

**PEMANFAATAN CAMPURAN *FLY ASH* BATUBARA
DAN LEMPUNG UNTUK *GROUNDING* LISTRIK DIUKUR
DARI NILAI RESISTIVITAS**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan**



Oleh:

Luther Rondi

DBD 112 110

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN**

2020

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PEMANFAATAN CAMPURAN FLY ASH BATUBARA DAN LEMPUNG
UNTUK *GROUNDING* LISTRIK DIUKUR DARI NILAI RESISTIVITAS**

Oleh

**LUTHER RONDI
NIM. DBD 112 110**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada
Hari/Tanggal: Januari 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji :

- | | | |
|---|------------|-------|
| 1. Dr. STEPHANUS ALEXSANDER, ST., MT.
NIP. 19790622 200801 1 007 | KETUA | |
| 2. FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT.
NIP. 19791215 200812 1 001 | SEKRETARIS | |
| 3. NENY FIDAYANTI, ST., MT.
NIP. 19830129 201212 2 005 | ANGGOTA | |
| 4. FERDINANDUS, ST., MT.
NIP. 19891116 201903 1 009 | ANGGOTA | |
| 5. DODY A.K. WIJAYA, S.Hut., MT.
NIP. 19831207 201012 1 001 | ANGGOTA | |

Mengetahui,

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan,

Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua,

**Ir. WALUYO NUSWANTORO, MT
NIP. 19651119 199302 1 001**

**FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT.
NIP. 19791215 200812 1 001**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang mengambil judul “**PEMANFAATAN *FLY ASH* BATUBARA DAN CAMPURAN LEMPUNG UNTUK *GROUNDING* LISTRIK DIUKUR DARI NILAI RESISTIVITAS**”.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak, dengan besar harapan semoga Tugas Akhir yang ditulis oleh penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan YME, Amin.

Dalam penulisan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, ST.,MT, selaku Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Ibu Lisa Virgiyanti S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Stephanus Alexsander, ST.,MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Bapak Fahrul Indrajaya, ST.,MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Ibu Neny Fidayanti,S.T., M.Si selaku dosen penguji I, Bapak Ferdinandus, ST.,MT selaku dosen penguji II dan Bapak Dody A.K. Wijaya, S.Hut., M.Si selaku dosen penguji III.
7. Seluruh Dosen Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
8. Orang tua, Istri, Anak, dan seluruh Keluarga Besar yang telah mendukung selama menyelesaikan Tugas Akhir.

Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang membangun dari pembaca sehingga Tugas Akhir ini nantinya bermanfaat bagi kita semua.

Palangka Raya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Pengertian Batubara.....	10
2.3 Pengertian <i>Fly Ash</i>	14
2.4 Pengertian Geolistrik.....	19
2.4.1 Teori Dasar.....	19
2.4.2 Kegunaan Geolistrik.....	25
2.5 <i>Konfigurasi Wenner</i>	26
2.5.1 <i>Konfigurasi Wenner Alpha</i>	30
2.6 Metode Resistivitas.....	31
2.6.1 Prinsip Dasar Metode Resistivitas.....	31
2.6.2 Teknik Pengambilan Data Di Laboratorium.....	36
2.6.3 <i>Softwear Res2DinV</i>	37
2.6.4 Metode Pengukuran.....	38
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 <i>Flow Chart</i>	40
3.2 Penjelasan Flow Chart Penelitian.....	41
3.3 Lokasi Penelitian.....	42
3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	42
3.4 Alat dan Bahan.....	42
3.4.1 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel.....	42
3.4.2 Alat dan Bahan Persiapan Sampel.....	42
3.4.3 Alat dan Bahan Pengambilan Data.....	43
3.4.4 Data.....	43
3.5 Tata Laksana Penelitian.....	44
3.5.1 Langkah Kerja.....	44
3.5.2 Metode.....	46
3.5.3 Prosedur Pelaksanaan.....	46
3.5.4 Akuisisi Data.....	47
3.5.5 Pengolahan Data.....	47

3.6 Rencana Analisis Hasil.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Hasil Penelitian.....	49
4.1.1 Pemanfaatan Fly Ash Batubara dengan Campuran Lempung diukur dari Nilai Resistivitas.....	49
4.1.1.1 Nilai Kadar Air Tanah Lempung.....	49
4.1.2 Nilai Resistivitas Tanah Lempung.....	53
4.1.2.1 Alat Resisitivitas Meter.....	53
4.1.3 Jumlah Campuran Lempung dan <i>Fly Ash</i> Batubara yang Tepat Untuk Menghasilkan Nilai Resistivitas yang Tepat untuk <i>Grounding</i> Listrik.....	54
4.1.3.1 Hasil Perhitungan dan Pengolahan Data Nilai Resistivitas.....	54
4.2 Pembahasan.....	60
4.2.1 Pengolahan Data.....	60
4.2.2 Tahap Pengolahan Data.....	60
4.2.3 Nilai Resistivitas Tanah Lempung.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Abu layang atau <i>fly ash</i> batubara.....	14
Gambar 2.2	Pencemaran udara oleh abu layang batubara pada industri.....	17
Gambar 2.3	Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan.....	21
Gambar 2.4	Model Dua <i>Electroda Potensia</i>	24
Gambar 2.5	Susunan <i>electrode</i> dan Datom untuk <i>Konfigurasi Wenner Alpha</i>	28
Gambar 2.6	Susunan Elektroda Untuk <i>Konfigurasi Wenner Alfa</i>	30
Gambar 2.7	Skema Penempatan <i>Electroda</i>	34
Gambar 2.8	Teknik akuisisi <i>Lateral mapping</i>	37
Gambar 2.9	Geolistrik Tipe GL-4200.....	38
Gambar 2.10	Campuran Tanah Lempung dan Fly Ash Batubara.....	39
Gambar 4.1	Alat Geolistrik Tipe GL-4200 Resistivitas Meter.....	53
Gambar 4.2	Nilai Resistivitas Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 20 kg Tanah Lempung.....	62
Gamabr 4.3	Nilai Resistivitas Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 5 kg TanahLempung.....	62

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	15
Table 2.2 Resistivitas Batuan dan Sedimen (<i>Telford, at all, 1990</i>).....	34
Table 2.3 Daftar harga resistivitas tanah/batuan (Roy, E.H.,1984).....	36
Table 4.1 Kadar Air Kondisi Pemberian 10 Kg Kharcoal Dan 20 Kg Tanah Lempung 1 Sampel I	49
Table 4.2 Kadar Air Kondisi Pemberian 10 Kg Kharcoal Dan 20 Kg Tanah Lempung 1 Sampel II.....	50
Table 4.3 Kadar Air Kondisi Pemberian 10 Kg Kharcoal Dan 5 Kg Tanah Lempung 1 Sampel I	42
Table 4.4 Kadar Air Kondisi Pemberian 10 Kg Kharcoal Dan 5 Kg Tanah Lempung 1 Sampel II.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi besar terhadap sumberdaya batubara. Batubara banyak terdapat diwilayah Pulau Kalimantan, salah satunya Kalimantan Tengah yang juga memiliki potensi batubara. Dengan potensi batubara yang melimpah serta kualitas batubara yang baik maka batubara dapat menjadi sumber energi bagi Indonesia selama ratusan tahun.

Batubara dengan kualitas yang baik digunakan sebagai sumber energi dari tahun ke tahun dan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik untuk keperluan industri maupun masyarakat sehari-hari. Penggunaan batubara ini tidak hanya dimanfaatkan secara positif untuk kebutuhan sehari-hari, namun juga berdampak negatif karena menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, yaitu pelepasan polutan gas seperti CO₂, NO₂, CO, SO₂, hidrokarbon dan abu yang relatif besar. Ada dua jenis limbah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara, yaitu abu terbang (*fly ash*).

Abu terbang (*fly ash*) batubara adalah abu yang dihasilkan dari pelelehan material anorganik yang terkandung dalam batubara. *Fly ash* terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar

antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m²/kg.

Limbah *fly ash* yang berasal dari pembakaran batubara merupakan masalah yang dihadapi oleh banyak industri yang menggunakan batubara sebagai bahan baku pembakarannya. Akumulasi limbah *fly ash* ini bila tidak dimanfaatkan akan membutuhkan tempat yang cukup luas untuk menampungnya. Limbah *fly ash* umumnya ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan limbah *fly ash* ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Banyak penelitian mengenai pemanfaatan limbah *fly ash* sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan, misalnya dengan menggunakannya sebagai penyusun beton untuk jalan dan bendungan, penimbun lahan bekas pertambangan, bahan baku keramik, bahan penggosok, filler aspal, pengganti dan bahan baku semen. Dalam penelitian ini mencoba memanfaatkan *fly ash* batubara yang kemudian dicampur dengan lempung untuk digunakan sebagai *grounding* listrik dan diukur berdasarkan nilai resistivitasnya.

Untuk mengukur nilai resistivitasnya, peneliti menggunakan alat geolistrik. Geolistrik merupakan alat yang dapat diterapkan untuk beberapa metode geofisika dimana prinsip kerja metode tersebut adalah mempelajari aliran listrik didalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode geofisika tersebut diantaranya adalah metode

potensial diri, metode arus telurik, magnetotelurik, elektromagnetik, IP (*Induced Polarization*), dan resistivitas (tahanan jenis). Dari berbagai metode geofisika tersebut, peneliti menggunakan metode tahanan jenis (resistivitas). Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912.

Melalui penelitian ini, akan dilakukan penelitian terhadap pemanfaatan *fly ash* batubara dengan campuran lempung untuk *grounding* listrik diukur dari nilai resistivitas. Yang mana dalam penelitian ini akan dilakukan penghitungan kadar air yang terkandung pada sampel dan pengujian lapisan tanah dengan menggunakan geolistrik 2D. Dari hasil pengujian tersebut data yang didapatkan akan diolah menggunakan *Software Res2Dinv*. Dari hasil pengujian tersebut peneliti akan mengetahui nilai resistivitas sampel.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Adapun rumusan masalah untuk penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pemanfaatan *fly ash* batubara dan campuran lempung untuk *grounding* listrik diukur dari nilai resistivitas?
2. Berapakah jumlah campuran lempung dan *fly ash* yang tepat untuk menghasilkan resistivitas yang tepat untuk *grounding*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud

Maksud dalam penelitian skripsi ini adalah menganalisis bagaimana pemanfaatan *fly ash* batubara dan campuran lempung dapat dimaksimalkan untuk *grounding* listrik jika diukur dari nilai resistivitasnya, serta sebagai syarat untuk memenuhi program S-1 Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan pertanyaan penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan mengenai tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui dan memahami bagaimana pemanfaatan dari *fly ash* atau limbah batubara dengan campuran lempung untuk proses *grounding* listrik.
2. Mengetahui berapa jumlah *fly ash* batubara dan campuran lempung untuk menghasilkan resistivitas yang tepat untuk *grounding* listrik.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini ada beberapa manfaat yang diperoleh, antara lain:

1. Dengan adanya penelitian ini maka akan memperluas kajian penelitian dalam bidang Teknik Pertambangan terutama yang membahas pemanfaatan limbah, dalam hal ini *fly ash* batubara.

2. Diharapkan dapat memberikan masukan dan informasi bagi penelitian selanjutnya yang memiliki kesamaan kajian penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah di atas maka pokok bahasan yang akan disajikan hanya membahas tentang masalah sebagai berikut:

1. Menganalisis manfaat maksimal dari *fly ash* atau limbah batubara dengan campuran lempung untuk *grounding* listrik.
2. Mendeskripsikan dan menguraikan proses pemanfaatan *fly ash* batubara dengan campuran lempung sehingga limbah ini dapat digunakan untuk *grounding* listrik.
3. Dalam penelitian ini hanya menggunakan campuran *fly ash* batubara (Kharcoal) dengan tanah lempung.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mencari penelitian terdahulu sebagai bahan untuk perbandingan serta dapat membantu peneliti sebagai referensi dalam menyelesaikan penelitian ini. Penelitian tersebut diambil dari karya ilmiah, buku, tesis, ataupun skripsi oleh peneliti terdahulu yang menggunakan teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan penulis.

