

# Studi Geolistrik Untuk Mengidentifikasi Kedudukan Lumpur dan Air Dalam Rangka Optimalisasi Timbunan Lowwall

Supandi<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Pertambangan,  
Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS)  
Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman Yogyakarta, 55281  
[supandisttnas@gmail.com](mailto:supandisttnas@gmail.com)

Faizal Agung Riyadi<sup>1</sup>, Sidiq Purnomo<sup>1</sup>

PT AB Omah Geo Yogyakarta  
Komplek Perum Pertamina Blok N-01 Purwomartani,  
Kalasan Sleman Yogyakarta  
[faizal.agung@omahgeo.com](mailto:faizal.agung@omahgeo.com), [sidiq.purnama@omahgeo.com](mailto:sidiq.purnama@omahgeo.com)

## ABSTRAK

Kestabilan lereng timbunan merupakan salah satu komponen yang diperhitungkan dalam perencanaan tambang terbuka. Kestabilan lereng timbunan tidak lepas dari kondisi air bawah permukaan yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng timbunan. Untuk melakukan optimalisasi timbunan, kondisi bawah permukaan seperti kondisi material, kedudukan air dan prediksi kedudukan material lumpur dibawah permukaan perlu diidentifikasi sebagai acuan dan komponen utama optimalisasi timbunan, salah satunya dengan menggunakan survey geolistrik.

Studi kasus dilakukan didaerah Asam-asam, Kabupaten Kalimantan Selatan. Kajian menitik beratkan pada pengambilan data lapangan yang mendukung survey geolistrik pada lereng timbunan pada bagian *low wall* suatu *pit* dari kegiatan penambangan terbuka. Memanfaatkan sifat resistivitas material terhadap aliran listrik, selanjutnya untuk menginterpretasikan kondisi air bawah permukaan dan material penyusun lereng timbunan serta *bedrock* di bawahnya dari data resistivitas. Hasil telitian berupa model penampang kondisi bawah permukaan.

*Key words: kestabilan lereng, optimalisasi, timbunan, bawah permukaan, geolistrik, resistivitas.*

## PENDAHULUAN

Kestabilan lereng merupakan faktor vital dalam perencanaan dan operasional, sehingga dalam pelaksanaannya perhitungan kestabilan lereng mutlak untuk dilakukan. Kestabilan lereng timbunan merupakan salah satu unsur yang diperhitungkan dalam perencanaan desain tambang terbuka. Selain unsur geometri lereng, kondisi fisik yang perlu diketahui adalah kondisi air bawah permukaan. Pentingnya mengetahui kondisi air bawah permukaan dalam perhitungan kestabilan timbunan adalah untuk mengetahui keberadaan posisi air tanah terhadap tubuh timbunan serta mengetahui keberadaan gejala – gejala yang terjadi dibawah permukaan seperti adanya cebakan maupun pola aliran air di bawah permukaan.

Bercampurnya air dengan material penyusun lereng dapat membentuk lumpur. Kedudukan air dan lumpur di bawah permukaan sangatlah krusial terhadap kestabilan lereng timbunan karena berpotensi mempengaruhi kekuatan lereng timbunan. Kondisi bawah permukaan dan kondisi material didalam tubuh lereng timbunan dapat diidentifikasi dengan pendekatan melalui interpretasi data resistivitas material penyusun lereng. Dengan mengetahui

kondisi tersebut, maka akan diperoleh acuan dan salah satu komponen utama dalam perhitungan optimalisasi timbunan.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan serangkaian pekerjaan lapangan dari survey permukaan sampai dengan pemodelan kondisi air bawah permukaan. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah;

1. Studi pustaka.
2. Penyelidikan lapangan, yang meliputi
  - a. Stratigrafi batuan
  - b. Topografi
  - c. Aliran air permukaan dan *seepage*
  - d. Permeabilitas
  - e. Survey Geolistrik
3. Pemodelan kondisi air bawah permukaan
4. Pemodelan *water ballance*

Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui variasi batuan, pola struktur, informasi lain yang terkait dengan perencanaan penyelidikan lapangan. Penyelidikan lapangan difokuskan dengan pekerjaan pengambilan data permukaan meliputi stratigrafi, topografi, pengukuran aliran permukaan dan pengukuran rembesan

(seepage). Survey geolistrik dilakukan untuk mengetahui nilai resistivitas batuan yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan. Diawali dengan orientasi lapangan serta pengamatan kondisi geologi dan hidrogeologi, perencanaan lokasi lintasan dua dimensi, pengukuran geolistrik, pengolahan data dan interpretasi. Pemodelan *water balance* untuk menggambarkan kesetimbangan *input* air hujan yang masuk kedalam tubuh timbunan dan *output* air tanah dalam bentuk rembesan.

