



## Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi  
UNIVERSITAS PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>  
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 19, No.3  
Desember 2021

### INTERPRETASI KONDISI GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN DATA GEOFISIKA MAGNETOTELLURIK DAERAH BLORA, PROVINSI JAWA TENGAH

Yuyun Yuniardi<sup>1</sup>, Undang Mardiana<sup>1</sup>, Andi Agus Nur<sup>1</sup>, Febriwan Mohammad<sup>1</sup>, M. Kurniawan Alfadli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jalan Raya Bandung-Sumedang KM. 21 Jatinangor 45393  
yuyun.yuniardi@unpad.ac.id

#### ABSTRACT

Daerah penelitian berada di Kabupaten Blora, Jawa Tengah, termasuk kedalam zona Rembang Cekungan Jawa Timur bagian Utara, dan tersusun lima Formasi yaitu; Formasi Tambakromo, Formasi Selorejo, Formasi Mundu, Formasi Ledok, Formasi Wonocolo, namun penentuan batas-batas Formasi pada daerah penelitian belum ada yang dapat menjelaskan dan gambaran struktur bawah permukaan masih kurang, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi tambahan mengenai penentuan batas-batas formasi serta stuktur geologi bawah permukaan yang akan diperoleh dari hasil interpretasi korelasi data lapangan dengan menggunakan metoda geofisika Magnetotellurik. Hasil Pengukuran Magnetotellurik pada 40 titik, berdasarkan nilai resistiviti terdapat 5 zona keterpengaruh struktur, yaitu: zona 1, pada titik pengukuran 35-36; zona 2, pada titik pengukuran 27-33; zona 3 pada titik pengukuran 16-17; zona 4 pada titik pengukuran 9-10; dan zona 5 pada titik pengukuran 1-2 permodelan berdasarkan nilai-nilai resistiviti berdasarkan kedalaman, terdapat 5 batasformasi, yaitu: 1) Formasi Wonocolo, Ledok, Mundu, Selorejo, Tambakromo dan Alluvium, 2) Formasi Wonocolo dan Ngrayong, 3) Formasi Tuban, 4) Formasi Kujung, dan 5) Formasi Ngimbang dan Batuan dasar. Struktur Geologi yang berkembang berupa lipatan, antiklin pada titik 26-36, dan titik 02, sinklin di tengah titik-titik pengukuran, Sesar Normal yang bersifat tumbuh pada titik antara MT26-MT27 dan pada titik 30, yang masuk kedalam zona struktur 2, dan sesar normal pada titik MT 09 masuk kedalam zona 02. Sesar Naik pada titik MT 02 pada zona 05.

**Kata Kunci:** Magnetotellurik, resistivitas, Blora, struktur geologi.

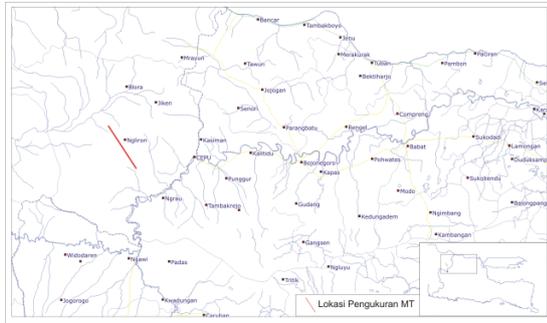
#### PENDAHULUAN

Sejak Tahun 1870-an, eksplorasi yang didasarkan pada konsep stratigrafi sudah dilakukan sampai ditemukannya lapangan minyak mulai dari Kuti Gunungnyar (1888), Lidah (1889), Ledok (1893), Kawengan (1894). Kemudian eksplorasi dilakukan kembali dengan konsep stratigrafi klasik yang dilakukan oleh Pertamina (1970-an), namun gagal untuk menemukan migas yang secara kuantitas tidak komersial. Tahun 1980-an, konsep klasik baru dan sikuen stratigrafi dalam eksplorasi dilakukan namun tetap saja gagal secara kuantitas komersial. 1990-an, konsep modern sikuen stratigrafi dikembangkan kembali, yang akhirnya ditemukan minyak di Area Tuban. Dalam kasus ini konsep stratigrafi untuk Cekungan Jawa Timur Bagian Utara mengalami perkembangan yang cukup intensif. Sebagai referensi stratigrafi dalam tahapan interpretasi, dilakukan pendekatan secara umum didasarkan pada stratigrafi