Menurut (Misbachul Munir, 2008) abu batubara (*fly ash*) adalah sisa pembakaran batubara yang sangat halus yang berasal dari unit pembangkit uap (boiler). Dalam studi yang dilakukan di Jawa Tengah diperkirakan ada 68 industri yang sudah menggunakan batubara sebagai pengganti BBM dengan jumlah kebutuhan batubara mencapai 125 ribu ton/bulan dan akan dihasilkan abu batubara sebanyak 10 ribu ton per bulan. Kedepan pemakaian batubara sebagai sumber energi akan terus meningkat sehingga dapat menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan Abu batubara mengandung SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , dan Fe_2O_3 yang cukup tinggi sehingga abu batubara memenuhi kriteria sebagai bahan yang memiliki sifat semen/pozzolan. Salah satu upaya pemanfaatan abu batubara ini adalah untuk bahan campuran pembuatan *hollow block* (batako).

Dari hasil percobaan dengan berbagai perbandingan antara semen, pasir dan abu batubara yang ditambahkan diperoleh hasil bahwa penggantian semen oleh abu batubara pada produk batako tidak berpengaruh terhadap dimensi ukuran baik panjang, lebar dan ketebalan produk batako (penyimpangan dimensi ukuran masih dibawah ambang batas).

Dilihat dari kuat tekan penambahan abu batubara sebagai pengganti semen sebanyak 5 % dan 10 % mampu meningkatkan kuat tekan produk batako 5,6 % dan 2,56 % dibanding tanpa penambahan abu batubara dan penambahan sampai dengan 10 % dapat meningkatkan mutu produk batako dari mutu II menjadi produk batako mutu I serta penambahan abu batubara sebagai pengganti semen sampai dengan 25 % masih memberikan produk batako mutu II. Dari hasil penelitian telah dilakukan dalam studi penelitian terdahulu ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari uji karakteristik abu batubara mengandung cemaran logam berat yang berpotensi dapat mencemari lingkungan.
2. Penggantian semen oleh abu batubara pada produk batako tidak berpengaruh terhadap dimensi ukuran baik panjang, lebar dan ketebalan produk batako (penyimpangan dimensi ukuran masih dibawah ambang batas)
3. Hasil uji kuat tekan, penggantian semen oleh abu batubara sebanyak 5 % dan 10 % mampu meningkatkan kuat tekan produk batako 5,6 % dan 2,56 % dibanding tanpa penambahan abu batubara (perlakuan kontrol).

Penggantian sampai 25 % masih menghasilkan produk batako mutu II seperti pada perlakuan kontrol.

4. Dari uji TCLP, produk batako hasil proses solidifikasi/stabilisasi limbah B-3 (abu batubara) menunjukkan nilai dibawah ambang batas baku mutu TCLP menurut PP 85/1999 sehingga produk tersebut aman untuk penggunaan in door maupun out door
5. Dengan dimanfaatkannya abu batubara sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan batako, lingkungan akan terhindar dari pencemaran logam berat dan dengan pengurangan penggunaan semen secara tidak langsung dapat mengurangi emisi gas CO₂ keudara.

Menurut (Shin Der Chen, Li Hsuing Chen, Chih Kun Cheng, dan Jiaan-Fuh Chen, 2006) fungsi dari abu layang sebagai bahan aditif adalah untuk resistensi pengurangan listrik pada sistem pertanahan. Pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar menghasilkan jutaan ton abu terbang per tahun. Produk sampingan ini biasanya dibuang dengan membuangnya dengan cara ditinggalkan ke tanah, atau kadang-kadang digunakan untuk aplikasi bernilai rendah seperti tempat pembuangan sampah, agregat untuk beton, dan konstruksi sub-base. Sebuah proyek landasan bisa sangat sulit untuk menerapkan di mana tanah yang memiliki resistivitas tinggi atau di mana tidak tersedia cukup ruang untuk membangun jaringan pentanahan atau pentanahan paralel. Di keadaan ini, penggunaan zat reduksi resistansi pentanahan lebih disukai. Dalam karya ilmiah ini, penerapan fly ash sebagai bahan utama yang

digunakan dalam sebuah landasan resistensi agen pengurangan. Proporsi yang berbeda dari semen, air dan garam dicampur dan resistivitas dan kekuatan zat reduksi yang terbentuk diperiksa. Hasil yang diukur menunjukkan bahwa perlawanan landasan dari batang pentanahan tanpa agen pereduksi jauh lebih tinggi dari batang itu dengan agen reduksi. Penurunan resistensi grounding ditemukan untuk lebih dari 35% setelah tanah stabil di sekitar landasan dalam agen reduksi. Hasil percobaan mengkonfirmasi bahwa fly ash efektif dalam mengurangi resistensi grounding.

Menurut (Tarun R. Naik, Rakesh Kumar, Bruce W. Ramme, Rudolph N. Kraus, 2010) penelitian yang dilakukan dengan menggunakan abu layang atau *fly ash* karbon tinggi sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Hambatan listrik beton diukur pada usia 1, 3, 7, 14, 28, 56, dan 91 hari. Studi ini mengungkapkan pengurangan hambatan listrik beton dengan penambahan abu terbang tinggi yang mengandung serat karbon konduktif. Akhirnya, penelitian menunjukkan bahwa fly ash karbon tinggi dapat digunakan untuk membuat beton dengan hambatan listrik yang lebih rendah.

Menurut Acosta, 2009, Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatik precipitator. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat

pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3). Pada intinya *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan.

2.2 Pengertian Batubara

Batubara adalah termasuk salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara juga adalah batuan organik yang memiliki

sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisa unsur memberikan rumus formula empiris seperti : $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit.

Pembentukan batubara dimulai sejak Carboniferous Period (Periode Pembentukan Karbon atau Batu Bara) – dikenal sebagai zaman batu bara pertama – yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batu bara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai ‘maturitas organik’. Proses awalnya gambut berubah menjadi lignite (batu bara muda) atau ‘brown coal (batu bara coklat)’ – Ini adalah batu bara dengan jenis maturitas organik rendah. Dibandingkan dengan batu bara jenis lainnya, batu bara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat sampai kecoklat-coklatan.

Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batu bara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batu bara muda menjadi batu bara ‘sub-bitumen’. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batu bara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan membentuk ‘bitumen’ atau ‘antrasit’. Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

Proses pembentukan batu bara sendiri sangatlah kompleks dan membutuhkan waktu hingga berjuta-juta tahun lamanya. Batubara

terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan purba yang kemudian mengendap selama berjuta-juta tahun dan mengalami proses pematubaraan (coalification) dibawah pengaruh fisika, kimia, maupun geologi. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Secara ringkas ada 2 tahap proses pematubaraan yang terjadi, yakni:

- a) Tahap Diagenetik atau Biokimia, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.
- b) Tahap Malihan atau Geokimia, meliputi proses perubahan dari lignit menjadi bituminus dan akhirnya antrasit.

Secara lebih rinci, proses pembentukan batu bara dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) *Pembusukan*, yakni proses dimana tumbuhan mengalami tahap pembusukan (decay) akibat adanya aktifitas dari bakteri anaerob. Bakteri ini bekerja dalam suasana tanpa oksigen dan menghancurkan bagian yang lunak dari tumbuhan seperti selulosa, protoplasma, dan pati.
- b) *Pengendapan*, yakni proses dimana material halus hasil pembusukan terakumulasi dan mengendap membentuk lapisan gambut. Proses ini biasanya terjadi pada lingkungan berair, misalnya rawa-rawa.

- c) *Dekomposisi*, yaitu proses dimana lapisan gambut tersebut di atas akan mengalami perubahan berdasarkan proses biokimia yang berakibat keluarnya air (H_2O) dan sebagian akan menghilang dalam bentuk karbondioksida (CO_2), karbonmonoksida (CO), dan metana (CH_4).
- d) *Geoteknik*, dimana lapisan gambut yang ada akan terkompaksi oleh gaya tektonik dan kemudian pada fase selanjutnya akan mengalami perlipatan dan patahan. Selain itu gaya tektonik aktif dapat menimbulkan adanya intrusi/terobosan magma, yang akan mengubah batubara low grade menjadi high grade. Dengan adanya tektonik setting tertentu, maka zona batubara yang terbentuk dapat berubah dari lingkungan berair ke lingkungan darat.
- e) *Erosi*, dimana lapisan batubara yang telah mengalami gaya tektonik berupa pengangkatan kemudian di erosi sehingga permukaan batubara yang ada menjadi terkupas pada permukaannya. Perlapisan batubara inilah yang dieksploitasi pada saat ini.

2.3 Pengertian *Fly Ash*

Fly ash batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Pada pembakaran batubara dalam PLTU, terdapat limbah padat yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut *fly ash*, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut *bottom ash*. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan abu layang dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU (Harijono D, 2006, dalam Irwanto, 2010).



Gambar 2.1 Abu layang atau *fly ash* batubara

Fly ash merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-

partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel fly ash umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel fly ash yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3). Pada intinya fly ash mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferro oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari fly ash adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan. Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi dan Klasifikasi *Fly ash*²⁸

Komponen (%)	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO_2	20 - 60	40 - 60	15 - 45
Al_2O_3	5 - 35	20 - 30	20 - 25
Fe_2O_3	10 - 40	4 - 10	4 - 15
CaO	1 - 12	5 - 30	15 - 40
MgO	0 - 5	1 - 6	3 - 10
SO_3	0 - 4	0 - 2	0 - 10
Na_2O	0 - 4	0 - 2	0 - 6
K_2O	0 - 3	0 - 4	0 - 4
LOI	0 - 15	0 - 3	0 - 5

Tabel 2.1. Komposisi dan Klasifikasi *Fly Ash*

Menurut ASTM C618 fly ash dibagi menjadi dua kelas yaitu fly ash kelas F dan kelas C. Perbedaan utama dari kedua ashtersebut adalah banyaknya calcium, silika, aluminium dan kadar besi di ashtersebut. Walaupun kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai untuk digunakan fly ash yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kadar CaO. Yang penting diketahui, bahwa tidak semua fly ash dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi.

1. Fly ash kelas F: merupakan fly ash yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. Fly ash kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$).
2. Fly ash kelas C: diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ($\text{CaO} > 20\%$).

Menurut the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) – *fly ash* diklasifikasikan sebagai limbah “non-hazardous” dan fly ash tidak menyebabkan pencemaran pada air. Fly ash telah banyak digunakan di banyak Negara dan tidak menyebabkan problem kesehatan pada

masyarakat. Adapun salah satu pencemaran yang sering terjadi dan dapat mengganggu kesehatan adalah pencemaran udara.



Gambar 2.2. Pencemaran udara oleh abu layang batubara yang terdapat pada industri

Pencemaran udara dapat menyebabkan saluran udara besar yang masuk ke paru-paru (bronkus) mengalami penyempitan, terjadi pembentukan jaringan parut, pembengkakan lapisan, serta penyumbatan parsial oleh lendir.

Fly ash Batubara (Wardani, 2008) Saat ini umumnya fly ash batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. Recovery magnetit, cenosphere, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori

5. Bahan penggosok (polisher).
6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen
8. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku fly ash batubara adalah biayanya murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair (Marinda P, 2008).

Abu terbang batubara umumnya dibuang di landfill atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Hal ini yang menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena fly ash hasil dari tempat pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan. Fly ash dan bottom ash ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah fly ash untuk adsorpsi udara pembakaran dalam kendaraan bermotor belum bisa dimasyarakatkan secara optimal, karena berdasarkan PP. No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), fly ash dan bottom ash dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang

akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Yang dimaksud dengan bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusakkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, penelitian toksitas abu batubara dilaksanakan secara menyeluruh dengan tujuan melihat lebih jauh pengaruh pemanfaatan abu batubara tersebut untuk kehidupan mahluk hidup dengan pendekatan secara biologi. Contoh abu limbah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU yang berada di Sumatera dan Kalimantan. Setelah melalui tahapan-tahapan dalam penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa keseluruhan uji hayati contoh abu batubara tersebut terhadap kutu air, ikan mas dan mencit memberikan hasil bahwa bahan-bahan uji tersebut relatif tidak berbahaya bagi mahluk hidup (Wardani, 2008).

