

# Penyebab Kerusakan Jalan dengan Pengukuran Geolistrik di Provinsi Kalimantan Barat

Adriani<sup>1</sup>, Ida Barkiah<sup>2</sup>, Candra Yuliana<sup>3</sup>, Elma Sofia<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: <sup>1</sup>adriani.sipil@ulm.ac.id, <sup>2</sup>idabarkiah@ulm.ac.id, <sup>3</sup>candrayuliana@ulm.ac.id,

<sup>4</sup>elma.sofia@ulm.ac.id

## Abstrak

Pada jalan lintas batas negara provinsi Kalimantan Barat terutama pada segmen 2, terjadi kerusakan jalan, sehingga perlu segera diatasi untuk melancarkan arus lalu lintas. Tujuan pengabdian ini adalah memberikan bantuan berupa pengujian geolistrik di lokasi ini, mendeteksi awal penyebab kerusakan serta menentukan solusi penyelesaiannya. Prinsip kerja dari Metoda Geolistrik ini adalah arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektoda arus. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur. Penyebab terjadinya tanah menyebul dan *boiling* karena adanya tekanan air keatas sebesar 9 m dimana kondisi ini mencapai kritis terjadinya *boiling*. Untuk mengatasi terjadinya kerusakan badan jalan akibat tekanan air keatas maka perlu dicegat aliran air bertekanan sebelum badan jalan dengan *subdrained* menggunakan pipa paralon diameter 8" dengan kedalaman 1,5 m dari muka tanah eksisting.

Kata kunci: kerusakan jalan, pengujian geolistrik, *subdrained*

## Abstract

*On the cross-border road in the province of West Kalimantan, especially in segment 2, there is road damage, so it needs to be addressed immediately to smooth traffic flow. The purpose of this paper is to detect the initial cause of the damage by geoelectrical measurements and determine the solution. The working principle of the Geoelectric Method is to inject electric current into the earth through two current electrodes. The potential difference that occurs is measured through two potential electrodes. From the results of current and potential differences measurements for each particular electrode distance, it can be determined the variation of the resistivity value of each layer under the measuring point. The cause of the soil bubbling and boiling is the presence of an upward water pressure of 9 m, where this condition reaches a critical point for boiling. To overcome the occurrence of damage to the road body due to upward water pressure, it is necessary to intercept the flow of pressurized water before the road body. The method used is subdrained using a 8 inch diameter paralon pipe with a depth of 1.5 m from the existing ground level*

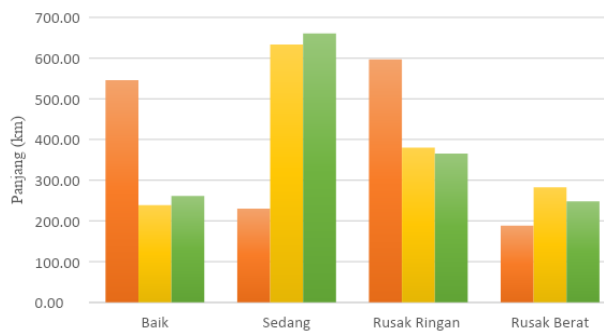
*Keywords: road damage, geoelectrical testing, subdrained*

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Barat Nomor 505/DINAS-PU/2016 tentang Penetapan Ruas-ruas Jalan Menurut Statusnya Sebagai Jalan Provinsi di Kalimantan Barat, panjang jalan provinsi Kalimantan Barat sebesar 1.534,75 km [1]. Kondisi jalan terbagi atas 4, yaitu baik, sedang, rusak ringan dan rusak berat. Kondisi jalan Provinsi di Kalimantan Barat pada tahun 2018, 2019 dan 2020 dapat dilihat pada Gambar 1.

Di Provinsi Kaltara secara keseluruhan jalan perbatasan sepanjang 614 km, saat ini masih tersisa sepanjang 36 km yang belum tembus, yakni berada di sekitar Metulang, Kabupaten Malinau hingga Batas Provinsi Kaltim. Sementara untuk jalan yang sudah tembus sepanjang 578 km kondisinya tanah 452 km, agregat 118 km, dan aspal 9 km. Selain membuka keterisolasian wilayah, pembangunan jalan perbatasan di Kalimantan juga berfungsi untuk meningkatkan akses menuju Pos Lintas Batas Negara (PLBN) yang juga dibangun Kementerian PUPR. Dengan meningkatnya konektivitas masyarakat menuju kawasan perekonomian PLBN diharapkan dapat membangkitkan jalur-jalur logistik baru yang mendukung tumbuhnya embrio pusat-pusat pertumbuhan ekonomi kawasan. Di mana barang kebutuhan pokok akan dapat diperoleh dengan lebih mudah dan murah, sehingga dapat mengurangi kesenjangan antar wilayah.