## DATA - PEMBAHASAN

Lereng merupakan suatu permukaan tanah atau batuan yang miring dan memiliki suatu sudut tertentu terhadap bidang horisontal. Lereng pada umumnya dapat terbentuk secara alamiah maupun secara buatan. Kemantapan suatu lereng tergantung terhadap besarnya gaya penahan dan gaya penggerak yang terdapat pada bidang gelincir tersebut. Kemantapan suatu lereng dapat dinyatakan dengan suatu nilai faktor keamanan (FoS) yang merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menganalisis kemantapan suatu lereng adalah sebagai berikut:

### 1. Sifat Material

Sifat-sifat fisik dan mekanik suatu batuan berbeda dengan batuan yang lain sehingga kekuatan menahan beban berbeda pula. Sifat fisik dan sifat mekanik tanah atau batuan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan dari lereng karena berhubungan dengan besar kecilnya nilai kuat geser. Adapun sifat fisik dan sifat mekanik tanah dan batuan yang diperlukan dalam melakukan analisis kestabilan lereng adalah bobot isi, sudut geser dalam dan kohesi.

Bobot isi merupakan perbandingan antara berat material dengan volume material yang dinyatakan dalam satuan berat per volume. Semakin besar bobot isi batuan, maka gaya penggerak yang akan menyebabkan kelongsoran juga semakin besar. Sudut geser dalam merupakan sudut yang terbentuk dari hubungan tegangan normal dan tegangan geser didalam material batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang terbentuk jika suatu batuan dikenakan tegangan yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan. Kohesi adalah kekuatan tarik menarik antara butiran batuan yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Bila kekuatan geser semakin besar, maka semakin besar pula harga kohesi dari material batuan. Batuan dengan kohesi yang

besar dapat dibuat lereng dengan kemiringan yang besar pada nilai keamanan yang sama.

### 2. Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng dan sudut kemiringan lereng. Perubahan tinggi akan mengakibatkan perubahan kestabilan dari lereng yang bersangkutan karena berat material lereng yang harus ditahan oleh kuat geser batuan atau tanah semakin besar. Sudut kemiringan lereng yang besar akan memberikan volume material yang besar, sehingga beban material pada lereng juga akan semakin besar.

### 3. Kondisi Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu faktor yang penting dalam kemantapan lereng. Air tanah dapat mempengaruhi kemantapan lereng dengan cara mengurangi kekuatan batuan atau tanah, mengubah unsur mineral dalam batuan melalui reaksi kimia dan pelarutan, mengubah densitas batuan atau tanah, menyebabkan terjadinya erosi.

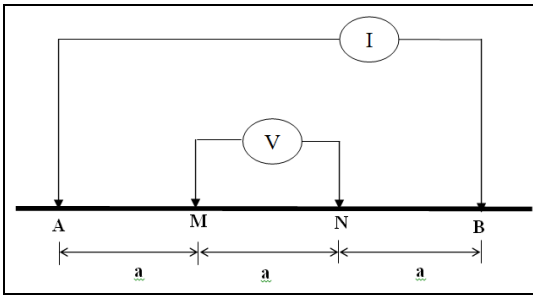
Kehadiran air tanah dalam tubuh lereng biasanya menjadi masalah bagi kestabilan lereng. Kondisi ini tidak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim (diwakili oleh curah hujan) yang dapat meningkatkan kadar air tanah, derajat kejenuhan atau muka air tanah. Kehadiran air tanah akan menurunkan sifat fisik dan sifat mekanik tanah. Kenaikan muka air tanah meningkatkan tekanan air pori, yang berarti memperkecil ketahanan geser dari massa lereng, terutama pada material tanah (*soil*).