2.4 Pengertian Geolistrik

2.4.1 Teori Dasar

Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di

bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*'Direct Current'*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah 'Elektroda Arus' A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam.

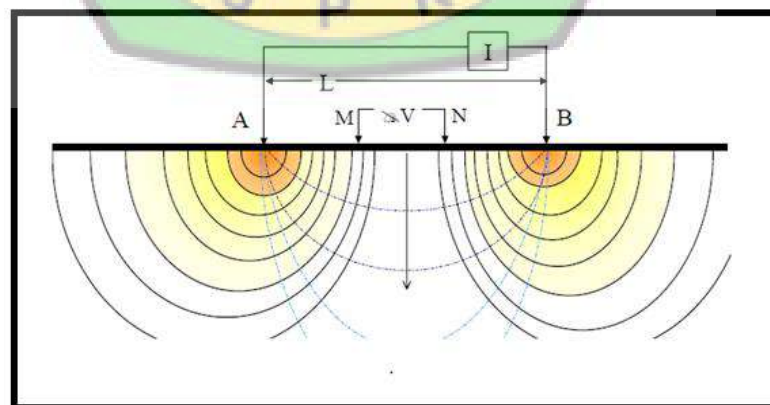
Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui 2 buah 'Elektroda Tegangan' M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar.

Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang biasa disebut $AB/2$ (bila digunakan arus listrik DC murni), maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari $AB/2$.

Pemanfaatan *metode geolistrik* tahanan jenis telah banyak digunakan untuk pengamatan lapisan geologi dangkal. Kemampuan *metode geolistrik* sangat ditunjang keadaan bawah permukaan yang tersusun oleh lapisan-lapisan dengan tahanan jenis berbeda. Adanya variasi tahanan jenis

lapisan, dapat diamati dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dan mencatat tahanan jenis pada titik-titik pengamatan di permukaan bumi. Dengan mengubah-ubah jarak *elektroda* sesuai dengan konfigurasi tertentu, maka dapat diinterpretasi perubahan tahanan jenis secara vertikal dan horizontal.

Secara umum, pendekatan sederhana pembahasan gejala kelistrikan bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium homogen (jenis lithologi sama) dan bersifat *isotropis* (diukur dari berbagai arah akan memberikan harga yang sama). Dengan perlakuan tersebut medan listrik dari sumber titik di dalam bumi merupakan simetri bola. Prinsip metode geolistrik adalah dengan menginjeksi arus melalui *elektroda* arus C_1 yang ditanamkan di dalam bumi. Elektroda ini dihubungkan dengan elektroda arus C_2 lainnya yang berada di permukaan tetapi berjarak cukup jauh, sehingga pengaruhnya dapat diabaikan. Elektroda arus dapat dipandang sebagai titik sumber yang memancarkan arus listrik kesegala arah dalam medium bumi dengan tahanan jenis ρ .



Gambar 2.3. Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan.

Ekuipotensial di setiap titik di dalam bumi membentuk permukaan bola dengan jari-jari r . Arus listrik yang diinjeksikan melalui elektroda arus sebagai fungsi jarak dan kedalaman, mengalir keluar bola secara radial ke segala arah sebesar,

$$\boxed{I = AJ} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana A adalah luas permukaan bola yang besarnya $4\pi r^2$ dan J adalah rapat arus yang menyatakan besarnya arus yang mengalir dalam suatu luasan yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\boxed{J = \sigma E} \dots\dots\dots(2)$$

dimana σ adalah *konduktivitas* listrik dan E adalah medan listrik yang dinyatakan dengan persamaan.

$$\boxed{E = k \frac{Q}{r^2}} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2), (3), dan luas permukaan bola ke dalam persamaan (1) maka diperoleh persamaan

$$\boxed{I = 4\pi\sigma k Q} \dots\dots\dots(4)$$

Kemudian beda potensial (tegangan) diberikan oleh persamaan

$$\boxed{V = k \frac{Q}{r}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{kQ = Vr} \dots\dots\dots(5)$$

Substitusi persamaan (5) ke dalam persamaan (4) sehingga menghasilkan persamaan

$$I = 4\pi\sigma V r \longrightarrow \sigma = \frac{I}{4\pi V r} \dots\dots\dots(6)$$

Ingat bahwa *konduktivitas* listrik merupakan kebalikan dari *resistivitas* listrik, persamaan (6) menjadi.

$$\rho = 4\pi r \frac{V}{I} \dots\dots\dots(7)$$

Karena sumber arus terdapat di permukaan bumi, maka permukaan yang dilalui arus adalah setengah bola sehingga persamaan (7) menjadi

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \dots\dots\dots(8)$$

Apabila jarak antara dua elektroda arus tidak terlalu besar, potensial disetiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus. Adapun potensial listrik yang dihasilkan dari kedua sumber arus ini adalah beda potensial yang terukur pada dua titik pengukuran pengukuran potensial (P_1 dan P_2). Adapun beda potensial terukur antara titik P_1 dan P_2 adalah ;

$$\Delta V = V(P_1) - V(P_2)$$

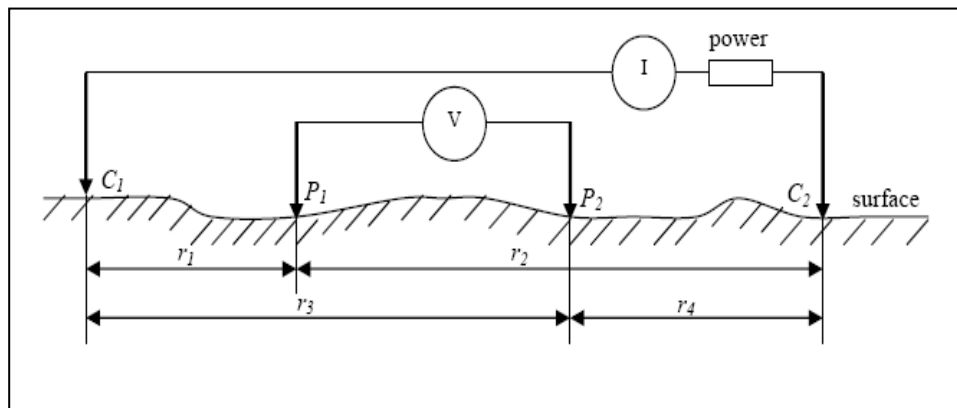
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \dots\dots\dots(9)$$

dimana: r_1 = jarak C_1 ke P_1

r_2 = jarak C_2 ke P_1

r_3 = jarak C_1 ke P_2

$r_4 =$ jarak C_2 ke P_2



Gambar 2.4 Model Dua *Electroda Potensial*

Dengan mengatur persamaan (9), kita peroleh persamaan untuk resistivitas.

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana K adalah factor koreksi geometri yang dinyatakan dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \dots\dots\dots(11)$$

Faktor koreksi ini berubah – ubah tergantung dari konfigurasi apa yang digunakan. Faktor koreksi ini dilakukan karena pada umumnya lapisan batuan tidak mempunyai sifat homogen sempurna, seperti yang dipersyaratkan pada pengukuran geolistrik. Untuk posisi lapisan batuan yang terletak dekat dengan permukaan tanah akan sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran tegangan dan ini akan membuat data geolistrik menjadi menyimpang dari nilai sebenarnya.

Yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan/mineral adalah fragmen batuan/mineral lain yang menyisip pada lapisan, faktor ketidakseragaman dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung pada jalan, genangan air setempat, perpipaan dari bahan logam yang bisa menghantar arus listrik, pagar kawat yang terhubung ke tanah dan sebagainya. Tegangan listrik alami yang umumnya terdapat pada lapisan batuan disebabkan oleh adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan yang berbeda juga akan menyebabkan ketidak-homogenan lapisan batuan.

2.4.2 Kegunaan Geolistrik

Mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan sampai kedalaman sekitar 0 - 500 meter sangat berguna untuk mengetahui kemungkinan adanya lapisan *akifer* yaitu lapisan batuan yang merupakan lapisan pembawa air. Umumnya yang dicari adalah '*confined aquifer*' yaitu lapisan *akifer* yang diapit oleh lapisan batuan kedap air (misalnya lapisan lempung) pada bagian bawah dan bagian atas. '*Confined*' *akifer* ini mempunyai '*recharge*' yang relatif jauh, sehingga ketersediaan air tanah di bawah titik bor tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca setempat.

Geolistrik ini bisa untuk mendeteksi adanya lapisan dari suatu mineral yang mempunyai harga ketetapan resistivitas yang mempunyai kontras resistivitas dengan lapisan batuan/mineral pada bagian atas dan

bawahnya. Bisa juga untuk mengetahui perkiraan kedalaman *'bedrock'* untuk fondasi bangunan.

Metoda geolistrik juga bisa untuk menduga adanya panas bumi (*geothermal*) di bawah permukaan. Hanya saja metoda ini merupakan salah satu metoda bantu dari metoda geofisika yang lain untuk mengetahui secara pasti keberadaan sumber panas bumi di bawah permukaan.

Keunggulan dari konfigurasi *Wenner alpha* adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Sedangkan konfigurasi *wenner beta* ketelitian pembacaan elektroda hampir sama dengan metode *wenner alpha*. Hanya saja metode *wenner beta* pola konfigurasinya cenderung ke konfigurasi *dipole-pole* dan juga faktor geometrinya.

Sedangkan kelemahannya konfigurasi *Wenner alpha* adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. data yang didapat dari cara konfigurasi *Wenner alfa*, sangat sulit untuk menghilangkan factor non-homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

2.5 Konfigurasi Wenner

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Setiap konfigurasi

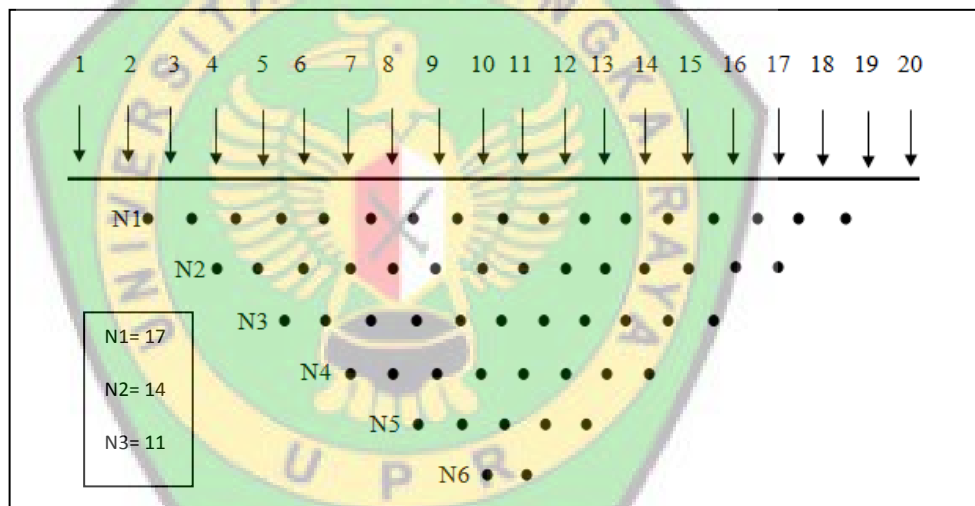
mempunyai metoda perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Metoda geolistrik *konfigurasi Wenner* merupakan metoda favorit yang banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan dengan biaya survei yang relatif murah.