Pada jalan lintas batas negara provinsi Kalimantan Barat terutama pada segmen 2, terjadi kerusakan jalan, sehingga perlu segera diatasi untuk melancarkan arus lalu lintas. Pada lokasi ini terjadi *heaving* pada permukaan jalan, yang mengakibatkan jalan terjadi kerusakan dan perbaikan secara rutin (Gambar 2).



Gambar 1. Kondisi Jalan di Provinsi Kalbar



Gambar 2. Kerusakan Badan Jalan Akibat *Heaving*

Tujuan pengabdian ini adalah memberikan bantuan berupa pengujian geolistrik dilokasi ini mendeteksi awal penyebab kerusakan tersebut diadakan serta solusi penyelesaiannya. Hasil dari pengabdian ini diharapkan menjadi konsep dalam penanganan kerusakan badan jalan, sehingga mampu memperkecil dampak kelongsoran. Dalam pengabdian ini akan dilakukan analisis penanganan kerusakan badan jalan dengan pengujian geolistrik di ruas jalan segmen 2 Lintas Batas Negara Kalimantan Barat km 25+150 s.d. 25+175.

## 2. METODE

Untuk mengatasi kerusakan jalan Metoda geolistrik adalah salah satu metoda yang mempelajari sifat-sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya dari permukaan bumi. Pada dasarnya metode ini didekati menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium yang homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak ke segala arah dengan

nilai sama besar. Sehingga jika terjadi penyimpangan dari kondisi ideal (homogen isotropis), maka penyimpangan ini (anomali) yang justru yang diamati [2-5].

Umumnya, metode ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal dengan kedalaman maksimum sekitar 200 meter. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, maka informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan dengan bentangan yang besar dengan maksud mendapatkan penetrasi kedalaman di atas 200 m, maka arus yang mengalir akan semakin lemah dan tidak stabil akibat perubahan bentangan yang semakin besar. Dari penelitian Maemuna (2017) diketahui bahwa akuifer dangkal pada kedalaman 2-25 m, dengan ketebalan sekitar 2,1-16,2 m sedangkan untuk akuifer dalam ditemukan pada kedalaman 35-200 m, dengan ketebalan sekitar 32-150 m [4].

Pengukuran dilaksanakan dengan empat elektrode yang ditancapkan dipermukaan tanah dengan susunan elektrode Wenner dan jarak elektrode mencerminkan kedalaman yang diukur. Sumber arus yang berupa arus searah (direct current) atau arus bolak balik (*alternating current*) dikirim melalui dua buah elektrode arus dan menghasilkan perbedaan potensial yang terekam oleh dua buah elektrode potensial, sehingga dapat dihitung tahanan (resistance) batu atau tanah yang terukur [6-9]. Subardjo melakukan pengukuran geolistrik tahanan jenis menggunakan konfigurasi Wenner dengan  $CI-C2/2 = 300$  m guna memperoleh penetrasi kedalaman  $\pm 100$  m. Hasil pengukuran tahanan jenis pada 12 lokasi titik duga, diperoleh harga tahanan jenis  $100 \Omega$  m pada kedalaman 60 - 100 m sehingga didapatkan hasil pemboran pada titik antara GF-8 dan GF-10, lapisan aquifer dijumpai pada kedalaman 60 - 80 m dengan tebal  $\pm 20$  m [10].

