. Analisis kondisi geologi
Menganalisis penyebaran formasi batuan yang terdapat di lokasi penelitian.
- e. Analisis aspek hidrogeologi
Menganalisis penyebaran keterdapatn air tanah dan akuifer pada formasi batuan di lokasi penelitian.
- f. Analisis data sumur bor
Menganalisis hasil pengeboran sumur bor dalam yang telah dilaksanakan oleh Direktorat Jendral Sumber Daya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Air Tanah (P2AT) pada daerah tersebut.

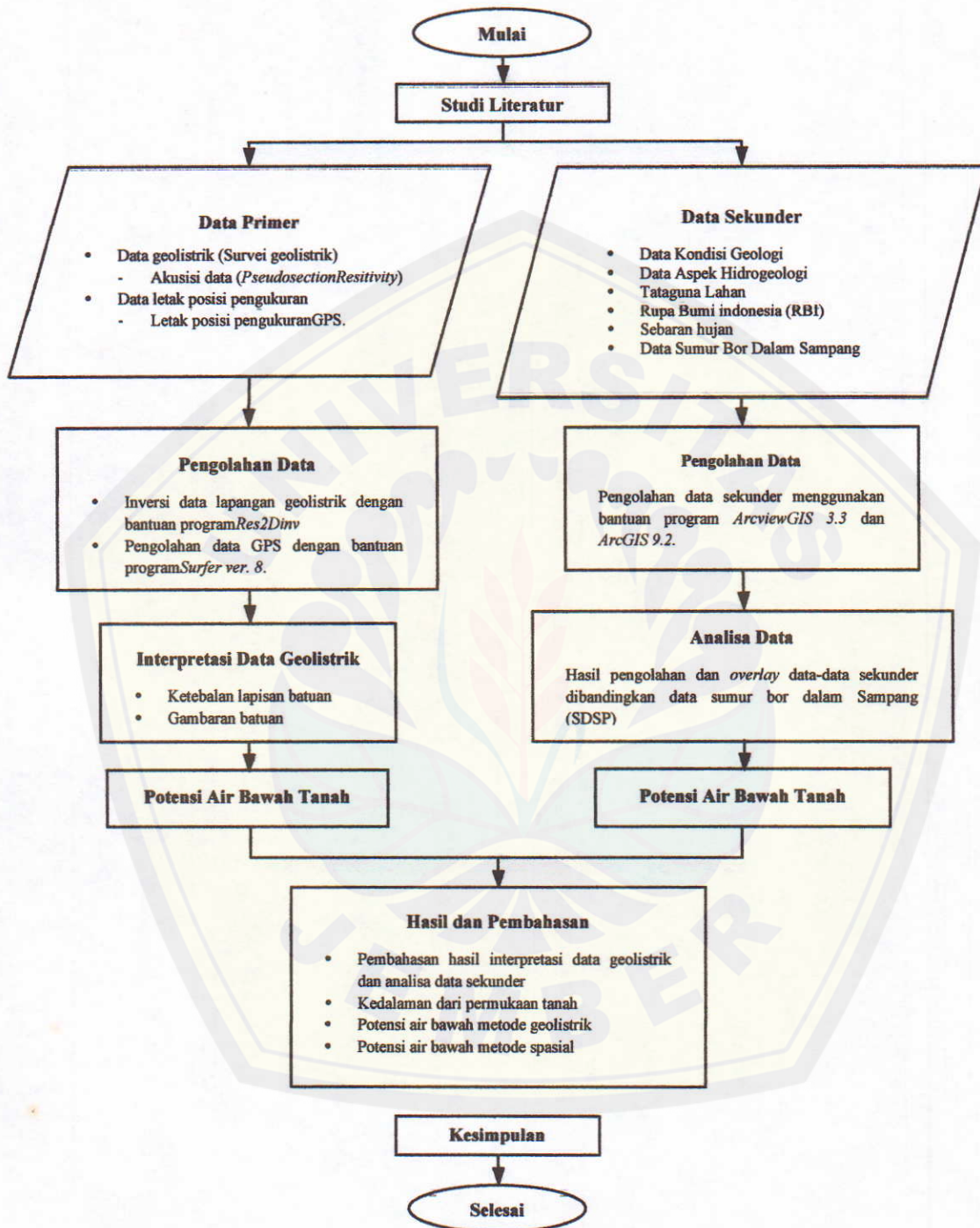
- g. Analisis potensi air bawah tanah menggunakan program *ArcGIS 9.2*.

3.3.4 Interpretasi Data Geolistrik

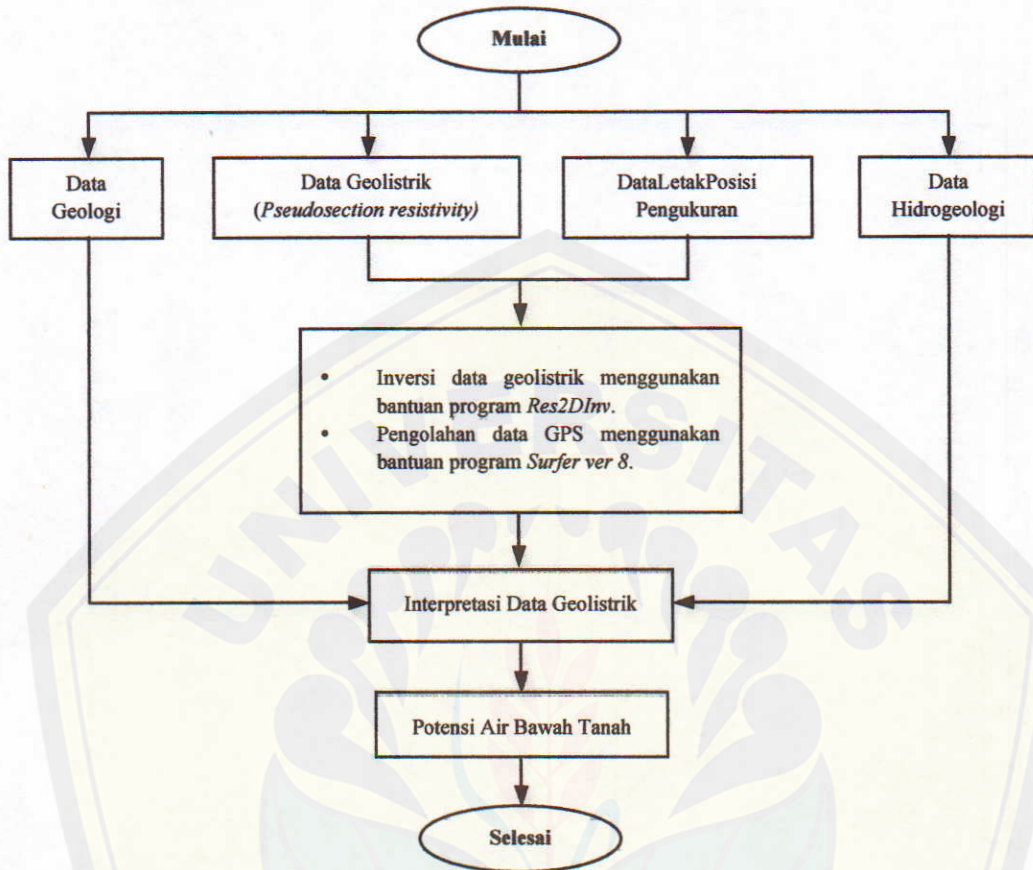
Hasil pengolahan data geolistrik menggunakan *Res2Dinv*, mendapatkan penampang lapisan batuan serta ketebalan masing-masing lapisan batuan. Penampang lintasan tersebut kemudian diinterpretasikan, sehingga dapat diperoleh pendugaan susunan lapisan geologi bawah permukaan (litologi) serta kedalaman lapisan batuan. Hasil interpretasi data dan perhitungan debit aliran air tanah, didapatkan potensi air bawah tanah.

3.3.5 Analisis Data Spasial

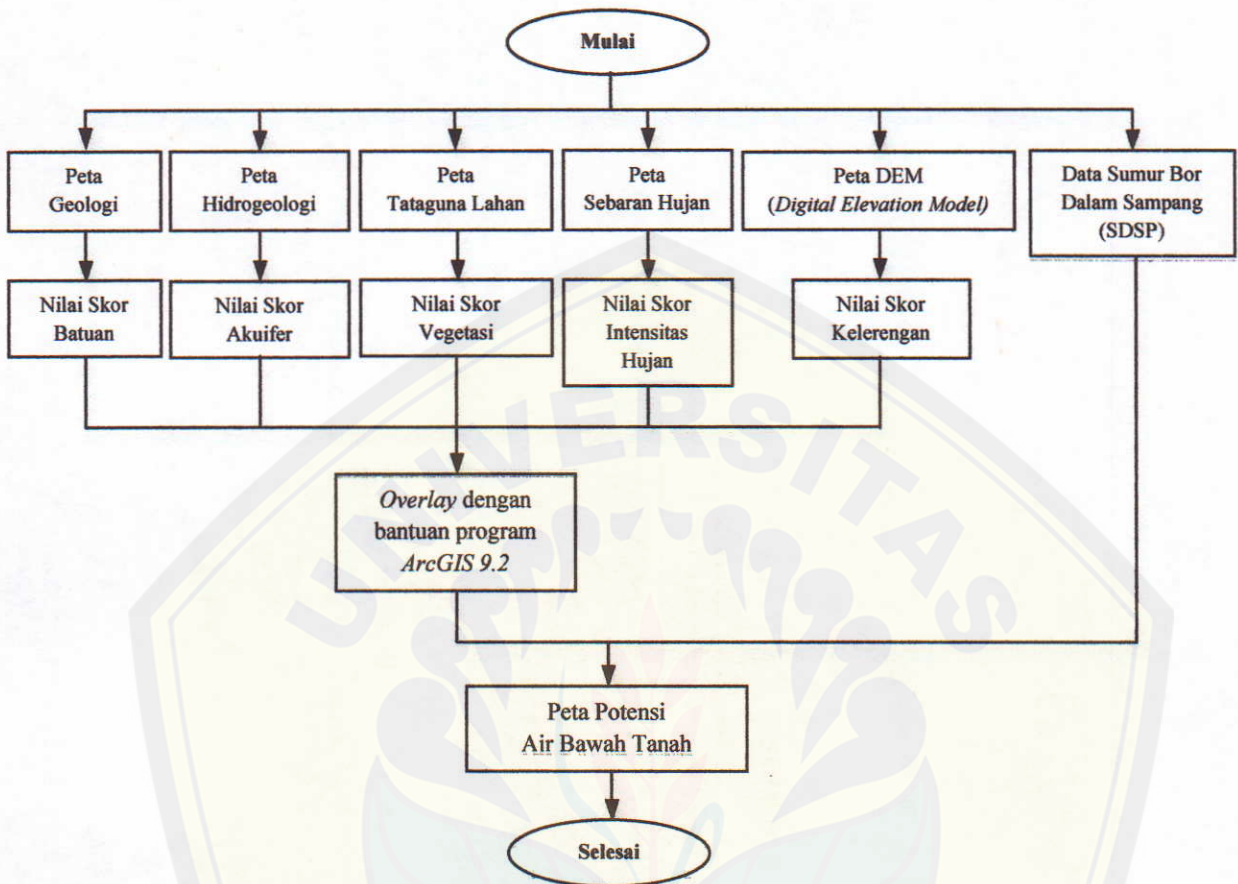
Analisis data spasial merupakan hasil pengolahan data sekunder. Pengolahan data sekunder dengan cara penggabungan antara peta geologi, hidrogeologi, tataguna lahan, DEM (*Digital Elevation Model*), dan sebaran hujan. Teknik penggabungan (*overlay*) dengan cara pemberian skor dan bobot pada setiap peta. Hasil pengolahan data sekunder kemudian dibandingkan dengan data sumur bor dalam yang telah dilaksanakan oleh P2AT di Kabupaten Sampang, didapatkan peta potensi air bawah tanah.



Gambar 3.2 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.3 Flow Chart Pengolahan dan Analisa Data Primer

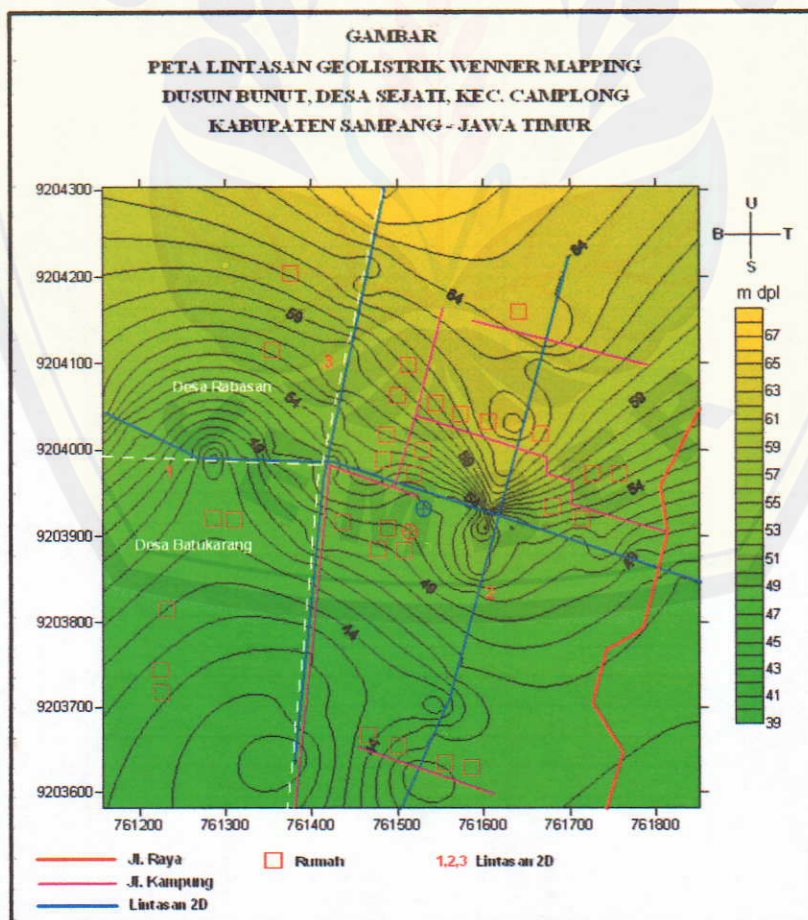


Gambar 3.4 Flow Chart Pengolahan dan Analisa Data Sekunder

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Geolistrik

Hasil pengukuran geolistrik dengan konfigurasi Wenner Mapping di lokasi penelitian terdiri dari tiga lintasan geolistrik. Data dari ketiga lintasan tersebut memiliki jarak elektroda arus ($AB/2$) mulai dari 37,5 sampai 412,5 meter dan jarak elektroda potensial ($MN/2$) mulai dari 25 sampai 225 meter (spasi elektroda sebesar 25 meter). Adapun data hasil pengukuran geolistrik terdapat pada lampiran. Hasil pengolahan data pengukuran geolistrik menggunakan bantuan program *Surfer ver. 8*, terdapat pada gambar 4.1.



