



**ANALISIS KONDISI AIR TANAH BERDASARKAN
PASANG SURUT AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE
SELF POTENTIAL DI PANTAI KEPANJEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Zilmi Kaffah
NIM 131810201040**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS KONDISI AIR TANAH BERDASARKAN
PASANG SURUT AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE
SELF POTENTIAL DI PANTAI KEPANJEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Zilmi Kaffah
NIM 131810201040

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

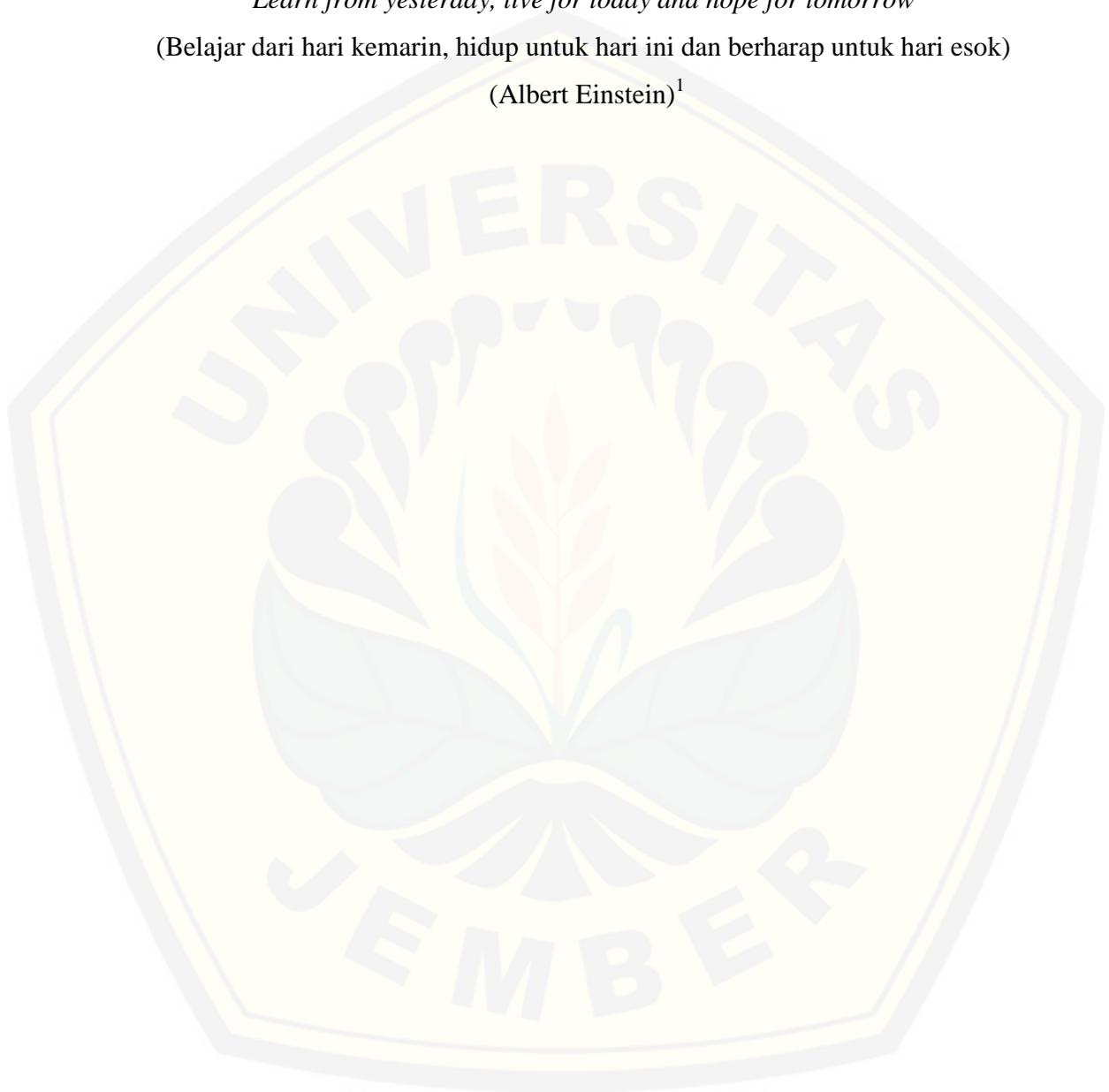
1. Kedua orang tuaku Bapak Tahir dan Ibu Sulimah yang amat sangat ku sayangi, ku ucapkan terimakasih yang tak henti-hentinya memberi semangat, doa, kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga saat ini;
2. Saudara-saudaraku Farida Andiana, Dedi Setiawan dan Edy yang selalu menasehati dan memberi motivasi;
3. Semua guru-guruku dari Taman Kanak-Kanak, SD, SMP, SMA sampai Perguruan Tinggi, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini;
4. Almamater tercinta, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.

MOTTO

“Learn from yesterday, live for today and hope for tomorrow”

(Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini dan berharap untuk hari esok)

(Albert Einstein)¹



¹ Jim Yih, *Ideas for Success, Wealth and Happiness* (Canada: Think Box Consulting, 2011), hlm. 15.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zilmi Kaffah

NIM : 131810201040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Kondisi Air Tanah Berdasarkan Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode Self Potential di Pantai Kepanjen Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, 2 Januari 2018

Yang menyatakan,

Zilmi Kaffah

NIM 131810201040

SKRIPSI

**ANALISIS KONDISI AIR TANAH BERDASARKAN
PASANG SURUT AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE
SELF POTENTIAL DI PANTAI KEPANJEN JEMBER**

Oleh

Zilmi Kaffah
NIM 131810201040

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Supriyadi, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Analisis Kondisi Air Tanah Berdasarkan Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode Self Potential di Pantai Kepanjen Jember*” karya Zilmi Kaffah telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Supriyadi, S.Si., M.Si.
NIP 198204242006041003

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.
NIP 197003271997022001

Anggota II,

Anggota III,

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.S.i., Ph.D.
NIP 197202101998021001

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.
NIP 198711042014042001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Kondisi Air Tanah Berdasarkan Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode Self Potential di Pantai Kepanjen Jember; Zilmi Kaffah, 131810201040; 2017: 49 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Air tanah merupakan sumber air yang sangat penting bagi makhluk hidup. Air tanah di suatu daerah tidak semuanya mempunyai potensi air tanah yang baik. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik daerah seperti curah hujan, jenis batuan, sifat fisik dan kimia batuan penyusunnya, kemiringan lereng, dan perubahan penggunaan lahan oleh manusia di daerah tersebut. Terlebih kondisi air tanah yang berada di pesisir pantai yang rawan akan pengaruh air laut. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh pasang surut air laut terhadap kaitannya dengan kondisi air tanah di daerah pesisir.

Kajian tentang kondisi air tanah di daerah pesisir ini dapat diketahui dengan melakukan penelitian menggunakan metode *self potential*. Metode ini sangat efektif untuk mendeteksi kondisi bawah permukaan. Metode *self potential* dapat digunakan untuk mengetahui keadaan tanah, informasi penting mengenai aliran air tanah dan gangguan geokimia. Metode ini dilakukan dengan cara mengukur potensial diri (V) menggunakan *porous pot* yang berisi cairan elektrolit CuSO_4 . Potensial yang terukur ditunjukkan oleh multimeter digital yang tersambung dengan elektroda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi air tanah serta pengaruh pasang surut air laut terhadap kondisi air tanah di daerah pesisir pantai Jember dengan metode *self potential* konfigurasi *leap frog* (lompatan katak).

Lokasi penelitian ini yaitu di daerah Pantai Kepanjen Gumukmas Jember. Pengambilan data dilakukan 3 kali mengikuti kondisi pasang surut air laut pada lokasi yang sama. Lintasan yang digunakan yaitu 3 lintasan, lintasan 1 sepanjang 60 m membentang antara titik $8^{\circ}20'525''$ LS $113^{\circ}2'126''$ BT dan $8^{\circ}20'547''$ LS $113^{\circ}2'102''$ BT, lintasan 2 sepanjang 60 m membentang antara titik $8^{\circ}20'538''$ LS $113^{\circ}2'113''$ BT dan $8^{\circ}20'555''$ LS $113^{\circ}2'107''$ BT, dan lintasan 3 sepanjang 30 m membentang antara titik $8^{\circ}20'535''$ LS $113^{\circ}2'113''$ BT dan $8^{\circ}20'547''$ LS $113^{\circ}2'124''$ BT. Pengambilan data 1 dilakukan pada tanggal 15 Dzulhijjah 1438 H atau 7 September 2017 saat kondisi pasang surut tertinggi yaitu saat ketinggian muka air laut sebesar 7 m. Selanjutnya untuk pengambilan data 2 pada tanggal 18 Dzulhijjah 1438H atau 10 September 2017 yaitu saat kondisi pasang surut sedang, saat tinggi muka air laut 4 m. Kondisi terakhir yaitu saat pasang surut rendah saat tinggi muka air laut 1 m yang bertepatan pada tanggal 7 Muharrom 1439 H atau 28 September 2017. Semua pengambilan data dimulai pada jam yang sama yaitu jam 09.00 WIB.

Pengambilan data 1 adalah saat kondisi pasang surut tinggi. Potensial yang dihasilkan diduga adalah potensial air tanah, dimana besar potensial yang mengindikasikan air tanah adalah antara 3 mV sampai -3 mV. Potensial ini tersebar di beberapa titik pengukuran pada lintasan 1 pada titik (1–49) m. Lintasan

2 berada pada titik (1-24) m dan lintasan 3 berada pada titik (1-23) m. Potensial yang diduga air tanah bernilai 2,7 mV sampai -2,3 mV. Pada beberapa titik akhir yang mendekati bibir pantai pada lintasan 1 dan lintasan 2 menghasilkan potensial hingga -5,3 mV. Sedangkan potensial air laut diketahui adalah sebesar -15 mV. Potensial -5,3 mV tersebut berada diantara -3 mV dan -15 mV. Potensial tersebut diindikasikan adalah potensial air tanah yang telah terpengaruh oleh air laut. Pada pengambilan data 2 menghasilkan potensial yang mengindikasikan air tanah sebesar 2,2 mV sampai -2,2 mV. Sama halnya dengan pengambilan data 1 pada lintasan 1 dan lintasan 2 terdapat nilai potensial yang nilainya berada diantara potensial air tanah dan potensial air laut yaitu -5,7 mV. Pada titik pengukuran ini letaknya sangat dekat dengan bibir pantai yaitu ± 35 m dari bibir pantai. Pengambilan data 3 potensial yang mengindikasikan air tanah sebesar 2,1 mV sampai -2,9 mV, nilai ini tersebar pada lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3. Pada titik akhir lintasan 1 dan lintasan 2 potensial yang dihasilkan mencapai -6,7 mV dimana potensial ini mengindikasikan potensial air tanah yang terpengaruh air laut.