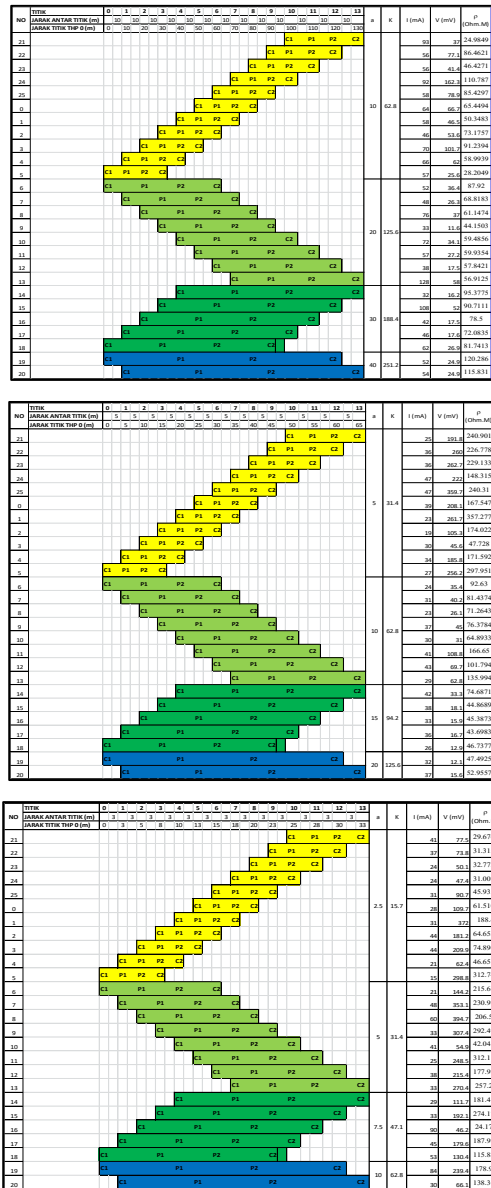
Perhitungan tahanan jenis semu (*apparent resistivity*) dilakukan dengan koreksi geometri yang tergantung pada jarak dan susunan elektrode yang digunakan. Penandaan antara kedalaman dengan tahanan jenis, sebagai bahan interpretasi untuk menentukan jenis batu atau tanah, batas lapisan, ketebalan dan menduga akuifer berdasarkan tahanan jenisnya. Pengukuran dengan geolistrik ini sangat bermanfaat untuk menentukan urutan stratigrafi dari perlapisan tanah dan batuan dari permukaan sampai dengan kedalaman pengamatan geolistrik untuk setiap titik [6]. Selain untuk keperluan *stratigrafi* data tahanan jenis kelistrikan dapat membantu menginterpretasi adanya bidang gelincir yang diindikasikan banyaknya kadar air pada daerah bidang gelincir dan adanya batuan dasar bidang gelincir yang umumnya padat tersemen dan kedap air.

Oleh karena itu pola peletakan titik geolistrik dibuat sedemikian rupa agar bisa menggambarkan penampang-penampang memanjang/searah poros longsor dan penampang melintang poros longsor atau umumnya penampang terakhir ini adalah memanjang jalan.

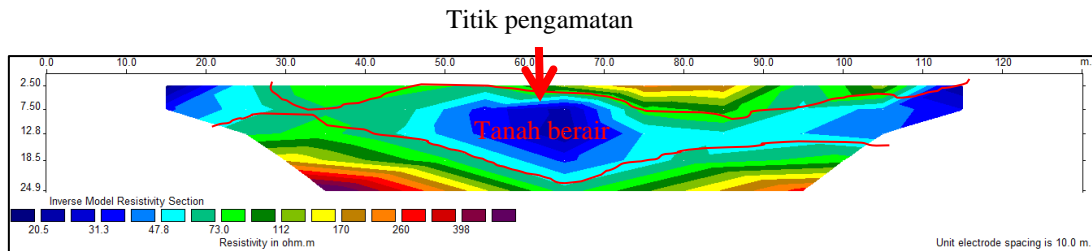
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data dan Analisis Data

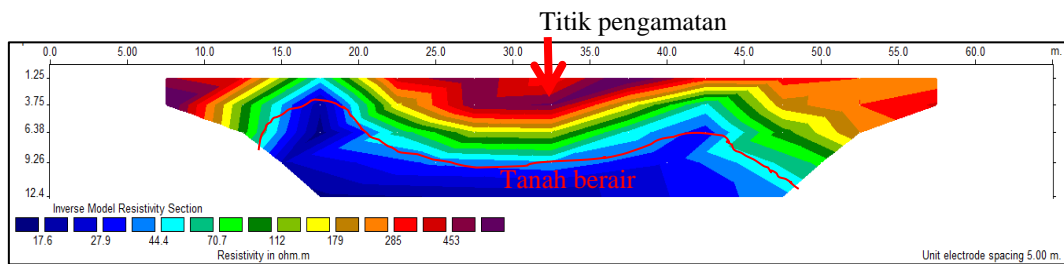
Data yang diperoleh dari lapangan dilakukan analisa 2 dimensi menggunakan program Res2D [11-12]. Pengukuran geolistrik terbagi menjadi 3 jalur pada sepanjang lokasi pengukuran, yaitu jalur 1 adalah memanjang jalan sebelah kanan dari Arok, jalur 2 memanjang jalan sebelah kiri dari Arok dan jalur 3 adalah melintang jalan. Hasil pengukuran seperti pada Gambar 3-6.