### 4. Geolistrik Resistivitas

Bila arus listrik searah dialirkan melalui suatu medium maka perbandingan antara perbedaan potensial (  $V$  ) yang terjadi dengan arus (  $I$  ) yang diberikan adalah tetap dan besarnya tetapan ini tergantung dari medium tersebut. Tetapan ini disebut tahanan (  $R$  ), yang dinyatakan dalam hubungan matematis sebagai :

$$R = \frac{V}{I} \text{ (Ohm)}$$

Dalam eksplorasi air bawah tanah ini digunakan konfigurasi dua dimensi yang merupakan gabungan antar Wenner Mapping dan Wenner Sounding. Susunan elektroda menurut Wenner pada prinsipnya terdiri atas 2 elektroda arus dan potensial **gambar 1**.

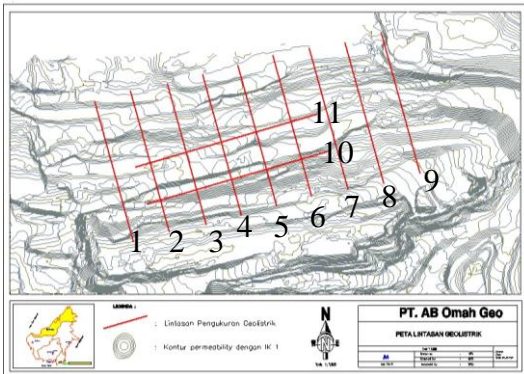


**Gambar 1.** Dua Elektroda Arus Dan Potensial Di Permukaan Bumi

**PEKERJAAN LAPANGAN**

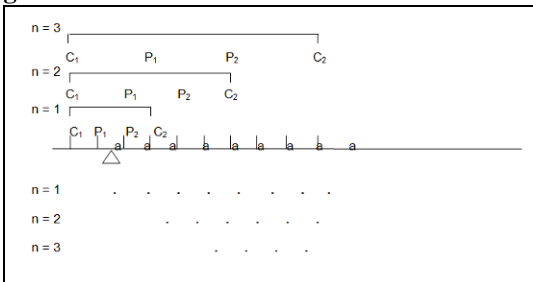
Pekerjaan lapangan dilakukan dengan mengukur dan mengidentifikasi stratigrafi atau material di lapangan guna mengetahui detail material penyusun timbunan. Selain itu, melakukan pemetaan dan mengukur debit rembesan titik-titik rembesan (*seepage*) maupun aliran yang muncul dari dalam timbunan.

Pengukuran permeabilitas menggunakan bantuan bor tangan bertujuan mengetahui laju permeabilitas material timbunan sebagai parameter untuk menghitung dan memodelkan water balance. Survey geolistrik pada 11 lintasan dimana 9 lintasan searah dengan kemiringan lereng timbunan dan 2 lintasan tegak lurus dengan kemiringan lereng timbunan (**gambar 2**).



**Gambar 2.** Lintasan Survey Geolistrik

Panjang lintasan dua dimensi (2D) adalah 495 - 540 meter dengan kedalaman mencapai hingga 75 meter. Jarak antar titik pengukuran adalah 15 meter, dengan jumlah lapisan semu mencapai 10 lapisan. Ilustrasi akuisisi data konfigurasi dua dimensi dapat dilihat pada **gambar 3**.



**Gambar 3.** Desain konfigurasi akuisisi data 2D

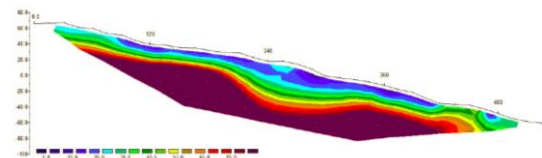
Pengukuran memanfaatkan sifat resistivitas batuan terhadap aliran listrik yang diemisikan

dari alat. Nilai resistivitas yang diperoleh selanjutnya diolah dalam aplikasi software RES2DINV