Data potensial yang dihasilkan juga disajikan dalam bentuk kontur isopotensial. Berdasarkan kontur isopotensial dapat diketahui bahwa warna yang mendominasi pada pengambilan data 1, data 2, dan data 3 adalah warna hijau dengan nilai potensial antara 3 mV sampai -3 mV, dimana kontur ini mengindikasikan keberadaan air tanah. Sedangkan untuk potensial negatif (< -3 mV) ditunjukkan dengan kontur warna biru dan ungu. Potensial negatif tersebut mengindikasikan air tanah yang telah terpengaruh air laut. Daerah dengan kontur warna biru dan ungu akan semakin meluas mengikuti kondisi pasang surut. Saat kondisi pasang surut tinggi, kontur warna biru dan ungu mempunyai daerah yang sempit. Saat kondisi pasang surut sedang, daerah dengan kontur warna biru dan ungu semakin meluas. Begitu seterusnya saat kondisi pasang surut rendah daerah dengan kontur warna biru dan ungu ini akan semakin luas. Pergeseran daerah kontur biru dan ungu mengikuti perubahan nilai potensial pada tiap pengambilan data. Kontur warna biru dan ungu diduga mengindikasikan air tanah yang telah terpengaruh air laut dalam hal ini disebut dengan *interface* air laut dan air tanah. Berdasarkan kontur tersebut dapat diketahui bahwa batas *interface* air laut dan air tanah ini akan bergeser akibat perubahan kondisi pasang surut air laut.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kondisi Air Tanah Berdasarkan Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode *Self Potential* di Pantai Kepanjen Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulis mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membantu penulisan skripsi ini;
2. Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Penguji Utama, dan Ibu Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik, saran serta koreksi-koreksi untuk skripsi ini;
3. Tim TA Geofisika (Rifqi, Hari, Imroatus, Imama, Ayu, Melia, Dewi Yuliana, Kuni, Ervin, Nur, Darma, Jamaluddin, Subhan dan Fauzi) yang telah membantu penulis selama penelitian dan terimakasih untuk kekeluargaan yang terjalin selama penelitian;
4. Sahabat-sahabat Merinda, Ina, Laila, Nurmania, Putri serta Physicopat 13 Hz, yang telah memberikan pengalaman dan kesan luar biasa;
5. Aprizal Faruchi yang selalu memberi motivasi serta semangat pada penulis;
6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

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

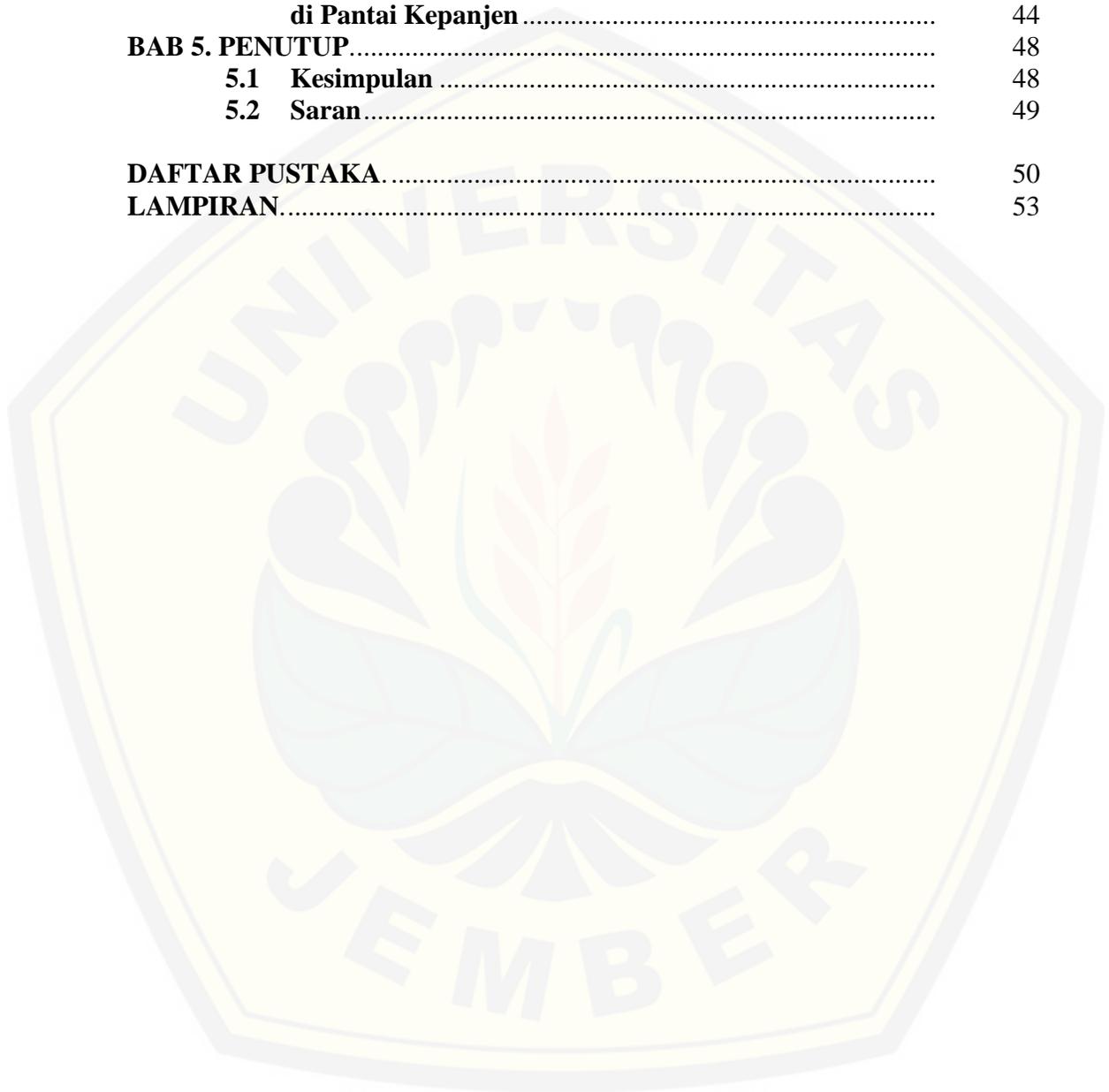
Jember, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Siklus Hidrologi	5
2.2 Pasang Surut	7
2.3 Air Tanah	8
2.4 Aliran Air Tanah	10
2.5 Intrusi Air Laut	11
2.6 Metode <i>Self Potential</i>	12
2.6.1 Mekanisme <i>Self Potential</i>	14
2.6.2 Konfigurasi Pengukuran <i>Self Potential</i>	15
2.6.3 Anomali <i>Self Potential</i>	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Jenis dan Sumber Data	20
3.2 Variabel Pengukuran	20
3.3 Rancangan Penelitian	21
3.3.1 Survey Awal Lokasi	21
3.3.2 Studi Literatur	22
3.3.3 Penentuan Lokasi	22
3.3.4 Penentuan Lintasan	22
3.3.5 Teknik Pengambilan Data	23
3.3.6 Pengambilan Data di Lapangan	25
3.4 Teknik Penyajian Data	27
3.5 Interpretasi dan Analisa Data	27

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Kondisi Pasang Surut Tinggi.....	30
4.2 Kondisi Pasang Surut Sedang	35
4.3 Kondisi Pasang Surut Rendah	39
4.4 Pengaruh Pasang Surut Terhadap Potensial Diri di Pantai Kepanjen	44
BAB 5. PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	53



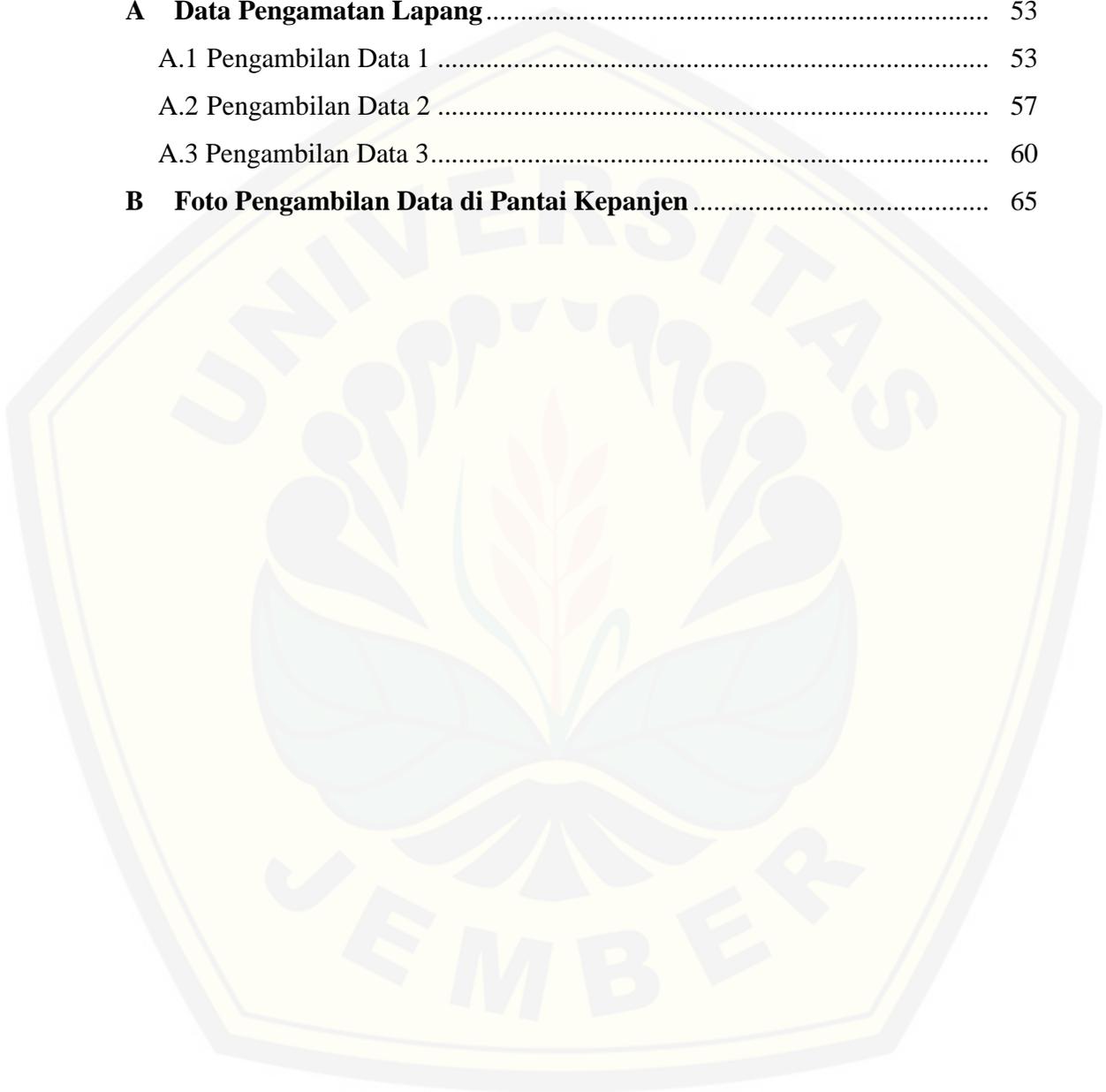
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Siklus hidrologi.....	6
2.2 Proses pasang surut air laut	7
2.3 Sirkulasi air tawar dan air asin pada air tanah di daerah pesisir.....	12
2.4 Mekanisme polarisasi pada mineral.....	14
2.5 Teknik pengukuran data dalam metode <i>self potential</i> dengan konfigurasi elektroda tetap	16
2.6 Teknik pengukuran data dalam metode <i>self potential</i> dengan konfigurasi lompat katak (<i>leap frog</i>)	16
3.1 Diagram alir penelitian	21
3.2 (a) Denah lokasi penelitian; (b) Desain lintasan pada lokasi penelitian. ...	23
3.3 Metode pengambilan data.....	24
4.1 Denah lintasan pada lokasi penelitian.....	29
4.2 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 1 lintasan 1.....	30
4.3 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 1 lintasan 2.....	33
4.4 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 1 lintasan 3.....	33
4.5 Peta kontur <i>self potential</i> pada pengambilan data 1 (pasang surut surut tinggi).....	35
4.6 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 2 lintasan 1.....	36
4.7 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 2 lintasan 2.....	37
4.8 Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 2 lintasan 3.....	38
4.9 Peta kontur <i>self potential</i> pada pengambilan data 2 (pasang surut sedang).....	39

