

## Penelitian Kondisi Tanah Bawah Permukaan Jalan Raya Babat-Bojonegoro-Padangan

Mohammad Muntaha  
Staft Pengajar Diploma Teknik Sipil ITS  
email: mohamad\_m74@ce.its.ac.id

### ABSTRAK

Permasalahan utama yang sering ditemui pada konstruksi jalan di daerah tropis adalah kerusakan pada perkerasan jalan yang terjadi dalam masa umur pelayanan konstruksinya. Salah satu faktor penyebab yang sangat berperan dalam kerusakan ini adalah kekuatan daya dukung tanah dasarnya (*subgrade*). Makalah ini bertujuan melihat kondisi tanah bawah permukaan jalan Bojonegoro-Padangan Km 133+500, jalan Babat-Bojonegoro Km 86+400 yang mempunyai masalah pada perkerasannya. Serangkaian penyelidikan geoteknik dan geofisika dilakukan untuk melihat kondisi bawah permukaan jalan. Hasil penelitian menunjukkan sampai kedalaman 30 meter struktur tanah di bawah permukaan jalan merupakan tanah lunak.

**Kata kunci:** *Tanah, Sondir dan Boring, Geolistrik dan Geoseismik*

### 1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan angkutan darat, terutama kendaraan bermotor yang meliputi jenis, ukuran, dan jumlah maka kelancaran keamanan, kenyamanan arus lalu lintas dan daya dukung dari perkerasan jalan harus menjadi perhatian.

Permasalahan utama yang sering ditemui pada konstruksi jalan di daerah tropis adalah kerusakan pada perkerasan jalan yang terjadi dalam masa umur pelayanan konstruksinya. Salah satu faktor penyebab yang sangat berperan dalam kerusakan ini adalah daya dukung tanah dasarnya (*subgrade*) yang tidak sesuai dengan beban.

Kondisi tanah dasar yang digunakan sebagai bahan konstruksi untuk pondasi lapisan perkerasan jalan raya, mempunyai peran yang sangat penting dalam menentukan stabilitas dari perkerasan tersebut. Kondisi tanah dasar yang jelek (*soft soils*) dan kualitas pekerjaan yang tidak memenuhi standart ditengarai sebagai penyebab utama kerusakan pada beberapa ruas jalan di Indonesia (Soemitro, dkk, 2005) [1].

Ruas jalan propinsi Babat-Bojonegoro-Padangan merupakan salah satu ruas jalan yang memiliki permasalahan pada konstruksi perkerasan (Gambar 1). Bertahun-tahun permasalahan kerusakan perkerasan di ruas jalan ini tidak dapat dipecahkan. Berbagai

type perkerasan pernah di buat untuk menanggulangi kerusakan pada permukaannya, akan tetapi semuanya tidak menunjukkan hasil yang diharapkan.

Berdasarkan data dan pengamatan yang telah dilakukan, tampaknya bahwa permasalahan utama pada ruas jalan ini adalah kondisi tanah dasarnya. Untuk itu akan dilakukan serangkaian penelitian lapangan dan laboratorium dilokasi ruas jalan ini, sehingga akan didapatkan gambaran bawah tanah permukaan diruas jalan ini secara lengkap. Dengan pemahaman yang menyeluruh, maka dapat diambil langkah-langkah yang tepat untuk menangani kerusakan jalan di ruas ini.



(a).



(b).

Gambar 1. Kerusakan ruas jalan  
Bojonegoro-Padangan (a). Km 13+550  
(b). Km 86+400

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kerusakan Jalan

Menurut UU RI Nomor 38 Tahun 2004: "jalan adalah suatu prasarana hubungan darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, di atas permukaan tanah dan/atau air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel".