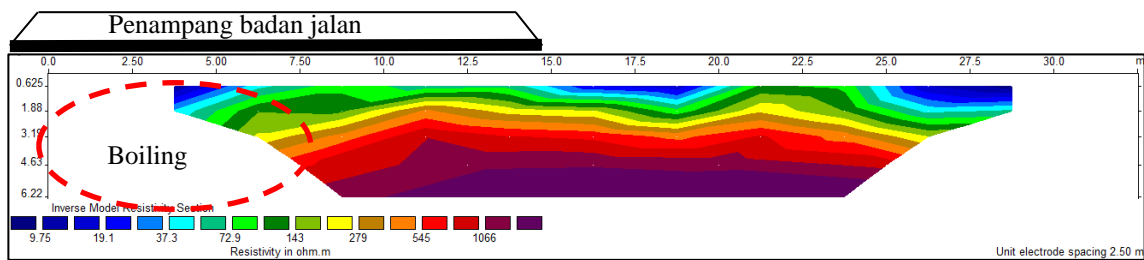
Gambar 3. Hasil Pengukuran Jalur 1, 2 dan 3



Gambar 4. Nilai Resistivity Jalur 1



Gambar 5. Nilai Resistivity Jalur 2



Gambar 6. Nilai Resistivity Jalur 3

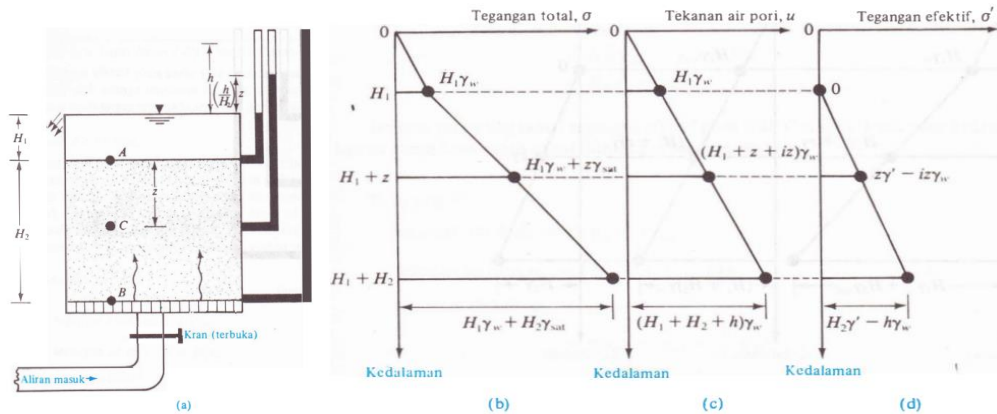
Berdasarkan hasil analisis dapat dijelaskan bahwa pada jalur 1 air tanah berada sekitar 5 meter dari muka tanah, pada jalur 2 (tepi kiri jalan) air tanah berada sekitar 9 meter dari muka tanah, dan pada jalur 3 (melintang jalan) air tanah berada pada ujung jalan sebelah kanan sekitar 5 meter dan tidak menyebrang jalan.