4.10	Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 3 lintasan 1.....	41
4.11	Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 3 lintasan 2.....	42
4.12	Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada pengambilan data 3 lintasan 3.....	43
4.13	Peta kontur <i>self potential</i> pada pengambilan data 3 (pasang surut rendah).....	44
4.14	Grafik hubungan antara spasi (jarak) dengan SP yang terukur pada lokasi penelitian untuk tiap pengambilan data (a) lintasan 1 (b) lintasan 2 (c) lintasan 3	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Data Pengamatan Lapang	53
A.1 Pengambilan Data 1	53
A.2 Pengambilan Data 2	57
A.3 Pengambilan Data 3.....	60
B Foto Pengambilan Data di Pantai Kepanjen	65



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember terletak di bagian timur wilayah Provinsi Jawa Timur tepatnya pada posisi $113^{\circ}30'$ sampai $113^{\circ}45'$ BT dan $8^{\circ}00'$ sampai $8^{\circ}30'$ LS. Dilihat dari kondisi topografi yang ditunjukkan dengan kemiringan tanah atau elevasi, sebagian besar Kabupaten Jember berada pada wilayah datar dengan kemiringan lahan 0-2%, sehingga daerah ini biasanya baik digunakan untuk daerah perkotaan dan kegiatan pertanian tanaman semusim. Secara geografis Kabupaten Jember memiliki posisi yang strategis, hal ini dapat dilihat dari ketersediaan berbagai potensi sumber daya alam yang cukup potensial (Pemerintah Kabupaten Jember, 2015).

Potensi lain dari Kabupaten Jember yaitu dapat dilihat dari banyaknya pantai yang memberikan ciri khas tersendiri. Beberapa pantai yang ada di Kabupaten Jember adalah Pantai Watu Ulo, Pantai Pasir Putih Malikan (Papuma), Pantai Puger, Pantai Bandalit, Pantai Paseban, Pantai Kepanjen dan lain-lain. Semua pantai tersebut merupakan aset yang dimiliki Kabupaten Jember dalam bidang pariwisata. Terlepas dari potensi tersebut, daerah pantai memerlukan perhatian yang lebih khusus. Menurut Pokja Sanitasi Kabupaten Jember (2012), daerah pantai rawan akan intrusi air laut. Sumur di daerah pesisir merupakan sumber air yang penting, namun terancam oleh berbagai aktivitas pantai yang berpengaruh terhadap sumber air sehingga perlu pengelolaan yang baik agar air tanah di wilayah pantai tetap baik dan bersih.

Air tanah merupakan sumber air yang sangat penting bagi makhluk hidup. Air tanah tersimpan dalam lapisan yang disebut akuifer. Akuifer merupakan sumber air tanah yang sangat penting. Akuifer dijumpai pada dataran pantai, daerah kaki gunung, lembah antar pegunungan, dataran aluvial dan daerah topografi karst. Mengingat pentingnya penggunaan air tanah pada suatu daerah, air tanah secara efisien dapat dimanfaatkan dengan baik apabila diketahui karakter atau keadaan hidrologinya (Indriatmoko dan Wahjono, 1999). Menurut Arsyad

dan Rustiadi (2012), air tanah di suatu daerah tidak semuanya mempunyai potensi air tanah yang baik. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik daerah seperti curah hujan, jenis batuan, sifat fisik dan kimia batuan penyusunnya, kemiringan lereng, dan perubahan penggunaan lahan oleh manusia di daerah tersebut.

Aliran air tanah dapat diteliti dan diketahui menggunakan metode geolistrik. Salah satu metode geolistrik adalah *self potential*. Metode ini sangat efektif untuk mendeteksi kondisi bawah permukaan. Metode *self potential* merupakan metode geofisika yang bersifat pasif. Metode *self potential* dapat digunakan untuk mengetahui keadaan tanah, informasi penting mengenai aliran air tanah dan gangguan geokimia. Melalui metode ini juga dapat dilakukan pemetaan keadaan bawah permukaan (Revil dan Jardani, 2013). Metode *self potential* atau *spontaneous polarisation* ditemukan sejak tahun 1830 oleh Robert Fox. *Self potential* adalah potensial spontan di permukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya proses mekanis ataupun oleh proses elektrokimia yang dikontrol oleh air tanah. Proses mekanis akan menghasilkan potensial elektrokinetik sedangkan proses kimia akan menimbulkan potensial elektrokimia (potensial *liquid-junction*, potensial *nernst*) dan potensial mineralisasi. Metode *self potential* memiliki dua konfigurasi yaitu potensial amplitudo (*fixed base*) dan teknik lompat katak (*leap frog*) (Telford *et al.*, 1990).

Penelitian tentang sebaran pola aliran air tanah sebelumnya telah dilakukan oleh Musfira (2010), arah pola aliran air tanah di bawah permukaan dapat ditentukan menggunakan metode *self potential*. Selain itu juga dijelaskan bahwa air mengalir dari titik yang memiliki elevasi tinggi menuju titik yang elevasi rendah. Penelitian lain dilakukan oleh Vaidila (2015) di daerah obyek wisata Guci yang menyebutkan bahwa metode *self potential* dapat digunakan untuk mengetahui arah fluida panas di bawah permukaan. Arah fluida panas ini disesuaikan dengan perubahan nilai anomali potensial diri yang didapat pada penelitian, selain itu juga dilihat dari topografi daerah tersebut. Penelitian lain oleh Imbani (2016), menyebutkan bahwa metode *self potential* dapat digunakan untuk mendeteksi aliran air atau fluida di sekitar gumuk berdasarkan nilai beda potensial bumi. Penelitian ini dilakukan dengan menentukan nilai potensial bumi

sehingga dapat diketahui lokasi tersebut berpotensi memiliki air tanah atau tidak. Reynold (1997) dan Telford *et al.* (1990) mengatakan bahwa air tanah memiliki nilai potensial rendah dimana nilai tersebut sebesar nol sampai negatif paling rendah pada hasil penelitian.

Fenomena pasang surut air laut diartikan sebagai fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh pengaruh dari kombinasi gaya gravitasi (Supangat dan Susanna, 2012). Menurut MacAllister *et al.* (2016) metode *self potential* dapat merespon terhadap perubahan pasang dan surut pada daerah pantai. Perubahan pasang dan surut ini dapat mempengaruhi aliran air tanah di daerah pesisir baik yang dekat dengan pantai ataupun jauh dari pantai (1 km). Terdapat beberapa perubahan nilai potensial yang berbeda saat keadaan pasang dan surut air laut. Perubahan beda potensial di daerah pantai dapat mengindikasikan kondisi air tanah yang mengalami intrusi air laut sehingga batas kontak antara zona air tawar dan air laut yang disebut dengan *interface* akan bercampur (Wyrcki, 1961).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian dilakukan di Pantai Desa Kepanjen Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember untuk mengetahui kondisi air tanah. Pantai Kepanjen merupakan salah satu pantai yang dikenal dengan pasir besinya. Selain itu kondisi geografis dari pantai Kepanjen cukup unik, yaitu terdapatnya lahan pertanian yang jaraknya sangat dekat dengan bibir pantai. Sumber air yang digunakan untuk pertanian warga ini berasal dari sumur yang dibuat di lahan pertanian tersebut. Kondisi air tanah yang bagus dibutuhkan untuk menunjang pertanian tersebut, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai intrusi air laut di daerah sumur sekitar lahan pertanian tersebut. Selain itu juga dilakukan kajian mengenai pengaruh pasang surut dari Pantai Kepanjen terhadap kaitannya dengan intrusi air laut, karena pada dasarnya intrusi air laut ini akan berpengaruh terhadap kondisi air pada sumur-sumur tersebut. Menurut MacAllister *et al.* (2016) kondisi surut atau turunnya muka air laut akan menghasilkan beda potensial yang rendah. Semakin rendah nilai beda potensial maka dapat diindikasikan air tanah tersebut telah terkena intrusi air laut. Begitupun saat air laut pasang maka nilai beda potensial akan naik. Penelitian dilakukan dengan

menggunakan metode *self potential*. Oleh karenanya dalam penelitian ini akan dilakukan pemantauan secara berkala yaitu pengambilan data untuk kondisi pasang surut yang berbeda antara lain pasang surut tinggi, pasang surut sedang, dan pasang surut rendah untuk mengetahui pengaruh pasang surut pantai Kepanjen terhadap kondisi air tanah. Informasi mengenai kondisi air tanah ini sangat berguna bagi masyarakat untuk mendukung kegiatan pertanian di daerah pantai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana kondisi air tanah di daerah Pantai Kepanjen menggunakan metode *self potential*?
2. Bagaimana keterkaitan antara pasang surut di Pantai Kepanjen dengan kondisi air tanah menggunakan metode *self potential*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi air tanah di daerah Pantai Kepanjen menggunakan metode *self potential*.
2. Mengetahui keterkaitan antara pasang surut Pantai Kepanjen dengan kondisi air tanah menggunakan metode *self potential*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini yaitu mengetahui kondisi air tanah di wilayah Pantai Kepanjen. Berdasarkan hal tersebut diharapkan akan dapat digunakan oleh masyarakat sekitar lokasi dalam pemanfaatan air tanah. Selain itu penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan rujukan bagi penelitian lebih lanjut tentang kondisi air tanah di daerah sekitar pantai.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Permukaan bumi tertutupi oleh air lebih dari 75%, dan penggunaan air begitu vital untuk kehidupan terutama untuk konsumsi. Banyaknya total air yang ada di bumi hanya sedikit yang dapat dipergunakan oleh manusia sebagai air bersih (Lestari *et al.*, 2012). Keseimbangan kebutuhan akan air oleh makhluk hidup tetap dapat dipertahankan dengan adanya mekanisme siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan siklus yang tidak memiliki awal dan akhir, namun karena jumlah air yang berada di lautan merupakan sumber terbesar maka dapat dinyatakan siklus hidrologi dimulai dari lautan (Souhoka dan Patty, 2013).