Ada beberapa hal yang menyebabkan kerusakan pada jalan, disamping beban lalu lintas, kemungkinan penyebab kerusakan secara umum dapat dikelompokkan menjadi: (Depkimpraswil, 2003:3-17)

- Konstruksi perkerasan, termasuk tanah dasar lemah,
- Perbedaan kekuatan dua bagian perkerasan,
- Penggunaan bahan dan cara pengerjaan yang tidak sesuai dengan NSPM,
- Sistem drainase yang jelek (memperlemah konstruksi perkerasan),
- Umur (mengakibatkan penuaan/ pelapukan aspal),
- Kemarau (mengakibatkan penyusutan tanah sehingga terjadi retak memanjang),
- Gaya horizontal pada saat kendaraan direm (menimbulkan retak selip),
- Keterlambatan pemeliharaan.

Berdasarkan SK Dirjen Bina Marga No. 77/KPTS/Db/1990, pekerjaan jalan dapat dibagi dalam 4 (empat) kelompok besar sebagai berikut:

- Pekerjaan Pemeliharaan: untuk jalan kondisi baik/sedang.
- Pekerjaan Berat (pembangunan baru, peningkatan, rehabilitasi Penunjangan): untuk jalan berkondisi rusak/rusak berat.
- Pekerjaan Penyangga: Untuk jalan berkondisi rusak/rusak berat.
- Pekerjaan Darurat.

Sedangkan berdasarkan kondisinya, jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi
  - Jalan dengan kondisi baik, adalah jalan dengan permukaan perkerasan yang benar-benar rata, tidak ada gelombang dan tidak ada kerusakan permukaan.
  - Jalan dengan kondisi sedang adalah jalan dengan kerataan permukaan perkerasan sedang ( $IRI < 6$  m/km), mulai ada gelombang tetapi tidak ada kerusakan.
  - Jalan dengan kondisi rusak ringan adalah jalan dengan permukaan perkerasan sudah mulai bergelombang ( $IRI < 12$  m/km), mulai ada kerusakan permukaan dan penambalan (kurang dari 20% dari luas jalan yang ditinjau).
  - Jalan dengan kondisi rusak berat, adalah jalan dengan permukaan perkerasan sudah banyak seperti bergelombang, retak-retak buaya dan terkelupas yang cukup besar (20% - 60% dari luas jalan yang ditinjau), disertai dengan kerusakan lapis pondasi seperti ambles, sungkur, dan sebagainya.
- Untuk Jalan Kabupaten
  - Jalan dengan kondisi baik adalah jalan dengan permukaan perkerasan baik sampai dengan ( $IRI < 17$  m/km) dan tidak ada kerusakan permukaan.
  - Jalan dengan kondisi sedang adalah jalan dengan kerataan permukaan perkerasan mulai bergelombang ( $IRI < 12$  m/km), dan sudah ada sedikit kerusakan permukaan dan

- penambalan (kurang dari 20% dari luas jalan yang ditinjau).
3. Jalan dengan kondisi rusak ringan adalah jalan dengan kondisi perkerasan bergelombang yang sudah mulai mengganggu kenyamanan berkendara (20 - 60 % dari luas jalan yang ditinjau).
  4. Jalan dengan kondisi rusak berat adalah jalan dengan kerusakan permukaan berupa lubang-lubang yang disertai dengan kerusakan lapis pondasi dibawahnya, seperti lubang-lubang yang dalam, ambles, sungkur dan sebagainya yang cukup besar (lebih dari 60 % dari luas jalan yang tinjau).

## 2.2 Tanah Mengembang

Peristiwa penyusutan (*shrinkage*) dan pengembangan (*swelling*) pada tanah lempung pada dasarnya adalah peristiwa perubahan volume pada tanah. Penyusutan tanah terjadi karena penurunan kadar air tanah akibat evaporasi dari permukaan tanah pada musim kering atau akibat penurunan muka air tanah sehingga terjadi peristiwa kapiler yang diikuti dengan kenaikan tegangan efektif antar butiran. Sebagai akibatnya volume tanah akan menyusut (Mochtar, 1994)[2]. Apabila tegangan kapiler melampaui nilai kohesi atau kekuatan tarik tanah maka akan terjadi keretakan pada tanah (Fredlund, 1995)[3]. Keretakan yang terjadi akan menurunkan kekuatan massa tanah secara keseluruhan dan mempengaruhi stabilitas struktur yang didirikan diatas tanah tersebut.