Dari analisis geolistrik ini terlihat muka air pada kanan jalan (jalur 1) terletak 5 meter dari muka jalan. Air tersebut berasal dari bukit yang cukup terjal, yang memberikan kuat tekan yang cukup tinggi. Pada lintasan 1 yang merupakan titik terjadinya rembesan air tanah boiling tanah berupa lempung lunak setebal 25 meter dengan parameter sebagai berikut :

1. Saat musim hujan dimana tanah menjadi jenuh dan air tinggi (berada dipermukaan tanah) dengan  $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$ , kohesi = 15 kPa dan  $q = 0$
2. Saat tidak hujan dimana tanah sebagian jenuh dan air tinggi -5 meter dari muka tanah dengan  $\gamma_{sat} = 17 \text{ kN/m}^3$ , kohesi = 20 kPa dan  $q = 20$
3. Pada badan jalan dilakukan penggalian dengan kedalaman  $H = 7 \text{ m}$ . Pada bagian bawah tanah tersebut terdapat lapisan tanah yang mengalami tekanan artesis, sehingga tanah terangkat

### 3.2. Analisa Boiling Dan Perencanaan Subdrained

Gambar 7 memperlihatkan adanya rembesan air ke atas pada suatu lapisan tanah berbutir di dalam silinder. Penyebab terjadinya rembesan karena penambahan air melalui saluran pada dasar selinder [13]. Variasi dari tegangan total, tekanan air pori, dan tegangan efektif dengan kedalaman digambarkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Tegangan Aliran Air ke Atas

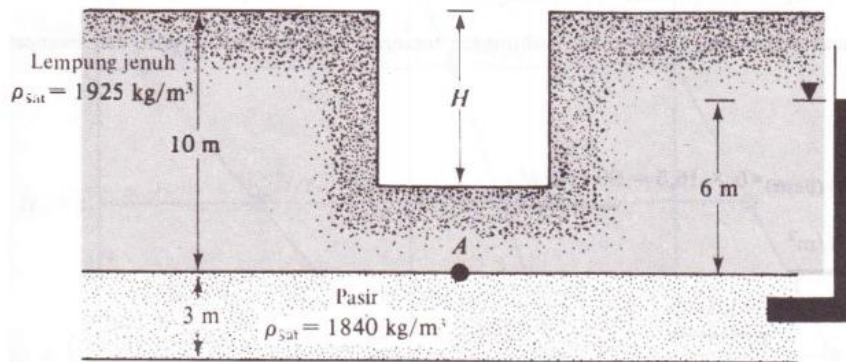
Apabila kecepatan rembesan dan gradien hidrolis bertambah secara perlahan, suatu keadaan batas akan dicapai di mana [14]:

$$\sigma_c' = z\gamma' - i_{cr}z\gamma_u = 0$$

di mana  $i_{cr}$  = gradien hidrolis kritis (untuk keadaan di mana tegangan efektif adalah sama dengan nol). Dalam keadaan seperti ini, kestabilan tanah akan hilang. Keadaan ini biasanya dikenal sebagai boiling atau *quick condition*. Dari persamaan kondisi seimbang diatas maka diperoleh [4]:

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_u}$$

Pada badan jalan dilakukan penggalian dengan kedalaman  $H = 7$  m. Pada bagian bawah tanah tersebut terdapat lapisan tanah yang mengalami tekanan artesis, sehingga tanah terangkat. Tinggi galian  $H = 7$  meter, terjadi boiling pada muka jalan. Hal ini terjadi akibat tekanan air artesis P. Hal ini dapat dimodelkan seperti Gambar 8.



Gambar 8. Permodelan Tanah Terhadap Boiling

Tekanan total pada permukaan tanah galian,  $\sigma_a$   
 Tekanan air pori (tekanan keatas), U  
 Agar tidak terjadi pengelembungana (heaving) maka,  
 Sehingga tekanan air pori (tekanan artesis), P  
 Tebal tanah menggelembung, t  
 Total tekanan artesis, Pt  
 Berat volume tanah menggelembung

$\sigma_a = (h - H) \times \gamma_w$   
 $U = P \times \gamma_w$   
 $\sigma_a - U = (h - H) \times \gamma_w - P \times \gamma_w = 0$   
 $P = \{(h - H) \times \gamma_w\} / \gamma_w$   
 $t = 5$  m  
 $Pt = P$   
 $\gamma_{sat} = 1,8$  ton/m<sup>3</sup>

Pada kondisi seimbang maka  $\rightarrow \sigma_a - U = (h - H) \times a - P \times \gamma_w = 0$ , sehingga didapat  $P = 9m$ .

Tinggi tekan jika dikali 1,5 meter dari muka tanah yang ada maka besar tekanan adalah  $P' = 9 + (9/5) \times 1,5 = 11,7 m$ .

