

**PEMODELAN INVERSI UNTUK PENDUGAAN BATUBARA
BERDASARKAN DATA *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*
MENGUNAKAN *LIBRARY pyGIMLI***

SKRIPSI

Bidang Studi Fisika



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memenuhi Gelar Sarjana Strata Sains (S-1)

**Oleh:
ARIEF SETIAWAN
NIM.08021381722092**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN INVERSI UNTUK PENDUGAAN BATUBARA
BERDASARKAN DATA *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*
MENGUNAKAN *LIBRARY pyGIMLI***

SKRIPSI

Dibuat sebagai Syarat untuk Memenuhi Kurikulum Sarjana di Jurusan Fisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

Oleh:

ARIEF SETIAWAN

08021381722092

Indralaya, 11 Juni 2022

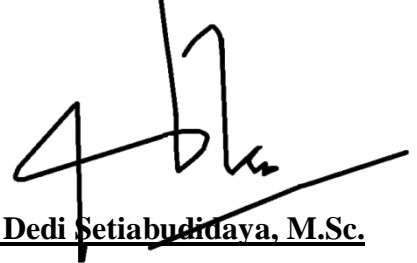
Pebimbing II



Drs. Pradanto Poerwono, DEA

NIP. 195807241985031012

Pebimbing I,




Dr. Dedi Setiabudidaya, M.Sc.

NIP.196011101986021001

Mengetahui,

PLT. Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya



Dr. Hasanudin, M.Si.

NIP. 197205151997021003

**PEMODELAN INVERSI UNTUK PENDUGAAN BATUBARA
BERDASARKAN DATA *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*
MENGUNAKAN *LIBRARY pyGIMLI***

Oleh:

ARIEF SETIAWAN

NIM.08021381722092

ABSTRAK

Batubara merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari sisa tanaman purba sehingga sisa tanaman tersebut mengalami pengendapan proses kimia dan fisika sampai terjadi pengayaan pada kandungannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pendugaan keberadaan batubara di desa Kahuripan Baru menggunakan metode inversi menggunakan program *library pyGIMLI* dan RS2DINV sebagai pembanding. Nilai resistivitas dalam survey geofisika diperlukan sebagai salah satu parameter dalam penentuan struktur bawah permukaan. Dari hasil inversi diperoleh pendugaan batubara di area penelitian yang diduga di kedalaman 6 – 10 meter di bawah permukaan dengan variasi nilai resistivitas setiap konfigurasi, nilai resistivitas hasil pengolahan *software* RES2DINV konfigurasi *Wenner* sebesar 281 Ωm dan konfigurasi *Schlumberger* sebesar 343 Ωm . Sedangkan untuk nilai resistivitas hasil pengolahan *library pyGIMLI* konfigurasi *Wenner* sebesar 69.7 Ωm dan konfigurasi *Schlumberger* sebesar 235 Ωm . penelitian ini menghasilkan nilai error yang didapat dalam program *library pyGIMLI* lebih kecil yaitu dibawah 10%.

Kata kunci : Resistivitas, Batubara, Wenner, Schlumberger, RES2DINV, *Library pyGIMLI*

Pebimbing II

Drs. Pradanto Poerwono, DEA
NIP. 195807241985031012

Pebimbing I

Dr. Dedi Setiabudidaya, M.Sc.
NIP. 1960111401986021001

Mengetahui,
PLT. Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya

Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP. 197205151997021003

**INVERSION MODELING FOR ESTIMATION OF COAL BASED ON
ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY DATA USING *pyGIMLI* LIBRARY**

By:

ARIEF SETIAWAN

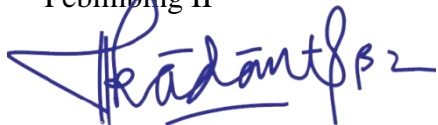
NIM.08021381722092

ABSTRACT

Coal is a sedimentary rock formed from the remains of ancient plants so that the remains of these plants undergo chemical and physical deposition until enrichment occurs in their contents. This research was conducted to determine the estimation of the presence of coal in the village of Kahuripan Baru using the inversion method using the *pyGIMLI* library program and *RES2DINV* as a comparison. The resistivity value in geophysical surveys is needed as one of the parameters in determining the subsurface structure. From the inversion results, it is obtained that the estimation of coal in the research area is estimated at a depth of 6 – 10 meters below the surface with variations in the resistivity value of each configuration, the resistivity value of the *RES2DINV* software processing of the Wenner configuration is 281 Ωm and the Schlumberger configuration is 343 Ωm . Meanwhile, the resistivity value of the *pyGIMLI* library processing Wenner configuration is 69.7 Ωm and the Schlumberger configuration is 235 Ωm . This research results in a smaller error value obtained in the *pyGIMLI* library program, which is below 10%.