**PEKERJAAN LABORATORIUM**

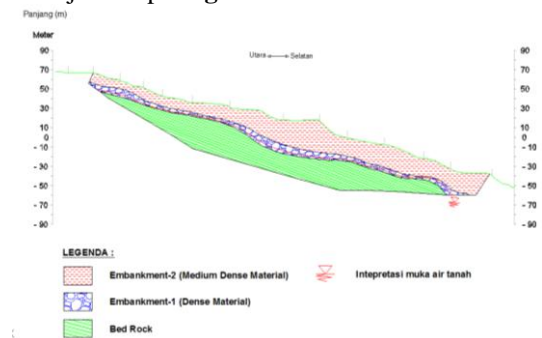
Pengolahan data meliputi input data tahanan jenis, diolah dengan perangkat lunak RES2DINV. Pada penelitian ini, jumlah data tahanan jenis semu yang dimasukkan adalah 175 - 205 data. Data - data tersebut diolah menggunakan perhitungan matematis, sehingga muncul penggambaran penampang geolistrik antara data semu dan data hasil perhitungan. Dari kedua penampang tersebut, diinversi kembali hingga menemukan data tahanan jenis yang sebenarnya. Hasil pengolahan data dua dimensi berupa penampang distribusi tahanan jenis di bawah permukaan.

Data hasil pengolahan diinterpretasikan dan dikaji berdasarkan kondisi geologi dan hidrogeologi lokasi studi. Data geologi berguna sebagai data penunjang untuk mengetahui kondisi regional batuan di daerah tersebut. Data hidrogeologi berguna sebagai data penunjang untuk mengetahui lapisan pembawa air (akuifer) di lokasi penelitian. Hasil akhir yang diharapkan adalah penampang distribusi tahanan jenis bawah permukaan, untuk mengetahui struktur lapisan tanah di kedalaman, terutama lapisan yang rawan longsor, khususnya pasir, kerikil, batuan lepas dan lempungan. Contoh hasil penampang dari lintasan 7 seperti pada **gambar 4**. Kemudian dari penampang tersebut dilakukan interpretasi bawah permukaan timbunan.



**Gambar 4.** Penampang resistivitas 2 Dimensi pada lintasan 7

Hasil interpretasi kondisi bawah permukaan pada lintasan geolistrik 7 sebagaimana ditunjukkan pada **gambar 5**.



**Gambar 5.** Penampang hasil interpretasi kondisi bawah permukaan lintasan 7

Kondisi bawah permukaan disposal area di low wall pit secara umum dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

### 1. Bed Rock

Nilai resistivitas berkisar 50 ~ 300 ohm meter, merupakan perselingan claystone dan siltstone, pendugaan sampai dengan kedalaman 75 m tidak ada yang menunjukkan potensi sebagai aquifer tertekan, umum dijumpai dibawah timbunan di kedalaman bervariasi 10 ~ 40 meter.

### 2. Embankment-1 (Dense Material)

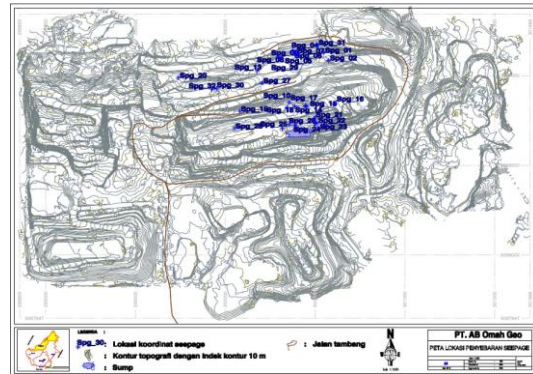
Nilai resistivitas berkisar 30 ~ 50 ohm meter, didominasi material berukuran kasar umumnya adalah gravel dan sedikit mengandung sand, diinterpretasikan sebagai layer dijumpai muka air tanah dan layer ini juga berfungsi sebagai jalur air ketika hujan sehingga beberapa tempat merupakan m.a.t (muka air tanah) temporary. Sehingga diinterpretasikan bahwa layer ini memang di desain sebagai drain/filter. Secara umum tebal layer ini sekitar 10 meter, berada di kedalaman 20 – 30 meter dan beberapa titik berada di kedalaman 30 – 40 meter