Umumnya lapisan batuan tidak mempunyai sifat homogen sempurna, seperti yang dipersyaratkan pada pengukuran geolistrik. Untuk posisi lapisan batuan yang terletak dekat dengan permukaan tanah akan sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran tegangan dan ini akan membuat data geolistrik menjadi menyimpang dari nilai sebenarnya. Yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan adalah fragmen batuan lain yang menyisip pada lapisan, faktor ketidakseragaman dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung pada jalan, genangan air setempat, perpipaan dari bahan logam yang bisa menghantar arus listrik, pagar kawat yang terhubung ke tanah dan sebagainya.

'*Spontaneous Potential*' yaitu tegangan listrik alami yang umumnya terdapat pada lapisan batuan disebabkan oleh adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan yang berbeda juga akan menyebabkan ketidak-homogenan lapisan batuan. Perbedaan tegangan listrik ini umumnya relatif kecil, tetapi bila digunakan konfigurasi *Wenner* dengan jarak elektroda AB yang panjang dan jarak MN yang relatif pendek, maka ada kemungkinan tegangan listrik alami tersebut ikut menyumbang pada

hasil pengukuran tegangan listrik pada elektroda MN, sehingga data yang terukur menjadi kurang benar.

Untuk mengatasi adanya tegangan listrik alami ini hendaknya sebelum dilakukan pengaliran arus listrik, multimeter diset pada tegangan listrik alami tersebut dan kedudukan awal dari multimeter dibuat menjadi nol. Dengan demikian alat ukur multimeter akan menunjukkan tegangan listrik yang benar-benar diakibatkan oleh pengiriman arus pada elektroda AB. Multimeter yang mempunyai fasilitas seperti ini hanya terdapat pada multimeter dengan akurasi tinggi.



Gambar 2.5. Susunan *electrode* dan *Datom* untuk *Konfigurasi Wenner alpha*

Susunan *elektroda* pada *konfigurasi Wenner* diperlihatkan pada gambar di atas, dimana jarak *elektroda potensial* P_1P_2 selalu $1/3$ dari jarak *elektroda arus* C_1C_2 . Jika jarak *elektroda arus* C_1C_2 diperlebar maka jarak *elektroda potensial* P_1P_2 juga diperlebar sehingga jarak *elektroda potensial* P_1P_2 tetap $1/3$ dari jarak *elektroda arus* C_1C_2 .

Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena *elektroda* MN yang relatif dekat dengan *elektroda* AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil. sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan.

Factor koreksi dari konfigurasi *Wenner* ini diberikan oleh persamaan :

$$K = 2\pi a \dots\dots\dots(12)$$

Dimana a adalah jarak (spasi) antar *elektroda*.

Untuk membuktikan persamaan (12), kita lihat kembali persamaan (11). Untuk konfigurasi *Wenner* r_1 sampai r_4 mempunyai harga sebagai berikut ;

$$r_1 = a, r_2 = 2a, r_3 = 2a, r_4 = a$$

kita masukkan harga – harga di atas ke dalam persamaan (11), berikut prosesnya.

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{2-1}{2a} \right) - \left(\frac{1-2}{2a} \right) \right]^{-1}$$

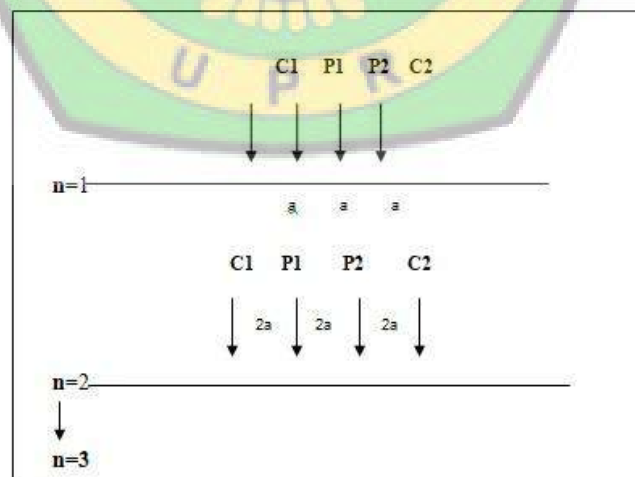
$$K = 2\pi \left[\frac{1}{2a} + \frac{1}{2a} \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{a} \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi a$$

2.5.1 Konfigurasi Wenner Alpha

Pada konfigurasi Wenner Alpha idealnya jarak MN dibuat sekecil-kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Tetapi karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya **tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB.**



Gambar 2.6 Susunan Elektroda Untuk Konfigurasi Wenner Alfa

2.6 Metode Resistivitas

2.6.1 Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Pada metode resistivitas digunakan arus listrik yang diinjeksikan kedalam bumi melalui *electroda* arus C_1 dan C_2 . Beda potensial yang timbul sebagai akibat arus ukur melalui *electroda potensial* P_1 dan P_2 dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak *electroda* tertentu, maka dapat kita tentukan variasi harga resistivitas masing-masing lapisan dibawah titik ukur (*titik sounding*) atau sering disebut datum.

Umumnya metode resistivitas digunakan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 0 - 500 m (*Telford at all, 1990*). Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan melemahnya arus listrik untuk jarak bentang yang lebih besar karena itu, metode itu jarang digunakan untuk ekplorasi dalam, sebagai contoh eksplorasi minyak.

Aliran listrik pada suatu formasi batuan terjadi karena adanya *fluida electrolit* pada pori-pori atau rekahan batuan. Oleh karena itu resistivitas dari suatu batuan bergantung pada porositas batuan serta jenis fluida pengisi pori-pori batuan tersebut. Batuan poros yang terisi air atau asin tentu lebih konduktif karena resistivitas-nya rendah jika dibandingkan dengan batuan yang sama tetapi pori-porinya terisi oleh udara.

Resestivitas merupakan hasil pengukuran dari geolistrik, jika bumi bersifat homogen isotronis maka resistivitas terukur merupakan resistivitas

sebenarnya. Berdasarkan keadaan di lapangan bumi tidak bersifat homogen, maka harga *resistivitas* merupakan harga rata-rata resistivitas formasi yang dilalui arus listrik atau disebut resistivitas semu.

Resistivitas adalah karakteristik bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga tergantung oleh faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak tergantung pada faktor geometri.

Pengukuran geolistrik secara teknis dilakukan dengan mengalirkan arus kedalam tanah melalui dua elektroda C_1 dan C_2 dan responya, beda potensial dilakukan dengan dua elektroda P_1 dan P_2 . Sifat kelistrikan medium di bawah permukaan dapat diperkirakan berdasarkan konfigurasi *electrode* dan respon yang terukur.

Jika ditinjau kawat konduktor dengan panjang L , luas penampang A dan resistivitas adalah R , secara matematis dapat dirumuskan :

$$\boxed{R = \frac{\rho L}{A}} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

R = Resistansi (Ohm)

ρ = Resistivitas (Ohm meter)

L = Panjang kawat konduktor (m)

A = Luas Penampang (m^2)

Menurut hukum Ohm resistivitas dirumuskan :

$$\boxed{R = \frac{V}{I}} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana R = Resistansi (Ohm)

V = Beda Potensial (Volt)

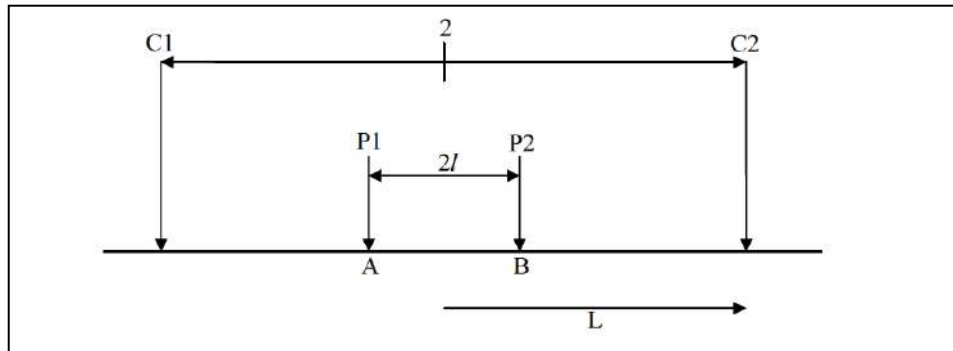
I = Kuat Arus (Ampere)

Pada metode geolistrik, pembahasan mengenai aliran listrik dalam bumi didasarkan pada asumsi pada bumi merupakan *medium homogeny isotropis*, pada kondisi demikian, maka potensial listrik disekitar arus listrik yang berbeda dalam bumi.

Pengukuran metode geolistrik resistivitas dalam prakteknya di laboratorium bertujuan untuk membandingkan potensial disuatu titik tertentu, sehingga diperlukan dua buah electroda arus dipermukaan yang berfungsi untuk memberikan dan merespon arus, baik sumber medium atau sebaliknya.

Beda potensial dipermukaan akan dipengaruhi oleh kedua electroda arus tersebut. Harga potensial diukur adalah harga perbedaan potensial antara dua titik penempatan electroda potensialnya. Jadi apabila ada arus I

diinjeksikan kedalam bumi yang *homogeny isotropis* melalui electroda arus bolak-balik pada titik C_1 dan C_2 .



Gambar 2.7. Skema Penempatan *Electroda*

Variasi resistivitas batuan dan mineral bumi ditunjukkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Resistivitas Batuan dan Sedimen (*Telford, at all, 1990*)

Jenis Batuan	Resistivitas (Ohm)
<i>Granit</i>	$310^2 - 10^6$
<i>Granit Porphyry</i>	4×10^3 (basah) – 1.3×10^6
<i>Feldspar Porphyry</i>	4×10^3
<i>Syenite</i>	$10^2 - 10^6$
<i>Diorite Porphyry</i>	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
<i>Porphyrite</i>	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Carbonatized Porphyry</i>	$2,5 \times 10^3$ (basah) – 6×10^4 (Kering)
<i>Quartz Diorit</i>	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
<i>Porphyry (various)</i>	$60 - 10^4$
<i>Dacite</i>	2×10^4 (basah)
<i>Andesit</i>	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
<i>Diabase Various</i>	$20 - 5 \times 10^7$
<i>Lavas</i>	$10^2 - 5 \times 10^4$
<i>Gabro</i>	$10^3 - 10^6$
<i>Basalt</i>	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
<i>Olivine Norite</i>	$10^3 - 6 \times 10^6$ (basah)
<i>Peridotite</i>	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
<i>Hornfels</i>	8×10^3 (basah) – 6×10^7 (kering)

<i>Schists</i>	20 - 10 ⁴
<i>Tuffs</i>	2 x 10 ³ (basah) - 10 ⁵
<i>Graphite Schists</i>	10 - 10 ²
<i>Slates (Various)</i>	6 x 10 ² - 4x10 ⁷
<i>Gneiss (Various)</i>	6,8 x 10 ⁴ (basah) - 3 x 10 ⁶ (kering)
<i>Marmer</i>	10 ² - 2,5 x 10 ⁸ (kering)
<i>Skarn</i>	2,5 x 10 ² (basah) - 2,5 x 10 ⁸ (kering)
<i>Quartzites (various)</i>	10 - 2 x 10 ⁸
<i>Consolidated Shales</i>	20 - 2 x 10 ³
<i>Argillites</i>	10 - 8 x 10 ²
<i>Konglomerat</i>	2 x 10 ³ - 10 ⁴
<i>Batu pasir</i>	1 - 6,4 x 10 ⁸
<i>Batu gamping</i>	50 - 10 ⁷
<i>Dolomite</i>	3,5 x 10 ² - 5 x 10 ³
<i>Unconsolidated wet clay</i>	20
<i>Marls</i>	3 - 70
<i>Lempung</i>	1 - 100
<i>Oil Sand</i>	4 - 800
<i>Hematite</i>	3.5 x 10 ⁻³ - 10 ⁷
<i>limonite</i>	10 ³ - 10 ⁷
<i>Anthracite</i>	10 ⁻³ - 2 x 10 ⁵
<i>Galena</i>	3 x 10 ⁻⁵ - 3 x 10 ²
<i>Lignite</i>	9-2 x 10 ²
<i>Diorite</i>	10 ⁴ - 10 ⁵
<i>Sandstones</i>	1 - 7.4 x 10 ⁸
<i>Limestone</i>	5 x 10 - 10 ⁷
<i>Dolomite</i>	3.5 x 10 ² - 5 x 10 ³
<i>Soil 40% Clay</i>	8
<i>Soil 20% Clay</i>	33
<i>Top Soil</i>	250 - 1700
<i>Coal Measure Clay</i>	50
<i>Middle Coal Measure</i>	>100
<i>Ash</i>	4
<i>Acid Peat Waters</i>	100
<i>Laterite</i>	800 - 1500
<i>Laterite Soil</i>	120 - 750
<i>Sand and Gravel</i>	30 - 225
<i>Acid Mine Waters</i>	20
<i>Glacier Ice (Temperature)</i>	2 x 10 ⁶ - 1.2 x 10 ⁸
<i>Glacier Ice (Polar)</i>	5 x 10 ⁴ - 3 x 10 ⁵
<i>Permafrost</i>	10 ³ - > 10 ⁴

Nilai resistivitas dari mineral dan batuan menurut *Telford et al 1990*, dengan tambahan data dari *MC.Ginnis beserta Jensen 1971*.

