

## **JEBAKAN AIR DAN SEBARAN CRACKS DALAM TALUD TANAH BERMANFAAT UNTUK MEMBUKTIKAN SEJARAH KELONGSORAN TALUD**

**(Studi Kasus Timbunan Bandara Sanggu-Buntok Kalimantan Tengah)**

**Stephanus Alexsander<sup>1)</sup> Indrasurya B. Mochtar<sup>2)</sup> Widya Utama<sup>3)</sup>**

**1) Mahasiswa Geoteknik Program Doktor ITS – Surabaya**

**2) Profesor Bidang Geoteknik ITS – Surabaya**

**3) Dosen Geofisika ITS – Surabaya**

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan di tanah timbunan setinggi 10 m pada daerah Bandara Sanggu - Buntok yang mengalami kelongsoran yang dipicu oleh hujan lebat sehingga memicu adanya water pressure built up di dalam talud melalui cracks. Longsor yang terjadi berbentuk translasi didapatkan dari pengamatan di lapangan dengan patahnya dinding penahan tanah berupa pasangan batu kali. Hasil penelitian yang dilakukan setelah terjadinya longsor menunjukkan adanya jebakan air di dalam timbunan dan adanya sebaran cracks yang didapatkan dari hasil tomography resistivity dan Induced Polarization. Hasil ini yang menunjukkan adanya jebakan air dan sebaran cracks yang ditandai dengan adanya penurunan nilai resistivitas dan peningkatkan nilai induced polarization. Jebakan air dan sebaran cracks ditemukan hingga kedalaman 10 m. Jebakan air dan sebaran cracks digunakan untuk memperkuat analisis stabilitas talud terutama memodelkan bentuk stratifikasi tanah timbunan, jebakan air dan model cracks dengan baik. Hasil analisis stabilitas talud sebelum adanya jebakan air dan cracks didapatkan nilai keamanan 1.42 dan setelah terbentuknya jebakan air dan sebaran cracks hingga menyebabkan kelongsoran didapatkan nilai keamanan 0.869 dengan model longsor translasi

**Kata Kunci : Jebakan Air, Cracks, Resistivitas, Induced Polarization, Angka Keamanan, Translasi**

## 1. Pendahuluan

Longsor merupakan pergerakan massa tanah, batuan atau kombinasi keduanya dengan massa yang besar dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Banyak peneliti menunjukkan bahwa kejadian Longsor umumnya dipicu oleh hujan dengan intensitas lebat hingga sangat lebat yang meningkatkan tekanan air pori dan gaya rembesan selama masa terjadinya hujan (Terzaghi 1950; Sidle and Swanson 1982; Wang and Sasa 2003). Penelitian yang dilakukan oleh para peneliti tersebut tidak menjelaskan bagaimana proses kelongsoran terjadi akibat adanya hujan lebat hingga sangat lebat yang mengakibatkan peningkatan tekanan air pori. Peningkatan tekanan air pori dapat menurunkan tegangan efektif dan gaya geser yang terjadi di dalam tanah yang berdampak terhadap penurunan stabilitas lereng bahkan kelongsoran. Peningkatan air pori yang dapat terjadi pada saat hujan lebat hingga sangat lebat.

Hujan lebat hingga sangat lebat terjadi pada periode yang pendek. Periode pendek tersebut terakumulasi 1 – 4 hari/bulan (BMKG, 2008). Periode hujan lebat yang pendek tersebut, air hujan yang sampai pada permukaan

tanah sebagian besar akan menjadi limpasan dan sebagian lagi terinfiltrasi masuk ke dalam tanah. Kecepatan air yang terinfiltrasi ke dalam tanah tergantung dari permeabilitas tanah.

Nilai permeabilitas tanah memiliki rentang  $10^{-11}$ –  $10^{-2}$  m/det. Bila dihubungkan nilai permeabilitas tanah dengan periode pendek hujan, tentunya untuk menyebabkan longsor tidak mungkin terjadi, tetapi kenyataan di lapangan banyak terjadi longsor pada saat terjadi hujan lebat hingga sangat lebat.