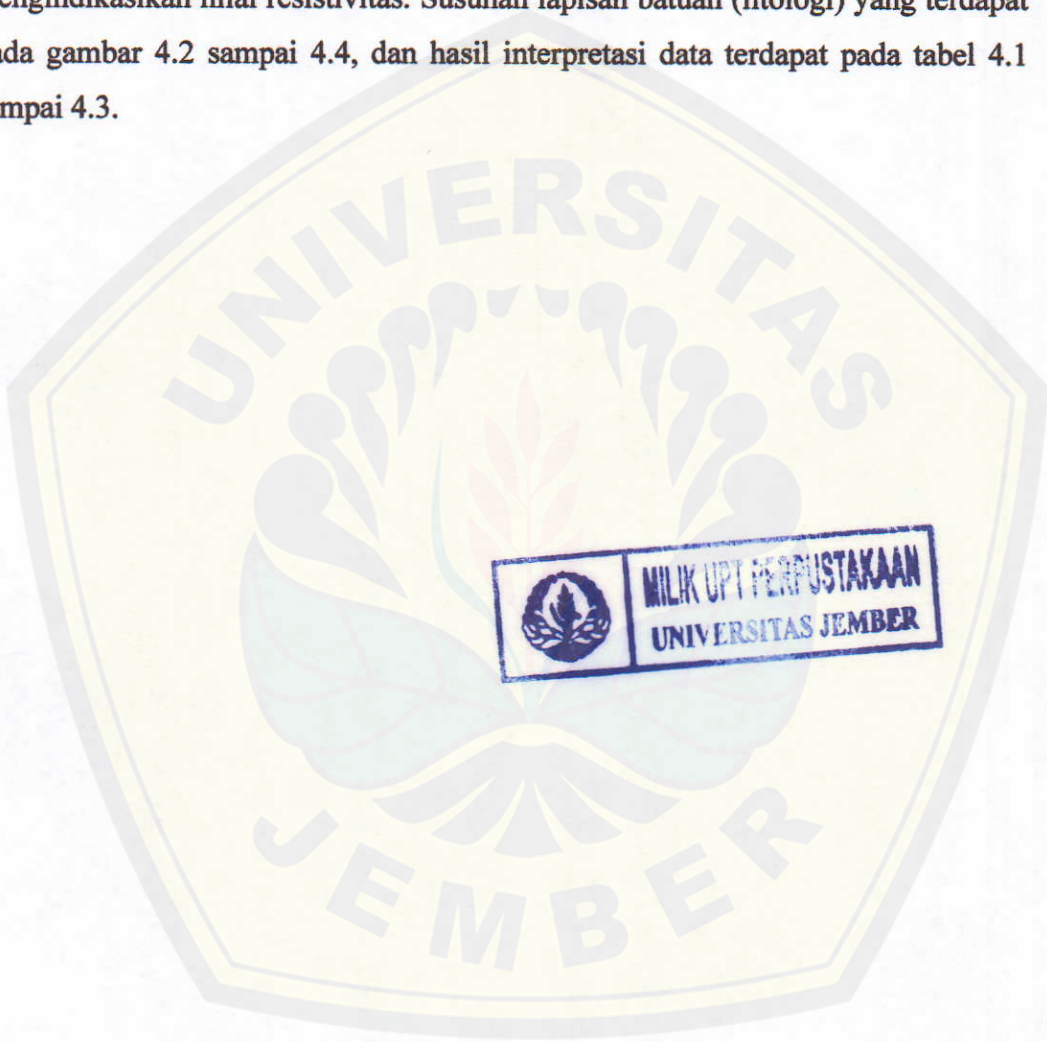
Gambar 4.1 Peta Lintasan Geolistrik Wenner Mapping (Hasil Pengolahan Data)

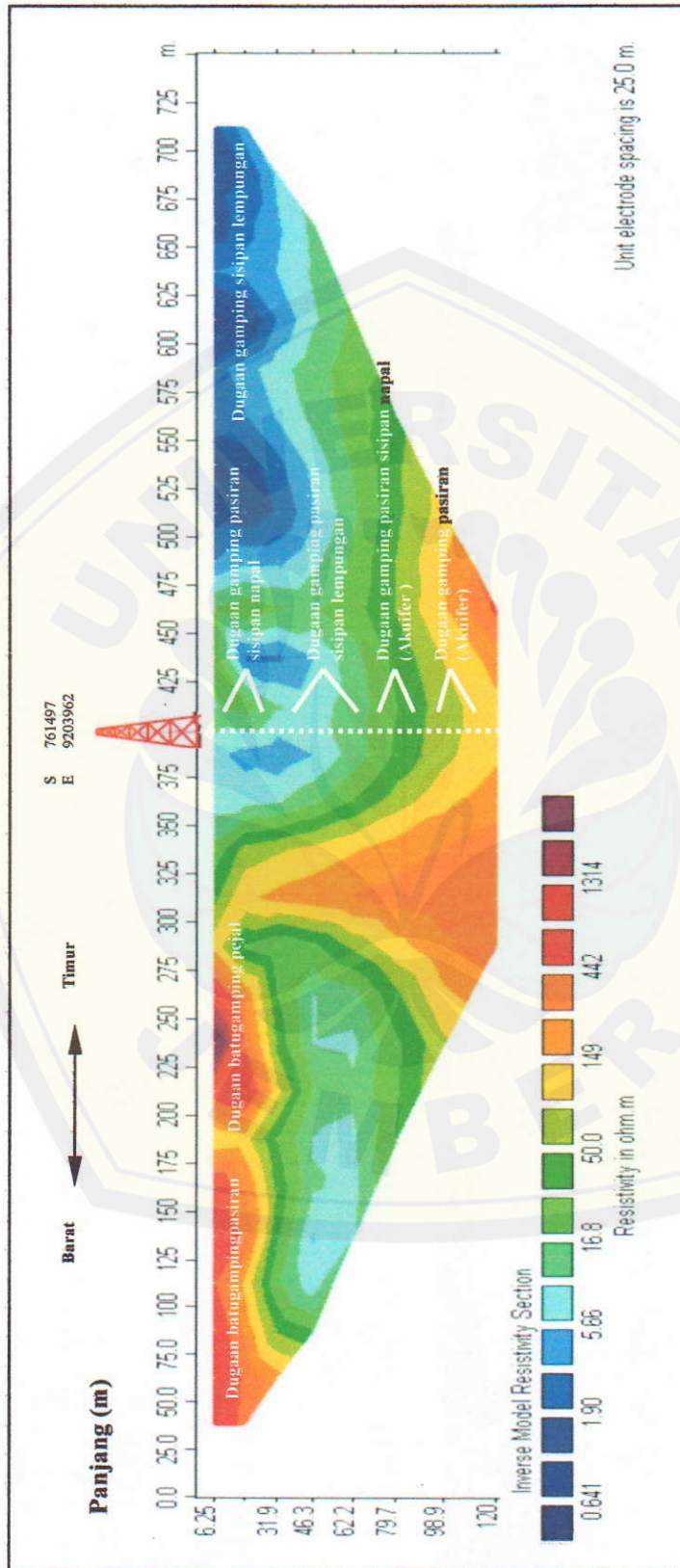
4.2 Interpretasi Data Geolistrik

Hasil pengolahan data pengukuran geolistrik menggunakan bantuan program *Res2Dinv* kemudian diinterpretasikan dan dikaji berdasarkan kondisi geologi dan hidrogeologi lokasi penelitian. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data geolistrik dengan program *Res2Dinv* adalah sebagai berikut :

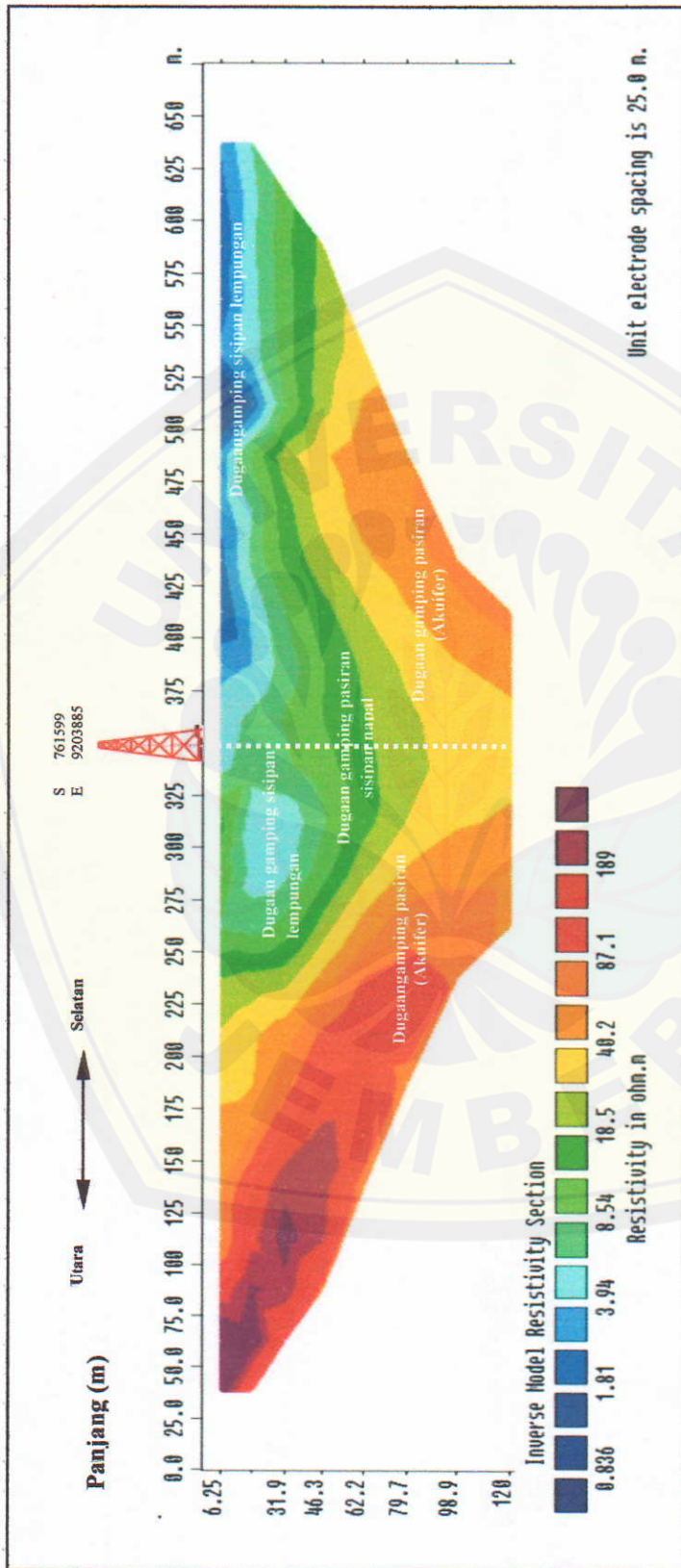
1. Data lapangan berupa arus, tegangan, dan jarak antar elektroda.
2. Masukkan data lapangan ke dalam program *Microsoft Excel* untuk mencari konstanta konfigurasi dan nilai resistivitas semu.
3. Buat input untuk program *Res2Dinv* di Notepad, dengan input format sebagai berikut :
 - a. Nama lintasan survei.
 - b. Jarak elektroda terkecil
 - c. Jenis konfigurasi (Wenner = 1)
 - d. Jumlah total titik datum.
 - e. Posisi datum pertama (0 jika datum pertama berada pada elektroda pertama dan 1 jika datum pertama berada di tengah-tengah elektroda).
 - f. Masukkan 0 untuk resistivitas atau 1 untuk IP (*Induced Polarization*).
 - g. Susunan data.
 - h. Posisi horisontal, spasi elektroda x n (lapisan ke-n), nilai resistivitas setelah dikoreksi dengan faktor geometri.
 - i. Tulis 0 empat line diakhir input.
4. Setelah selesai menulis input pada notepad, kemudian *save as* dalam bentuk *.dat (misal : data_geolistrik.dat).
5. Keluar dari notepad.
6. Masuk ke program *Res2Dinv*.
7. Dari tampilan jendela window *Res2Dinv*, buka menu file untuk membaca data yang disimpan dalam notepad tersebut(data_geolistrik.dat).
8. Kemudian pilih menu *inversi*, kemudian pilih *least-squares inversion*.