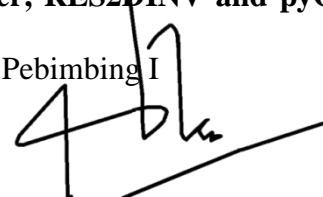
Keywords : Resistivity, Coal, Wenner, Schlumberger, RES2DINV and pyGIMLI Library

Pebimbing II



Drs. Pradanto Poerwono, DEA
NIP. 195807241985031012

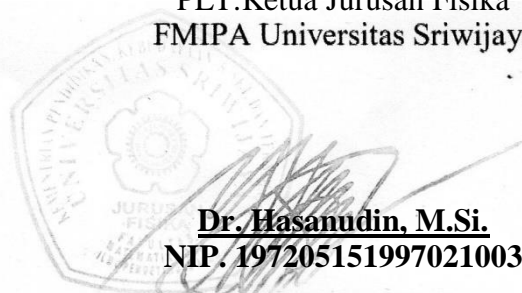
Pebimbing I



Dr. Dedi Setiabudidaya, M.Sc.
NIP.196011101986021001

Mengetahui,

PLT.Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya



Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP. 197205151997021003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : ARIEF SETIAWAN

NIM : 08021381722092

Judul TA : *Pemodelan Inversi Untuk Pendugaan Batubara Berdasarkan Data Electrical Resistivity Tomography Menggunakan Library pyGIMLI*

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi fisika universitas sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 11 Mei 2022

Yang menyatakan



Arief Setiawan

NIM. 08021381722092

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Prabumulih Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 24 Februari 1999 merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, yang lahir dari pasangan suami istri bernama bapak Pariadi dan Ibu Tini Oktober Yati. Penulis lahir dan dibesarkan di alamat Jl Urip Sumoharjo RT 01/RW 03 Kelurahan Pasar II Kecamatan Prabumulih Utara Kota Prabumulih Provinsi Sumatera Selatan.

Penulis mengawali jenjang pendidikan di TK Aisyah Prabumulih pada tahun 2004, kemudian melanjutkan ke SDN 7 Prabumulih diselesaikan pada tahun 2011, SMP Yayasan Pembina Sekolah (YPS) Prabumulih di tahun 2014, dan SMK Negeri 1 Prabumulih diselesaikan pada tahun 2017.

Di tahun yang sama penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Mandiri. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi dari tingkat jurusan hingga tingkat nasional. Organisasi yang pernah diikuti selama menjadi mahasiswa ialah Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia di periode 2020/2021 sebagai wakil kepala divisi, American Association of Petroleum Geologist Student Chapter Universitas Sriwijaya di periode 2019/2020 sebagai wakil presiden, Ikatan Mahasiswa Geofisika Universitas Sriwijaya di periode 2019/2020 sebagai anggota dan Himpunan Mahasiswa Fisika Universitas Sriwijaya di periode 2018/2019 sebagai kepala divisi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“PEMODELAN INVERSI UNTUK PENDUGAAN BATUBARA BERDASARKAN DATA *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* MENGGUNAKAN *LIBRARY pyGIMLI*”** ini dengan baik dan lancar. Adapun Skripsi ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pembuatan, penulisan dan penyusunan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhirnya, penulis berharap, semoga Skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja pada umumnya dan penulis khususnya. Aamiin.