Hujan lebat memicu adanya water pressure built up yang terjadi di dalam cracks, (Mochtar, 2012). Cracks yang terjadi di dalam lereng menjadi hal yang signifikan dalam stabilitas lereng, terutama pada saat terjadi hujan. Air hujan akan terinfiltrasi masuk ke dalam cracks. Pada saat air terinfiltrasi masuk ke cracks lereng akan berdeformasi yang menyebabkan terjadi penambahan cracks lereng. (Zhang,

2012)

Pada penelitian ini membuktikan, bahwa kelongsoran yang terjadi pada tanah timbunan setinggi 10 meter yang diperkuat

dengan dinding penahan berupa batu kali. Tanah timbunan yang ditimbun dan dipadatkan serta mengalami intensitas hujan yang relatif sama, harusnya akan mengalami longsor secara bersamaan, tetapi kenyataan yang ada kelongsoran hanya terjadi pada tempat tertentu saja atau berspot. Kejadian longsor berspot dapat dijelaskan bahwa cracks yang terjadi dalam lereng telah terbentuk lebih banyak dan membentuk pola bidang longsor, bila di bandingkan dengan lokasi lainnya yang belum mengalami longsor (Mochtar 2012).

Longsor yang menyebabkan patahnya dinding penahan tanah disebabkan oleh hujan lebat yang terinfiltrasi ke dalam cracks yang memicu terjadinya water pressure built up. Longsoran yang terbentuk di lapangan diperlihatkan pada gambar 1. Bentuk Longsoran berupa translasi.

Bentuk longsor translasi yang terjadi di lokasi penelitian dapat diidentifikasi keberadaan cracks dan pengaruhnya terhadap stabilitas talud dengan menggunakan 2 (dua) pendekatan, yaitu pendekatan geofisika dan geoteknik.

Pendekatan geofisika bertujuan untuk mendapatkan model stratifikasi tanah sesudah terjadi longsor yang

didapatkan dari hasil survey tomography resistivity dan induced polarization.

Pendekatan geoteknik didapatkan dari hasil survey tomography resistivity dan induced polarization untuk memodelkan stratifikasi dan jebakan air serta sebaran cracks di dalam talud, sebelum dan sesudah talud mengalami longsor. Pendekatan geoteknik untuk menganalisis faktor keamanan talud sebelum dan sesudah longsor. Analisis faktor keamanan tidak semata mata memperhatikan penurunan atau peningkatan nilai keamanan suatu lereng/talud, tetapi yang terpenting adalah melihat lebih detail bagaimana talud yang telah disain dengan baik mengalami kelongsoran akibat adanya hujan lebat hingga sangat lebat.

## 2. Hasil Tomography Resistivity dan Induced Polarization

Untuk pendekatan geofisika digunakan pendekatan metode geolistrik mendeteksi bentuk bidang kelongsoran dari tanah timbunan. Alat geolistrik yang digunakan merupakan alat multi channel yang digunakan untuk survey geolistrik 2 dimensi. Alat geolistrik tersebut adalah DZ6A dan Duk 2a buatan Chongqing Gold Mechanical & Electrical Equipment co., ltd

Dalam survey tomography resistivity dan induced polarization dapat diukur menjadi satu-kesatuan dengan menggunakan alat geolistrik. Untuk konfigurasi geolistrik digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi wenner-schlumberger. Pemilihan metode geolistrik konfigurasi wenner-schlumberger memiliki sensitivitas yang baik dari konfigurasi yang lain terutama terhadap struktur arah lateral dan horisontal (Res2dinv Manual, 2011).

Survey yang dilakukan pada daerah penelitian sebanyak 5 line geolistrik yang terdiri dari 3 line arah membujur dan 2 line melintang bidang longsor, untuk posisi line survey geolistrik dapat dilihat pada gambar

2. Hasil dari survey tomography resistivity dan induced polarization dapat dilihat pada gambar 3

Pada gambar 3 untuk line 1–3 menunjukkan adanya jebakan air di dalam timbunan yang hingga kedalaman 10 meter yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas

52.61–259.53 ohm meter. Hasil Induced Polarization yang dilihat adalah peningkatan kapasitansi kelistrikan di dalam tanah. Kapasitansi kelistrikan meningkat dalam tanah menunjukkan

adanya sebaran lubang atau cracks banyak terdapat dalam suatu lereng. (Alexsander,2016) yang dapat dilihat pada lembar lampiran. Pada penelitian ini peningkatan kapasitansi kelistrikan ditemukan pada bagian permukaan dan pada bagian jebakan air di dalam tanah. Sebaran peningkatan kapasitansi kelistrikan menunjukkan sebaran cracks yang terjadi dalam tanah, sehingga dapat dikatakan bahwa adanya jebakan air hingga kedalaman 10 meter disebabkan oleh adanya cracks di dalam tanah. Cracks dijadikan tempat masuknya air hujan yang terinfiltrasi ke dalam timbunan yang dapat memicu terjadinya water pressure built up