Gambaran kondisi bawah permukaan dapat diperoleh dari interpretasi data yang dilakukan dengan melihat adanya perbedaan tahanan jenis batuan hasil inversi data resistivitas. Dari hasil inversi data resistivitas dapat dibuat batas lapisan batuan dengan melihat adanya kecenderungan warna yang mengindikasikan nilai resistivitas. Susunan lapisan batuan (litologi) yang terdapat pada gambar 4.2 sampai 4.4, dan hasil interpretasi data terdapat pada tabel 4.1 sampai 4.3.

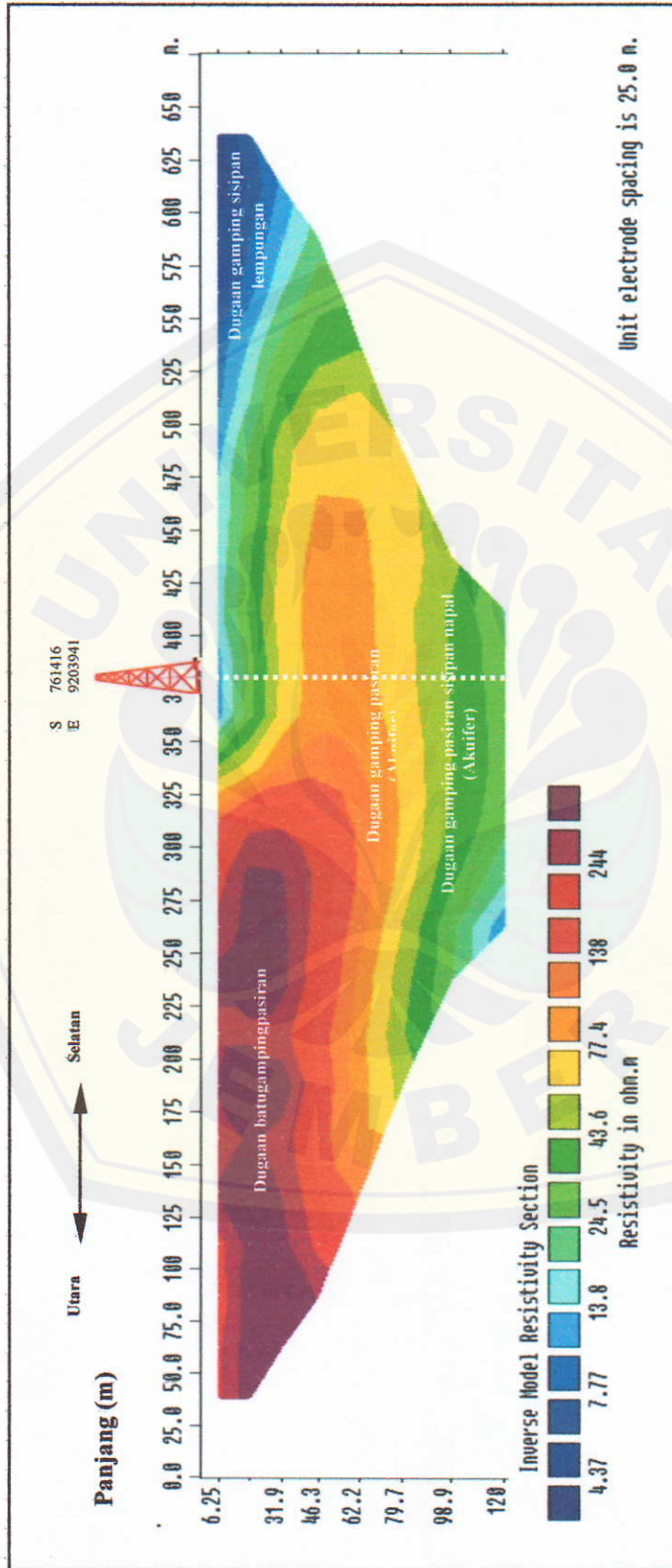




Gambar 4.2 Litologi Lintasan 1 Geolistrik Wenner Mapping



Gambar 4.3 Litologi Lintasan 2 Geolistrik Wenner Mapping



Gambar 4.4 Litologi Lintasan 3 Geolistrik Wenner Mapping

Tabel 4.1 Interpretasi pada Lintasan 1

| No. | Kedalaman (m) | Resistivitas (Ωm) | Lapisan Batuan | Konfigurasi Warna |
|-----|---------------|-----------------------------------|---|-------------------|
| 1 | 0 - 36 | 17 - 33 | Dugaan gamping pasiransisipan napal | Hijau 2 |
| 2 | 36 - 68 | 5 - 11 | Dugaan gamping pasiransisipan lempungan | Biru 6, Hijau 1 |
| 3 | 68 - 89 | 33 - 50 | Dugaan gamping pasiransisipan napal | Hijau 2, Hijau 3 |
| 4 | 89 - 120 | 50 - 149 | Dugaan gamping pasiransisipan | Hijau 4, Kuning |

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.2 Interpretasi pada Lintasan 2

| No. | Kedalaman (m) | Resistivitas (Ωm) | Lapisan Batuan | Konfigurasi Warna |
|-----|---------------|-----------------------------------|---|-------------------|
| 1 | 0 - 46 | 4 - 9 | Dugaan gamping pasiransisipan lempungan | Biru 5, Hijau 2 |
| 2 | 46 - 89 | 15 - 22 | Dugaan gamping pasiransisipan napal | Hijau 4, Kuning |
| 3 | 89 - 120 | 40 - 102 | Dugaan gamping pasiransisipan | Orange |

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.3 Interpretasi pada Lintasan 3

| No. | Kedalaman (m) | Resistivitas (Ωm) | Lapisan Batuan | Konfigurasi Warna |
|-----|---------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 1 | 0 - 46 | 244 - 330 | Dugaan batugamping pasiransisipan | Ungu 1, Ungu 2 |
| 2 | 46 - 89 | 60 - 108 | Dugaan gamping pasiransisipan | Orange, Kuning |
| 3 | 89 - 120 | 34 - 60 | Dugaan gamping pasiransisipan napal | Hijau 2, Hijau 3 |

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Analisis aliran air tanah menggunakan pendekatan aliran porous media. Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh Darcy (1856) yang dikenal dengan persamaan Darcy (Bab 2 Persamaan 2.2). Berdasarkan persamaan tersebut, maka dapat dilakukan perkiraan debit aliran yang terjadi, yaitu :

Tabel 4.4 Perkiraan Debit Aliran Air Tanah Lintasan 1

| Lapisan Batuan | Tebal Lapisan (m) | Panjang (m) | K (m/det) | Q (m ³ /det) | Q (lt/det) |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------------------|------------|
| Gamping pasirán sisipan napal | 22,7 | 300 | 1,00E-06 | 0,0068 | 6,8 |
| Gamping pasirán | 30 | 300 | 1,00E-06 | 0,0090 | 9,0 |
| | | | | Jumlah | 15,8 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Perkiraan Debit Aliran Air Tanah Lintasan 2

| Lapisan Batuan | Tebal Lapisan (m) | Panjang (m) | K (m/det) | Q (m ³ /det) | Q (lt/det) |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------------------|------------|
| Gamping pasirán sisipan napal | 16,5 | 300 | 1,00E-06 | 0,0050 | 5,0 |
| Gamping pasirán | 37,8 | 300 | 1,00E-06 | 0,0113 | 11,3 |
| | | | | Jumlah | 16,3 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Perkiraan Debit Aliran Air Tanah Lintasan 3

| Lapisan Batuan | Tebal Lapisan (m) | Panjang (m) | K (m/det) | Q (m ³ /det) | Q (lt/det) |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------------------|------------|
| Gamping pasirán | 24,9 | 300 | 1,00E-06 | 0,0075 | 7,5 |
| Gamping pasirán sisipan napal | 26,5 | 300 | 1,00E-06 | 0,0080 | 8,0 |
| | | | | Jumlah | 15,4 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan litologi pada gambar 4.7 sampai 4.9 dan hasil interpretasi data geolistrik pada tabel 4.1 sampai 4.3, dapat dianalisis lebih lanjut bahwa sebagian besar batuan didominasi gamping sisipan lempungan, gamping pasirán sisipan lempungan, gamping pasirán sisipan napal dan gamping pasirán. Batuan gamping pasirán sisipan napal dan gamping pasirán yang diharapkan berperan sebagai akuifer, dengan kedalaman 68 - 120 meter.

Hasil perkiraan debit aliran air tanah pada tabel 4.4 sampai 4.6, potensi air bawah tanah berkisar antara 15,4 - 16,3 liter/detik. Pengeboran dapat dilaksanakan pada lintasan 2 sampai kedalaman 120 meter dengan konstruksi sumur (*well*)

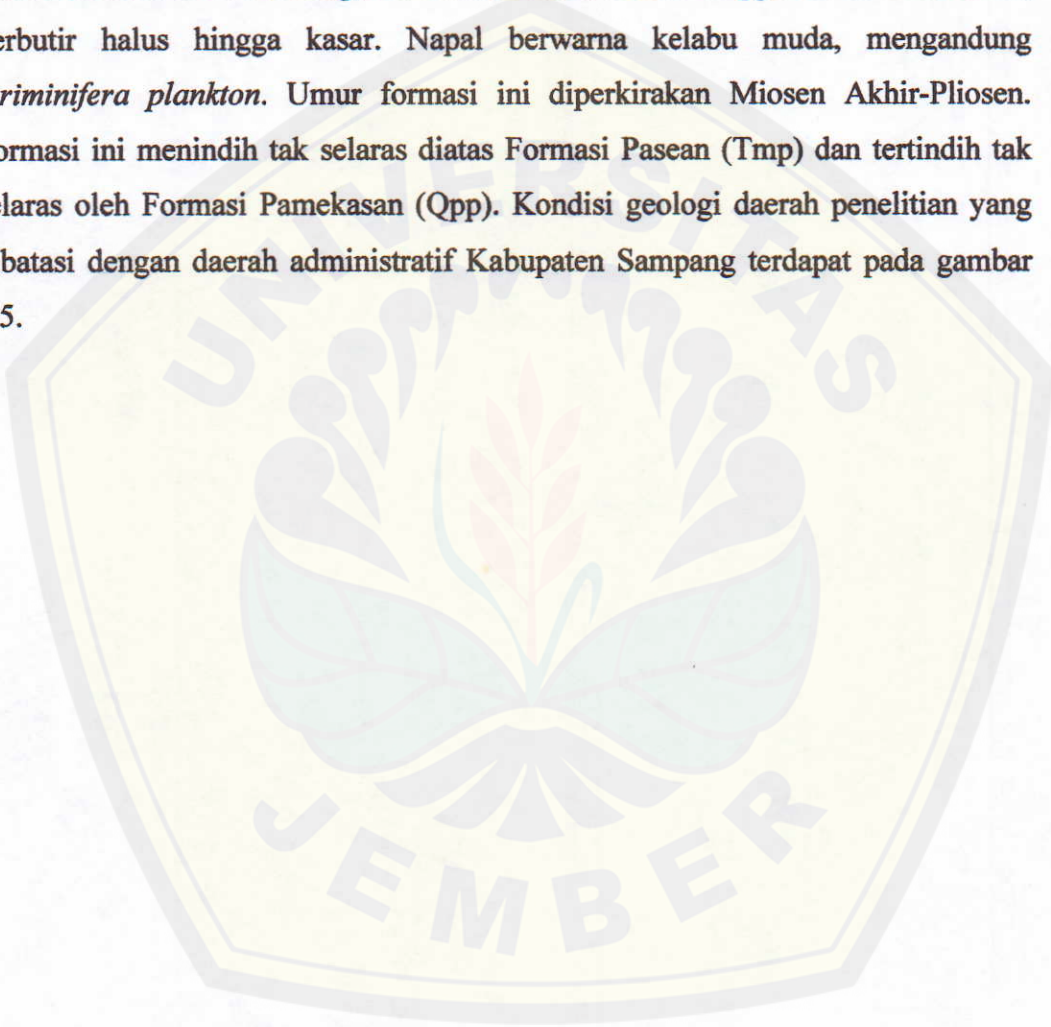
design) mencapai 115 meter. Pipa saringan (*screen pipe*) dipasang secara selang-seling mulai kedalaman 60 sampai 110 meter.