Inderalaya, Juni 2022

Penulis

Arief Setiawan

NIM. 08021381722092

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pemodelan Geofisika.....	4
2.1.1. Pemodelan Kedepan	4
2.1.2. Pemodelan Inversi.....	5
2.2. Metode Geolistrik.....	8
2.2.1. Konfigurasi <i>Wenner</i>	9
2.2.2. Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	10
2.3. <i>Electrical Resistivity Tomography</i>	11
2.4. Batubara.....	12
2.5 <i>Software</i> RES2DINV.....	14
2.5. Library pyGIMLI.....	15
BAB III.....	18
METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2. Perangkat Penelitian	18
3.2.1. Data Penelitian.....	19

3.3. Metode dan Tahapan Penelitian	19
3.3.1 Akuisisi Data.....	19
3.3.2 Pengolahan Data berdasarkan Resistansi dan Faktor Geometri	19
3.3.3 Pemasukan Data ke Dalam Format.....	19
3.3.4 Pengolahan Pemodelan Inversi Menggunakan RES2DINV	20
3.3.5 Pengolahan Pemodelan Inversi Menggunakan pyGIMLI	21
3.3.5 Interpretasi	21
3.3.6 Perbandingan <i>library pyGIMLI</i> dengan <i>software RES2DINV</i>	21
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	21
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Pengolahan Data berdasarkan Nilai Resistansi	23
4.2. Hasil Pengolahan Inversi menggunakan <i>Software RES2DINV</i>	26
4.3. Hasil Pengolahan Inversi menggunakan <i>Library pyGIMLI</i>	27
4.4. Perbandingan program <i>library pyGIMLI</i> dengan <i>software RES2DINV</i>	30
BAB V.....	32
KESIMPULAN	32
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan elektroda arus dan potensial pada konfigurasi <i>Wenner</i>	9
Gambar 2.2. Susunan elektroda arus dan potensial konfigurasi <i>Schlumberger</i>	11
Gambar 2.3. Skema inversi	17
Gambar 3.1. Peta lahan Penelitian beserta Lintasan.....	18
Gambar 3.2. Format file data di Notepad RES2DINV dan <i>library pyGIMLI</i>	20
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 4.1. Hasil Konfigurasi <i>Wenner</i> menggunakan RES2DINV	26
Gambar 4.2. Hasil Konfigurasi <i>Schlumberger</i> menggunakan RES2DINV	27
Gambar 4.3. Hasil konfigurasi <i>Wenner</i> menggunakan <i>library pyGIMLI</i>	27
Gambar 4.4. Hasil konfigurasi <i>Schlumberger</i> menggunakan <i>library pyGIMLI</i>	27
Gambar 4.5. Stratigrafi Regional Sumatera Selatan.....	28
Gambar 4.6. Pertambangan Batubara Sekitar Lokasi Penelitian.....	29
Gambar 4.7. Singkapan Batubara di desa Tanah Abang	29
Gambar 4.8. Hasil pengolahan <i>library pyGIMLI</i> dan RES2DINV	30
Gambar 4.9. Perbandingan jumlah <i>error library pyGIMLI</i> dan RES2DINV	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai resistivitas mineral	9
Tabel 4.1. Data Resistansi Dari Hasil Pengolahan <i>Wenner</i> dan <i>Schlumberger</i>	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri batubara di Indonesia saat ini kian meningkat. Hal tersebut dapat dilihat dari produksi batubara mengalami peningkatan di setiap tahunnya. Penggunaan batubara dalam pemenuhan kebutuhan industri naik secara nyata dari 15% di tahun 2006 dan menjadi 19% di tahun 2009 (Umar, 2017). Batubara merupakan batu endapan yang terbentuk dari sisa tanaman purba. Dari sisa tanaman tersebut dilanjutkan dengan mengalami pengendapan dengan proses kimia dan fisika sehingga terjadi perkembangan pada kandungannya (Sukandarrumidi, 2017).

Untuk mendapatkan lapisan batubara, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Salah satu metode yang terdapat dalam ilmu geofisika untuk survei batubara ialah metode geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Metode ERT ini termasuk pada bagian metode geolistrik yang menggunakan banyak elektroda untuk mendapatkan informasi mengenai keadaan bahan di bawah permukaan yang didasari pola distribusi dari nilai resistivitas. ERT disebut juga dengan sebutan *Sub Surface Imaging* (Telford dkk, 2004) atau *Profiling* (Milsom, 2003). Dengan pengolahan data ERT terdapat beberapa perangkat lunak yang biasa digunakan oleh para ahli geofisika salah satunya perangkat lunak RES2DINV. RES2DINV merupakan sebuah program komputer yang secara otomatis untuk menentukan pemodelan dua dimensi untuk resistivitas bawah permukaan dari data yang diperoleh dari survei tahanan jenis atau resistivitas.