yang terbaru, walaupun data-data tambahan yang digunakan sebagai data tambahan merupakan data-data lama, sehingga dilakukan kesebandingan dengan stratigrafi yang terbaru namun harus didukung dengan metode geofisika salah satunya metode Magnetotellurik (MT) supaya dapat memberikan gambaran kondisi bawah permukaan. Metode magnetotellurik digunakan dalam penentuan geologi bawah permukaan di daerah Blora, menghasilkan keakurasian data yang baik. Metode ini melihat variasi nilai medan Elektromagnetik yang terekam pada permukaan bumi merupakan nilai dari investigasi daya elektrik di bawah permukaan (konduktiviti atau resistiviti) (Telford dkk., 1990; Vozoff, 1991).

Berdasarkan uraian diatas tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui batas-batas formasi serta stuktur geologi bawah permukaan yang akan diperoleh dari hasil interpretasi korelasi data lapangan dan

penggunaan metoda geofisika Magnetotellurik. Metode Magnetotellurik diharapkan mampu memberikan informasi tambahan solusi untuk tahapan eksplorasi lainnya. Daerah penelitian berada di wilayah Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah, yang tepatnya di sebelah selatan Kota Blora yang termasuk dalam Zona Randublatung (Van Bemmelen, 1949). Penelitian dilakukan berdasarkan titik-titik (Gambar 1.1), pengambilan data magnetotellurik yang mempunyai 40 titik pengamatan sepanjang  $\pm 15$  km.



**Gambar 1.1** Lokasi Penelitian

## METODOLOGI

### Akuisisi Data

Metodologi pada penelitian ini mencakup tiga aspek besar, yakni kerangka pemikiran dan metode pengumpulan data. Dalam kerangka pemikiran akan diberikan konsep teoritis yang akan dipakai untuk mencapai tujuan penelitian, sedangkan pada metode pengumpulan data akan diuraikan cara memperoleh data yang diperlukan dalam penerapan konsep teoritis tersebut.

Dalam penelitian ini, fokus penelitian ditujukan untuk mampu memberikan informasi tambahan mengenai penentuan batas-batas formasi serta struktur geologi bawah permukaan yang akan diperoleh dari hasil interpretasi korelasi data lapangan dengan menggunakan metoda geofisika Magnetotellurik.

Metode Magnetotellurik (MT) adalah metode sounding elektromagnetik dengan cara melakukan pengukuran pasif komponen medan listrik ( E ) dan medan magnet ( H ) alam yang berubah sepanjang waktu. Medan elektromagnetik (EM) mempunyai kawasan frekuensi dengan rentang band frekuensi panjang yang mampu untuk investigasi dari kedalaman berapa puluh meter hingga ribuan meter di bawah permukaan bumi. Sumber energy gelombang elektromagnetik (EM) yang digunakan dalam pengukuran Magnetotellurik adalah sumber dari alam dengan frekuensi yang diambil berada pada frekuensi audio (0,001-10KHz) yang diperhitungkan dapat menembus kedalaman >600 meter lebih (Simpson dan Bahr, 2005). Pengukuran Magnetotellurik

dilakukan dengan jarak antar titik ukur 1000 meter yang dibuat dalam lintasan terpilih. Perkiraan jumlah titik ukur Magnetotellurik masing-masing sekitar 1 titik ukur/ hari.

### Proses Pengolahan Data

Proses pengolahan data ini Berupa plotting pada kurva, reprosesing dan kedalaman. Pada tahapan ini hasil plotting model kontinuitas dari kedua komponen grafik logaritma merupakan acuan yang dapat bersifat umum dimana dari pengamatan pola hasil model kedua komponen grafik apparent resistivity dapat disimpulkan apakah hasil pengukuran sebelumnya layak untuk diproses lebih lanjut. Pada tahap reprosesing Tidak semua data hasil robustz harus melalui tahap reprocessing bila beracuan pada kondisi kajian sebelumnya. Kemudian, Panjangnya gelombang yang dihasilkan merupakan harga yang dapat dianggap sebagai nilai perhitungan sementara kedalaman yang dihasilkan dari plotting kurva MT.

### Interpretasi

Prosedur Interpretasi dilakukan dalam 4 tahapan yang masing masing mempunyai nilai tersendiri dalam penentuan stratigrafi maupun struktur yang berkembang.