### 3. Model Stratifikasi Tanah dan Sejarah Sebelum dan Sesudah Terbentuk Jebakan Air dan Cracks

Sebelum menganalisis kelongsoran, hal utama yang dilihat adalah model stratifikasi tanah yang ada pada daerah penelitian. Hasil tomography menunjukkan bahwa zona jebakan air dan zona cracks serta maksimal zona tarikan akibat adanya longsor. Zona tarikan akibat adanya longsor membantu dalam menentukan penempatan titik bor. Penempatan titik bor menjadi hal yang terpenting terutama untuk pengambilan sampel

undisturbed. Sampel undisturbed akan diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter geoteknik. Bila pengambilan sampel terjadi pada zona tarikan akibat adanya longsor tentunya dapat mempengaruhi hasil laboratorium terutama parameter yang digunakan dalam analisis geoteknik.

Zona tarikan yang ada pada penelitian ini terdeteksi dengan adanya peningkatan kapasitansi kelistrikan yang terdeteksi pada line 4. Pada line 5 sebaran peningkatan kapasitansi kelistrikan tidak seperti pada line 4, sehingga penempatan titik bor lebih tepat tidak pada zona tanah tarikan

/terganggu. Untuk penempatan titik bor dapat dilihat pada 2. Untuk line 1 – 3 dapat digunakan untuk membentuk model

stratifikasi yang kemudian dianalisis angka keamanan.

Model stratifikasi, jebakan air, sebaran cracks yang ditempatkan model interface serta posisi dinding penahan tanah dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambar 4 diperlihatkan bahwa kedalaman jebakan air terlihat hingga kedalaman 8-10 m. Untuk model stratifikasi digunakan line 3. Pemilihan line 3 dikarenakan memiliki jebakan air yang besar serta posisi cracks yang merata pada bagian jebakan air. Posisi cracks pada line 3 hingga pada kedalaman

30 meter, tetapi sebaran cracks merata dan saling berhubungan terdapat pada kedalaman hingga 10 meter yang merata pada bagian jebakan air. Sebaran cracks terdapat juga pada bagian talud yang mengalami kelongsoran.

Kelongsoran yang sudah terjadi dapat pula menunjukkan sejarah kelongsoran, terutama pada stratifikasi tanah yang terdapat jebakan air dan peningkatan kapasitansi kelistrikan.

#### 4. Analisa Angka Keamanan

Hal utama dalam analisis kelongsoran selain geometri adalah bentuk stratifikasi tanah yang akan

dilakukan analisis kelongsoran. Pada penelitian ini bentuk stratifikasi tanah menunjukkan adanya proses jebakan hingga 10 meter lebih dan sebaran cracks yang terjadi di dalam talud, dapat dilihat pada gambar 4c. Analisis yang digunakan metode elemen hingga dengan menggunakan bantuan software Plaxis ver 8.6. Model constitutive yang digunakan untuk analisis longSORAN berupa hardening soil model. Pemilihan model constitutive hardening soil ini resonable untuk menganalisis kelongsoran (Manual Plaxis 2016). Adapun model model yang direkomendasikan oleh plaxis dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel. 1. Penggunaan Model Material Dalam Aplikasi Geoteknik

Considering different types of applications (consider also type of soil)								
Model	Foundation	Excavation	Tunnel	Embankment	Slope	Dam	Offshore	Other
Linear Elastic model	C	C	C	C	C	C	C	C
Mohr-Coulomb model	B	B	B	B	B	B	B	B
Hardening Soil model	A	A	A	A	A	A	A	A
HS small model	B	B	B	A	A	B	B	B
Soft Soil Creep model	B	B	B	A	A	B	B	B
Soft Soil model	B	B	B	A	A	B	B	B
Jointed Rock model	B	B	B	B	B	B	B	B
Modified Cam-Clay model	C	C	C	C	C	C	C	C
NGI-ADP model	B	B	B	A	A	B	A	B
Hoek-Brown model	B	B	B	B	B	B	B	B

A : The best standard model in PLAXIS for this application  
B : Reasonable modelling  
C : First order (crude) approximation

Untuk hasil nilai keamanan didapatkan nilai keamanan sebelum dan sesudah mengalami cracks dan jebakan air dalam tanah didapatkan nilai keamanan sebesar 1.42 dan 0.87.