Menurut Hendrayana (2007), siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses-proses tertentu. Pemanasan air samudra oleh sinar matahari merupakan kunci siklus hidrologi dapat berjalan secara kontinu. Proses-proses utama yang berlangsung dalam siklus hidrologi meliputi proses evaporasi, evapotranspirasi, kondensasi, presipitasi dan penyerapan air hujan.

a. Evaporasi

Evaporasi adalah proses penguapan air ke atmosfer dari tubuh-tubuh air yang ada di bumi baik dari laut, sungai atau danau kemudian akan menjadi awan.

b. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari proses penguapan air yang terkandung di tanah yaitu *soil moisture* dari zona perakaran dan aktivitas vegetasi (transpirasi) dengan proses evaporasi.

c. Kondensasi

Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan.

d. Presipitasi

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya air baik dalam berbentuk cair atau beku dari atmosfer ke permukaan bumi. Sebagian air hujan tertampung di danau/rawa (*depression storage*), sebagian mengalir di darat (*overland flow*),

membentuk aliran permukaan (*surface run off/direct run off*), sebagai bagian dari aliran sungai (*stream flow*) dan sebagian lagi terserap (infiltrasi) di daerah *recharge* menjadi air tanah.

e. Infiltrasi

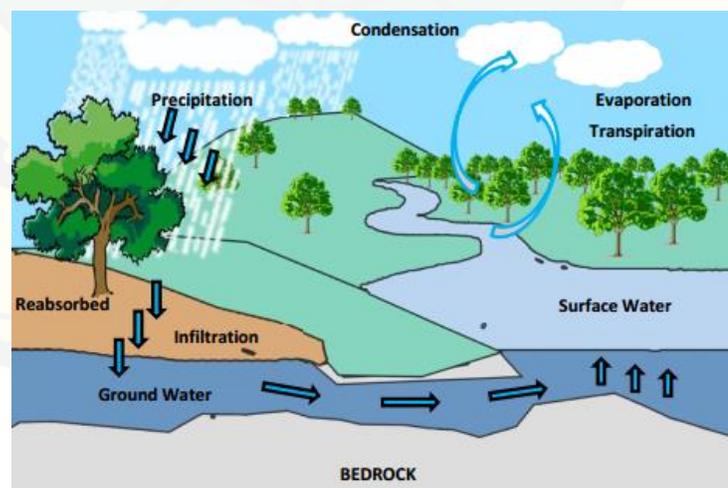
Infiltrasi adalah proses air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat penyerapan oleh akar-akar tumbuhan.

f. Air tanah

Air tanah terbentuk dari air hujan yang meresap ke dalam tanah di daerah resapan air tanah dan mengalir melalui media lapisan batuan. Media ini bertindak sebagai lapisan pembawa air dalam satu cekungan air tanah yang berada di bawah permukaan tanah menuju ke daerah keluaran.

g. Air permukaan

Air bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau, makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan di sekitar daerah aliran sungai menuju laut (Indriana *et al.*, 2007).

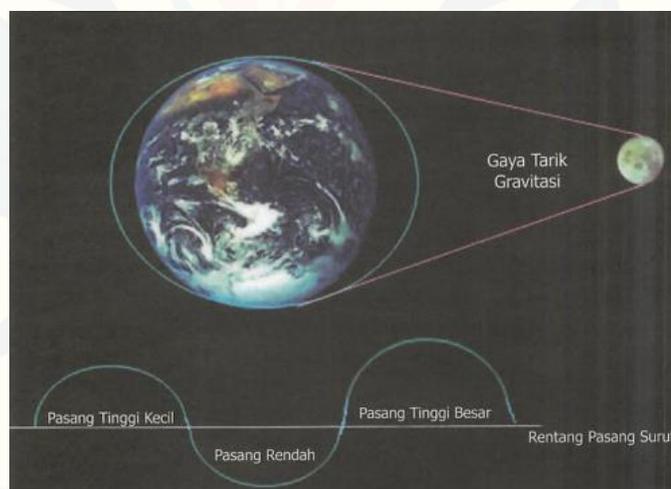


Gambar 2.1 Siklus hidrologi (Sumber: Arsyad dan Rustiadi, 2012)

2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Supangat dan Susanna, 2012).

Menurut Sukrama (2002), pasang merupakan naiknya permukaan laut sedangkan surut adalah turunnya permukaan laut terhadap pantai. Pasang surut terjadi karena tarikan bulan sehingga menaikkan air dari bagian permukaan bumi yang menghadap persis di depan bulan. Puncak gelombang disebut puncak tertinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah. Perbedaan antara vertikal pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut. Panjang periode pasang surut bervariasi, antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit.



Gambar 2.2 Proses pasang surut air laut (Sumber: Sukrama, 2002)

Jenis jenis pasang surut menurut Samadi (2007) adalah:

a. Pasang purnama

Pasang purnama terjadi pasang naik dan pasang surut tertinggi (besar).

Pasang besar terjadi pada tanggal 1 (berdasarkan kalender bulan) dan pada

tanggal 14 (saat bulan purnama). Pada kondisi ini posisi bumi-bulan-matahari berada satu garis (konjungsi).

b. Pasang perbani

Pasang perbani terjadi saat posisi matahari-bulan-bumi membentuk sudut 90° . Pada pasang perbani terjadi pasang naik dan pasang surut terendah (kecil). Pasang kecil terjadi pada tanggal 7 dan 21 kalender bulan.

Menurut Wyrcki (1961) ada tiga tipe pasang surut yang dapat diketahui jika ditinjau dari frekuensi waktu terjadinya pasang surut, yaitu:

a. Pasang surut diurnal

Yaitu bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa.

b. Pasang surut semi diurnal

Yaitu bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya.

c. Pasang surut campuran

Yaitu gabungan dari tipe 1 dan tipe 2, bila bulan melintasi khatulistiwa (deklinasi kecil), pasang surutnya bertipe semi diurnal, dan jika deklinasi bulan mendekati maksimum, terbentuk pasang surut diurnal.

2.3 Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah dan terletak pada zona jenuh air. Air tanah berasal dari permukaan tanah, misalkan hujan, sungai, danau dan dari dalam bumi sendiri dimana air tersebut terjadi bersama-sama dengan batuanya, misalkan pada waktu terjadinya batuan endapan, terdapat air yang terjebak oleh batuan endapan tersebut. Contohnya adalah air fosil yang biasanya berasal dari air vulkanik panas dan mengandung sulfur (Hariyanto, 2015). Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada lajur/zona jenuh air (*zone of saturation*) (Kodoatie dan Sjarif, 2010).

Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan, yang terinfiltrasi ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolate*)

hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah merupakan suatu sumber alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) yang sifatnya terbatas dan memainkan peran yang sangat penting dalam penyediaan air bersih untuk berbagai keperluan. Meskipun sifatnya demikian, waktu pembaharuan tersebut relatif tergantung dari pengimbuhan (*recharge*) yang dapat berlangsung dalam ukuran detik hingga jutaan tahun (Yulianto dan Setyawan, 2015).

Menurut Irawan dan Puradimaja (2012), air tanah merupakan air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah. Air tanah meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Akuifer merupakan suatu lapisan batuan atau formasi geologi yang jenuh air yang bersifat permeabel, dapat menyimpan dan meneruskan air dalam jumlah yang ekonomis. Suatu formasi akuifer sangat dipengaruhi oleh batuan penyusun akuifer tersebut. Batuan penyusun akuifer tersebut mengandung bermacam-macam mineral yang secara langsung dapat mempengaruhi mutu air tanah. Menurut Kodoatie dan Sjarif (2010) macam-macam akuifer sebagai berikut:

- a. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*), yaitu lapisan lolos air yang hanya sebagian terisi oleh air dan berada di atas lapisan kedap air. Akuifer bebas merupakan air tanah yang dangkal (umumnya <20 m). Akuifer jenis ini digunakan sebagai sumber air bersih oleh penduduk di sekitarnya.
- b. Akuifer semi tertekan (*semi confined aquifer*), yaitu akuifer yang seluruhnya jenuh air, dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi lolos air di bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air. Akuifer jenis ini dijumpai pada tanah vulkanik.
- c. Akuifer tertekan (*confined aquifer*), yaitu akuifer yang seluruh jumlah airnya dibatasi oleh lapisan kedap air, baik yang di atas maupun di bawah, serta mempunyai tekanan jenuh lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Umumnya merupakan air tanah dalam (>40 m) dan terletak di bawah akuifer bebas. Air tanah dalam merupakan air tanah yang kualitas dan kuantitasnya lebih baik daripada air tanah dangkal.

2.4 Aliran Air Tanah

Pergerakan air tanah sangat penting karena menjadi indikasi tentang suatu tempat yang kaya dengan air atau tidak. Model aliran air tanah dimulai dari daerah resapan (*recharge zone*). Daerah ini merupakan daerah dimana air berada di permukaan tanah mengalami proses penyusupan (Rupininingsih, 2010). Air tanah adalah air yang bergerak dalam lapisan tanah yang terdapat di dalam ruang antara butir-butir tanah yang membentuk atau dikenal dengan air lapisan dan di dalam retakan-retakan dari batuan yang dikenal dengan air celah. Keadaan air tanah ada yang terkekang dan bebas. Jika air tanah itu bebas maka permukaannya akan membentuk gradien yang dikenal dengan gradien hidrolik sehingga pergerakan air tanahnya akan membentuk sebuah kontur (Kodoatie dan Sjarif, 2010). Gradien hidrolik dapat diartikan sebagai efektifitas kekuatan pada pemindahan air dan dirumuskan sebagai berikut :

$$i = \frac{\Delta H}{l} \quad (2.1)$$

dimana:

ΔH : Perubahan total potensial air antara titik-titik dalam tanah (V)

l : Jarak antara titik-titik (m)

i : Gradien hidrolik (V/m)

Aliran air tanah dapat diterangkan dengan Hukum Darcy tentang persamaan yang mendefinisikan kemampuan suatu fluida mengalir melalui media berpori seperti batu. Air tanah mengalir dari potensial yang lebih tinggi menuju potensial yang lebih rendah, dimana kecepatan aliran air tanah dipengaruhi oleh kelulusan media (konduktivitas hidrolik) dan besarnya gradien hidroliknya. Kecepatan aliran adalah suatu vektor yang menggambarkan kecepatan aliran air tanah (Sitorus, 2011). Persamaan (2.2) menyatakan Hukum Darcy:

$$Q = -KA \frac{dh}{dl} \quad (2.2)$$

dimana:

Q : Fluks kecepatan aliran air ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

K : Konduktivitas hidrolik (ms^{-1})

A : Luas penampang (m^2)

$\frac{dh}{dl}$: Gradien hidrolik

tanda (-) menunjukkan arah aliran berlawanan dengan gradien hidrolik.