Nilai dalam proses penelitian menggunakan nilai resistivitas. Nilai resistivitas mempunyai variasi yang berbeda untuk tiap formasi yang ada. Dalam hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti, jenis material, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori dari bahan, kadar dan kualitas air yang terkandung, serta temperatur. Nilai resistivitas juga dapat dipengaruhi oleh kondisi air yang berada di dalam tanah, serta termasuk kualitas air yang dapat dipengaruhi oleh formasi – formasi batuan maupun pengaruh lainnya (Suhana, 2016).

Seiring berjalannya waktu, ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang, hal tersebut disebabkan karena ilmu pengetahuan dan teknologi selalu

mengalami perubahan dan peningkatan dari waktu ke waktu. Sejalan dengan kebutuhan manusia yang semakin berkembang, salah satu teknologi yang terus mengalami perkembangan adalah teknologi di bidang komputasi. Komputasi pada saat ini dapat digunakan untuk dalam bidang pendidikan maupun di bidang penelitian. Sehingga dalam proses pengolahan data pada penelitian ini membutuhkan perangkat lunak RES2DINV dan *Jupyter Notebook*. Perangkat lunak *Jupyter Notebook* dapat digunakan dalam bahasa *Python*. Pada tahun 2012, diciptakan perangkat lunak *Ipython Notebook* oleh Fernando Perez dan Brian E Granger yang berbasis *browser web*, dan banyak digunakan dalam bidang penelitian serta pendidikan (Setiabudidaya, 2015). Untuk mendapatkan hasil ERT, pengolahan data dengan *Jupyter Notebook* dapat bekerja dengan bantuan *library pyGIMLI*. *Library pyGIMLI* ini masih dalam tahap pengembangan dari *library GIMLI*, ide *GIMLI* adalah untuk menyajikan kerangka kerja yang sangat fleksibel untuk inversi geofisika dan pemodelan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa masalah seperti optimasi parameter optimasi, regulasi dan pencarian baris yang diselesaikan secara umum. Bahasa pemrograman *Python* dipilih sebagai bahasa dasar *pyGIMLI* yang gratis, fleksibel dan lintas *platform*, bersifat kompatibel, karena hal tersebut membuatnya luas digunakan dalam dunia geofisika (Rücker et al., 2017).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan informasi prospek batubara dengan menggunakan *library pyGIMLI* dan membandingkannya dengan perangkat lunak konvensional RES2DINV.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, membahas proses dalam pemodelan inversi berdasarkan data *Electrical Resistivity Tomography* yang telah dilakukan perhitungan untuk nilai resistansi (R) dan faktor geometri (K) dan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak RES2DINV dan *library pyGIMLI*.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- Menentukan kedalaman prospek lapisan batubara berdasarkan data *Electrical Resistivity Tomography*.
- Membandingkan penampang bawah permukaan yang dihasilkan dari perangkat lunak konvensional dengan pemrograman komputasi.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian yang diharapkan adalah dapat meningkatkan penggunaan perangkat lunak komputasi berbasis *open-source* di kalangan akademisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam, & Sudiar, N. Y. (2013). *Analisis struktur batuan dengan metoda inversi smoothness-constrained least-squares data geolistrik konfigurasi Schlumberger di universitas negeri padang kampus air tawar. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 215–220. <https://osf.io/preprints/inarxiv/d82as/>
- Auken, E., & Christiansen, A. V. (2004). *Layered and laterally constrained 2D inversion of resistivity data. Geophysics*, 69(3), 752–761. <https://doi.org/10.1190/1.1759461>
- Auken, E., Christiansen, A. V., Jacobsen, B. H., Foged, N., & Sørensen, K. I. (2005). *Piecewise 1D laterally constrained inversion of resistivity data. Geophysical Prospecting*, 53(4), 497–506. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2005.00486.x>
- Catt, L. M. L., West, L. J., & Clark, R. A. (2009). *The use of reference models from a priori data to guide 2D inversion of electrical resistivity tomography data. Geophysical Prospecting*, 57(6), 1035–1048. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2008.00774.x>
- Faris, A. N., Suaidi, D. A., Hasan, M. F. R., & Broto, A. B. (2019). *Identifikasi Sebaran Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Desa Gedangan , Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Natural B*, 5(1), 28–34.
- Febriarta, E., Noviandaru, S., Suswanti. (2019). *INTERPRETASI ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY (ERT) UNTUK PENDUGAAN AIR TANAH DANGKAL PADA FORMASI GUNUNGAPI MUDA. Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, 3(1) 33–46.
- Geotomo. (2010). *RES2DINV ver. 3.59 - Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method Wenner (α, β, γ), dipole-dipole, inline pole-pole, pole-dipole, equatorial dipole-dipole, offset pole-dipole, Wenner-Schlumberger, gradient and non-conventional arrays*. Malaysia: Geotomo
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. <https://osf.io/phgcw/>
- Hakim, H., & Manrulu, R. H. (2016). *Aplikasi Konfigurasi Wenner dalam Menganalisis Jenis Material Bawah Permukaan. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 5(1), 95. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i1.109>
- Milson, J. (2003). *Field Geophysics*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Oldenburg, D. W., & Li, Y. (2005). *Inversion for Applied Geophysics. Near-Surface Geophysics*, 89–150. <https://doi.org/10.1190/1.9781560801719.ch5>
- Rahmawati, M. ., A, T., & S.L, S. (2017). *KARAKTERISTIK BATUBARA DAN ATRIBUT CLEAT PADA. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, 7, 1–7.