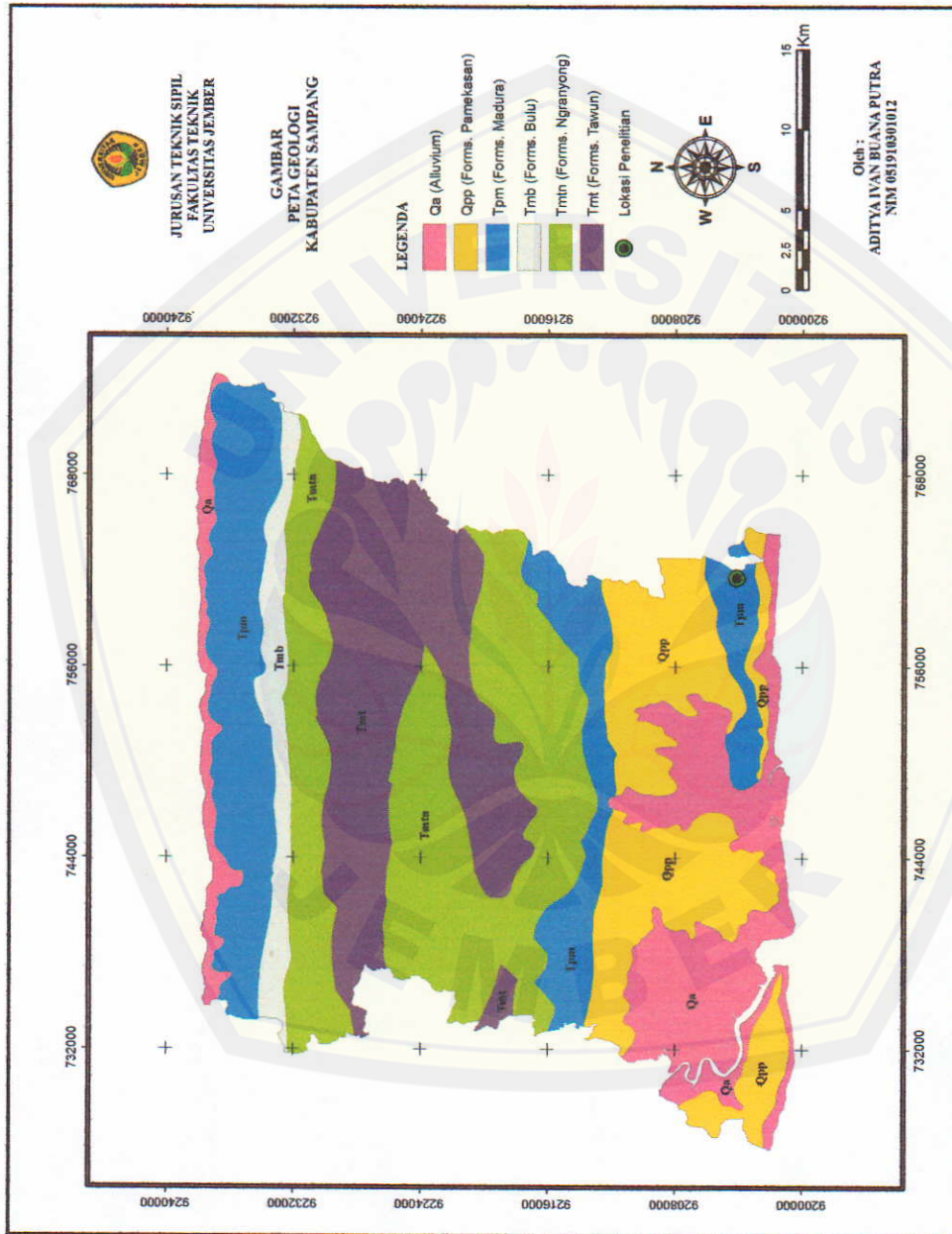
4.3 Hasil Analisis Kondisi Geologi

Peta geologi diperoleh dari peta geologi digital lembar Tanjungbumi & Paemekasan, Jawa yang bersumber dari Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Pengolahan peta geologi adalah untuk mendapatkan peta geologi dalam bentuk *.shp. Kualitas peta geologi ditentukan oleh skala peta geologi digital yang digunakan dan ketelitian dalam proses digitasinya. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan kondisi geologi adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peta geologi digital skala 1 : 100.000 dalam format *.jpg. Meng-*export* peta *.jpg kedalam *ArcGIS*.
2. Mengidentifikasi peta *.jpg koordinatnya melalui *Data Frame Properties* dengan pilihan *Coordinate System* dengan memilih koordinat dengan pilihan *Predifined* kemudian pilih *Projected Coordinate Systems*. Pilih UTM (*Universal Tranverse Mercator*).
3. Retrifikasi peta dengan fasilitas *Georeferencing* dengan pilihan *Add Control Points*. Pilih 4 titik kontrol untuk retriifikasi. Kemudian pilih *Rectify* untuk menyimpan hasil retriifikasi.
4. Setelah objek teridentifikasi, membuat *shapefile* (*.shp) dengan membuka menu *ArcCatalog* dengan memilih *file >new >shapefile*. Kemudian beri nama dan pilih *Features* dengan pilihan *Polyline*.
5. Menentukan koordinat file bentuk *.shp dengan pilihan *Edit>Spatial Reference Properties*. Pilih *Select >Browse for Coordinate System* pilih pilihan *Projected Coordinate Systems*.
6. Setelah *shapefile* dibuat selanjutnya siap dilakukan digitasi. Untuk memulai digitasi pilih *Editor>Start editing*.

Berdasarkan hasil analisis kondisi geologi, lokasi penelitian tersusun atas Formasi Madura (Tpm). Formasi ini berupa batu gamping terumbu, batu gamping pasiran dan napal. Batu gamping terumbu, berwarna putih, coklat, masif, permukaannya berongga dan tajam, pelapukannya berwarna merah. Batu gamping pasiran, bercelah atau sarang, berwarna kelabu, coklat hingga coklat kemerahan, berbutir halus hingga kasar. Napal berwarna kelabu muda, mengandung *foriminifera plankton*. Umur formasi ini diperkirakan Miosen Akhir-Pliosen. Formasi ini menindih tak selaras diatas Formasi Pasean (Tmp) dan tertindih tak selaras oleh Formasi Pamekasan (Qpp). Kondisi geologi daerah penelitian yang dibatasi dengan daerah administratif Kabupaten Sampang terdapat pada gambar 4.5.





Gambar 4.5 Peta Geologi Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

4.4 Hasil Analisis Aspek Hidrogeologi

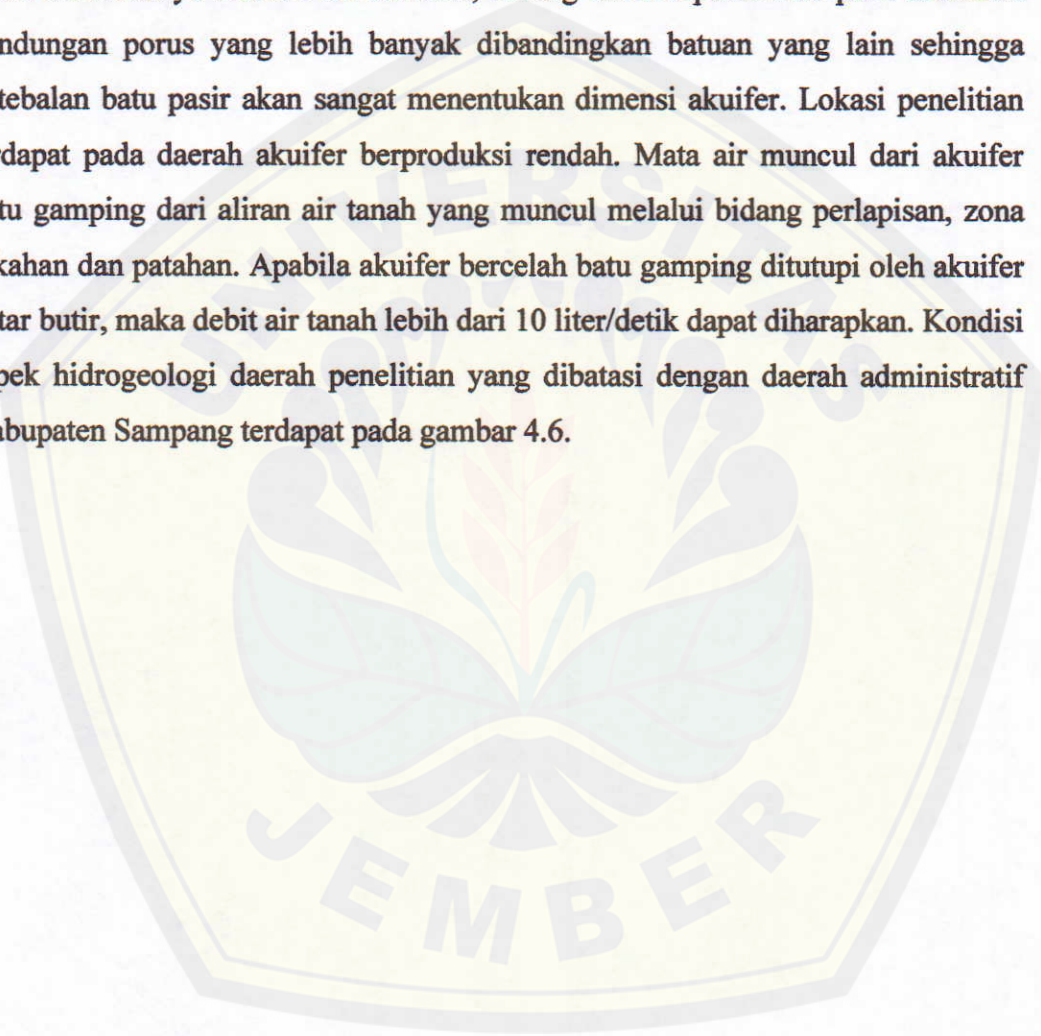
Peta geologi diperoleh dari peta hidrogeologi digital lembar VII Surabaya (Jawa) yang bersumber dari Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Pengolahan peta hidrogeologi adalah untuk mendapatkan peta hidrogeologi dalam bentuk *.shp. Kualitas peta geologi ditentukan oleh skala peta hidrogeologi digital yang digunakan dan ketelitian dalam proses digitasinya. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan aspek hidrogeologi adalah sebagai berikut :

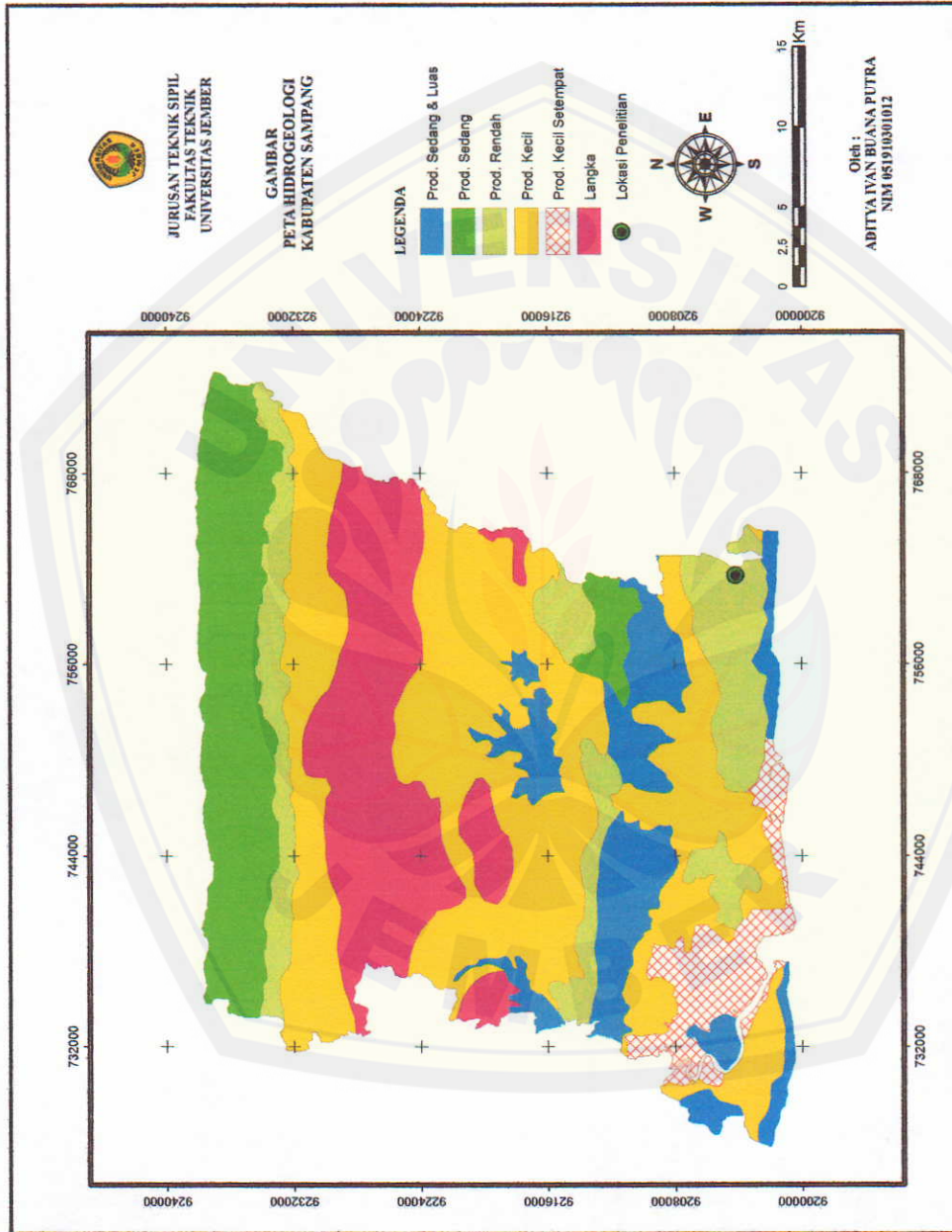
1. Mempersiapkan peta hidrogeologi digital skala 1 : 250.000 dalam format *.jpg. Meng-export peta *.jpg kedalam ArcGIS.
2. Mengidentifikasi peta *.jpg koordinatnya melalui *Data Frame Properties* dengan pilihan *Coordinate System* dengan memilih koordinat dengan pilihan *Predifined* kemudian pilih *Projected Coordinate Systems*. Pilih UTM (*Universal Tranverse Mercator*).
3. Retrifikasi peta dengan fasilitas *Georeferencing* dengan pilihan *Add Control Points*. Pilih 4 titik kontrol untuk retriifikasi. Kemudian pilih *Rectify* untuk menyimpan hasil retriifikasi.
4. Setelah objek teridentifikasi, membuat *shapefile* (*.shp) dengan membuka menu *ArcCatalog* dengan memilih *file >new >shapefile*. Kemudian beri nama dan pilih *Features* dengan pilihan *Polyline*.
5. Menentukan koordinat file bentuk *.shp dengan pilihan *Edit>Spatial Reference Properties*. Pilih *Select >Browse for Coordinate System* pilih pilihan *Projected Coordinate Systems*.
6. Setelah *shapefile* dibuat selanjutnya siap dilakukan digitasi. Untuk memulai digitasi pilih *Editor>Start editing*.