Nilai keamanan 1.42 merupakan nilai keamanan awal pada saat bangunan dinding penahan tanah dibangun. Untuk nilai keamanan 0.869 pada saat dinding penahan tanah telah mengalami kelongsoran. Adapun hasil dari analisis nilai keamanan dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar 5 diperlihatkan sejarah talud sebelum mengalami kelongsoran terutama menggambarkan dengan baik pola jebakan air dan sebaran cracks yang terjadi di dalam tanah yang memicu adanya water pressure built up. Model air tanah dimodelkan dengan menentukan efek tekanan air tanah yang mengalir melalui cracks yang telah ditandai dengan model interface.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis studi kasus yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut :

1. Jebakan air yang terjadi di dalam tanah akibat adanya cracks. Air masuk melalui cracks yang ada dalam tanah
2. Hujan lebat hingga sangat lebat memicu adanya water pressure built up yang berdampak terhadap perubahan stabilitas talud. Perubahan stabilitas talud

berdampak terhadap kelongsoran.

Kelongsoran yang terjadi menyebabkan adanya zona tarikan dalam talud yang ditandai dengan adanya peningkatan kapasitansi kelistrikan. Peningkatan kapasitansi kelistrikan menunjukkan adanya cracks yang terjadi dalam talud.

3. Pola sebaran cracks yang terjadi di dalam talud menentukan bentuk longsor, longsor yang terjadi di tanah tidak hanya berbentuk rotasional tetapi dapat berbentuk translasi atau kombinasi keduanya

#### 6. Daftar Pustaka

Alexsander Stephanus, 2016. Identifikasi Keberadaan dan Perubahan Cracks dalam Lereng Tanah Melalui Pengujian Tomographic Resistivity dan Induced Polarization Sebagai Upaya Pembuktian Hipotesa “ The Concept Of Cracked Soil” Draft Laporan Disertasi

Anonim, 2016. Laporan Penyelidikan Tanah Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan PT. Cemara Geo Engineering, Kelongsoran Bandara Sanggu Buntok

Galeandro, A., Doglioni, A., Simeone V., dan Simunek, J., 2014, Analysis of

Infiltration Processes Into Fractured and Swelling Soils as Trggering Factors of Landslides, Environ Earth Sci, pp. 2911-

2923

Geotomo Software. July 2011. Manual

Res2dinv Ver 3.71. Malaysia

Hack, Robert, 2000, Geophysics for Slope

Stability, Survey in Geophysics, pp. 423-448. Kluwer Academic Publisher.

Mochtar, Indrasurya B, 2012 Kenyataan Lapangan Sebagai Dasar Untuk Usulan Konsep Baru Tentang Analisa Kuat Geser Tanah dan Kestabilan Lereng, . Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (PIT HATTI 2012)

Sidle, R.C. and swanston D.N 1982, Analysis of a Small Debris Slide In Coastal Alaska, Canadian Geotechnical Journal, Vol 19, pp 167 – 174

Terzaghi, K. 1950, Mechanism of Landslide in, Paige, S. (Ed), Application of Geology to Engineering Practice (Berkey Volume) geological Society of America, New York, pp 83 – 123

Wang, Gonghui, Sassa, Kyoji, dan Fukuoka, Hiroshi, Role of Grain Siza and Fine-Particle Content on the Pore-

Pressure Generation and Movement Of  
Rainfall-Induced Landslide: An  
Experimental Study.