- Interpretasi dari data permukaan lapangan yang dibandingkandengan referensi data regional geologi permukaan maupun bawah permukaan.
- Interpretasi data MT, mengambil konsep resistivity yang melihat dari sudut pandang perubahan nilai resistivity secara kontinuitas dengan metode "matching curve". Interpretasi yang didapat secara garis besar dapat melihat dari pola kurva dan perhitungan skin depth maupun nilai resistivity.
- Interpretasi dilakukan didasarkan pada hasil interpolasi titik-titik nilai resistivity.
- Interpretasi akhir, melihat kesinambungan dari interpretasi data MT dengan data geofisika lainnya, gravity maupun magnet.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geologi Permukaan.

Pemetaan ini geologi dilakukan selama akuisisi data MT di sekitar titik-titik pengukuran MT, yang bertujuan sebagai komponen lain dari tahapan eksplorasi, dan secara khusus menjadi parameter pendukung selama proses akuisisi berlangsung selain sebagai komponen dalam tahapan interpretasi geologi selanjutnya Satuan batuan yang dapat disimpulkan dari hasil pemetaan geologi permukaan, secara

stratigrafi didasarkan pada umur dari muda ke yang paling tua adalah :

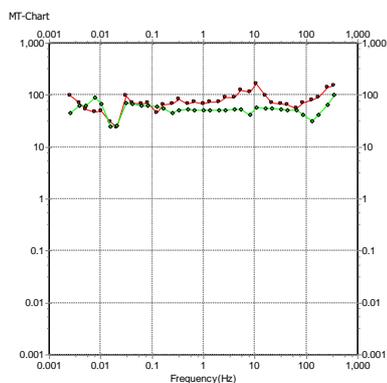
- Satuan Batulempung
- Satuan Napal
- Satuan Batugamping
- Satuan Napal sisipan batugamping

Dalam pengklasifikasiannya kedalam peta geologi regional (Datum, 1996) dapat dikaitkan kedalam 5 lima formasi yang secara jelas menerangkan satuan batuan tersebut, antara lain :

- Formasi Tambakromo : Batulempung, napal, batugamping.
- Formasi Selorejo : Batugamping, batulempung, pasiran, gampingan.
- Formasi Mundu : Napal
- Formasi Ledok : Batugamping Glokonitan
- Formasi Wonocolo : Napal, batugamping.

### Data Magnetotellurik dan pemodelan

Data Magnetotellurik yang didapatkan dari 40 titik yang diambil, hanya 38 titik yang dapat diperoleh dikarenakan dua titik tersisa mengalami gangguan sewaktu proses akuisisi data, dapat terlihat dalam kurva yang cenderung menjauh dari pola sebelumnya.



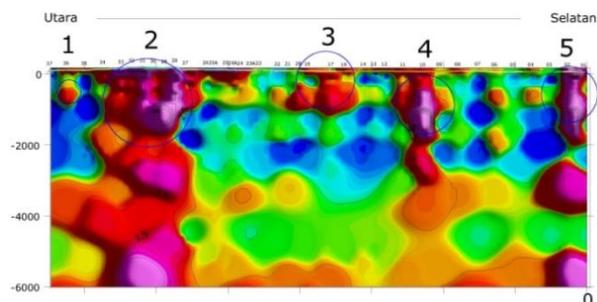
**Gambar 3.1.** Kurva pola Titik HPG 15 yang memiliki nilai lebih besar dari pola-pola lainnya.

Berdasarkan data MT (Gambar 3.1), terdapat 3 jenis pemodelan yang dapat menggambarkan secara umum geologi yang ada dibawah permukaan daerah penelitian. Tahapan interpretasi untuk geologi bawah permukaan ini dilakukan secara bertahap, agar pendekatan atas gambaran geologi bawah permukaan baik struktur maupun batas-batas formasi dapat tergambarkan dan terkorelasi dengan baik.

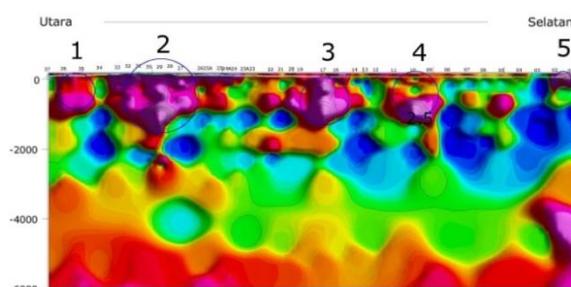
### Pemodelan Nilai Resistivitas

Dari hasil pengolahan Magnetotellurik dilakukan pemodelan berdasarkan nilai-nilai resistiviti berdasarkan kedalaman. Pemodelan ini dapat menjelaskan daerah-

daerah yang terpengaruh oleh struktur berupa zona terpengaruh, dalam hal ini data MT diproses berulang kali untuk mendapatkan melihat keterpolaan atau kontinuitas data.