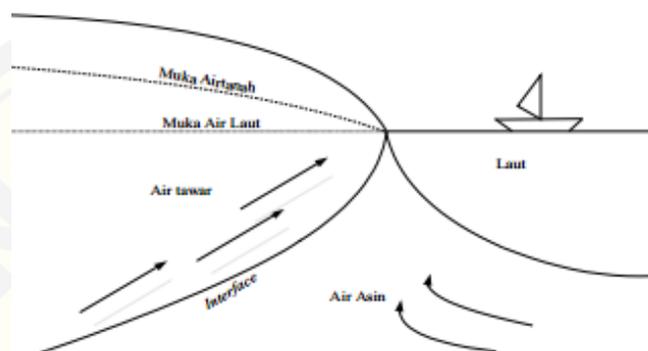
2.5 Intrusi Air Laut

Berat jenis air laut yang lebih besar dari pada air tanah dapat menyebabkan pengaruh intrusi air tanah yang masuk ke daratan yang bergeser mundur ke arah laut. Keadaan tersebut akan menjadi semakin kompleks dengan adanya aktivitas pengeboran air tanah dalam jumlah besar tanpa memperhatikan kemampuan pemulihannya (Kodoatie dan Sjarif, 2010). Pengeboran air tanah seperti itu akan membentuk pusat depresi air tanah dan apabila hal ini terjadi pada daerah pantai akan memicu semakin meluasnya proses kegaraman air tanah. Keadaan seperti ini banyak terjadi di kota-kota besar yang pada umumnya terletak di daerah pantai (Widada, 2007).

Aliran air tanah sangat mempengaruhi kondisi daerah pantai, karena aliran ini menjaga keseimbangan antara air laut dan air tanah. Pengambilan air tanah (terutama dengan sumur baik dangkal maupun dalam) secara tidak teratur akan menyebabkan jumlah air bersih yang mengalir ke laut (salinitas rendah) akan berkurang, sehingga keseimbangan antara air laut dan air tanah terganggu. Hasilnya adalah bahwa intrusi air laut akan lebih berkembang ke hilir (Supangat dan Susanna, 2012).

Masyarakat yang tinggal di pantai baru akan menyadari ketika penggunaan air bersih yang awalnya merupakan air tawar menjadi air asin. Sebagai akibat dari proses intrusi air asin atau meningkatnya kandungan konsentrasi *chlor* pada lapisan air tanah. Hal tersebut tidak saja menyebabkan berkurangnya sumber air minum yang berasal dari air tanah tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan terutama yang menyerang beton dan sistem tulangan di dalamnya. Menurut (Widada, 2007) ada beberapa faktor yang memungkinkan tidak terjadinya intrusi air laut pada suatu lokasi seperti jarak lokasi penelitian dengan pantai, jenis material batuan, porositas dan permeabilitas suatu batuan.

Intrusi air laut adalah aliran air laut yang masuk ke dalam daratan, sehingga terjadi pertemuan antara air laut dan air tanah. Pada pertemuan ini ada suatu daerah difusi (*zone of diffusion*), air laut dan air tanah bercampur secara teori dianggap ada batas yang tegas antara air laut dan air tanah yang disebut “*interface*”. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut :



Gambar 2.3 Sirkulasi air tanah dan air laut di daerah pesisir (Sumber: Widada, 2007)

2.6 Metode *Self Potential*

Metode *self potential* atau *spontaneous potential* (SP) sangat erat kaitannya dengan kondisi bawah permukaan. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi bawah tanah, baik tentang aliran air tanah, kedalaman suatu material, konstruksi lapisan tanah suatu daerah serta pemetaan mengenai distribusi potensial listrik (Zogala *et al.*, 2012). *Self potential* memungkinkan untuk mengukur sinyal-sinyal listrik alami di permukaan tanah. *Self potential* biasanya dihasilkan dalam media berpori oleh fenomena elektro-kimia. Fenomena tersebut berupa oksidasi-reduksi dan fenomena elektrokinetik (*streaming potential* dan sedimentasi), proses difusi-adsorpsi disebabkan oleh perbedaan konsentrasi ion dalam tanah (Vaidila, 2015).

Menurut Musfira (2010), metode *self potential* bersifat pasif karena pengukurannya dilakukan tanpa menginjeksikan arus ke dalam tanah. Perbedaan potensial alami tanah diukur melalui dua titik di permukaan tanah. Keunggulan metode ini dibandingkan metode-metode yang lain yaitu kesederhanaannya, biaya

yang relatif murah, pekerjaannya yang cepat dan tidak mengganggu kondisi bawah permukaan karena tidak menginjeksikan arus.

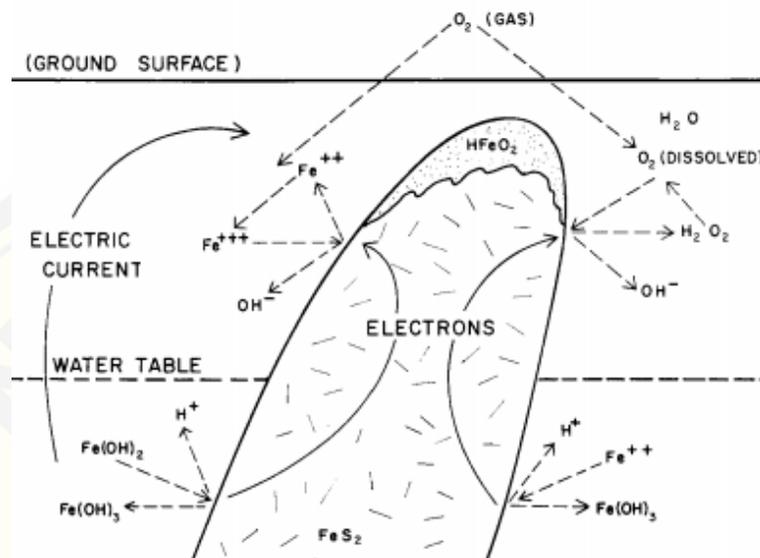
Metode *self potential* menggunakan pendekatan aktivitas elektrokimia alam. Jika suatu jebakan mineral mengalami kontak dengan larutan, akan menyebabkan/menghasilkan komposisi yang berbeda (baik sisi mineralnya ataupun konsentrasinya). Resultan dari reaksi ini akan mengakibatkan aliran ion-ion yang sudah pasti akan terjadi aliran arus sehingga mengakibatkan perbedaan potensial dengan sekelilingnya. Sebagai penyederhanaan adalah seperti sistem baterai, perbedaan diantara dua kutubnya bisa diukur (Onojasun, 2015).

Aktivitas elektrokimia dan mekanik merupakan penyebab dari *self potential*. Faktor pengontrol dari semua kejadian ini adalah aliran air tanah. Potensial ini juga berhubungan erat dengan pelapukan yang terjadi pada tubuh mineral, variasi sifat batuan (kandungan mineral), aktivitas biolistrik dari bahan organik, serta fenomena lain dari alam yang proses kejadiannya mirip (Telford *et al.*, 1990).

Terjadi reaksi setengah sel elektrokimia pada tubuh mineral dimana anoda berada di bawah tanah. Bagian anoda terjadi reaksi oksidasi, maka anoda merupakan sumber arus sulfida yang berada di bawah permukaan tanah, sulfida mengalami oksidasi dan reduksi yang diakibatkan oleh H₂O dan O₂ di dalam tanah. Diasumsikan bahwa daerah sulfida seharusnya merupakan penghantar yang baik untuk dapat membawa elektron dari suatu kedalaman ke daerah yang dekat permukaan tanah (Sato dan Mooney, 1960).

Model Sato dan Mooney (1960) memberikan penjelasan paling lengkap mengenai timbulnya potensial mineral walaupun belum ada hipotesa yang bisa mencakup seluruh mineral yang telah teramati. Ketika sebagian badan bijih berada di atas permukaan air tanah terbentuk sebagai hasil dari reduksi ion di sekeliling elektrolit sehingga memerlukan elektron. Sebaliknya di bawah permukaan air tanah terbentuk anoda dimana oksidasi lebih dominan dan ion kehilangan elektron-elektronnya. Peran dari bijih mineral adalah meneruskan aliran elektron dari bagian bawah ke bagian atas hasilnya bagian atas permukaan menjadi lebih negatif (menjadi anomali negatif pada pengukuran metode *self potential*) dan

bagian bawah menjadi lebih positif. Gambar 2.4 menunjukkan mekanisme polarisasi pada mineral:



Gambar 2.4 Mekanisme polarisasi pada mineral (Sumber : Sato dan Mooney, 1960)

2.6.1 Mekanisme *Self Potential* (SP)

Menurut Sharma (1997), secara teknis prinsip kerja metode *self potential* adalah mengukur tegangan statis alam (*natural static voltage*) melalui dua buah elektroda yang ditancapkan di permukaan bumi, yang dihubungkan dengan milivoltmeter digital. Milivoltmeter ini harus mempunyai impedansi masukan yang besar untuk mengabaikan arus listrik yang berasal dari bumi selama pengukuran. Besarnya potensial yang ditimbulkan dipengaruhi oleh sifat listrik batuan. Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu :

a. Konduksi secara elektronik

Kondisi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral atau elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk

menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitas suatu bahan yang semakin besar akan semakin sulit menghantarkan arus listrik (Sharma, 1997).

b. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Konduktivitas dan resistivitas batuan bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang karena pori-porinya berisi udara (Sharma, 1997).

c. Konduksi secara dielektrik

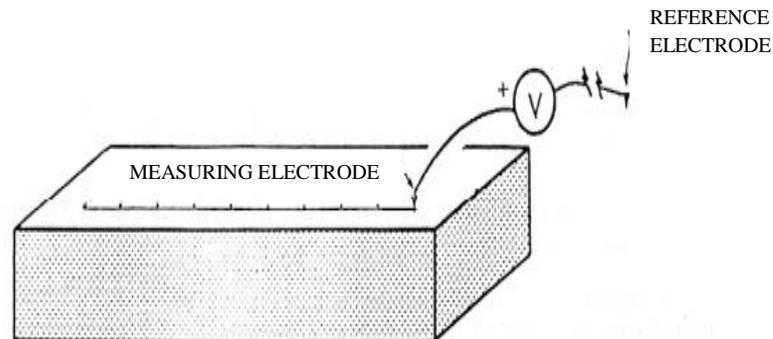
Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, atau tidak sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik dari luar sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik batuan yang bersangkutan (Sharma, 1997).