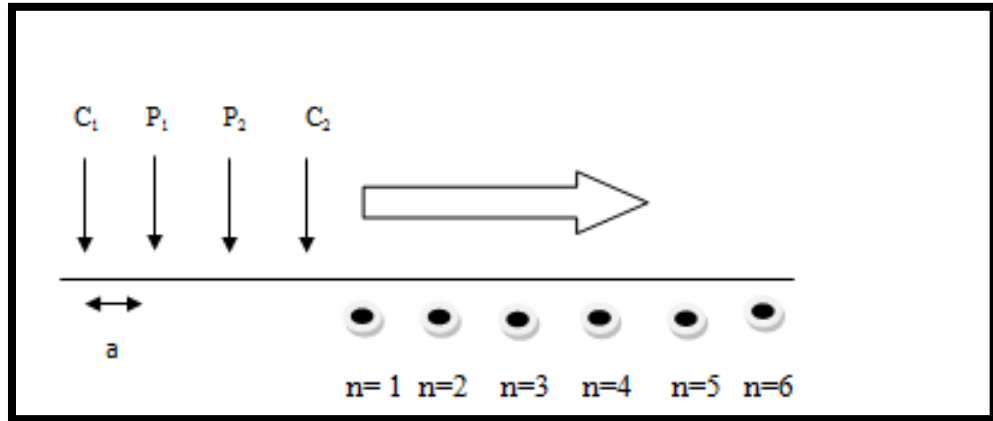
Tabel 2.3 Daftar harga resistivitas tanah/batuan (*Roy, E.H.,1984*)

Jenis tanah/batuan	Harga resistivitas (Ohm.meter)
• Tanah lempung, basah lembek	1,5-3,0
• Tanah lanau & tanah lanau basah lembek	3-15
• Tanah lanau, pasiran	15-150
• Batuan dasar berkekar terisi tanah lembab	150-300
• Pasir kerikil terdapat lapisan lanau	± 300
• Batuan dasar terisi tanah kering	300-2400
• Batuan dasar tak lapuk	>2400

2.6.2 Teknik Pengambilan Data Di Laboratorium

Cara pengukuran metode resistivitas yang biasa digunakan dalam akuisisi data lapangan memiliki fungsi yang berbeda beda. dimana teknik pengambilan data menggunakan metode pengukuran *Lateral Mapping*.

Pada *lateral mapping* cara ini digunakan untuk mengetahui kecenderungan harga resistivitas di suatu areal tertentu. Setiap titik target akan dilalui beberapa titik pengukuran. Ilustrasinya ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Teknik akuisisi *Lateral mapping*

Gambar diatas menunjukkan skema akuisisi data secara *mapping* dengan menggunakan konfigurasi *Wenner*. Untuk pengukuran pertama ($n=1$), spasi antar elektroda dibuat sama besar a . Setelah pengukuran pertama dilakukan, elektroda selanjutnya digeser ke kanan sejauh a (C_1 bergeser ke P_1 , P_1 bergeser ke P_2 , P_2 bergeser ke C_2) sampai jarak maksimum yang diinginkan.

2.6.3 *Software Res2DinV*

Res2DinV adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model *resistivity* 2 dimensi (2-D) untuk bawah permukaan dari data hasil survey geolistrik. Model 2-D menggunakan program inversi dengan teknik optimasi *least-square non linier* dan *subroutine* dari permodelan maju digunakan untuk menghitung nilai *resistivitas*. Dari hasil inilah akan diketahui bagaimana bentuk pola penyebaran suatu mineral, hambatan jenis dan *resistivity* dalam suatu batuan atau mineral.

2.6.4 Metode Pengukuran

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran resistivitas listrik dengan alat *resistivity* meter tipe GL 4200, menggunakan tanah lempung sebagai medium yang diinjeksi elektroda. Penginjeksian elektroda pada medium tanah lempung dimaksudkan untuk melihat pola penyebarannya berdasarkan pada anomali resistivitas listrik. Sehingga akan terlihat model penyebaran dari tanah lempung tersebut. elektroda yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tanah lempung dan *fly ash* batubara sebagai simulasi bagaimana permodelan pada lapangan yang sebenarnya.



Gambar 2.9 Geolistrik Tipe GL 4200

Hasil tersebut diperoleh dari tes dengan alat *conductivityy*-meter, sedangkan konduktivitas listrik akan diketahui setelah melakukan pengejeksian elektroda. Dari hasil tersebut berarti elektroda yang digunakan lebih konduktif dibandingkan dengan tanah lempung saja. Dalam model fisik ini pencampuran di lakukan dengan cara mencampur bahan berupa tanah lempung dan *fly ash* batubara ditanah atau lapangan terbuka di area laboratorium seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



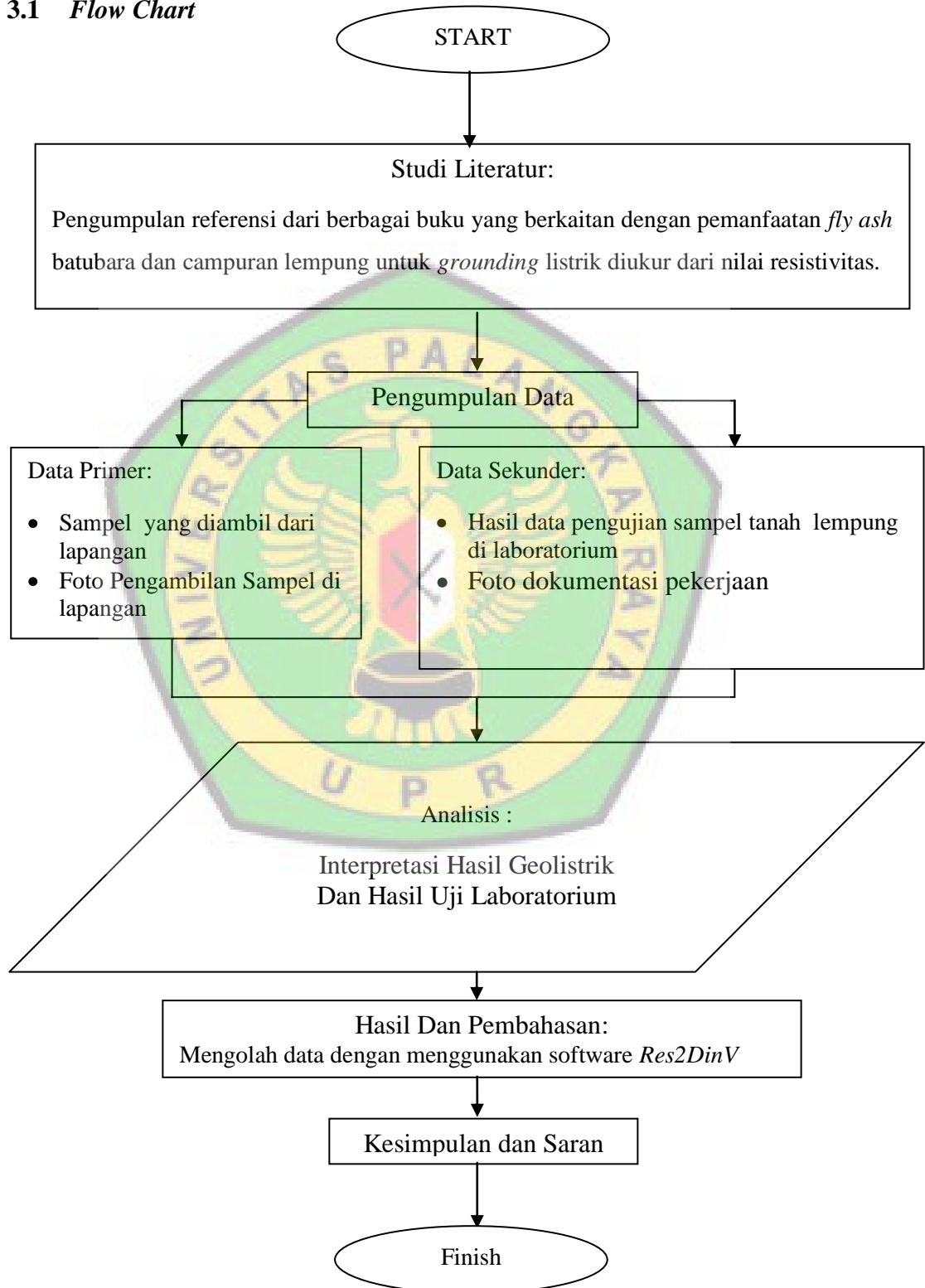
Gambar 2.10 Gambar Campuran Tanah Lempung dan Fly Ash Batubara di area terbuka



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Flow Chart



3.2 Penjelasan *Flow Chart* Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode deskriptif dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi kepustakaan, yaitu pengumpulan data-data dari buku, jurnal, laporan penelitian dan internet yang berhubungan dengan pokok permasalahan yang diteliti dalam tugas akhir.
2. Pengumpulan data diawali dengan Pengambilan data Primer berupa Sampel tanah lempung dimana sampel diambil sekitar Laboratorium dan dilanjutkan dengan pengambilan data sekunder dengan melakukan pengujian lanjutan yang terdiri dari analisis ayakan, pemberian nilai volume air pada sampel, penentuan nilai resistivitas dengan metode geolistrik
3. Menganalisis data yang sudah didapatkan seperti data resistivitas, Melakukan Pengolahan data dengan menggunakan bantuan perangkat lunak/*Software Res2DInv* untuk mendapatkan nilai resistivitas pada setiap sampel
4. Data resistivitas dalam bentuk angka yang sudah didapat dari masing-masing sampel diolah kembali dengan bantuan perangkat lunak/*Software Res2DInv* sehingga didapatkan hasil gambar berwarna dimana warna tersebut mewakili dari nilai resistivitas yang menyatakan sampel berada pada kondisi jenuh dan tidak jenuh

3.3. Lokasi Penelitian

Dalam penulisan proposal skripsi ini penulis melakukan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan PT. Cemara Geo Engineering, Jl. Bukit Raya XIV, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

3.2. Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel yaitu terletak di sekitar PT. Cemara Geo Engineering, Jl. Bukit Raya XIV, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat dan Bahan Pengambilan Sampel

Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pengambilan sampel penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Cangkul
2. Karung

3.3.2. Alat dan Bahan Persiapan Sampel

Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan persiapan sampel penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Palu penumbuk pemadatan
2. Tabung ukur untuk air

3. Oven
4. Timbangan

3.3.3. Alat dan Bahan Pengambilan Data

Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Resistivitas meter
2. Electroda arus
3. Electrode potensial
4. Kabel
5. Accu 2 buah (5 Ampere 12 volt)
6. Palu
7. Alat tulis dan kertas
8. Seperangkat laptop window 10 dengan Software Res2DInv
9. Mesin ayakan mekanika tanah satu set
10. Oven
11. Cawan
12. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

3.3.4. Data

Data hasil pengukuran pada penelitian tugas akhir ini, meliputi :

1. Nilai resistivitas
2. Analisis kadar air

3.4. Tata Laksana Penelitian

3.4.1. Langkah Kerja

Langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan usulan tugas akhir, mempelajari buku-buku literatur dan buku petunjuk maupun buku panduan yang tersedia dan berkaitan dengan masalah yang diangkat.