**Gambar 3.2.** Sebaran nilai resistiviti hasil proses dari data XY



**Gambar 3.3.** Sebaran nilai resistiviti hasil proses dari data YX

Berdasarkan (Gambar 3.3 dan 3.2), terdapat 5 zona keterpengaruh akan struktur geologi yang ditandai dengan penyebaran nilai resistiviti yang tinggi (>2.)

- Zona 1 berada pada titik pengukuran 35-36, dan pada kedalaman tidak lebih dari 1000 mdpl, namun zona ini bisa dikatakan cukup lemah.
- Zona 2, berada pada titik pengukuran 27-33, mempunyai zona yang cukup lebar sekitar 2 km dengan kedalaman hingga mencapai 2000 mdpl.
- Zona 3, berada pada titik pengukuran 16-17, dengan kedalaman sekitar 1500 m.
- Zona 4, berada pada titik pengukuran 9-10, dengan kedalaman mencapai 2500 m.
- Zona 5, berada pada titik pengukuran 1-2, untuk kasus pada zona ini, kedalaman masih diragukan, dikarenakan pola dari masing-masing Sumbu berbeda.

Dari kedua gambar (Gambar 3.3 dan 3.2), dapat memberi gambaran dasar secara umum medium dasar bawah permukaan dilihat dari nilai resistivitinya yaitu :

- Zona resistivitas rendah ditunjukkan dengan warna biru muda-biru tua

- Zona resistivitas sedang ditunjukkan dengan warna hijau-kuning
- Zona resistivitas tinggi ditunjukkan dengan warna merah-ungu

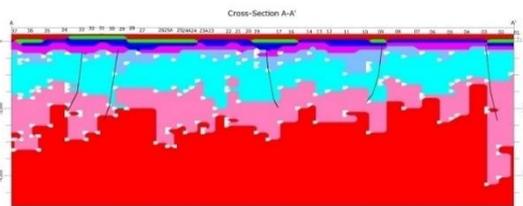
Zona yang telah didelinsi tersebut, digunakan sebagai acuan dalam pendekatan kepada unit unit yang lebih teliti dalam pemodelan kedalaman dalam memperinci keadaan geologi bawah permukaan.

**Pemodelan batas formasi berdasarkan Kedalaman**

Pemodelan batas formasi dilakukan berdasarkan kedalaman. Variabel yang terukur pada kajian ini adalah hasil kalkulasi kedalaman dari nilai-nilai resistivitas sehingga didapatkan model pendekatan terhadap batas-batas formasi. Berikut adalah hasil pemodelan batas formasi berdasarkan kedalaman.



**Gambar 3.4.** Pemodelan batas formasi didasarkan pada kedalaman data MT XY

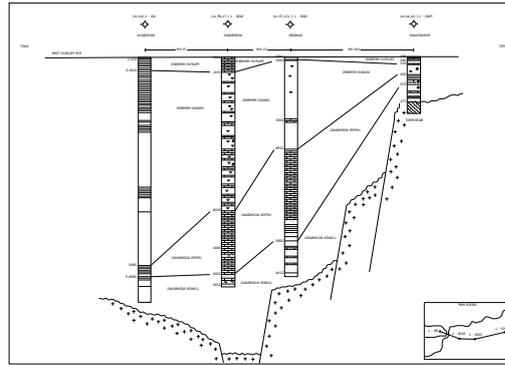


**Gambar 3.5.** Pemodelan batas formasi didasarkan pada kedalaman data MT YX

Berdasarkan permodelan batas formasi yang didasarkan pada kedalaman data Magnetotellurik YX (Gambar 3.4 dan 3.5), terdapat 4 zona struktur yang terinterpretasi dan sesuai dengan interpretasi tahap pertama. Hal ini mendetilkan gambaran umum mengenai batas formasi dan struktur geologi bawah permukaan.