2.6.2 Konfigurasi Pengukuran *Self Potential*

Teknik pengambilan data di lapangan dengan metode *self potential* dibagi atas dua yaitu :

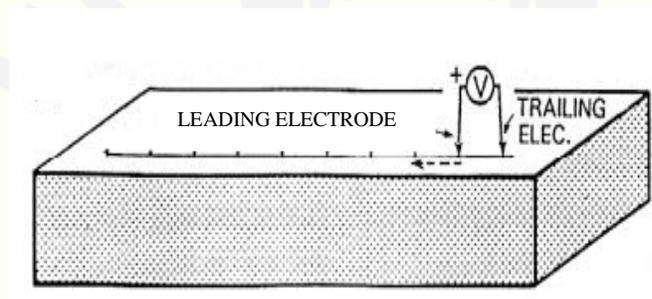
a. Teknik basis tetap (*fixes base*)

Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah model konfigurasi elektroda tetap yaitu dengan menjaga satu elektroda (*reference electrode*) tetap di titik referensi, sedangkan elektroda lainnya (*measuring electrode*) bergerak setiap interval tertentu sesuai arah lintasan. Beda potensial yang terbaca pada multimeter merupakan beda potensial antara elektroda yang berpindah dengan elektroda yang tetap (titik referensi) (Reynolds, 1997). Hal ini dapat dijelaskan dengan Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Teknik pengukuran data dalam metode *self potential* dengan konfigurasi elektroda tetap (Sumber: Sharma, 1997)

a) Teknik lompat katak (*leap frog*)



Gambar 2.6 Teknik pengukuran data dalam metode *self potential* dengan lompat katak (Sumber: Sharma, 1997)

Pada teknik yang kedua, elektroda dipindah-pindah pada setiap pengukuran. Pengkutuban dari masing-masing elektroda harus tetap dijaga agar tidak berubah sehingga tidak menimbulkan bias. Elektroda pada pengukuran pertama (*leading electrode*) harus terhubung dengan kutub negatif pengukuran kedua (*trailing electrode*), dan begitu juga seterusnya. Nilai beda potensial yang terukur merupakan potensial antara dua elektroda yang berpindah pada setiap pengukurannya (Reynolds, 1997).

2.6.3 Anomali *Self Potential*

Prinsip mekanisme yang menghasilkan potensial diri adalah proses mekanik dan proses elektrokimia. Terdapat beberapa anomali dan sumbernya pada pengukuran *self potential* (Telford *et al.*, 1990). Jenis anomali dan sumber geologinya dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Tipe anomali *self potential* dari berbagai sumber mineral

Sumber	Tipe anomali
Potensial mineral	
- Sulfide (<i>pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena</i>)	Negatif mencapai ratusan mV
- Graphite (<i>magnetite</i> dan bahan mineral konduksi elektronik)	Negatif mencapai ratusan mV
- Coal	Negatif mencapai ratusan mV
- Mangan	Negatif mencapai ratusan mV
- Kuarsa	Positif mencapai ratusan mV
- Pegmatite	Positif mencapai ratusan mV
Potensial background	
- Reaksi geokimia dan streaming fluida	Positif atau negatif 100 mV
- Bioelektrik (pohon, tanaman)	Negatif 300 mV
- Pergerakan tanah	Positif atau negatif lebih dari ratusan mV
- Topografi	Negatif > 2 V

(Sumber : Reynolds, 1997)

Ada beberapa hal yang menyebabkan anomali *self potential* yaitu:

a. Potensial elektrokinetik

Potensial yang dihasilkan dari proses geofisika. Adanya larutan elektrolit yang mengalir melalui medium berpori atau kapiler akan menghasilkan potensial elektrokinetik (*electrofiltration* atau *streaming* atau *electromechanical potential*) yang nilainya kurang dari 10 mV. Nilai potensial elektrokinetik yang dihasilkan dari larutan elektrolit yang mengalir melalui medium dapat dirumuskan sebagai berikut (Telfrod *et al.*, 1990):

$$E_k = \frac{\varepsilon \cdot \rho \cdot C_E \delta P}{4\pi\eta} \quad (2.3)$$

dimana:

E_k = potensial elektrokinetik (*Farad. Ω . V. m^4/s*)

ε = konstanta dielektrik (F/m)

ρ = resistivits elektrolit (Ω)

C_E = koefisien kopling elektrolit (V)

δP = beda tekanan (Nm^2)

η = viskositas dinamis elektrolit (Ns/m^2)

b. Potensial *liquid junction* (difusi)

Jika konsentrasi elektrolit dalam tanah bervariasi secara lokal, maka perbedaan potensial akan muncul sebagai akibat perbedaan mobilitas anion dan kation dalam larutan yang konsentrasinya berbeda. Potensial ini disebut potensial difusi (*liquid junction atau diffusion potential*) (Telfrod *et al.*, 1990). Besarnya potensial ini adalah:

$$E_d = \frac{R \cdot T \cdot (I_a - I_b)}{nF(I_a + I_b)} \ln \frac{C_1}{C_2} \quad (2.4)$$

dimana:

E_d = potensial difusi ($\frac{J/^\circ C \cdot K}{C}$)

R = konstanta gas umum (8,31 J/°C mol)

T = suhu mutlak (K)

F = konstanta Faraday (9,65x10⁴ C/mol)

n = valensi

I_a dan I_b = mobilitas dari anion dan kation

C_1 dan C_2 = konsentrasi larutan 1 dan 2 (mol/m²)

c. Potensial *nernst*

Apabila terdapat dua elektroda metal yang identik dicelupkan dalam larutan yang homogen, maka nilai beda potensial yang timbul di antara kedua elektroda tersebut tidak ada. Jika kemudian konsentrasi pada larutan tersebut berbeda, maka akan timbul beda potensial yang disebut potensial *Nernst* (Telfrod *et al.*, 1990):

$$E_n = \frac{R \cdot T}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2} \quad (2.5)$$

dimana:

E_n = potensial *nernst* ($\frac{J/^\circ C \cdot K}{C}$)

R = konstanta gas umum (8,31 J/°C mol)

T = suhu mutlak (K)

F = konstanta Faraday (9,65x10⁴ C/mol)

n = valensi

C_1 dan C_2 = konsentrasi larutan 1 dan 2 (mol/m²)

C_1 dan C_2 = konsentrasi larutan 1 dan 2 (mol/m^2)

d. Potensial mineral

Potensial kontak elektrolit dan potensial elektrokimia sering timbul dan dapat diukur di permukaan dimana mineral itu berada, sehingga dalam hal ini kedua proses timbulnya potensial ini disebut juga dengan potensial mineralisasi. Potensial mineralisasi bernilai kurang dari 100 mV. Elektron ditransfer melalui tubuh mineral dari pereduksi di bawah muka air tanah menuju pengoksidasi di atas muka air tanah. Tubuh mineral sendiri tidak berperan secara langsung dalam reaksi elektrokimia, tetapi bertindak sebagai konduktor untuk mentransfer elektron (Sato dan Mooney, 1960). Jadi prinsip dasarnya adalah potensial mineralisasi timbul jika kondisi lingkungan didukung oleh adanya proses elektrokimia sehingga dapat menimbulkan potensial elektrokimia di bawah permukaan tanah.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis data kuantitatif. Jenis data ini dapat diukur langsung pada penelitian. Data kuantitatif biasanya dinyatakan dalam bentuk angka. Berdasarkan uraian di atas maka dapat diketahui data kuantitatif pada penelitian ini yaitu berupa nilai beda potensial, koordinat titik data dan elevasi yang diperoleh pada pengambilan data di lapangan. Data-data tersebut akan didapat pada setiap kali pengambilan data. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan secara berkala yang disesuaikan dengan waktu pasang surut. Pasang surut tertinggi terjadi pada setiap tanggal 1 dan 15, sedangkan pasang surut terendah terjadi pada tanggal 7 dan 21 (berdasarkan kalender bulan). Tanggal-tanggal pasang surut ini termasuk dalam pasang purnama dan pasang perbani. Dengan memperhatikan perbedaan pasang surut berdasarkan kalender bulan, maka pengambilan data dilakukan pada tanggal 7, 10 dan 28 September 2017.

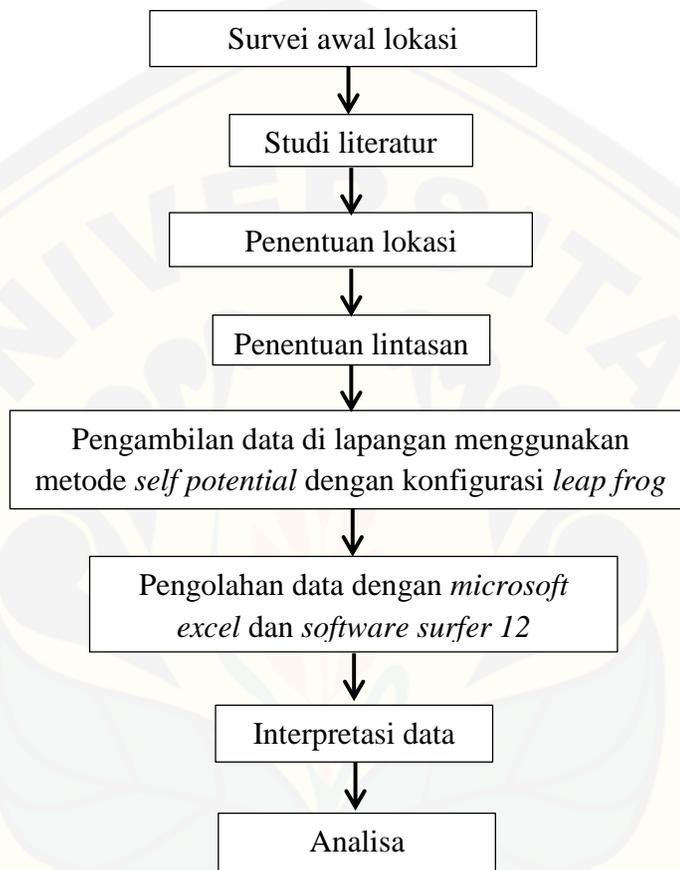
3.2 Variabel Pengukuran

Variabel-variabel yang diamati dan diukur dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- 1) Konfigurasi yang digunakan yaitu konfigurasi *leap frog* atau lompatan katak.
- 2) Lintasan yang digunakan adalah 3 lintasan. Panjang lintasan pertama 60 m, panjang lintasan 2 adalah 60 m dan panjang lintasan 3 adalah 30 m.
- 3) Spasi atau jarak antar elektroda pada lintasan adalah 1 m.
- 4) Koordinat titik data dan elevasi yang ditunjukkan oleh pengukuran GPS.
- 5) Variabel berkala berupa waktu pengambilan data yang disesuaikan dengan waktu pasang surut air laut yaitu tanggal 1 dan 15, sedangkan pasang surut terendah terjadi pada tanggal 7 dan 21 (berdasarkan kalender bulan). Pengambilan data dilakukan pada tanggal 7, 10 dan 28 September 2017.
- 6) Beda potensial (V) yang terukur pada multimeter.

3.3 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap dan langkah kerja yang dilakukan dalam pengambilan data. Berikut adalah langkah kerja yang dijelaskan dengan diagram penelitian pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram kerja penelitian

3.3.1 Survey Awal Lokasi

Survei awal lokasi penelitian dilakukan untuk mencari informasi awal mengenai objek penelitian. Selain itu juga untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitar lokasi penelitian. Pada tahap survei ini ditentukan lokasi yang cocok untuk penelitian yang dilakukan. Lokasi yang dipilih adalah di daerah pantai yang dijadikan lahan pertanian warga. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi air tanah di daerah pantai, sehingga dilakukan survei terhadap sumur yang digunakan warga sekitar pantai.