2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data tugas akhir dilakukan dengan skala laboratorium yang meliputi :

1) Pengambilan Sampel

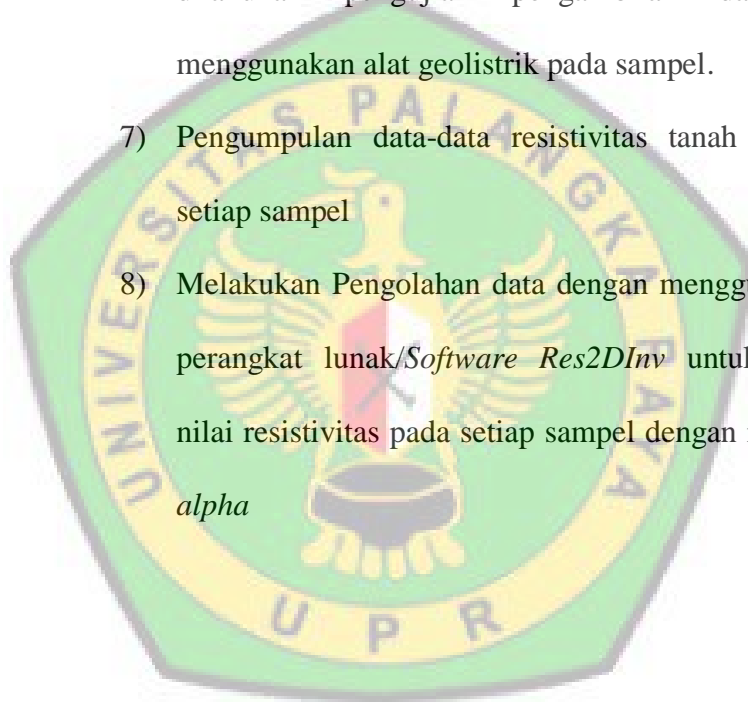
Lokasi pengambilan sampel yaitu terletak PT. Cemara Geo Engineering yang terletak Jl. Bukit Raya XIV, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan

Tengah Meringkan sampel menggunakan oven.

2) Sampel diayak utuk mendapatkan data analisis ayakan

3) Memasukan sampel ke dalam wadah yang sudah disediakan dengan jumlah sampel yang sama rata

- 4) Proses untuk memasukan sampel tanah lempung kedalam wadah yang sudah disediakan dilakukan di Laboratorium dengan membuat tumpukan tanah lempung yang dicampur dengan *fly ash* batubara.
- 5) Kemudian dilakukan pemberian air hujan pada sampel yang sudah dipadatkan kemudian didiamkan selama 24 jam
- 6) Setelah sampel didiamkan selama 24 jam, kemudian dilakukan pengujian pengambilan data resistivitas menggunakan alat geolistrik pada sampel.
- 7) Pengumpulan data-data resistivitas tanah lempung pada setiap sampel
- 8) Melakukan Pengolahan data dengan menggunakan bantuan perangkat lunak/*Software Res2DInv* untuk mendapatkan nilai resistivitas pada setiap sampel dengan metode *Wenner alpha*



3. Tahap Penyusunan Laporan Penelitian Tugas Akhir

Hasil dari data yang telah diperoleh dari laboratorium kemudian dirangkum kedalam laporan tertulis untuk di pertanggungjawabkan dalam bentuk laporan hasil penelitian tugas akhir.

3.4.2 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi kepustakaan, yaitu pengumpulan data-data dari buku, jurnal, laporan penelitian dan internet tentang metode *wenner alfa*.
2. Pengambilan sampel tanah kepasiran untuk keperluan analisa yaitu dilakukan pengambilan sampel disekitar Laboratorium
3. Melakukan pengujian dan analisa dari data yang didapat
4. Penyusunan laporan

3.4.3 Prosedur Pelaksanaan

Alat yang digunakan dalam pengukuran geolistrik ini yaitu *resistivity meter* dilengkapi dengan multimeter, accu, kabel, porospot, dan injektor arus. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pengukuran geolistrik untuk 1 lintasan adalah 0,5 - 1 jam.

Pengukuran dilakukan pada wadah yang terbatas, maka pengaruh efek tepi wadah sampel terhadap nilai resistivitas listrik hasil pengukuran jelas ada.

3.4.2 Akuisisi Data

Data hasil pengukuran merupakan data yang dikerjakan selama satu minggu lebih yang dilakukan dengan menggunakan skala laboratorium. Pengukuran metode geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus melalui dua katoda arus dan mengukur beda potensial yang dihasilkan dari dua buah *electrode* potensial.

Perlu diperhatikan dalam pemindahan dan pemasangan harus sesuai dengan konfigurasi yang digunakan dan dibuat sedemikian rupa agar dapat mempermudah dalam akuisisi data, selain itu kabel arus dan kabel potensial harus terpasang dengan benar. Data yang terukur adalah kuat arus, beda potensial, dan jarak spasi antar *electrode*.

3.4.3 Pengolahan Data

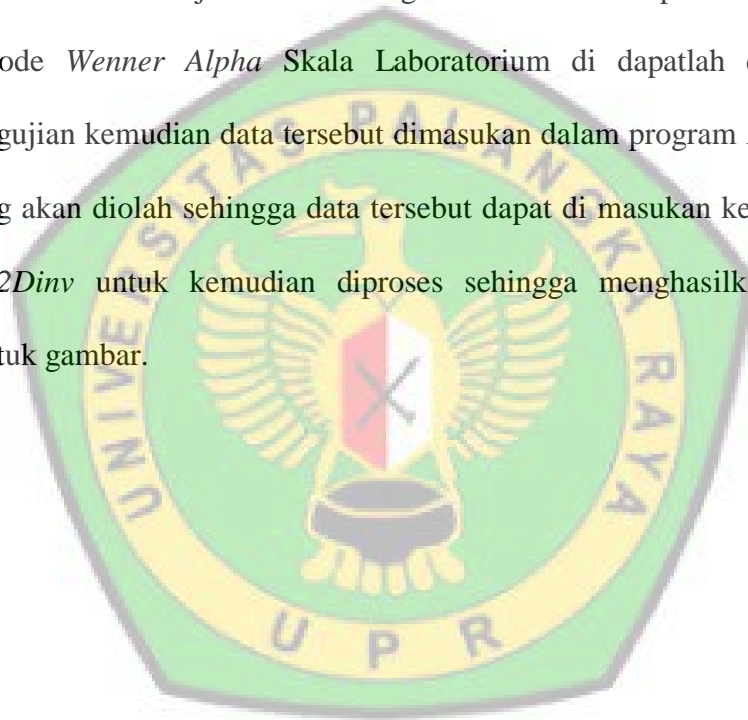
Data yang didapatkan dari penelitian deskriptif kuantitatif kemudian diolah dengan menggunakan bantuan *Software Res2DInv*. Pengolahan data dilakukan dengan memasukan besar nilai arus (I) dan nilai beda potensial (ΔV) serta jarak spasi *electroda* (a) yang akan disajikan sebagai masukan data dalam *Software Res2DInv* dan hasilnya

berupa tampilan contoh dan nilai resistivitas lapisan dibawah permukaan tanah secara vertikal.

Pertama yang harus dilakukan adalah menghitung faktor geometri K untuk konfigurasi *Wenner alpha* dengan persamaan $K = 2\pi a$ kemudian menghitung nilai resistivitas sampel tanah kepasiran.

3.5 Rencana Analisis Hasil

Dari hasil uji *resisitivitas* geolistrik tanah kepasiran menggunakan metode *Wenner Alpha* Skala Laboratorium di dapatlah data dari hasil pengujian kemudian data tersebut dimasukan dalam program *Microsoft Excel* yang akan diolah sehingga data tersebut dapat di masukan kedalam *software Res2Dinv* untuk kemudian diproses sehingga menghasilkan data dalam bentuk gambar.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pemanfaatan *Fly ash* Batubara dengan Campuran Lempung untuk

Grounding Listrik diukur dari Nilai Resistivitas

Dalam penelitian ini sampel yang diuji nilai resistivitas berdasarkan kandungan air adalah jenis tanah lempung dan *fly ash* batubara *Kharcoal*. Untuk mengetahui nilai tersebut harus dilakukan uji laboratorium dengan menggunakan geolistrik tipe GL-4200, guna melihat nilai dari potensial (V) dan arus (I). sehingga dari nilai tersebut kita bisa mengetahui serta menganalisis nilai resistivitas.

4.1.1.1. Nilai Kadar Air Tanah Lempung

1. Kadar Air Kondisi Pemberian 10 kg *Kharcoal* dan 20kg Tanah Lempung 1 Sampel I

Item Pekerjaan	Kode	Sampel		Satuan
		1	2	
Tinggi Ring	t	3.11	3.26	cm
Diameter Ring	D	5.25	5.43	cm
Volume Ring	V	67.29	75.45	cm ³
Berat Ring	Wt	9.60	9.80	gr
Berat Ring + Tanah Basah	W2	121.20	121.40	gr
Berat Ring + Tanah Kering	W3	111.60	112.60	gr
Berat Tanah Basah	W	111.60	111.60	gr
Berat Tanah Kering	Ws	102.00	102.80	gr
Berat Air	Ww	9.60	8.80	gr
Kadar Air	W	9.41	8.56	%
Kadar air rata-rata	w rata-rata	8.99		%

Table 4.1 Kadar air sampel tanah lempung

2. Kadar Air Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 20kg Tanah Lempung 1 Sampel I

Item Pekerjaan	Kode	Sampel		Satuan
		1	2	
Tinggi Ring	t	3.22	3.19	cm
Diameter Ring	D	5.40	5.41	cm
Volume Ring	V	73.71	73.29	cm ³
Berat Ring	Wt	10.00	9.60	gr
Berat Ring + Tanah Basah	W2	132.20	131.00	gr
Berat Ring + Tanah Kering	W3	100.40	99.40	gr
Berat Tanah Basah	W	122.20	121.40	gr
Berat Tanah Kering	Ws	90.40	89.80	gr
Berat Air	Ww	31.80	31.60	gr
Kadar Air	W	35.18	35.19	%
Kadar air rata-rata	w rata-rata	35.18		%

Tabel 4.2 Kadar Air Sampel Lempung Sebelum diberi Hujan

Rumus Perhitungan :

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

$$W_2 = W_1 + W_b$$

$$W_3 = W_1 + W_k$$

$$W_b = W_2 - W_1$$

$$W_k = W_1 - W_3$$

$$W_o = W_b - W_k$$

$$\gamma_m = \frac{W_b}{v}$$

$$\gamma_d = \frac{W_k}{v}$$

$$\text{Kadar air } W (\%) = \frac{W_o}{W_k} \times 100\%$$

Keterangan :

V : Volume Cawan

W_1 : Berat Cawan

W_2 : Berat Cawan + Tanah Basah

W_3 : Berat Cawan + Tanah Kering

W_b : Berat Tanah Basah

W_k : Berat Tanah Kering

W_o : Berat Air

W : Kadar Air

V : Volume Cawan

γ_m : Berat Isi Basah

γ_d : Berat Isi Kering



1. Kondisi Pemberian 10 Kharcoal dan 5kg Tanah Lempung 1

Sampel I

Item Pekerjaan	Kode	Sampel		Satuan
		1	2	
Tinggi Ring	t	3.29	3.28	cm
Diameter Ring	D	5.42	5.25	cm
Volume Ring	V	75.87	70.97	cm ³
Berat Ring	Wt	9.80	9.60	gr
Berat Ring + Tanah Basah	W2	127.00	125.40	gr
Berat Ring + Tanah Kering	W3	114.40	113.40	gr
Berat Tanah Basah	W	117.20	115.80	gr
Berat Tanah Kering	Ws	104.60	103.80	Gr
Berat Air	Ww	12.60	12.00	Gr
Kadar Air	W	12.05	11.56	%
Kadar air rata-rata	w rata-rata	11.80		%