**Kompilasi Data dan Pemodelan Akhir**

Sebagai data penunjang dalam penelitian selain mengandalkan data Magnetotellurik (MT) itu tersendiri, makan dalam hal ini data bor dapat menjadikan data pendukung dalam menjelaskan gambaran umum geologi daerah penelitian.

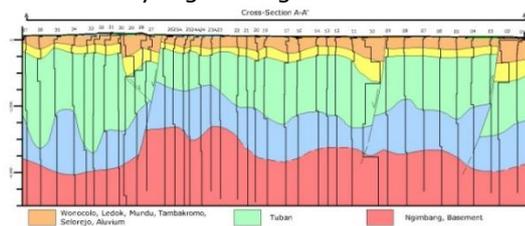


**Gambar 3.6** Data Bor PWD I dan DPR I. (Pertamina, Juli 1983)

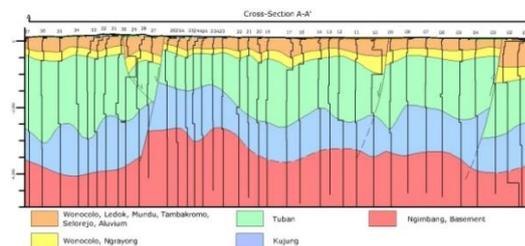
Menurut Pertamina (1973). daerah penelitian berada pada area diantara Bor PWD I dan DDR I(Gambar 3.6), dalam kasus ini batugamping orbitoid , atau kranji Member masuk kedalam Formasi Tuban yang didominasi oleh napal dan lempung.

**Penentuan Batas Formasi**

Pembagian batas formasi yang akan dilakukan berdasar pola keberadaan nilai resistivitas. Sehingga batas yang didapat bukan berarti batas formasi yang sebenarnya melainkan perubahan nilai resistivitas yang berangsur.



**Gambar 3.7.** Model Interpretasi akhir data MT XY



**Gambar 3.8.** Model Interpretasi akhir data MT YX

Berdasarkan permodelan interpretasi akhir data MT YX (Gambar 3.7 dan 3.8) pendekatan untuk model Data XY dan YX diselaraskan untuk menghasilkan model yang mewakili untuk menjelaskan geologi bawah permukaan daerah penelitian, sehingga dihasilkan 5 batasan formasi didasarkan pada data MT.

1. Wonocolo, Ledok, Mundu, Selorejo dan Alluvium, masuk kedalam unit resistivity yang pertama, berada dari permukaan, untuk mengkorelasikannya kedalam pembagian yang detail, kurva resistivitas tidak menunjukkan kontinuitas kurva yang jelas ke tiap titik, hanya saja wonocolo bagian bawah dapat ditunjukkan dengan kurva yang mulai naik.
2. Pada kasus Ngrayong dan Wonocolo, sebelumnya disebutkan dapat menunjukkan pola nilai resistiviti yang hampir sama, oleh sebab itu untuk pola kurva ini setelah di korelasikan memiliki kontinuitas. Dengan dasar lain, wonocolo bagian bawah dengan batupasir Ngrayong memiliki nilai resistivity yang tinggi.
3. Untuk Formasi Tuban sendiri, berdasarkan dari referensi, dijelaskan didominasi oleh napal dan lempung, selebihnya ada beberapa sisipan batupasir dan batugamping. Lempung dan napal memiliki nilai resistiviti yang rendah.
4. Kujung sendiri merupakan Karbonat, perubahan dari formasi tuban dan formasi Kujung sendiri secara kontras dapat dibedakan dari nilai resistiviti yang mulai naik kembali.
5. Ngimbang dan Basement, secara batas stratigrafi yang ditarik tidak secara tegas, karena dari pola kurva kurang mengindikasikan perubahan yang ekstrim, hanya saja didasarkan kepada referensi lain, baik data bor maupun non seismic lain, dapat dipastikan untuk kedalaman lebih dari 3000 m dapat dipastikan Formasi Ngimbang dan berangsur kearah basement.

### Struktur Geologi

Berdasarkan hasil pemodelan akhir (Gambar 3.7 dan 3.8), dapat dijelaskan struktur geologi yang berkembang antara lain :

- Antiklin disebelah barat laut, dimulai dari titik MT 26 sebagai sayap lipatan sebelah selatan dan MT 36 sebagai sayap lipatan disebelah utara. Dan Antiklin pada titik MT 02.
- Sinklin, di tengah line MT,
- Sesar Normal yang bersifat tumbuh pada titik antara MT26-MT27 dan pada titik 30, yang masuk kedalam zona struktur 2, dan sesar normal pada titik MT 09 masuk kedalam zona 02.
- Sesar Naik pada titik MT 02 pada zona 05.