3.3.2 Studi Literatur

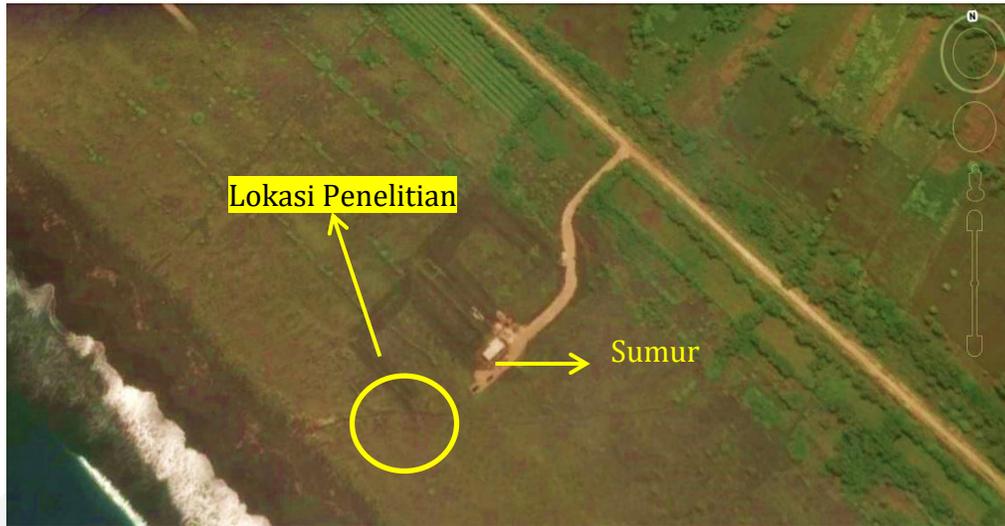
Studi literatur merupakan tahap kedua yang dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan informasi tentang objek yang diteliti. Literatur ini berisi tentang referensi mengenai permasalahan dalam penelitian. Referensi tersebut terkait air tanah di daerah pesisir, kondisi geografis Kabupaten Jember dan metode *self potential*. Selanjutnya akan diperoleh permasalahan.

3.3.3 Penentuan Lokasi

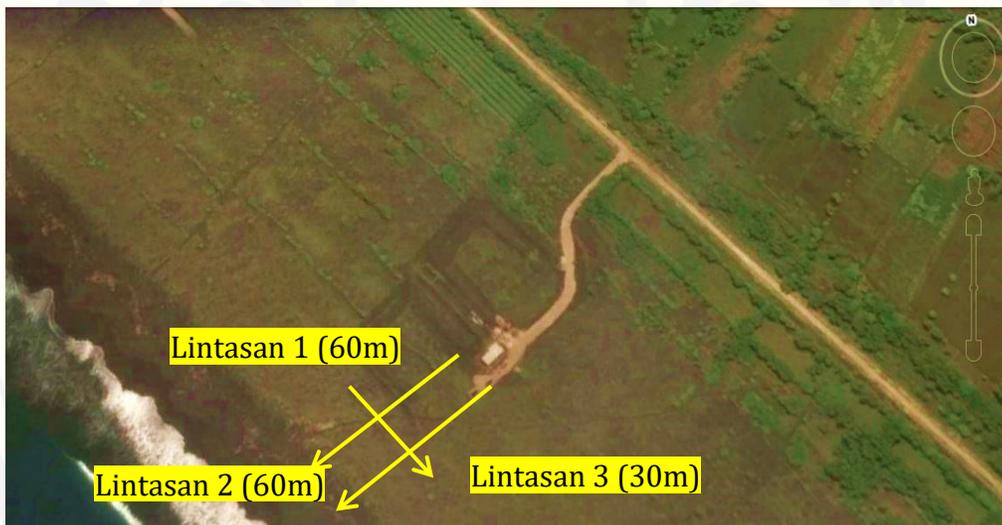
Setelah diperoleh permasalahan maka lokasi penelitian dipilih yang sesuai dengan indikator yang telah ditentukan. Lokasi penelitian tepatnya di Pantai Kepanjen yang terletak di Desa Kepanjen Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember. Lokasi ini terdapat sumur yang berdekatan dengan bibir pantai seperti pada Gambar 3.2(a), sumur digunakan untuk pengairan tanaman warga diantaranya yaitu semangka dan jagung. Sumur ini berjarak ± 200 m dari bibir pantai. Sumur tersebut adalah sumur bor dengan kedalaman ± 15 m dan kondisi air sumur ini adalah tawar. Selain terdapat tanaman warga, pada lokasi penelitian juga terdapat tambak udang.

3.3.4 Penentuan Lintasan

Tahap selanjutnya yaitu menentukan lintasan pada lokasi penelitian. Terdapat 3 lintasan yang digunakan pada penelitian ini, masing-masing panjang lintasannya yaitu lintasan 1 sebesar 60 m, lintasan 2 sebesar 60 m dan lintasan 3 sebesar 30 m. Lintasan 1 terletak pada titik $8^{\circ}20'525''$ LS $113^{\circ}2'126''$ BT dan $8^{\circ}20'547''$ LS $113^{\circ}2'102''$ BT. Lintasan 2 terletak pada koordinat $8^{\circ}20'538''$ LS $113^{\circ}2'113''$ BT dan $8^{\circ}20'555''$ LS $113^{\circ}2'107''$ BT dan lintasan 3 terletak pada koordinat $8^{\circ}20'535''$ LS $113^{\circ}2'113''$ BT dan $8^{\circ}20'547''$ LS $113^{\circ}2'124''$ BT. Setiap lintasan menggunakan spasi 1 m. Tiga lintasan ini diharapkan mewakili pengukuran pada lokasi penelitian ini dan dapat mengetahui kondisi air yang ada di sekitar pantai, terlebih di dekat lintasan lokasi penelitian tersebut terdapat sumur. Gambar 3.2(b) menjelaskan tentang lintasan yang digunakan dalam penelitian. Lintasan 1 dan 2 adalah yang tegak lurus dengan bibir pantai dan lintasan 3 adalah sejajar bibir pantai.



(a)

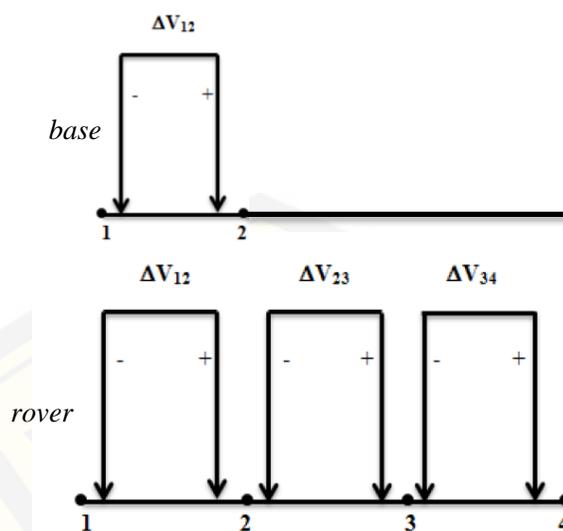


(b)

Gambar 3.2 (a) Denah Lokasi Penelitian (b) Desain Lintasan pada Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2017)

3.3.5 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data menggunakan teknik lompat katak (*leap frog*). Teknik pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3.3 :



Gambar 3.3 Metode pengambilan data *self potensial leap frog*

dimana : ΔV_{12} = beda potensial antara titik 1 dan 2

ΔV_{23} = beda potensial antara titik 2 dan 3

ΔV_{34} = beda potensial antara titik 3 dan 4

Tanda (+) artinya polaritas elektroda positif dan tanda (-) artinya polaritas elektroda negatif

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengukuran di lokasi penelitian:

1) Multimeter digital

Digunakan untuk mengukur besarnya nilai beda potensial diantara dua elektroda

2) GPS Garmin 76 CSx

Digunakan untuk mengetahui posisi lintang dan bujur serta elevasi pada titik pengukuran.

3) Meteran

Digunakan untuk mengukur panjang lintasan dan spasi lintasan.

4) *Porous pot*

Porous pot yang digunakan pada penelitian ini berupa kendi kecil yang terbuat dari gerabah dengan diameter atasnya 11 cm, diameter bagian tengah 40 cm, diameter bagian bawah 3,15 cm dan tinggi 15 cm.

5) Elektroda

Elektroda ini berupa kawat tembaga yang dibuat spiral digunakan sebagai media kontak antara cairan elektrolit CuSO_4 dengan multimeter yang dihubungkan menggunakan kabel.

6) Kabel dan penjepit

Digunakan untuk menghubungkan antar elektroda dengan multimeter digital.

7) Spon

Digunakan untuk menutup lubang *porous pot* agar tidak tumpah yang berbentuk lingkaran dengan diameter 1,5 cm.

8) Alat tulis dan lembar pengamatan

Digunakan untuk mencatat data hasil pengukuran.

9) Larutan CuSO_4

Larutan ini terbuat dari kristal CuSO_4 yang dilarutkan menggunakan aquades. Larutan ini digunakan sebagai larutan elektrolit yang dimasukkan ke dalam *porous pot* yang berisi elektroda nonpolar.

3.3.6 Pengambilan Data di Lapangan

Pengambilan data di lokasi penelitian dilakukan melalui tahapan berikut:

- 1) Sebelum pengambilan data dengan metode *self potential*, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat-alat yang digunakan. Pada tahap ini dilakukan pengukuran awal sebagai kalibrasi yaitu kalibrasi elektroda non polarisasi. Kalibrasi elektroda non polarisasi dilakukan dengan cara menanam kedua elektroda dalam tanah dengan jarak yang dekat (sekitar 10 cm). Pada keadaan tersebut diukur beda potensialnya dengan nilai yang tercantum lebih kecil atau sama dengan 2 mV.
- 2) Menentukan spasi yang telah dipilih yang ditandai dengan pasak sesuai dengan aturan konfigurasi *leap frog*.
- 3) Empat buah *porous pot* atau elektroda ditanam pada titik-titik lintasan yang telah ditentukan. Elektroda tersebut berupa dua elektroda non polar sebagai *rover* dan dua elektroda non polar sebagai *base* dengan konfigurasi *leap frog* seperti pada Gambar 3.3.

- 4) Keempat elektroda dihubungkan dengan multimeter digital.
- 5) Potensial yang terukur pada elektroda *base* dan *rover* dicatat.
- 6) Elektroda *base* dipindah sesuai aturan konfigurasi *leap frog* dan dicatat beda potensialnya. Pemindahan elektroda *base* dilakukan pada awal dan akhir setiap lintasan sedangkan pemindahan *rover* dilakukan sepanjang lintasan.
- 7) Selain itu juga dicatat garis lintang dan garis bujur pada tiap lokasi penelitian menggunakan GPS.