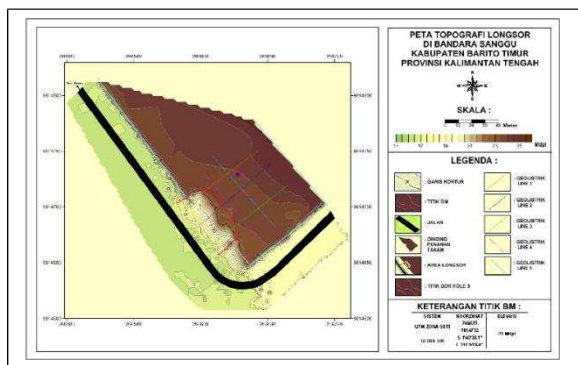
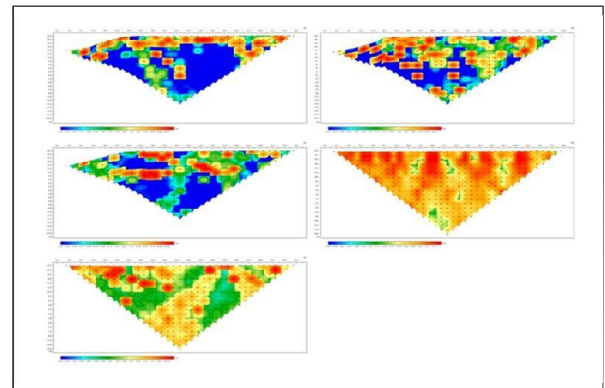
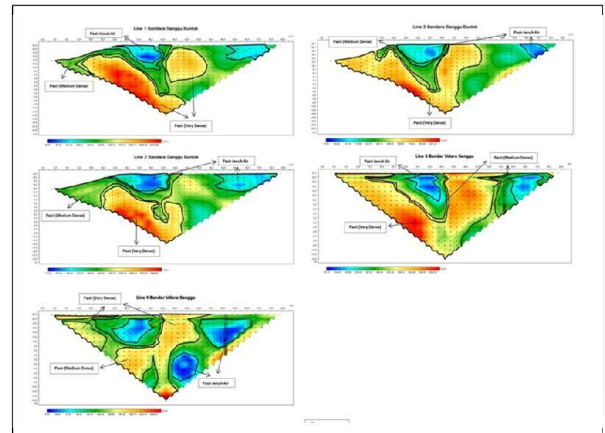
Zhang, Ga, Wang, Rui, Qian, Jiyun,  
Zang, Jian-Min, dan Qian, Jiangu,  
2012, Effect Study of Crack on  
Behavior of Soil Slope under Rainfall  
Conditions, Soils and Foundations, pp.  
634-643.