Berdasarkan analisis aspek hidrogeologi, lokasi penelitian terletak di sebelah selatan pulau Madura yang banyak ditemukan formasi batuan yang berumur Pliosen. Sebagian besar lokasi penelitian didominasi formasi batu gamping yang terdapat pada kedalaman yang berbeda-beda. Kebanyakan batuan

(batu gamping) yang menempati lokasi penelitian merupakan formasi batuan yang mengandung lapisan pembawa air (akuifer).

Batu gamping Formasi Madura bersifat meluluskan air yang tak teratur. Pada daerah batu gamping, banyak atau sedikit tertutup lapisan lempung, sebagian besar air tanahnya bersifat tak tertekan, sedang untuk lapisan batu pasir memiliki kandungan porus yang lebih banyak dibandingkan batuan yang lain sehingga ketebalan batu pasir akan sangat menentukan dimensi akuifer. Lokasi penelitian terdapat pada daerah akuifer berproduksi rendah. Mata air muncul dari akuifer batu gamping dari aliran air tanah yang muncul melalui bidang perlapisan, zona rekahan dan patahan. Apabila akuifer bercelah batu gamping ditutupi oleh akuifer antar butir, maka debit air tanah lebih dari 10 liter/detik dapat diharapkan. Kondisi aspek hidrogeologi daerah penelitian yang dibatasi dengan daerah administratif Kabupaten Sampang terdapat pada gambar 4.6.





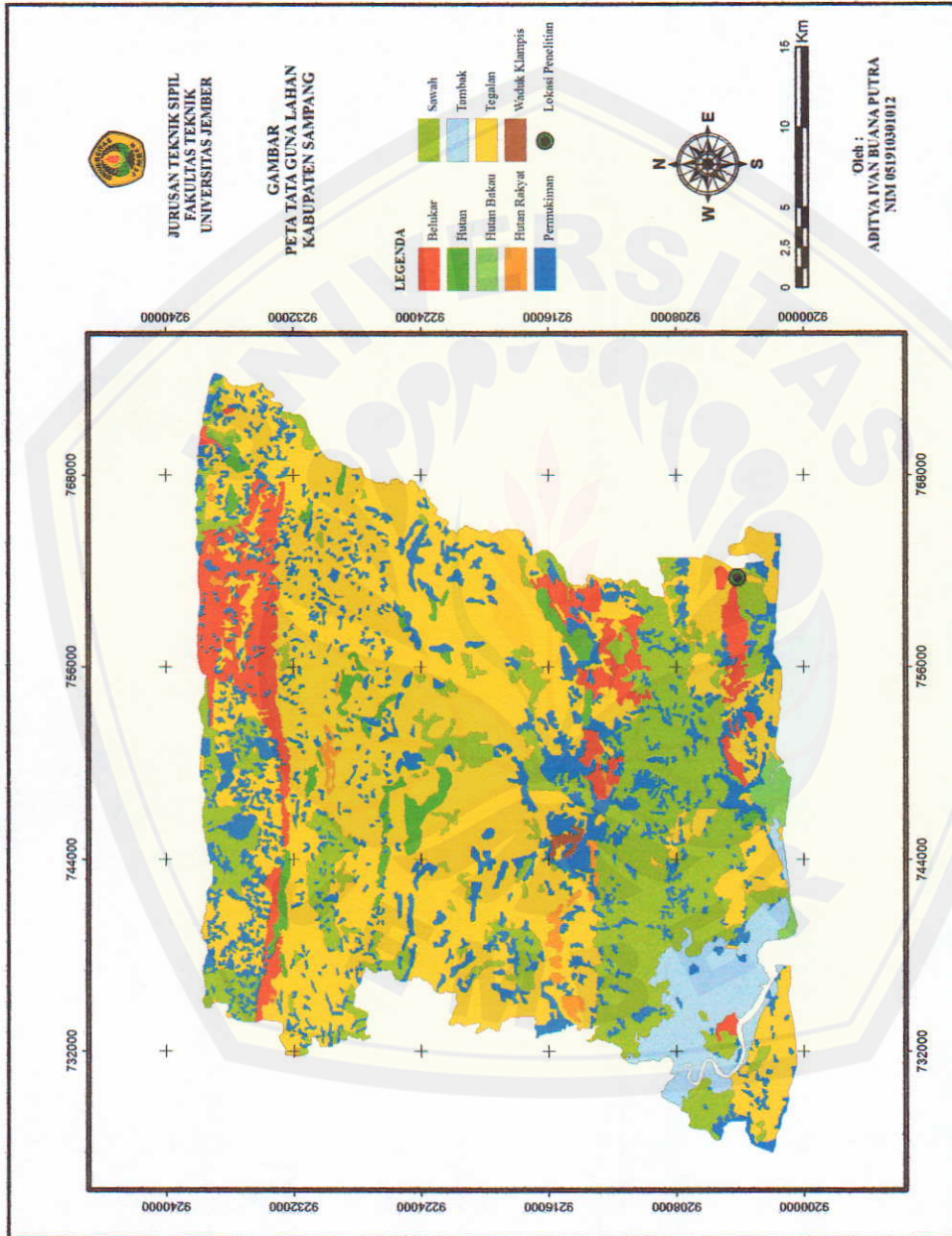
Gambar 4.6 Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

4.5 Hasil Analisis Tataguna Lahan

Peta tataguna lahan diperoleh dari peta tataguna lahan digital. Pengolahan tataguna lahan adalah untuk mendapatkan peta tataguna lahan dalam bentuk *.shp. Kualitas peta tataguna lahan ditentukan oleh skala peta tataguna lahan digital yang digunakan dan ketelitian dalam proses digitasinya. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan tataguna lahan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peta tataguna lahan digital skala 1:25.000 dalam format *.jpg. Meng-export peta *.jpg kedalam *ArcGIS*.
2. Mengidentifikasi peta *.jpg koordinatnya melalui *Data Frame Properties* dengan pilihan *Coordinate System* dengan memilih koordinat dengan pilihan *Predifined* kemudian pilih *Projected Coordinate Systems*. Pilih UTM (*Universal Tranverse Mercator*).
3. Retrifikasi peta dengan fasilitas *Georeferencing* dengan pilihan *Add Control Points*. Pilih 4 titik kontrol untuk retriifikasi. Kemudian pilih *Rectify* untuk menyimpan hasil retriifikasi.
4. Setelah objek teridentifikasi, membuat *shapefile* (*.shp) dengan membuka menu *ArcCatalog* dengan memilih *file >new >shapefile*. Kemudian beri nama dan pilih *Features* dengan pilihan *Polyline*.
5. Menentukan koordinat file bentuk *.shp dengan pilihan *Edit>Spatial Reference Properties*. Pilih *Select >Browse for Coordinate System* pilih pilihan *Projected Coordinate Systems*.
6. Setelah *shapefile* dibuat selanjutnya siap dilakukan digitasi. Untuk memulai digitasi pilih *Editor>Start editing*.

Berdasarkan peta tataguna lahan, terdapat 9 klasifikasi lahan yaitu: a.) Belukar, b.) Hutan, c.) Hutan Rakyat, d.) Hutan Bakau, e.) Sawah, f.) Tambak, g.) Tegalan, h.) Permukiman, i.) Waduk. Peta tataguna lahan digunakan untuk mengetahui penyerapan air ke dalam tanah dengan melihat kondisi geologi daerah tersebut. Peta tataguna lahan daerah penelitian terdapat pada gambar 4.7.



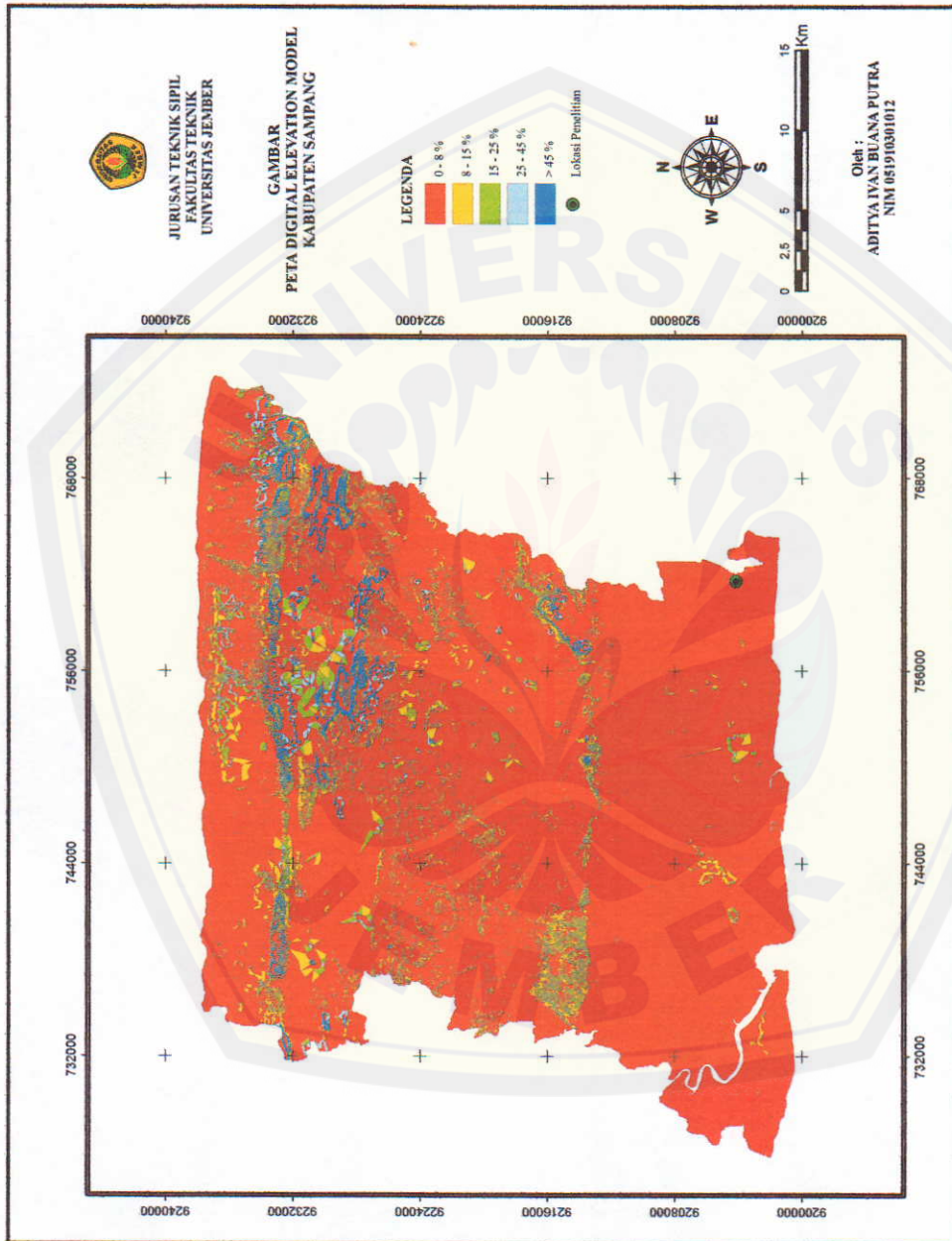
Gambar 4.7 Peta Tataguna Lahan Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

4.6 Hasil Analisis DEM (*Digital Elevation Model*)

Peta *Digital Elevation Model* (DEM) diperoleh dari peta rupa bumi (RBI) digital yang dikonversikan ke dalam bentuk DEM. Pengolahan DEM adalah untuk mendapatkan peta kontur dalam format *grid*. Kualitas DEM ditentukan oleh skala peta rupa bumi digital yang digunakan dan ketelitian dalam proses digitasinya. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan DEM adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peta RBI digital skala 1:25.000 dalam format file program autocad (*.dwg),
2. Meng-*export* polyline kontur peta topografi tersebut ke dalam format program *ArcView* (*.shp) dengan meng-*convert to shapefile*,
3. Menggabungkan theme dari section peta kontur yang sudah dalam format file *.shp tersebut dengan program *ArcView* melalui fasilitas *GeoProcessing Wizard* dengan pilihan *option* dan *merge theme together*,
4. Membangkitkan hasil gabungan (*merge*) peta kedalam DEM dalam bentuk 3 dimensi dengan format TIN (*Triangular Irregular Network*). Aktifkan ekstensi *3D Analyst*, pilih menu *surface*, *Create new TIN from features*,
5. Konversi DEM dari format TIN ke dalam kelerengan dengan mengaktifkan ekstensi *3D Analyst*, pilih menu *Derive slope*.
6. Konversi slope dari format struktur *grid*. Pilih menu *Theme*, *Convert to grid* dengan ukuran sel 30x30 meter.

Dengan peta DEM ini, dapat diketahui karakteristik daerah yang berupa kemiringan (*slope*) serta arah aliran (*flow direction*) suatu daerah, mengingat air selalu mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 387/Kpts/Um/11/1980, peta DEM menurut kemiringan lereng dibagi menjadi 5 klasifikasi yaitu: a.) 0-8% (Datar), b.) 8-15% (Landai), c.) 15-25% (Agak curam), d.) 25-45% (Curam), e.) >45% (Sangat curam). Peta DEM pada daerah penelitian terdapat pada gambar 4.8.