- Rücker, C., Günther, T., & Wagner, F. (2020). *GIMLi Documentation Release 1.1.1+5.gc107727a*.
- Rücker, C., Günther, T., & Wagner, F. M. (2017). *pyGIMLi: An open-source library for modelling and inversion in geophysics*. *Computers and Geosciences*, 109(August), 106–123. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.07.011>
- Rusli, R., Azizah, E., & Basid, A. (2020). *Aplikasi Metode Geolistrik untuk Mengetahui Sebaran Batubara di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur*. *Physics Education Research Journal*, 2(1), 51. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.1.5040>
- Sanggra Wijaya, A. (2015). *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya*. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 1–5. <https://doi.org/10.22146/jfi.24363>
- Setiabudidaya, D. (2015). *Jupyter Notebook App: Teknologi Pembelajaran Fisika Berbasis Web Browser*. <https://seminar.ilkom.unsri.ac.id/index.php/ars/article/view/56>
- Suhana, S. N., Adji, T. N. (2016). *Pendugaan Distribusi Pencemaran Airtanah Bebas dengan Aplikasi Geolistrik Metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) di Sekitar Pabrik Gula (PG) dan Spirtus (PS) Madukismo, di Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul*. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(2), 1–10.
- Sukandarrumidi. (2014). *Batubara dan Gambut*. Gadjah Mada University Press.
- Sukandarrumidi. (2017). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gadjah Mada University Press.
- Susilawati. (1992). *Proses Pembentukan Batubara – Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Telford, W. M.; Geldart, L. P.; Sheriff, R. E. (2004). *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University.
- Umar, E. P. (2017). *Analisis Resistivitas Batu Bara Barru Dusun Palluda Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan*. *Jurnal Geomine*, 5(1), 48–52. <https://doi.org/10.33536/jg.v5i1.98>
- Wiyono, Soemarno, Mariyanto, S., & Rahmansyah, A. (2017). *Interpretation of Natural Water (Sediments) Depth Patterns around the River Banyuputih Situbondo East Java with Method Geoelectric Resistivity Sounding*. *Resources and Environment*, 7(1), 1–7.
- Zhou, J., Revil, A., Karaoulis, M., Hale, D., Doetsch, J., & Cuttler, S. (2014). *Image-guided inversion of electrical resistivity data*. *Geophysical Journal International*, 197(1), 292–309. <https://doi.org/10.1093/gji/ggu001>