Jika terjadi perubahan musim kembali dan air masuk kedalam tanah maka akan terjadi kenaikan volume tanah dan menyebabkan terjadinya pengembangan. Pengembangan akibat perubahan volume tanah ini akan menyebabkan terjadinya tekanan pengembangan (*swelling pressure*) yang nilainya kadang-kadang cukup besar sehingga dapat terjadi kerusakan pada bangunan ringan atau perkerasan jalan. Peristiwa pengembangan tanah lebih kompleks daripada peristiwa penyusutan. Besarnya pengembangan dan tekanan pengembangan antara lain dipengaruhi oleh mineral lempung yang ada pada tanah, struktur dan orientasi partikel (*fabric*) tanah, dan aspek fisika-kimia tanah

(Mitchell, 1976)[4]. Mineral lempung motmorillonite lebih mengembang daripada illite dan kaolinite. Tanah yang mempunyai orientasi partikel random lebih mengembang daripada yang berorientasi searah.

Lebih lanjut Komormik dan David (1969) dalam Mochtar (1994) [2] menjelaskan bahwa pengembangan tanah terjadi dikarenakan oleh 2 sebab, yaitu sebab mekanis dan sebab fisika-kimia. Secara mekanis, pengembangan adalah proses kebalikan dari peristiwa kapiler. Bila kadar air tanah naik dan tanah menjadi jenuh, maka tegangan kapiler akan mengecil, sehingga tegangan air pori akan sama besarnya dengan tegangan hidrostatik. Akibatnya tegangan efektif akan menurun dan tanah cenderung mengembang. Sedangkan secara fisika-kimia, mekanisme pengembangan tergantung dari sifat-sifat fisik tanah seperti plastisitas dan butiran-butiran mineral yang menyusun lempung. Butiran tanah lempung umumnya berbentuk pipih yang mempunyai muatan listrik negatif dipermukaannya. Muatan listrik negatif ini diimbangi oleh kation yang ada pada air diantara partikel tanah. Gaya listrik antar partikel lempung adalah fungsi dari muatan listrik negatif dari permukaan lempung dan elektro-kimia dari tanah dan air. Perubahan komposisi kimia dan/atau perubahan kadar air menyebabkan terjadinya perubahan gaya antar partikel. Bila perubahan gaya-gaya ini tidak diimbangi oleh perubahan gaya-gaya atau tegangan dari luar, maka jarak antar partikel akan berubah sampai terjadi keseimbangan gaya-gaya sehingga akan terjadi pengembangan.

## 3. METODOLOGI

Serangkaian penelitian geoteknik dan geofisika dilakukan Km 133+500 jalan Bojonegoro-Padangan untuk mendapatkan gambaran tanah bawah permukaan. Penelitian geoteknik berupa pengukuran Boring, SPT, DCPT, dan pengambilan sampel tanah. Sedangkan penelitian geofisika meliputi geolistrik dan geoseismik. Untuk penelitian laboratorium meliputi sifat fisik tanah dan sifat mekanik/kuat geser.

### 3.1 Tes Boring

Tes boring dilakukan sebanyak 1 titik pada lokasi yang telah ditentukan sampai

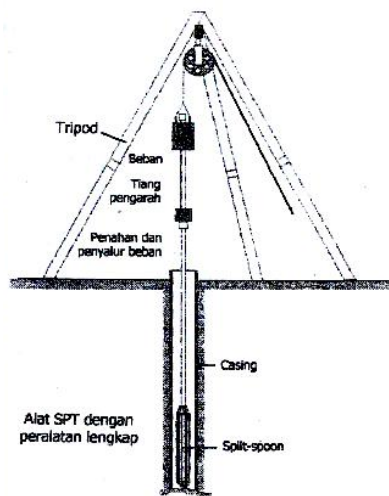
dengan kedalaman 30 meter. Peralatan yang digunakan adalah bor mesin type Helical Auger (bor spiral) diameter 3 - 15", Core barrel diameter s/d 4" sedangkan Bucket Auger diameter s/d 48".