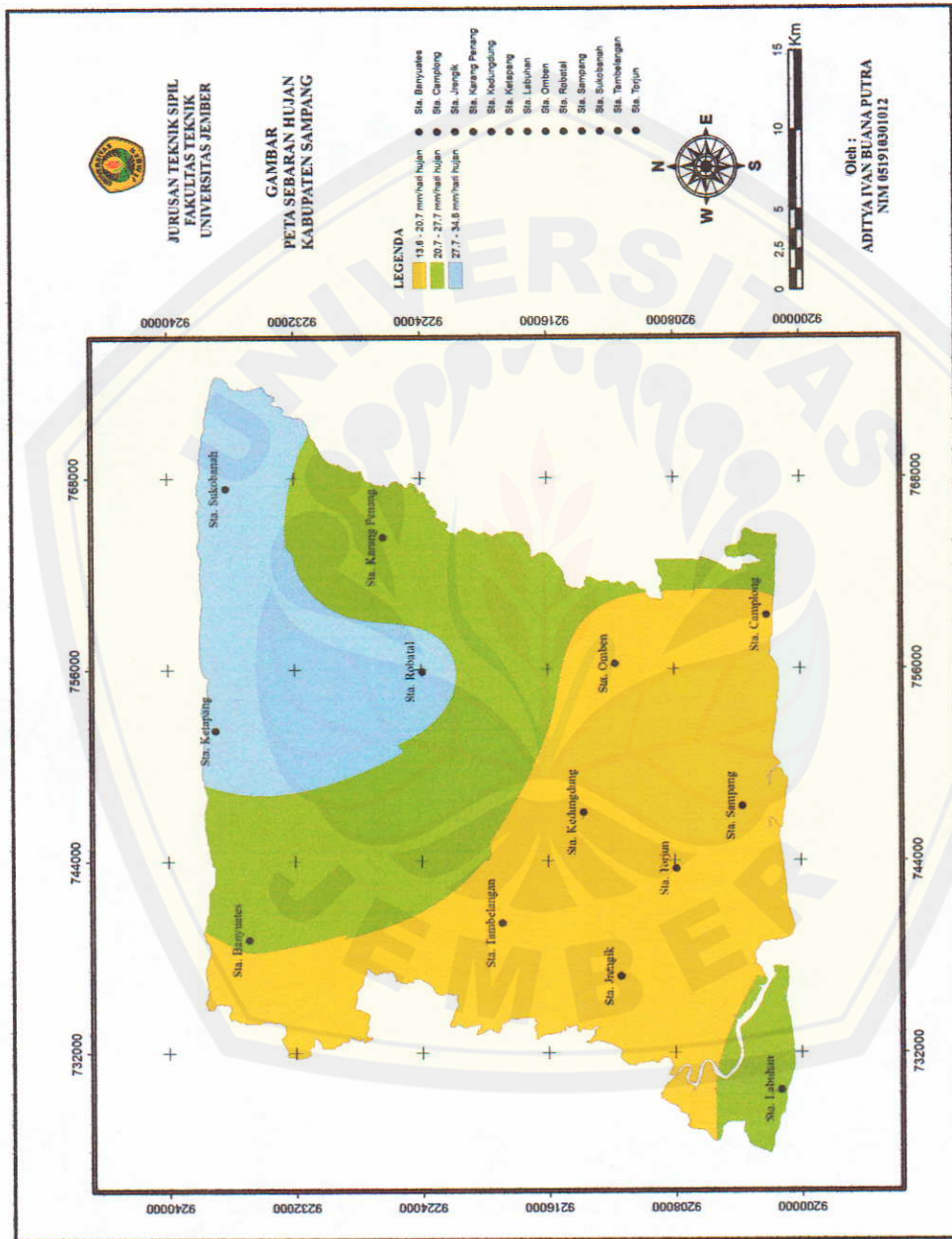
Gambar 4.8 Peta DEM (*Digital Elevation Model*) Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

4.7 Hasil Analisis Sebaran Hujan

Peta sebaran hujan diperoleh dari pengolahan data hujan. Pengolahan data hujan adalah untuk mendapatkan peta sebaran hujan dalam bentuk *.shp. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data hujan adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan database informasi koordinat-koordinat unsur titik stasiun curah hujan dan database curah hujan dengan program *Notepad*.
2. Mengidentifikasi koordinatnya melalui *Display XY* untuk field X untuk *X_COORD* dan field Y untuk *Y_COORD*. Dengan pilihan *Coordinate System* dengan memilih koordinat dengan pilihan *Predifined* kemudian pilih *Projected Coordinate Systems*. Pilih UTM (*Universal Tranverse Mercator*).
3. Meng-*export* menjadi *shapefile* (*.shp). Dengan klik kanan pilih *Data > Export Data*.
4. Membuat peta sebaran hujan melalui *Data Spatial Analyst* pilihan *Interpolation > Kriging*. Input data stasiun hujan dan curah hujan.
5. Mengklasifikasikan dengan pilihan *Reclass*. Pilih *Reclassify* kemudian konversikan ke dalam bentuk *shapefile* (*.shp).

Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 387/Kpts/Um/11/1980, peta sebaran hujan menurut intensitas hujan dibagi dalam lima klasifikasi. Peta sebaran hujan pada daerah penelitian terdapat 3 klasifikasi intensitas hujan yaitu: a.) 13,6- 20,7 mm/hari hujan (Rendah); b.) 20,7-27,7 mm/hari hujan (Sedang); c.) 27,7-34,8 mm/hari hujan (Tinggi). Peta sebaran hujan daerah penelitian terdapat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Peta Sebaran Hujan Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

4.8 Hasil Analisis Data Sumur Bor

Berdasarkan hasil pengeboran sumur dalam yang dilaksanakan oleh Direktorat Jendral Sumber Daya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Air Tanah (P2AT) bahwa pada Kabupaten Sampang terdapat 11 sumur dalam (SDSP) yang tersebar. Sumur dalam yang diambil sebagai data pendukung adalah yang terletak di daerah sekitar lokasi penelitian. Kecamatan yang terletak di sekitar lokasi penelitian antara lain Kecamatan Camplong, Kecamatan Omben, Kecamatan Sampang, Kecamatan Jrengik, Kecamatan Ketapang dan Kecamatan Banyuates Kabupaten Sampang.

Sumur bor dalam pada Kecamatan Camplong berada di Desa Plampa'an dengan kedalaman sumur 90 meter dengan debit sumur 20 liter/detik. Sumur bor dalam pada Kecamatan Omben, berada di Desa Madulang, Meteng dan Sogihan dengan jumlah sumur sebanyak 3 buah (Desa Madulang), 2 buah (Desa Meteng) dan 1 buah (Desa Sogihan) dengan kedalaman sumur bor masing-masing 73;75;110;70;60,55;80 meter dengan debit sumur bor masing-masing 60,3;20;24,7;70;60; 60 liter/detik. Sumur bor dalam pada Kecamatan Sampang berada di Desa Pangelen dengan kedalaman sumur 39 meter dengan debit sumur 80 liter/detik. Sumur bor dalam pada Kecamatan Jrengik berada di Desa Jrengik dengan kedalaman sumur 75 meter dengan debit sumur 60 liter/detik. Sumur bor dalam pada Kecamatan Ketapang berada di Desa Ketapang Laok dengan kedalaman sumur 65 meter dengan debit sumur 0 liter/detik. Sumur bor dalam pada Kecamatan Banyuates berada di Desa Tabanah dengan kedalaman sumur 36 meter dengan debit sumur 3 liter/detik.

Berdasarkan data bor dari Direktorat Jendral Sumber Daya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Air Tanah (P2AT) berupa litologi batuan, bahwa setiap daerah mempunyai ketebalan setiap lapisan batuan yang berbeda-beda. Struktur lapisan batuan pada daerah-daerah tersebut terdiri atas lempung, batu gamping lempungan, batu gamping pasiran, lempung pasiran. Litologi batuan setiap sumur bor terdapat pada lampiran.

4.9 Analisis Data Spasial

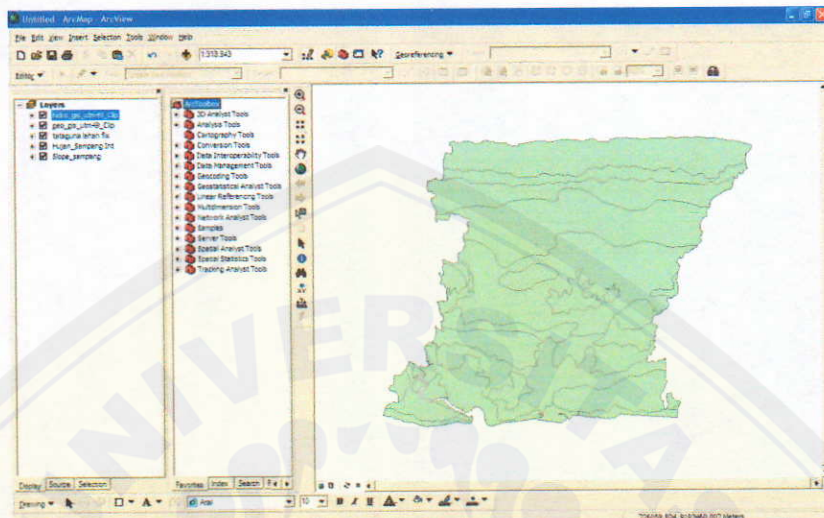
Acuan yang dipakai untuk menentukan lokasi pengeboran pada proyek P2AT, selama ini adalah peta hidrogeologi dan peta geologi. Peta hidrogeologi digunakan untuk memilih lokasi yang diperkirakan memiliki cadangan air tanah sesuai debit yang diinginkan, sedangkan peta geologi untuk memperkirakan secara kasar tentang litologi batuan daerah setempat.

Akurasi peta hidrogeologi punya keterbatasan oleh kecilnya skala peta yang dapat menghilangkan data penting di suatu daerah. Akibatnya sering kali daerah menurut peta hidrogeologi dinyatakan tidak mempunyai potensi air tanah, setelah dilakukan uji pemompaan (*pumping test*) justru mempunyai cadangan air yang cukup besar, begitu juga sebaliknya. Oleh karena itu, perlu dibuat peta sejenis dengan memasukkan segala aspek penentu keberadaan dan besarnya air bawah tanah.

Peta sejenis yang memberikan informasi keberadaan dan besarnya air bawah tanah merupakan hasil penggabungan/tumpang susun (*overlay*) dari beberapa peta. Berdasarkan penelitian Sonny Wedhanto (2006), deliniasi Peta Rupabumi Indonesia (RBI) menghasilkan Peta *Digital Elevation Model* (DEM), dan pengolahan data hujan menghasilkan Peta Hujan. Jika ke dua peta tersebut ditumpang susun, dapat dihasilkan peta perkiraan arah aliran air tanah; dan jika ditumpang susun lagi dengan Peta Perkiraan Peresapan Air, maka letak akuifer yang sebagai pembawa air tanah dapat dipetakan, dan hasilnya berupa Peta Potensi Air Tanah.

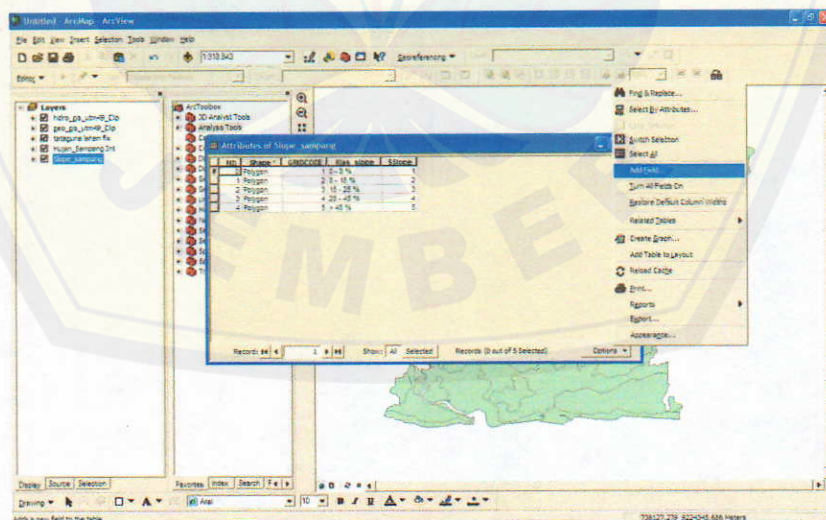
Penelitian ini menggabungkan (*overlay*) antara peta hidrogeologi, geologi, tataguna lahan, sebaran hujan dan DEM. Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *ArcGIS 9.2* dapat dilakukan *overlay*. Sedangkan tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data spasial dengan program *ArcGIS 9.2* adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peta hidrogeologi, geologi, tataguna lahan, DEM dan sebaran hujan dalam bentuk *.shp.



Gambar 4.10 Mempersiapkan Peta-peta (*ArcGIS 9.2*)

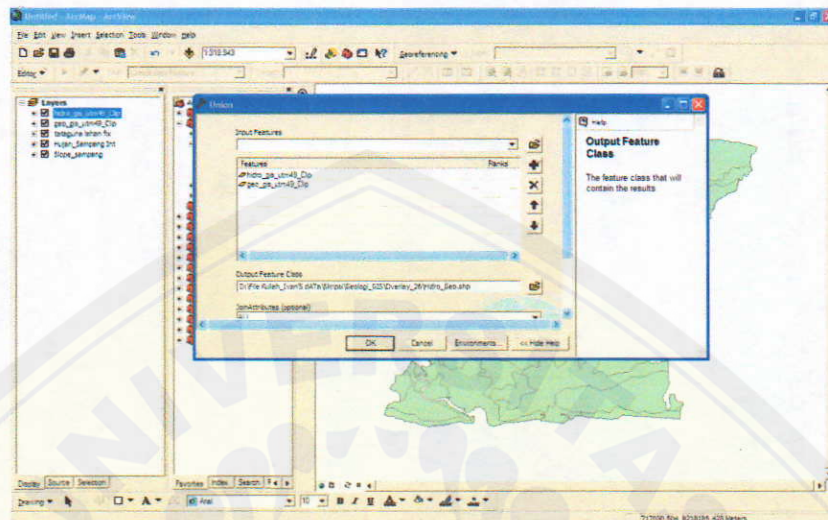
2. Pemberian skor (*skoring*) pada setiap peta dengan klik kanan pada layer dengan pilihan *Open Attribute>Add field*. Kemudian beri nama skor tiap masing-masing peta.