Struktur geologi berupa Sesar dari permukaan sudah dapat dipastikan yang berkembang adalah sesar mendatar dan sesar normal. Pada geologi bawah

permukaan, gambaran sesar jelas dapat ditemukan arahnya, dengan menginterpretasi pergerakannya didasarkan pada pola kurva.

- Untuk Zona 2 yang dicurigai sebagai zona struktur, didapat 2 sesar normal yang saling berhubungan menjadi satu sesar normal yang terpengaruh hingga basement.
- Untuk zona 4, sesar normal juga berkembang, dan keberadaan sesar ini juga dipengaruhi oleh basement, begitu pula untuk zona 5 yang berkembang sesar naik.
- Keterimbangan basement sebagai pembentuk pola sesar ini sendiri, tidak lepas dengan keberadaan daerah peniliti kedalam zona Randublatung yang bersifat negatif, sehingga patahan normal lebih dominant berkembang.

### KESIMPULAN

Dari pemetaan geologi permukaan didapatkan empat satuan geologi pada daerah permukaan yaitu:

- Satuan Batulempung
- Satuan Napal
- Satuan Batugamping
- Satuan Napal sisipan batugamping

Dari metode Geofisika Magnetotelluric didapat kesimpulan antara lain :

- Perubahan nilai / gradasi nilai resistiviti bisa dijadikan sebagai range batas dalam penentuan batas formasi (tentative).
- Harga resistiviti yang lebih besar bisa dijadikan sebagai pola adanya struktur geologi atau dominasi medium yang lebih resistif, dibandingkan dengan medium sekitarnya.

Sedangkan untuk penjelasan dan Aplikasi MT sendiri untuk penerapannya di daerah penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa 5 batas formasi dapat ditentukan didasarkan pada data MT,

- Wonocolo, Ledok, Mundu, Selorejo dan alluvium termasuk kedalam resistiviti pertama yang berada di permukaan.
- Pada kasus Ngrayong dan Wonocolo, memiliki nilai resistiviti tinggi dengan batu pasir Ngrayong pada bagian bawah.
- Formasi Tuban memiliki nilai resistiviti rendah karena didominasi oleh batunapal dan lempung yang selebihnya ada beberapa sisipan batupasir dan batugamping.
- Kujung sendiri merupakan Karbonat, perubahan dari formasi tuban dan formasi Kujung sendiri secara kontras dapat dibedakan dari nilai resistiviti yang mulai naik kembali.

- Ngimbang dan Basement, secara batas stratigrafi yang ditarik tidak secara tegas, karena dari pola kurva kurang mengindikasikan perubahan yang ekstrim, hanya saja didasarkan kepada referensi lain, baik data bor maupun non seismic lain, dapat dipastikan untuk kedalaman lebih dari 3000 m dapat dipastikan Formasi Ngimbang dan berangsur kearah basement.

Dan struktur geologi yang berkembang antara lain :

- Antiklin disebelah barat laut.
- Sinklin, di tengah line MT,
- Sesar Normal
- Sesar Naik

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih terhadap semua pihak yang telah membantu terhadap seluruh proses penyusunan dan publikasi dari penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Bemmelen, van, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, The Haque, Nederland.

M. datum, Sukandarrumidi, B. Hermanto & N. Suwarna., Peta Geologi Lembar Ngawi, Jawa., Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi ., 1996.

M. D. Watts., Petroleum exploration in overthrust areas using magnetotelluric and seismic data. Geosystem srl, Milan, and Alaattin Pince, Türkiye Petrolleri AO, Ankara. 1998 SEG Expanded Abstracts PT Geoservices (LTD). Magnetotelluric in Frontier and Reconnaissance Exploration Simpson, F., dan Bahr, K., 2005. Practical Magnetotellurics. Cambridge University Press, USA.

Telford, W. M., L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed., 770 pp., Cambridge Univ. Press, 1990.

Vozoff, K., The magnetotelluric method, in *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*, vol. 2, *Application*, edited by M. N. Nabighian, pp. 641-711, Soc. Explor. Geophys., Tulsa, Okla., 1991.