Debit air mengalir keatas dihitung dengan rumus  $Q = A \left( k \frac{h}{L} \right) t$ , dengan input data:

$$(h - H) = 3,5 m$$

$$\gamma_{sat} = 1,8 ton/m^3$$

$$\gamma_w = 1 ton/m^3$$

$$P = 11,7 m$$

$$\text{Panjang lintasan, } L = 3,5 m$$

$$\text{Lebar penampang subdrain, } B = 1 m$$

$$k = 0,000001 m/det$$

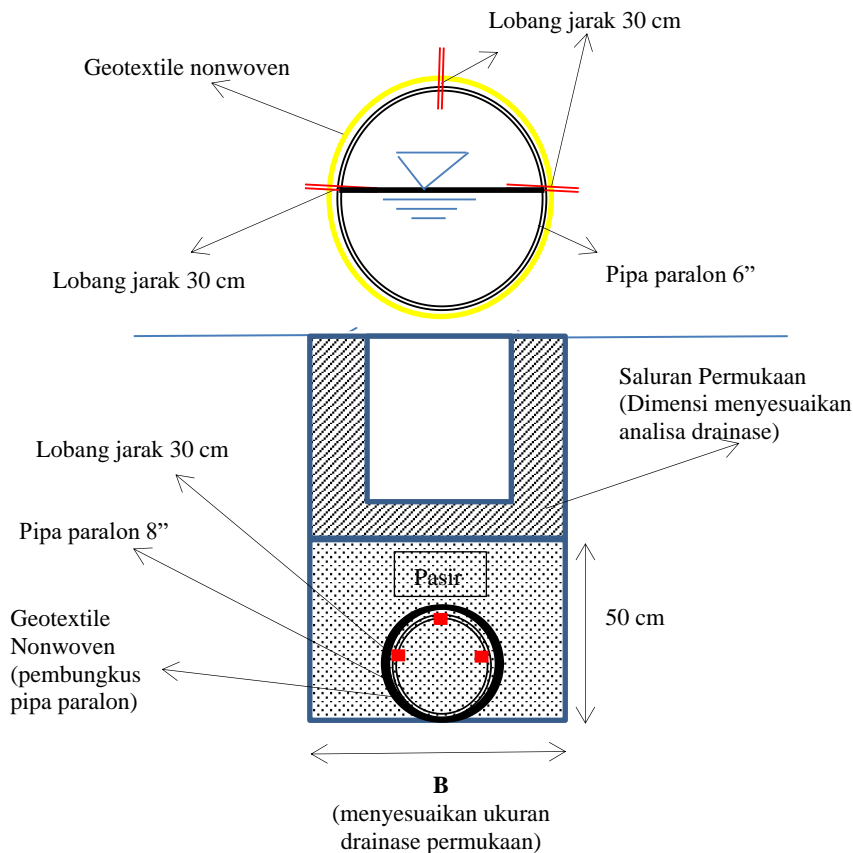
$$\text{Waktu konsentrasi, } t = 120 detik$$

$$\text{Panjang rembesan } Lr = 65 m$$

Maka debit aliran  $Q = 0,02607429$

### 3.3. Perencanaan Subdrained

Pipa adalah istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang dicairkan maupun serbuk halus [15]. Untuk *subdrained* direncanakan menggunakan pipa paralon diameter 6 inch diberi lobang pada bagian atas dan samping kiri dan kanan dan dibungkus *geotextile nonwoven* seperti Gambar 9.



Gambar 9. Desain Subdrained

Hasil perhitungan debit aliran yang terjadi pada pipa (*subdrained*) terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit Aliran *Subdrained*

Diameter saluran	8 inci
Diameter saluran	0,2032 m
Tinggi basah, H	0,001016
Luas penampang basah	0,0162064 m <sup>2</sup>
Keliling basah	0,319024 m
Jarai-jari basah	0,0508 m
Kemiringan saluran, I	0,05
Kecepatan aliran, $V = \frac{Q}{A} = \frac{kR^{2/3} I^{1/2}}{n}$	2,1469677 m/det
Debit aliran, Q	0,0347947 m <sup>3</sup> /det

Debit aliran *subdrained* menggunakan pipa dari hasil perhitungan melebihi debit aliran yang terjadi, sehingga dapat disimpulkan bahwa dimensi *subdrained* yang digunakan adalah memenuhi syarat ( $Q_{aliran\ pipa} = 0,0347947\ m^3/det > Q_{aliran\ eksisting} = 0,02607429\ m^3/det$ ).