Gambar 4.11 Pemberian Skor pada Peta (*ArcGIS 9.2*)

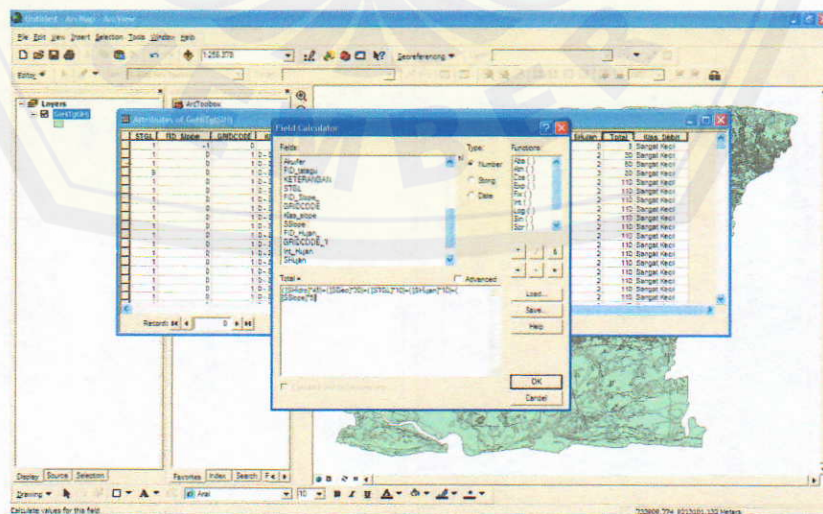
3. Menggabungkan (*overlay*) peta melalui extension *Analysis Tools* pada *ArcToolbox* dengan pilihan *Overlay>Union*. Proses overlay ini dilakukan

secara bertahap dengan urutan mulai overlay peta hidrogeologi dengan peta geologi. Proses ini dilakukan untuk peta-peta berikutnya.



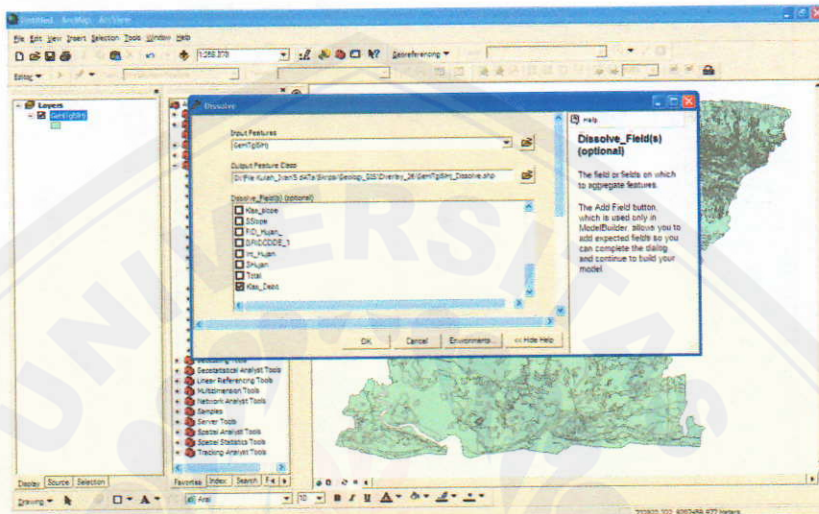
Gambar 4.12 Penggabungan (*Overlay*) Peta (*ArcGIS 9.2*)

- Perkalian dari bobot dan skor peta-peta dengan klik kanan pilihan *Open Attribute>Add field*. Kemudian beri nama *field* tersebut dengan *Total*. Penjumlahan skor total dilakukan dengan klik kanan pada kolom *Total>Field Calculator*. Masukkan rumus perkalian antara skor dan bobot dari peta-peta tersebut.



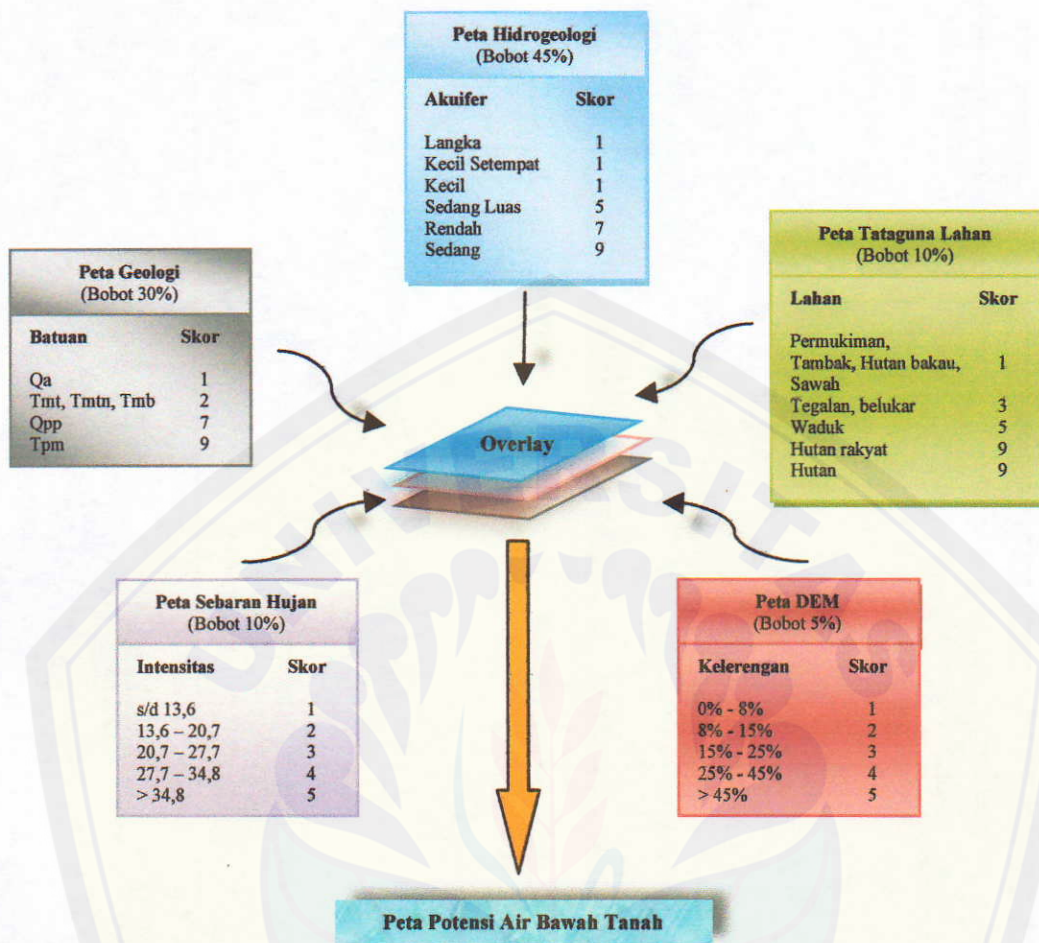
Gambar 4.13 Perkalian dari Bobot dan Skor Peta (*ArcGIS 9.2*)

5. Mengklasifikasikan hasil dari total skor dengan klik kanan pilihan *Open Attribute>Add field* beri nama *field* tersebut *Klas_Debit*. Kemudian diklasifikasikan melalui ekstension *Data Management Tools* pada *ArcToolbox* dengan pilihan *Generalization>Dissolve*.



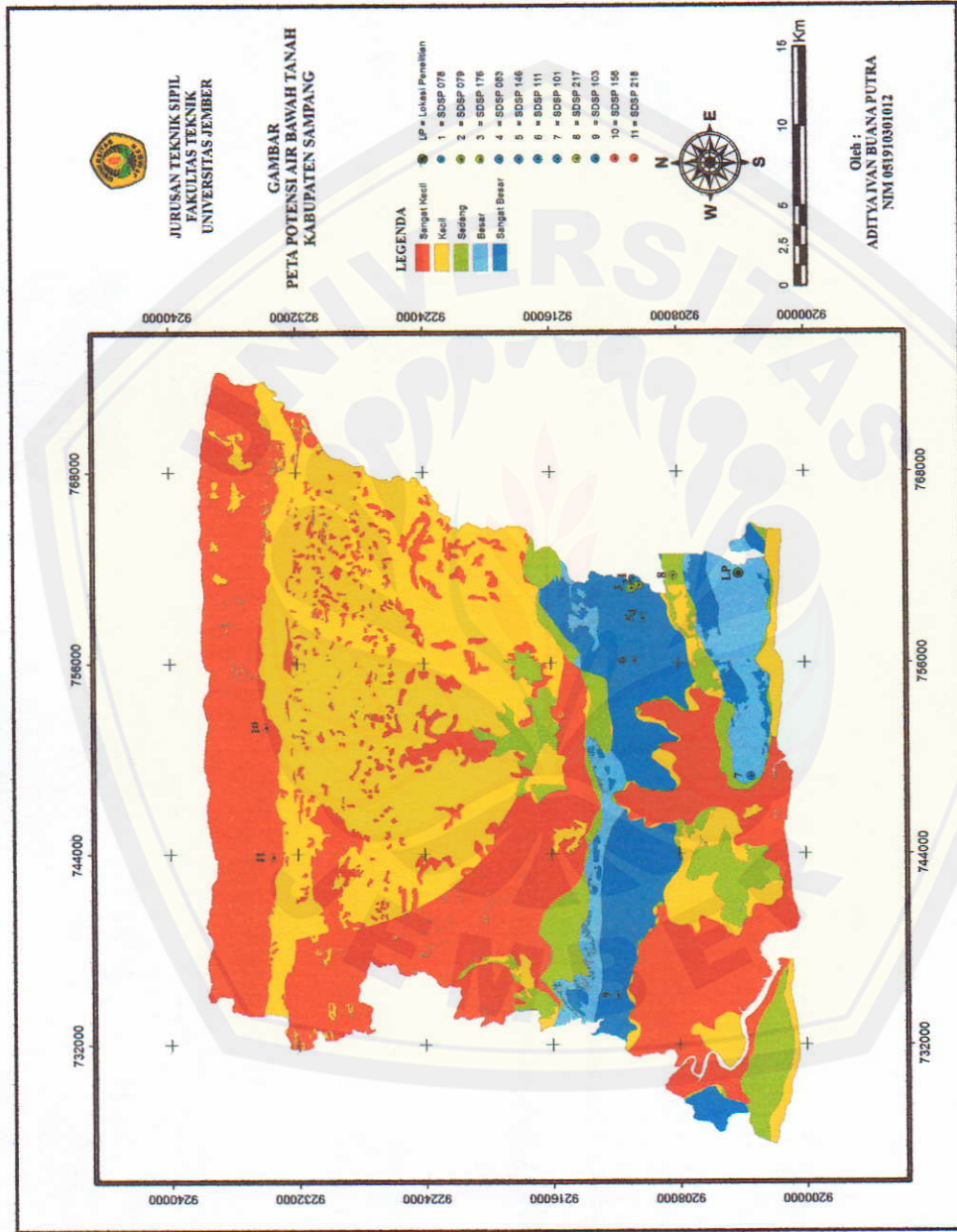
Gambar 4.14 Mengklasifikasikan Skor Total (ArcGIS 9.2)

Pemberian bobot dan *skoring* setiap masing-masing peta serta proses penggabungan (*overlay*) dalam pembuatan peta potensi air bawah tanah terdapat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Prosedur Pembuatan Peta Potensi Air Bawah Tanah (Hasil Analisis Data)

Hasil dari penggabungan (*overlay*) antara peta hidrogeologi, geologi, tataguna lahan, sebaran hujan dan DEM berupa peta potensi air bawah tanah. Peta potensi air bawah tanah dibandingkan dengan data sumur bor dalam P2AT yang terdapat di Kabupaten Sampang. Data sumur bor yang diplotting pada peta potensi air bawah tanah yaitu koordinat letak posisi SDSP dan debit sumur bor dalam sampang (SDSP) yang berdasarkan kriteria debit relatif hasil pengeboran (Bab 2 Tabel 2.2). Tingkat keakurasian suatu peta dengan cara membandingkan antar besar debit air masing-masing sumur bor dengan perkiraan debit air tanah relatif pada peta. Peta potensi air bawah tanah daerah penelitian yang dibatasi dengan daerah administratif Kabupaten Sampang terdapat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Peta Potensi Air Bawah Tanah Daerah Penelitian (Hasil Analisis Data)