Table 4.3 Kadar Air Sampel Tanah Lempung Setelah diberi Hujan Buatan

2. Kondisi Pemberian 10 Kharcoal dan 5kg Tanah Lempung 1 Sampel

II

Item Pekerjaan	Kode	Sampel		Satuan
		1	2	
Tinggi Ring	t	3.25	3.11	cm
Diameter Ring	D	5.37	5.35	cm
Volume Ring	V	73.57	69.88	cm ³
Berat Ring	Wt	9.80	9.80	gr
Berat Ring + Tanah Basah	W2	129.40	130.40	gr
Berat Ring + Tanah Kering	W3	89.80	96.60	gr
Berat Tanah Basah	W	119.60	120.60	gr
Berat Tanah Kering	Ws	80.00	86.80	gr
Berat Air	Ww	39.60	33.80	gr
Kadar Air	W	49.50	38.94	%
Kadar air rata-rata	w rata-rata	44.22		%

Table 4.4 Kadar Air Sampel Lempung Setelah Diberi Hujan

4.1.2 Nilai Resistivitas Tanah Lempung

4.1.2.1 Alat Resisitivitas Meter



Gambar 4.1 Alat Geolistrik Tipe GL-4200 Resistivitas Meter

Spesifikasi GL-4200 Resistivias Meter :

➤ Power Supply

- a. External : 2x12 V NiCad Battery
- b. Internal : 2x9 V (NEDA 1604, 6F22, or 006P)

➤ Transmitter

- a. Power Transmitter : 0 - 400 V

- b. Fixed Current Source : 100 mA (Rab \leq 4 kohm) - Anti Short-Circuit

➤ Receiver

- a. Meter Reading : auto range
 b. Current : 0 - 400.0 mA (Resolution 0.1 mA)
 c. Voltage : 0 - 1000 V

4.1.3 Jumlah Campuran Lempung Dan *Fly Ash* Yang Tepat Untuk Menghasilkan Nilai Resistivitas Yang Tepat Untuk *Grounding* Listrik

4.1.1.1 Hasil Perhitungan dan Pengolahan Data Nilai Resistivitas

1. Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 20kg Tanah Lempung

A. Pengambilan Data N1

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	2	3	4	4	25,12	134,3	3,66	0,684580789
2	2	3	4	5	4	25,12	135,2	4,64	0,862106509
3	3	4	5	6	4	25,12	134,8	4,64	0,864664688
4	4	5	6	7	4	25,12	134,2	4,02	0,7524769
5	5	6	7	8	4	25,12	135,1	4,58	0,851588453
6	6	7	8	9	4	25,12	135,3	1,626	0,301885588
7	7	8	9	10	4	25,12	134,8	346,5	64,57032641
8	8	9	10	11	4	25,12	135,6	0,822	0,152276106
9	9	10	11	12	4	25,12	133,2	35,6	6,713753754
10	10	11	12	13	4	25,12	114,8	0,608	0,133039721
11	11	12	13	14	4	25,12	135,6	1,769	0,327708555
12	12	13	14	15	4	25,12	135,6	0,529	0,09799764
13	13	14	15	16	4	25,12	135,5	0,665	0,123282657
14	14	15	16	17	4	25,12	135,5	0,816	0,151276162
15	15	16	17	18	4	25,12	135,6	361,6	66,98666667

16	16	17	18	19	4	25,12	135,5	26,8	4,968383764
17	17	18	19	20	4	25,12	135,6	365,9	67,78324484
18	18	19	20	21	4	25,12	116,8	0,562	0,120868493

B. Pengambilan Data N2

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	3	5	7	8	50,24	135	1,335	0,496817778
2	2	4	6	8	8	50,24	131,4	0,616	0,235523896
3	3	5	7	9	8	50,24	135	1,234	0,459230815
4	4	6	8	10	8	50,24	132,8	1,596	0,603787952
5	5	7	9	11	8	50,24	135,3	0,936	0,347558315
6	6	8	10	12	8	50,24	130,9	0,785	0,301286478
7	7	9	11	13	8	50,24	135,5	294,1	109,0449004
8	8	10	12	14	8	50,24	135,5	126,5	46,90302583
9	9	11	13	15	8	50,24	135,4	1,67	0,619651403
10	10	12	14	16	8	50,24	134,5	391	146,050855
11	11	13	15	17	8	50,24	135,5	1,744	0,646631439
12	12	14	16	18	8	50,24	135,6	0,623	0,230822419
13	13	15	17	19	8	50,24	135,6	1,684	0,623924484
14	14	16	18	20	8	50,24	135,7	310,3	114,8818865
15	15	17	19	21	8	50,24	135,7	321,2	118,9173766

C. Pengambilan Data N3

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	4	7	10	12	75,36	134,6	0,604	0,338168202
2	2	5	8	11	12	75,36	135,1	0,786	0,438437898
3	3	6	9	12	12	75,36	135,2	0,654	0,364537278
4	4	7	10	13	12	75,36	134,8	0,942	0,526625519
5	5	8	11	14	12	75,36	135,3	1,661	0,92515122
6	6	9	12	15	12	75,36	135,3	1,884	1,049358758
7	7	10	13	16	12	75,36	135,5	167,2	92,99034686
8	8	11	14	17	12	75,36	135,4	0,551	0,306671787

9	9	12	15	18	12	75,36	135,5	1,731	0,962717048
10	10	13	16	19	12	75,36	135,5	0,682	0,379302731
11	11	14	17	20	12	75,36	135,7	1,722	0,956300074
12	12	15	18	21	12	75,36	135,4	0,52	0,289418021

D. Pengambilan Data N4

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	5	9	13	16	100,48	135,3	1,04	0,772351811
2	2	6	10	14	16	100,48	135,4	0,834	0,618909306
3	3	7	11	15	16	100,48	135,4	0,463	0,343591137
4	4	8	12	16	16	100,48	134,5	0,705	0,526679554
5	5	9	13	17	16	100,48	135,3	0,593	0,440389061
6	6	10	14	18	16	100,48	135,4	322	238,9553914
7	7	11	15	19	16	100,48	135,5	0,684	0,507220074
8	8	12	16	20	16	100,48	135,8	0,51	0,377354934
9	9	13	17	21	16	100,48	135,5	0,564	0,418234096

E. Pengambilan Data N5

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	6	11	16	20	125,6	135,2	0,666	0,618710059
2	2	7	12	17	20	125,6	135,3	0,769	0,713868441
3	3	8	13	18	20	125,6	135,4	0,727	0,674381093
4	4	9	14	19	20	125,6	134,5	0,72	0,672356877
5	5	10	15	20	20	125,6	135,3	384,5	356,9342203
6	6	11	16	21	20	125,6	135,2	0,884	0,821230769

F. Pengambilan Data N6

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	7	13	19	24	150,72	135,3	0,788	0,877807539
2	2	8	14	20	24	150,72	135,6	0,88	0,978123894
3	3	9	15	21	24	150,72	135,3	0,416	0,463411086

2.Kondisi Pemberian 10 Kharcoal dan 5kg Tanah Lempung

a. Pengambilan Data N1

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	2	3	4	4	25,12	135,1	2,812	0,522852998
2	2	3	4	5	4	25,12	135,1	2,562	0,476368912
3	3	4	5	6	4	25,12	135,1	2,328	0,432859808
4	4	5	6	7	4	25,12	135,2	2,78	0,51652071
5	5	6	7	8	4	25,12	135,2	2,126	0,395008284
6	6	7	8	9	4	25,12	135,2	2,508	0,465983432
7	7	8	9	10	4	25,12	135,3	2,878	0,534333777
8	8	9	10	11	4	25,12	135,3	2,546	0,472694161
9	9	10	11	12	4	25,12	135,3	1,723	0,319894752
10	10	11	12	13	4	25,12	135,3	2,267	0,420894605
11	11	12	13	14	4	25,12	135,3	2,141	0,397501256
12	12	13	14	15	4	25,12	135,5	330,6	61,28909225
13	13	14	15	16	4	25,12	135,5	370,2	68,63043542
14	14	15	16	17	4	25,12	135,7	316,6	58,60716286
15	15	16	17	18	4	25,12	135,6	157,2	29,12141593
16	16	17	18	19	4	25,12	135,7	372,3	68,91802506
17	17	18	19	20	4	25,12	135,7	382,8	70,86172439
18	18	19	20	21	4	25,12	135,7	375,9	69,58443626

b. Pengambilan Data N2

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	3	5	7	8	50,24	135,9	1,057	0,390755556
2	2	4	6	8	8	50,24	135,8	1,006	0,372175552
3	3	5	7	9	8	50,24	135,8	0,808	0,2989243
4	4	6	8	10	8	50,24	135,8	0,86	0,318162003
5	5	7	9	11	8	50,24	135,7	1,014	0,375411643
6	6	8	10	12	8	50,24	135,8	1,117	0,413240648
7	7	9	11	13	8	50,24	135,8	2,656	0,982602651
8	8	10	12	14	8	50,24	135,8	2,281	0,843869219
9	9	11	13	15	8	50,24	135,9	0,816	0,30166181
10	10	12	14	16	8	50,24	135,8	2,203	0,815012666
11	11	13	15	17	8	50,24	135,9	1,921	0,710162178
12	12	14	16	18	8	50,24	135,8	2,525	0,934138439
13	13	15	17	19	8	50,24	135,9	2,35	0,868756439
14	14	16	18	20	8	50,24	135,9	0,565	0,208871229
15	15	17	19	21	8	50,24	135,9	0,464	0,171533186

c. Pengambilan Data N3

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	4	7	10	12	75,36	135,8	1,192	0,661481001
2	2	5	8	11	12	75,36	135,5	1,27	0,706326199
3	3	6	9	12	12	75,36	135,7	1,155	0,641420781
4	4	7	10	13	12	75,36	135,8	3,535	1,961690722
5	5	8	11	14	12	75,36	135,7	3,533	1,962025645
6	6	9	12	15	12	75,36	135,7	1,12	0,621983788
7	7	10	13	16	12	75,36	135,7	0,921	0,511470597
8	8	11	14	17	12	75,36	135,8	0,835	0,463369661
9	9	12	15	18	12	75,36	135,8	2,819	1,564358174
10	10	13	16	19	12	75,36	135,9	0,859	0,476337307
11	11	14	17	20	12	75,36	135,8	0,908	0,503879823

12	12	15	18	21	12	75,36	135,9	0,837	0,464137748
----	----	----	----	----	----	-------	-------	-------	-------------

d. Pengambilan Data N4

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	5	9	13	16	100,48	135,8	1,493	1,104688071
2	2	6	10	14	16	100,48	135,8	1,576	1,166100736
3	3	7	11	15	16	100,48	135,8	1,59	1,176459499
4	4	8	12	16	16	100,48	135,7	1,533	1,135120413
5	5	9	13	17	16	100,48	135,7	1,351	1,000357259
6	6	10	14	18	16	100,48	135,7	1,077	0,797472071
7	7	11	15	19	16	100,48	135,6	1,099	0,814362242
8	8	12	16	20	16	100,48	135,8	1,134	0,839059794
9	9	13	17	21	16	100,48	135,8	1,092	0,807983505

e. Pengambilan Data N5

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	6	11	16	20	125,6	135,7	1,897	1,755808401
2	2	7	12	17	20	125,6	133,9	1,316	1,234425691
3	3	8	13	18	20	125,6	135,8	1,773	1,639829161
4	4	9	14	19	20	125,6	135,8	1,545	1,428954345
5	5	10	15	20	20	125,6	135,7	1,334	1,234711864
6	6	11	16	21	20	125,6	135,7	1,409	1,304129698

f. Pengambilan Data N6

No	A	M	N	B	a (Cm)	K	I(mA)	V	P apr (rho)
1	1	7	13	19	24	150,72	135,8	1,387	1,539386156
2	2	8	14	20	24	150,72	135,6	1,978	2,198555752
3	3	9	15	21	24	150,72	135,8	1,805	2,003310751

4.2 Pembahasan

4.2.1. Pengolahan Data

Jenis sampel yang diuji nilai resistivitas berdasarkan kandungan air didalamnya adalah jenis tanah lempung, untuk mengetahui nilai resistivitas maka harus dilakukan uji laboratorium dengan menggunakan alat geolistrik supaya kita dapat melihat nilai dari potensial (V) dan arus (I), dari nilai tersebut kita bisa mengetahui dan menganalisis nilai resistivitasnya.