Lampiran

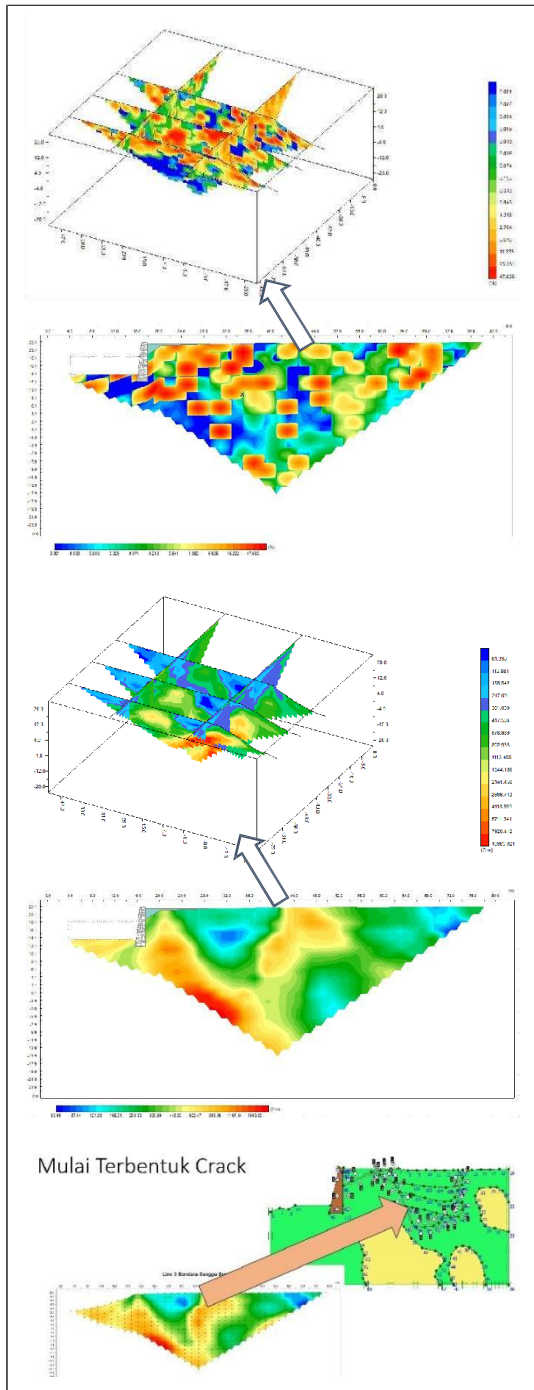


Gambar 1. Bentuk Longsoran Translasi dan Lokasi Longsoran Setempat/Berspot

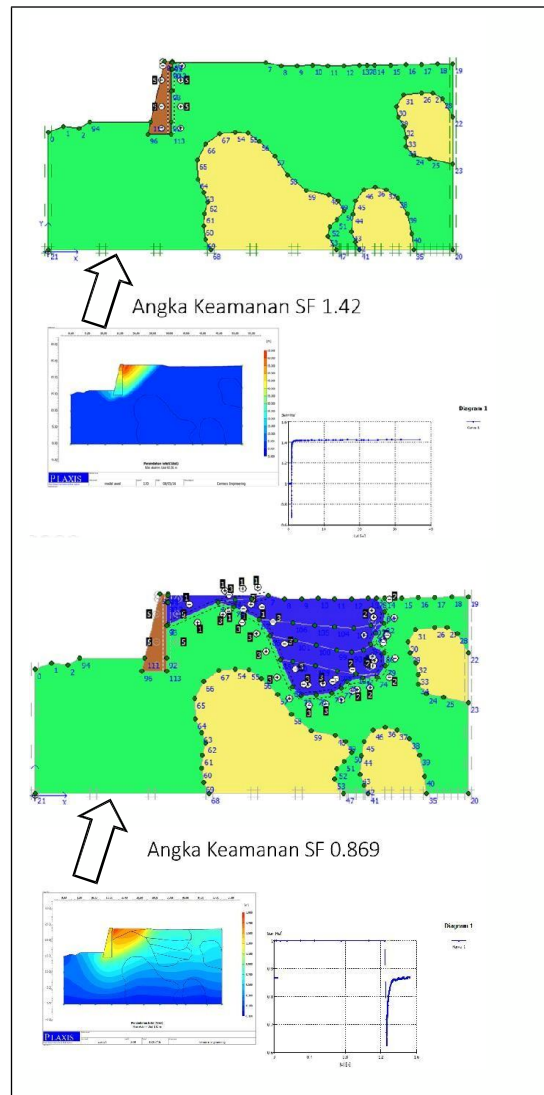


Gambar 2. Posisi Pengambilan Data Geolistrik Line 1 – Line 5 dan Penentuan Titik Bore

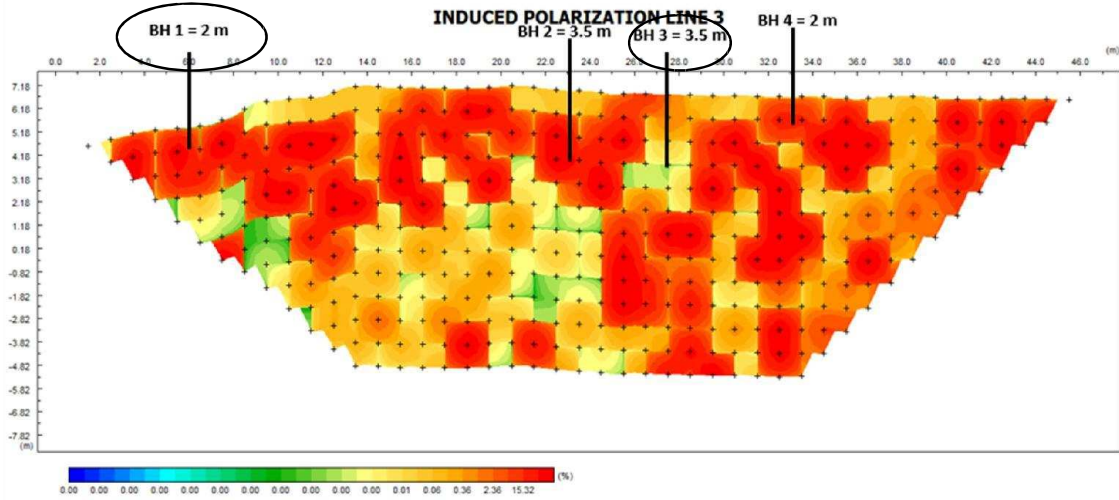
Gambar 3. a). Hasil Tomography Resistivity line 1 -5. 2 dimensi b) Tomography Induced Polarization line 1 – 5.2 dimensi



Gambar 4. a) Sebaran Cracks yang terjadi dalam tanah dalam tampilan slice 3d dan 2d.  
 b) Jebakan Air dalam tanah dalam tanah dalam tampilan slice 3d dan 2d  
 c) interface model stratifikasi tanah