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan secara berkala karena pada dasarnya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi air tanah yang dikaitkan dengan pasang surut air laut Pantai Kepanjen. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dengan panjang lintasan dan titik yang digunakan adalah sama. Waktu pengambilan data disesuaikan dengan waktu pasang surut. Menurut Samadi (2007), pasang surut tertinggi terjadi pada setiap tanggal 1 dan 15, sedangkan pasang surut terendah terjadi pada tanggal 7 dan 21 (berdasarkan kalender bulan). Berdasarkan keterangan di atas, maka pengambilan data pertama dilakukan pada tanggal 15 Dzulhijjah 1438 H atau 7 September 2017 saat kondisi pasang surut tertinggi. Selanjutnya untuk pengambilan data kedua pada tanggal 18 Dzulhijjah 1438H atau 10 September 2017 yaitu saat kondisi pasang surut sedang. Kondisi terakhir yaitu saat pasang surut rendah pada tanggal 7 Muharrom 1439 H, dimana pada kalender masehi bertepatan pada tanggal 28 September 2017. Semua pengambilan data dimulai pada jam yang sama yaitu jam 09.00 WIB.

3.4 Teknik Penyajian Data

Berdasarkan data yang diperoleh selanjutnya data diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Data pada GPS titik koordinatnya serta nilai beda potensial pada multimeter pada tiap-tiap lintasan dimasukkan dalam tabel Excel. Selain itu jarak antar elektroda atau spasi yang digunakan juga dimasukkan dalam tabel. Koreksi yang digunakan dalam penyajian data menggunakan *Microsoft Excel* ini yaitu *reference correction*. *Reference correction* harus diterapkan pada profil *self potential* jika pada pengukuran dilakukan perubahan posisi elektroda. *Reference*

correction dibuat untuk memperbaiki berbagai perubahan elektroda referensi. Setiap bagian profil yang dikumpulkan dengan satu referensi harus dialihkan ke bagian akhir dari bagian sebelumnya. Koreksi ini digunakan untuk menghilangkan koreksi harian pada nilai potensial yang bervariasi. Selain itu fungsi digunakan koreksi ini yaitu untuk menampilkan anomali yang potensial. Hal ini dapat dilihat pada rumus *reference correction* pada persamaan 3.1.

$$SP_{reference\ correction} = SP_{rover} \left(\frac{SP_{akhir} - SP_{base}}{SP_{akhir}} \right) \quad (3.1)$$

Data-data potensial yang telah dikoreksi disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara jarak atau spasi dengan nilai potensial dalam satuan mV. Data-data tersebut juga diolah menggunakan *software Surfer 12* menjadi peta kontur yang menggambarkan kondisi air tanah di Pantai Kepanjen.

3.5 Interpretasi dan Analisa Data

Interpretasi data yang digunakan adalah interpretasi kualitatif yaitu suatu cara pendugaan sederhana terhadap kondisi air tanah di lokasi berdasarkan beda potensial yang terukur. Data potensial disajikan dalam grafik hubungan nilai potensial terhadap jarak pada *Microsoft Excel* serta berupa kontur isopotensial pada *software surfer 12*. Nilai potensial pada grafik dan kotur tersebut menunjukkan anomali air tanah dan air tanah yang dipengaruhi air laut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Fagerlund dan Heinson (2003) air tanah mempunyai nilai potensial -0,9 mV sampai -2.5 mV dan menurut Rupiningsih (2010) potensial yang mengindikasikan bahwa terdapat air tanah di bawah permukaan adalah 3 mV sampai dengan -3 mV. Sedangkan menurut penelitian oleh MacAllister *et al.* (2016) menyebutkan bahwa suatu daerah pesisir yang telah terkena intrusi air laut memiliki potensial yang rendah yaitu -15 mV. Rentang nilai antara -3 mV sampai -15 mV merupakan air tanah yang sudah terpengaruh oleh air laut. Acuan tersebut digunakan untuk menganalisa kondisi air tanah di daerah Pantai Kepanjen.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Pantai Kepanjen didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengambilan data 1 memperoleh nilai potensial yang diduga adalah potensial air tanah. Potensial ini tersebar di beberapa titik pengukuran pada lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3. Potensial yang diduga air tanah bernilai 2,7 mV sampai -2,3 mV. Untuk pengambilan data 2 dan data 3 masih memiliki pola yang sama dengan data 1, potensial yang dihasilkan masih didominasi potensial air tanah. Potensial yang diduga air tanah pada data 2 sebesar 2,2 mV sampai -2,2 mV, sedangkan untuk data 3 yaitu 2,1 mV sampai -2,9 mV. Sebagian besar potensial yang dihasilkan pada lokasi penelitian mengindikasikan air tanah, namun terdapat beberapa potensial yang nilainya negatif melewati potensial tanah yaitu < -3 mV. Hal ini akibat dari letak dari titik pengukuran yang sangat dekat dengan bibir pantai.
2. Berdasarkan peta kontur yang diperoleh serta mengacu pada potensial yang dihasilkan diduga bahwa pasang surut air laut tidak mempengaruhi potensi air tanah di Pantai Kepanjen, namun hanya berpengaruh terhadap batas *interface* antara air laut dan air tanah, batas ini akan bergeser seiring perubahan posisi air laut di Pantai Kepanjen. Hal ini dapat dilihat pada kontur warna biru dan ungu yang posisinya bergeser mengikuti kondisi pasang surut. Saat pasang surut rendah maka posisi *interface* akan landai maka potensial yang dihasilkan semakin negatif karena air laut mendasar pada daratan. Sebaliknya pasang surut tinggi maka *interface* akan bergeser dan potensial yang dihasilkan semakin positif (mendekati potensial air tanah).

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan adalah perlu diadakan penelitian lanjutan untuk memastikan dugaan batas *interface* dari air tanah dan air tawar di Pantai Kepanjen serta mengetahui kedalaman batas *interface* antara air laut air tawar di

Pantai Kapanjen. Perlu dilakukan pengambilan data lebih lanjut menggunakan metode geofisika lanjutan untuk mengetahui posisi, sebaran aquifer, dan kedalaman dari air tanah yang tersimpan di Pantai Kapanjen.



DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. dan E. Rustiadi. 2012. *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Fagerlund, F. dan G. Heinson. 2003. Detecting Subsurface Groundwater Flow In Fractured Rock Using Self-Potential (SP) Methods. *Environmental Geology*. 43:782–794.
- Hariyanto, B. 2015. Studi Kimia Air Tanah Dangkal untuk deteksi Intrusi Air Laut Pesisir Kabupaten Rembang Propinsi Jawa Tengah Tahun 2014 dan Implementasinya Untuk Pembelajaran Geografi di SMA. *Tesis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hendrayana, H. 2007. *Pengelolaan Air Tanah di Indonesia*. Fakultas Teknik-UGM.
- Imbani, A. N. 2016. Identifikasi Potensi Air Tanah Pada Sebaran Gumuk Di Jember Dengan Metode Self Potential (SP). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Indriatmoko, R. H. dan H. D. Wahjono. 1999. *Teknologi Konservasi Tanah dengan Sumur Resapan*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Indriana, R. D., M. I. Nurwidyanti, dan K. W. Haryono. 2007. Interpretasi Bawah Permukaan dengan Metode Self Potensial daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan. *Jurnal Berkala Fisika*. 10:155-167.
- Irawan, D. E. dan D. J. Puradimaja. 2012. *Lembar Kerja Hidrologi Umum*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kodoatie, R. J. dan R. Sjarif. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Lestari, A. D., K. Sambodho, dan Suntoyo. 2012. *Pengaruh Kenaikan Air Laut di Akuifer Pantai (Studi Kasus: Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau)*. ITS Surabaya.
- MacAllister, D. J., M. D. Jackson, A. P. Butler, dan J. Vinogradov. 2016. Tidal Influence on Self Potential Measurement. *Journal Of Geophysical Research: Solid Earth*. 12:8432–8452.
- Musfira. 2010. Deteksi Aliran Air Tanah Menggunakan Metode Self Potensial di Daerah Agrowisata Cilacap Jakarta Timur. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Onojasun, O. E., Osazuwa, dan I. Babatunde. 2015. Self Potential Surveying Method in Search of Buried Underground Pipe. *International Journal of Reasearch in Earth and Environmental Science*. 3(2): 2311-2484.
- Onojasun, O. E. 2015. Delineating grounwater Contaminant Plums using Self Potential surveying Method in Perth Area Australia. *International Journal of Scientific and Technology Research*. 4(11):456-490.
- Pemerintah Kabupaten Jember. 2015. *Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Tahun 2016*. Jember.
- Pokja Sanitasi Kabupaten Jember. 2015. *Strategi Sanitasi Kabupaten/Kota (SSK) Jember*. Jember.
- Revil, A. dan A. Jardani. 2013. *The Self Potential Method : Theory and Application in Environmental Geoscience*. New York: Cambridge University.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons.
- Rupiningsih, S. 2010. Aplikasi Metode Self Potensial dalam Menentukan Air Tanah di Wilayah Cisoka Tangerang. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia. .
- Samadi. 2007. *Geografi 1 Cetakan Pertama*. Jakarta: Penerbit Yudhistira.
- Sato dan Mooney. 1960. The Electrochemical Mechanism of Sulphida Self Potential. *Geophysics*. 25: 226-246.
- Sharma, P. V. 1997. *Environmental and Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Sukrama, U. 2002. *50 Pembahasan Mengenai Samudra*. PT Mitra Aksara. Panaitan.
- Souhoka, J. dan S. I. Patty. 2013. Pemantauan Kondisi Hidrologi dalam Kaitannya dengan Kondisi Terumbu Karang di Perairan Pulau Talise Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmiah Platax*. 1:3.
- Supangat, A. dan Susanna. 2012. *Pengantar Oseanografi*. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Telford, W. M., R. E. Sherif, dan L. P. Geldart. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University.

- Vaidila, N. 2015. Penentuan Arah Fluida Panas Bawah Permukaan di Obyek Wisata Guci Menggunakan Metode Self Potential. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Widada, S. 2007. Gejala Intrusi Air Laut di daerah Pantai Kota. *Ilmu Kelautan*. 12 (1):45-52.
- Wyrcki, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*. California: Institute Oceanography.
- Yulianto, Y. Dan A. Setiawan. 2015. Interpretasi Pola Aliran Fluida Panas Bumi menggunakan Metode Spontaneous Potential (SP) dan Suhu Permukaan Dangkal pada Sistem Panas Bumi Paguyangan Kabupaten Brebes. *Youngster Physics Journal*. 4(1): 41-49.
- Zogala, B., M. J. Mendecki, W. M. Zuberek, dan M. Robak. 2012. Application of Self Potential Method in The Area Contaminated with Oil Derivatives. *Acta Geodyn. Geomater*. 9(2):179–189.

**LAMPIRAN B. DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA DI PANTAI
KEPANJEN**



Gambar B.1 Pengukuran potensial menggunakan multimeter



Gambar B.2 Pengukuran potensial pada elektroda base



Gambar B.3 Pengukuran potensial pada elektroda rover pada pengambilan data 1



Gambar B.4 Pengambilan data 2



Gambar B.5 Pengambilan data 3



Gambar B.6 Foto bersama tim setelah pengambilan data