4.2.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data tugas akhir dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak/software *Res2DInv*, meliputi :

- 1) Buka data pada notepad sesuai format lalu save dengan ekstensi *.dat.
- 2) Buka *res2DInv* lalu klik FILE dan READ DATA
- 3) Pilih menu EDIT lalu pilih EXERMINATE BAD DATUM POINTS untuk mengecek data.
- 4) Lakukan proses inversi, dengan memilih menu INVERSION lalu pilih LEAST-SQUARE INVERSION.
- 5) Lakukan proses iterasi hingga didapatkan nilai error terkecil.

- 6) Untuk menampilkan data inversi, pilih menu DISPLAY lalu pilih SHOW INVERSION RESULTS
- 7) Untuk menampilkan model, pilih DISPLAY SECTION lalu pilih INCLUDE TOPOGRAPHY IN MODEL DISPLAY.

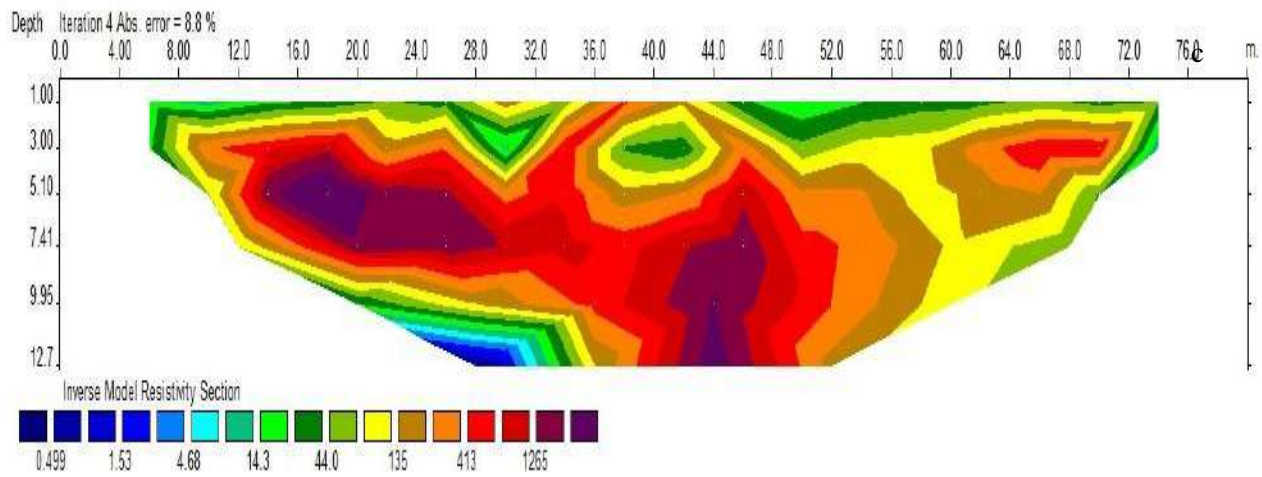
4.2.3 Nilai Resistivitas Tanah Lempung

1. Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 20kg Tanah Lempung

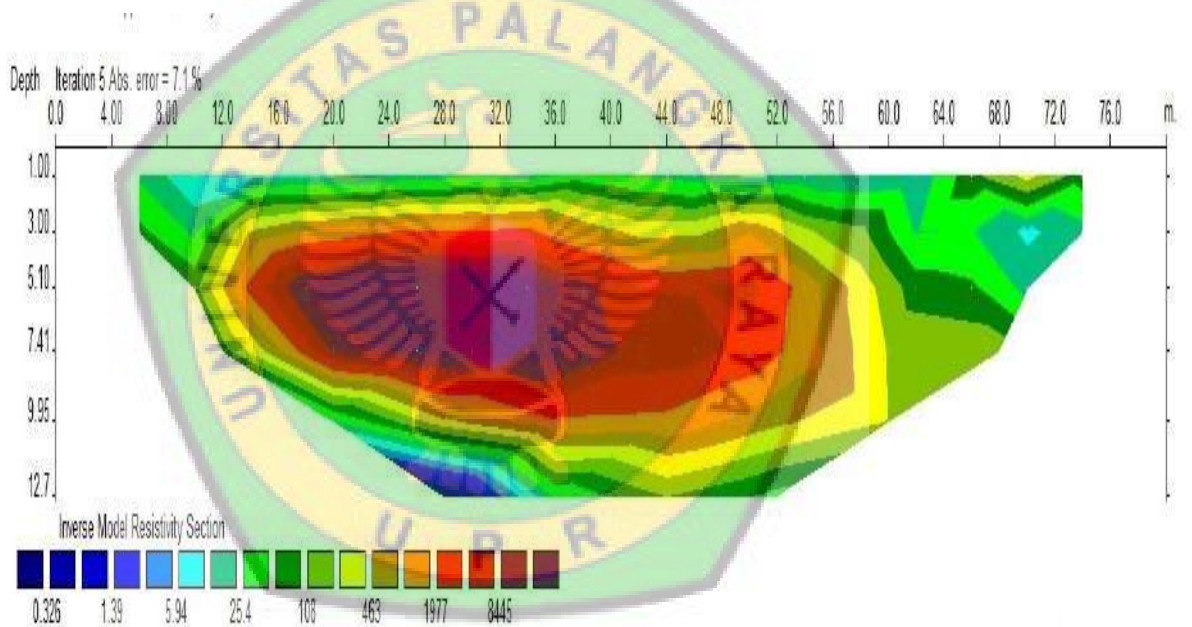
Tanah lempung pada kondisi awal dimasukan kedalam wadah sampel yang sudah disediakan kemudian dipadatkan, setelah dipadatkan kemudian diambil nilai resistivitasnya, dari data yang diambil nilai resistivitas yang terukur dari kedalaman 1-12,7 cm yaitu antara 138- 463 Ω m.

2. Kondisi Pemberian 10 Kharcoal dan 5kg Tanah Lempung

Tanah lempung dari kondisi awal kemudia diberi air hujan buatan. Kemudian didiamkan selama 24 jam, setelah 24 jam sampel diambil nilai resistivitasnya. Dari data yang diambil nilai resistivitas yang terukur dari kedalaman 1 – 12,7 cm yaitu antara 453 – 1977 Ω m dan nilai kadar air rata-rata 11.8 pada sampel I dan 44.22 pada sampel II.



Gambar 4.1 Nilai Resistivitas Kondisi Pemberian 10 kg Kharcoal dan 20kg Tanah Lempung



Gambar 4.3 Nilai Resistivitas Kondisi Pemberian 10 Kharcoal dan 5kg Tanah Lempung

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil berdasarkan hasil pengukuran, pengolahan data dan pembahasan pada penelitian ini adalah:

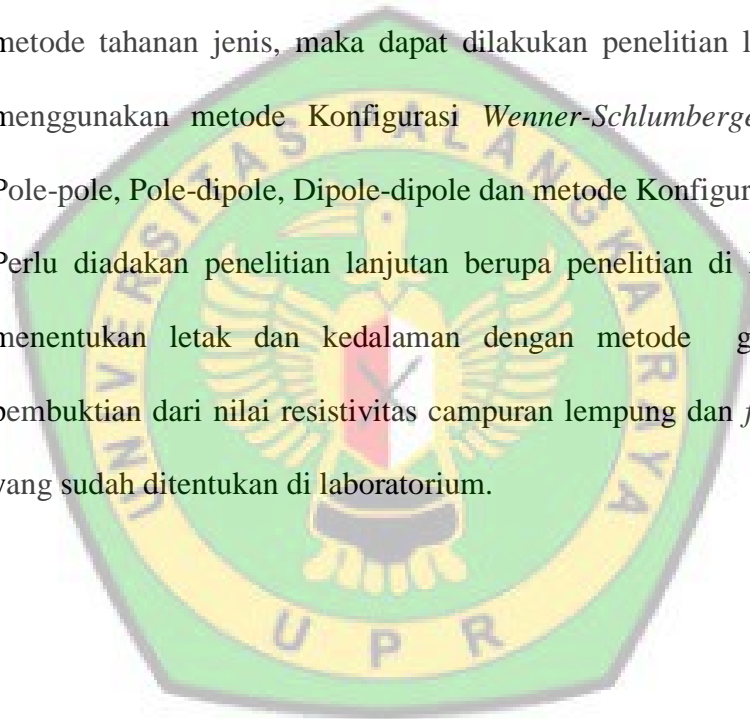
1. Pemanfaatan campuran lempung dengan *fly ash* batubara untuk *grounding* listrik diukur dari nilai resistivitasnya yaitu dilakukan dengan uji untuk mengukur nilai resistivitas tanah lempung dengan campuran *fly ash* batubara dengan menggunakan konfigurasi *wenner alpha* dengan alat Geolistrik Tipe GL 4200. Data yang didapat dari alat tersebut kemudian diolah dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Res2DInv* untuk mendapatkan hasil akhir berupa nilai resistivitas.
2. Nilai resistivitas tanah lempung pada kondisi awal pemberian 10 kg kharcoal dan 20kg tanah lempung berdasarkan hasil pengukuran dilaboratorium adalah 135- 463 Ohm.m. Kemudian nilai resistivitas tanah lempung pada kondisi pemberian 10 kharcoal dan 5kg tanah lempung berdasarkan hasil laboraturim adalah 463-1977 Ohm.m. Hasil ini kemudian dijadikan sebagai nilai yang tepat bagi campuran *fly ash* batubara dengan tanah lempung yang tepat untuk melakukan *grounding* listrik. Dari uji laboratorium ini dapat mengetahui bagaimana kondisi di bawah permukaan, dapat ditentukan dengan melihat resistivitasnya. Semakin besar nilai resistivitasnya maka semakin banyak lapisan yang

terbaca. Sebaliknya bila semakin kecil nilai resistivitasnya maka garis ekipotensialnya makin mengerucut.

5.2 SARAN

Saran-saran yang bisa penulis berikan guna perbaikan penelitian lebih lanjut adalah:

1. Untuk pembandingan data penelitian di laboratorium dengan geolistrik metode tahanan jenis, maka dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, Konfigurasi Pole-pole, Pole-dipole, Dipole-dipole dan metode Konfigurasi lainnya.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan berupa penelitian di lapangan untuk menentukan letak dan kedalaman dengan metode geolistrik untuk pembuktian dari nilai resistivitas campuran lempung dan *fly ash* batubara yang sudah ditentukan di laboratorium.



DAFTAR PUSTAKA

Aziz, M. 2006. *Karakterisasi Fly ash PLTU Suralaya dan Evaluasinya Untuk Refraktori Cor*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara.

Fahriyah. 2009. *Modifikasi Abu Layang Sebagai Adsorben Gas NO₂*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil UII.

Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius

Harijono, D. 1993. *Fly ash dan Pemanfaatannya*. Seminar Nasional Batubara Indonesia. Yogyakarta : UGM.

Moestikahadi, Soedomo. 1999. *Pencemaran Udara*. Bandung : ITB.

Mufrodi, Z. 2010. *Modifikasi Limbah Abu Terbang sebagai Material Baru Adsorben*.

Putri, Marinda. 2008. *Fly ash Batubara Sebagai Adsorben*.

Sunardi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

LAMPIRAN