Gambar 5. a) kondisi awal talud dengan nilai keamanan 1.42 b) kondisi di dalam talud telah terbentuk jebakan air yang dimodelkan dengan interface dengan nilai keamanan 0.869

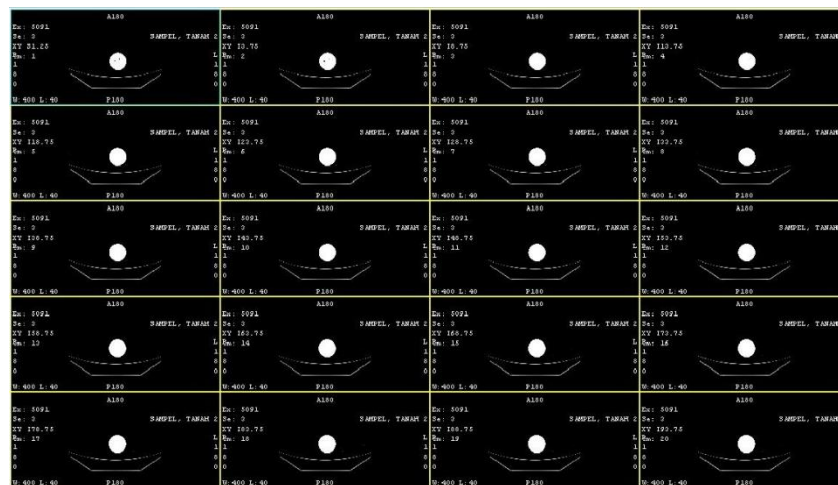
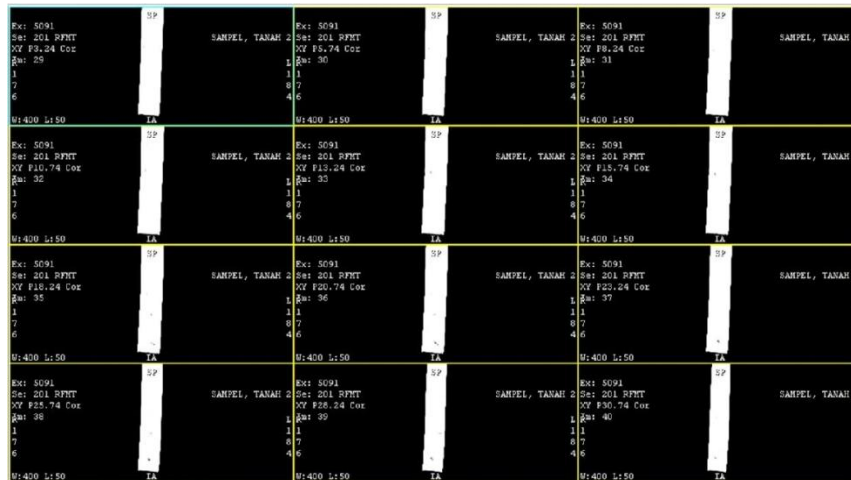


Ex: 5790 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 37 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5790 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 38 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5790 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 39 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:400 L:40	U:400 L:40	U:400 L:40
Ex: 5790 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 40 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 41 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 42 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:400 L:40	U:400 L:40	U:400 L:40
Ex: 5790 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 43 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 44 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 201 FPMT NY F27.23 Cct BH: 45 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:400 L:40	U:400 L:40	U:400 L:40

Ex: 5090 Se: 2 NY I101.50 BH: 50 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I109.50 BH: 51 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I101.50 BH: 52 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:410 L:40	U:410 L:40	U:410 L:40
Ex: 5090 Se: 2 NY I107.50 BH: 53 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I113.50 BH: 54 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I119.50 BH: 55 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:410 L:40	U:410 L:40	U:410 L:40
Ex: 5090 Se: 2 NY I103.50 BH: 56 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I129.50 BH: 57 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0	Ex: 5090 Se: 2 NY I135.50 BH: 58 1: 1 2: 0 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0 7: 0 8: 0 9: 0
U:410 L:40	U:410 L:40	U:410 L:40

Hasil CT-Scan BH 1

Pada daerah yang memiliki nilai kapasitas kelistrikan besar



Hasil CT-Scan BH 3

Pada daerah yang memiliki nilai kapasitas kelistrikan kecil