Berdasarkan peta potensi air bawah tanah, dari 11 sumur bor Kabupaten Sampang (SDSP) terdapat 8 sumur bor yang mempunyai debit yang sesuai dengan peta tersebut. Hasil kesesuaian debit sumur bor dengan peta potensi air bawah tanah terdapat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kesesuaian Debit Sumur Bor dengan Peta Potensi Air Bawah Tanah

| No. | Kode Sumur Bor Dalam Sampang | Debit (liter/detik) | Klas | Debit Peta (liter/detik) | Klas Peta | Kesesuaian | | Prosentase Kesesuaian | |
|--------|------------------------------|---------------------|--------------|--------------------------|--------------|------------|--------------|-----------------------|--------------|
| | | | | | | Sesuai | Tidak Sesuai | Sesuai | Tidak Sesuai |
| 1 | SDSP 078 | 60,3 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | 1 | | 9.09% | |
| 2 | SDSP 079 | 20 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | | 1 | | 9.09% |
| 3 | SDSP 083 | 70 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | 1 | | 9.09% | |
| 4 | SDSP 101 | 80 | Sangat Besar | 25 - 30 | Besar | | 1 | | 9.09% |
| 5 | SDSP 103 | 60 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | 1 | | 9.09% | |
| 6 | SDSP 111 | 60 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | 1 | | 9.09% | |
| 7 | SDSP 146 | 60 | Sangat Besar | > 30 | Sangat Besar | 1 | | 9.09% | |
| 8 | SDSP 158 | 0 | Sangat Kecil | ≤ 15 | Sangat Kecil | 1 | | 9.09% | |
| 9 | SDSP 176 | 24,7 | Besar | 25 - 30 | Besar | | 1 | | 9.09% |
| 10 | SDSP 217 | 20 | Sedang | 20 - 25 | Sedang | 1 | | 9.09% | |
| 11 | SDSP 218 | 3 | Sangat Kecil | ≤ 15 | Sangat Kecil | 1 | | 9.09% | |
| Jumlah | | | | | | | | 72.73% | 27.27% |

Sumber : Hasil Analisis Data

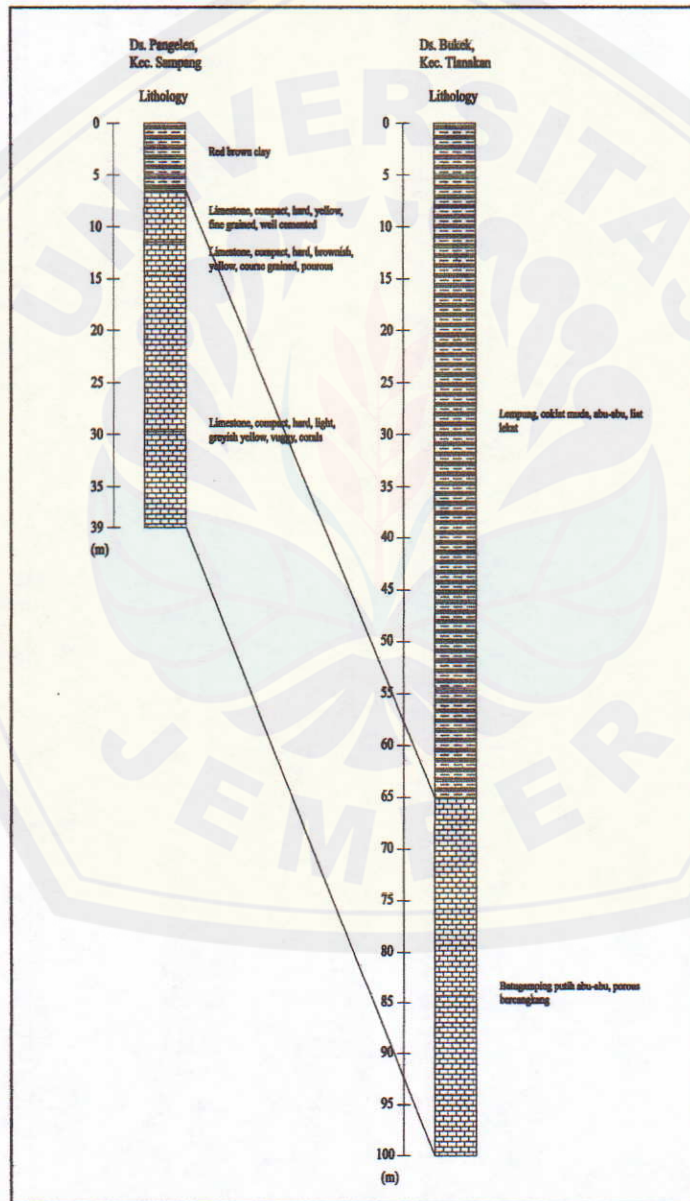
Berdasarkan peta potensi air bawah tanah dibandingkan dengan data sumur bor Kabupaten Sampang menunjukkan, bahwa tingkat kesesuaian debit sumur bor dengan peta potensi air bawah tanah sebesar 72,73 % ditunjukkan pada tabel 4.7. Potensi air bawah tanah di lokasi penelitian sebesar 25 - 30 liter/detik berada pada klas besar.

4.10 Analisis Perbandingan Metode Geolistrik dengan Metode Spasial

Hasil interpretasi data geolistrik bahwa sebagian besar batuan didominasi gamping sisipan lempungan, gamping pasir sisipan lempungan, gamping pasir sisipan napal dan gamping pasir. Batuan gamping pasir sisipan napal dan gamping pasir yang diharapkan berperan sebagai akuifer.

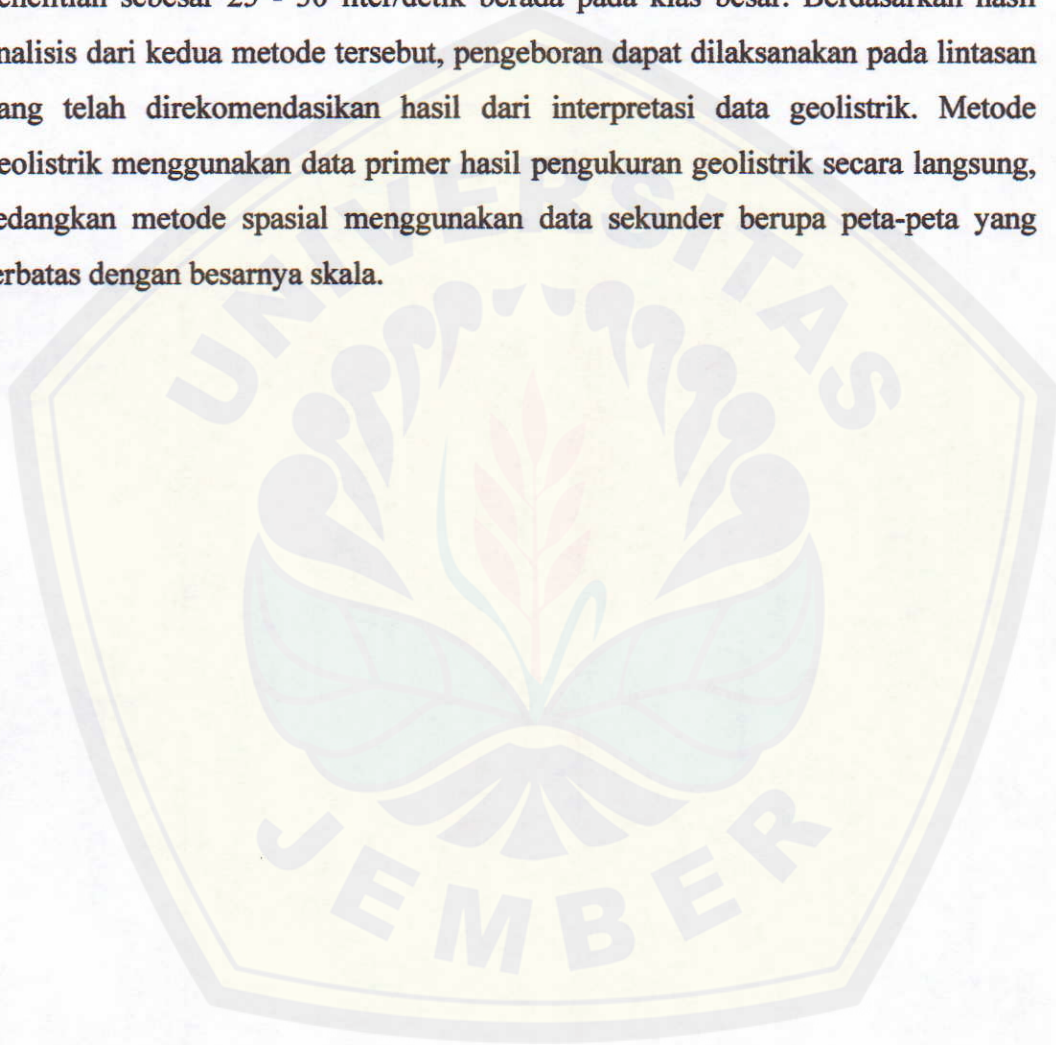
Akuifer yang terdapat di lokasi penelitian termasuk akuifer setengah terkekang (*Semiconfined Aquifer*), hal ini dikarenakan batuan gamping yang tidak

atau sedikit tertutup lapisan lempung, sebagian besar air tanahnya bersifat tak tertekan, sedang untuk pasir memiliki kandungan porus yang lebih banyak dibandingkan batuan yang lain sehingga ketebalan batu pasir akan sangat menentukan dimensi akuifer. Akuifer setengah terkekang (*Semiconfined Aquifer*) dapat diketahui dengan mengkorelasi litologi sumur bor SDSP 101 dan SDPM 123 yang terdapat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Korelasi Litologi Sumur Bor SDSP 101 dan SDPM 123

Hasil interpretasi data geolistrik dan perkiraan debit aliran air tanah, potensi air bawah tanah berkisar antara 15,4 - 16,8 liter/detik. Hasil analisis data spasial yang berdasarkan peta potensi air bawah tanah dibandingkan dengan data sumur bor Kabupaten Sampang menunjukkan, potensi air bawah tanah di lokasi penelitian sebesar 25 - 30 liter/detik berada pada klas besar. Berdasarkan hasil analisis dari kedua metode tersebut, pengeboran dapat dilaksanakan pada lintasan yang telah direkomendasikan hasil dari interpretasi data geolistrik. Metode geolistrik menggunakan data primer hasil pengukuran geolistrik secara langsung, sedangkan metode spasial menggunakan data sekunder berupa peta-peta yang terbatas dengan besarnya skala.





BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, analisis data dan pembahasan, maka dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Litologi pada lokasi penelitian didominasi gamping sisipan lempungan, gamping pasir sisipan lempungan, gamping pasir sisipan napal dan gamping pasir. Batuan gamping pasir sisipan napal dan gamping pasir yang diharapkan berperan sebagai lapisan pembawa air (akuifer).
2. Potensi air bawah tanah di lokasi penelitian dengan metode geolistrik sebesar 15,4 - 16,3 liter/detik. Potensi terbesar terdapat pada lintasan 2.
3. Potensi air bawah tanah di lokasi penelitian dengan metode spasial sebesar 25 - 30 liter/detik.

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian, maka saran yang bisa disampaikan sebagai berikut :

1. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai pendugaan potensi air bawah tanah metode geolistrik selain konfigurasi Wenner Mapping.
2. Analisis data spasial terbatas menggunakan data sekunder yang ada. Oleh karena itu, perlu diteliti lebih lanjut menggunakan metode lain dan data terbaru seperti *remote sensing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, R., Sutrisno, Y. Noya, dan K. Brata. 1993. *Peta Geologi Lembar Tanjungbumi & Pamekasan, Jawa Lembar 1609-2 & 1608-5 Skala 1:100.000*. Bandung: Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. 2001. *Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Sampang*. Bogor: BAKOSURTANAL.
- Badan Pembangunan dan Pendapatan (BAPPEDA) Kabupaten Sampang. 2006. *Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Sumber Daya Air Kabupaten Sampang 2007 -2012*. Sampang: Pemerintah Kabupaten Sampang.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2008. *Sampang Dalam Angka 2007*. Sampang: Badan Pusat Statistik (BPS).
- Bisri, Muhammad. 1988. *Aliran Air Tanah*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Sampang. 2010. *Data Hujan Kabupaten Sampang Tahun*. Sampang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Sampang
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2000. *Daftar Sumur Dalam Wilayah Madura*. Surabaya: Direktorat Jendral Sumber Daya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Air Tanah (P2AT) Jawa Timur.
- Departemen Pertanian. 2009. *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: PT-PLA C 1.2-2009 tentang Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Air Tanah Dalam 2009*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian.
- Geophysical Consulting and Instrument Services (GEOCIS). *Geolistrik Tahanan Jenis(Resistivity)*. <http://geocis.net/image-upload/geolistrik.pdf>. [16 Desember 2008]
- GIS Konsorsium Aceh Nias. 2007. *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*. Nias: Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Nanggroe Aceh Darussalam.

- Hartono, Meterray, Farda, dan Kamal. 2005. *Analisis Data Penginderaan Jauh dan SIG Untuk Studi Sumberdaya Air Permukaan DAS Rawa Biru Merauke Papua*. Seminar Nasional MIPA – FMIPA Universitas Indonesia.
- Hendarsin, Shirley L. 2003. *Penuntun Praktis Investigasi Rekayasa Geoteknik-Untuk Perencanaan Bangunan Teknik Sipil*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung – Jurusan Teknik Sipil.
- Kodoatie, Robert J. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Andi.
- Kodoatie, Robert J. & Sjarief, Roestam. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Penang - Malaysia.
- Departemen Pertanian. 1980. *Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 837/Kpts/Um/11/1980 Tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- Prahasta, Eddy. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Informatika.
- Puspowardoyo, R. Soekardi. 1985. *Peta Hidrogeologi Indonesia 1:250.000 Lembar VII Surabaya (Jawa)*. Bandung: Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik edisi ke-2*. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono & Takeda, Kensai. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Verhoef, P.N.W. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Jakarta: Erlangga.
- Wedhanto, Sonny. 2006. *Data Citra Untuk Menentukan Lapisan Akuiifer*. Surabaya: Pertemuan Ilmiah Tahunan III – T. Geomatika ITS.