Untuk mengatasi terjadinya kerusakan badan jalan akibat tekanan air keatas maka perlu dicegat aliran air bertekanan sebelum badan jalan dengan *subdrained* menggunakan pipa paralon diameter 8” dikedalaman 1,5 meter dari muka tanah sekarang. Hasil tindakan lanjutan dari analisisnya maka dibuat desain *subdrained* seperti pada Gambar 9. Sehingga untuk memastikan tinggi tekanan air maka dapat dipasang *poezometer* sedangkan untuk memastikan parameter tanah sebaiknya dilakukan pengeboran.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Air tanah berada 7,5 meter dari ujung tebing galian dengan kedalaman dari muka tanah sekitar 5 meter.
2. Penyebab terjadinya tanah menyebul dan boiling karena adanya tekanan air keatas sebesar 9 m dimana kondisi ini mencapai kritis terjadinya boiling.
3. Untuk mengatasi terjadinya kerusakan badan jalan akibat tekanan air keatas maka perlu dicegat aliran air bertekanan sebelum badan jalan dengan *subdrained* menggunakan pipa paralon diameter 8” dikedalaman 1,5 meter dari muka tanah sekarang.
4. Untuk memastikan tinggi tekanan air dapat dipasang *poezometer*.
5. Untuk memastikan parameter tanah sebaiknya dilakukan pengeboran.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Berita Provinsi Kalimantan Barat. <https://kalbarprov.go.id/berita/pkrms-sebagai-usulan-pada-phjd-provinsi-kalimantan-barat-tahun-anggaran-2022-2023.html>, diakses tgl 26 Januari 2022.

[2] Simpean, I Nengah. 2015. “Modul Praktikum Metode Geolistrik”. Fakultas Teknik Univ. Udayana.

[3] Andriyani S., Ramelan A. H. dan Sutarmo. 2010. “Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombong Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen dengan Metode Geolistrik Schlumberger”. Jurnal EKOSAINS, Vol. II, No. 1.

[4] Maemuna S., Darsono, dan Legowo B., 2017. “Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombong Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen dengan Metode Geolistrik Schlumberger”. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol 13 Nomor 2.



- [5] Murti, H. A. 2009. "Analisis Pendugaan Potensi Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri". Laporan Tesis Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [6] Prandika, R.P. 2014. "Laporan Praktikum Geofisika I". Laboratorium Universitas Padjajaran. Bandung.
- [7] SNI 2528. 2012. "Tata Cara Pengukuran Geolistrik Wenner untuk Eksplorasi Air Tanah". Standar Nasional Indonesia.
- [8] SNI 2818. 2012. Tata Cara Pengukuran Geolistrik Schlumberger untuk Eksplorasi Air Tanah. Standar Nasional Indonesia.
- [9] SNI 7751. 2012. Tata Cara Pencatatan Akuifer dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Normal dan Log Normal dalam Rangka Eksplorasi Air Tanah. Standar Nasional Indonesia.
- [10] Subardjo, Nurdin H., Slamet S., dan Daromono S. 2000. "Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis untuk Pencarian Sumber Air Tanah Di Cipanas Jawa Barat". Prosiding Seminar Pranata Nuklir dan Teknisi Litkayasa, ISBN: 979-8769-10-4. Jakarta.
- [11] Loke, M.H., 2004. "Tutorial 2D and 3D Electrical Imaging Surveys. Brimingham University. England.
- [12] Hanjar, Krisna. 2016. "Modul Pengolahan Data Geolistrik dengan RES2DINV"
- [13] Yuliet, R., Abdul Hakam, Mas Mera, Fauzan. 2018. "Fenomena Sand Boiling dan Hubungannya dengan Likuifaksi". *5<sup>th</sup> ACE Conference*. 28 November 2018. Padang, Sumatra Barat.
- [14] Suyanto, I. 2013. "Perbandingan Survei dan Analisis Data Geolistrik Sounding Daerah Pantai dan Pegunungan Studi Kasus Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah". Laboratorium FMIPA Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- [15] Mudiarto, A., Supriyadi dan Sugiyanto. 2013. "Pemodelan Fisik Untuk Monitoring Kebocoran Pipa Air Dengan Metode Geolistrik". *Unnes Physics Journal*, Vol. 1(1): 1-6.