### 3. Embankment-2 (Medium Dense Material)

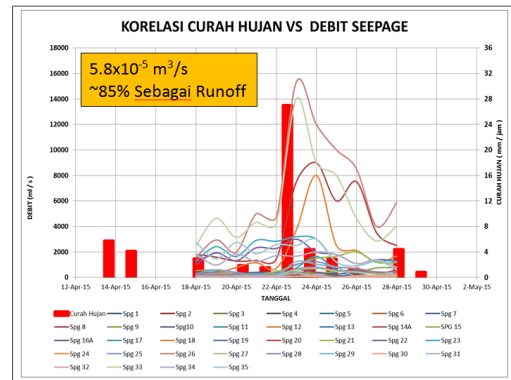
Nilai resistivitas berkisar 0.1 ~ 30 ohm meter, terdiri dai campuran material berukuran sand, gravel, boulder dengan sedikit unsur material halus clay dan silt dengan tingkat kepadatan medium dense, dari pengamatan sebaran dan pola-pola penampang nilai resistivity pada layer ini tidak ada yang menunjukkan indikasi mud weak zone atau lensa-lensa air terjebak yang berpotensi menciptakan tekanan air pori. Ketebalan timbunan layer ini cukup bervariasi antara 10 ~ 30 meter.

## WATER BALANCE

Dalam melakukan desain lereng timbunan yang baik hendaknya memperhatikan keberadaan air baik yang masuk kedalam maupun yang berada di dalam tubuh lereng timbunan. Penyusunan variasi komposisi material dalam tubuh timbunan sangat diperlukan. Hal ini dapat dilakukan dengan menyusun material kasar pada dasar timbunan yang lebih mudah dilalui air (*permeable*) diatas material *bedrock* yang halus (*impermeable*) agar air yang masuk kedalam tubuh lereng timbunan segera dapat keluar dari sistem timbunan. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan air yang masuk dan keluar dari lereng timbunan (*water balance*).



**Gambar 6.** Peta lokasi pengukuran debit Pemetaan dan pengukuran air permukaan diperlukan untuk mengetahui air yang keluar dari dalam timbunan (**gambar 6**). Untuk jumlah air yang masuk kedalam tubuh timbunan berdasarkan curah hujan diukur secara harian. Selanjutnya jumlah debit / volume air yang keluar dan air limpasan dibandingkan dengan total debit / volume air total, selanjutnya dibuat model dalam bentuk chart (**gambar 7**).



**Gambar 7.** Model water balance

## KESIMPULAN

Disposal area di low wall pada daerah telitian sudah memenuhi kaidah standard embankment pada morfologi lereng yang dilalui oleh air dimana pada lapisan timbunan paling bawah berupa material kasar gravel dominan yang berfungsi sebagai drain atau filter.

Ketebalan timbunan bervariasi di beberapa tempat menunjukkan hingga 40 meter dari pengamatan sebaran dan pola-pola penampang nilai resistivity tidak ada yang menunjukkan indikasi adanya mud weak zone atau lensa air terjebak sehingga potensi tekanan air pori relatif kecil.

Kondisi Bedrock berupa perselingan claystone dan siltstone dari pendugaan geolistrik sampai dengan kedalaman 75 m tidak menunjukkan adanya potensi aquifer tertekan.

Berdasarkan gambaran kondisi bawah permukaan disposal area tersebut menunjukkan kondisi yang positif sehingga optimalisasi peningkatan disposal area dari tinjauan geofisika dapat disarankan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bieniawski, Z.T. 1975. The point load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, Vol. 9, 1975, p 1 – 11.
2. Deere, D.U. 1964. Technical description of rock cores for engineering, *Rock Mechanics & Engineering Geology*, Vol. 1, No. 1, 1964, p. 17 - 22.
3. Hoek, E dan Bray, J.W.,1981. *Rock slope engineering*, Institute of Mining & Metallurgy, p. 358
4. DAS, M Braja (1993). *Principles of Geotechnical Engineering*, Third Edition, PWS Publishing Company, Boston, Amerika Serikat.
5. Dunn, I.S., Anderson, L.R., Kiefer, F.W. (1980). *Fundamentals of Geotechnical Analysis*, John Willey & Sons, inc, New York
6. Hero Yulianto, 2007, *Eksplorasi Batubara di Kawasan Salaman, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Dua Dimensi*
7. Lilik Hendrajaya, 1990, *Geolistrik Tahanan Jenis*, Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA ITB, Bandung
8. N. Sikumbang & R. Heryanto, 1994, *Peta Geologi Indonesia Lembar Banjarmasin*, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.