Pada tes boring ini ada 2 macam contoh tanah yang diambil yaitu:

- Contoh tanah tidak asli (*disturbed*) diambil setiap interval 0.50 m dari muka tanah
- Contoh tanah undisturbed diambil tiap 1 m dari muka tanah.

### 3.2 Tes SPT

Setelah pengambilan tanah undisturbed, maka pekerjaan berikutnya adalah melakukan Standart Penetration Test (SPT). Pekerjaan SPT yaitu memasukkan split spoon kedalam tanah dengan ditumbuk dengan menjatuhkan beban dengan tinggi jatuh 76 cm dan berat beban 63.5 kg (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Peralatan Pengukuran SPT

### 3.3 Tes Sondir

Tes Sondir bertujuan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya luas. Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan panjang.

### 3.4. Pengukuran Geolistrik

Metode yang geolistrik yang dipakai adalah metode resistivitas 2 Dimensi. Metode ini merupakan pengembangan dari resistivitas 1 Dimensi, dimana pada metode resistivitas 1 Dimensi mempunyai keterbatasan di dalam menggambarkan perubahan resistivitas bawah permukaan secara horizontal. Sesuai dengan namanya, metode ini bertujuan menggambarkan resistivitas bawah permukaan secara 2 dimensi yakni perubahan resistivitas secara vertical dan horizontal.

Dalam metode ini, konfigurasi yang akan dipakai adalah konfigurasi *Wenner* karena sensitivitas ketidakhomogenan pada arah horizontal tinggi. Metode pengambilan data 2 dimensi resistivitas ini, seperti terlihat pada Gambar 3.

### 3.5 Pengukuran Geoseismik

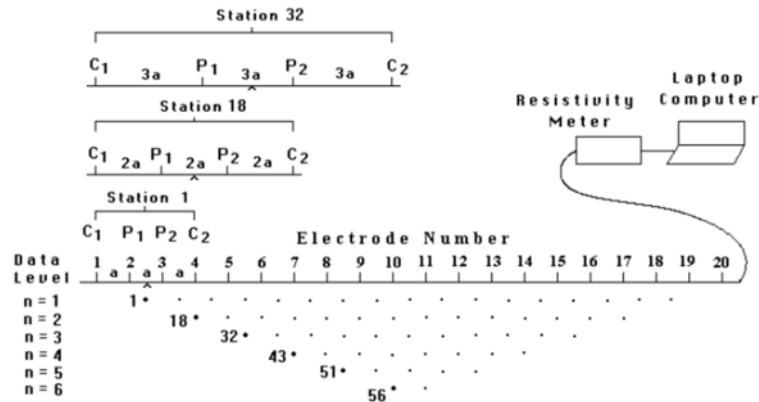
Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan metode Seismik Refleksi. Akuisisi pengambilan data seismik dalam penelitian ini menggunakan cara *end-on (common - shot)* yang konfigurasi shot dan geophone-nya dapat dilihat pada Gambar 4. Sebagai source digunakan palu (*hammer*) seberat  $\pm 5$  kilogram, yang dipukulkan di atas permukaan jalan aspal dan perekaman dilakukan dengan menggunakan 6 buah geophone, dengan pergeseran shot masing-masing lintasan secara berurutan. Dari akuisisi data ini akan didapatkan data mentah seismik dengan format OYO (\*.org), yaitu berupa trace-trace seismik dari geophone yang merekam waktu tempuh gelombang dan event seismik.

### 3.6 Penelitian Laboratorium

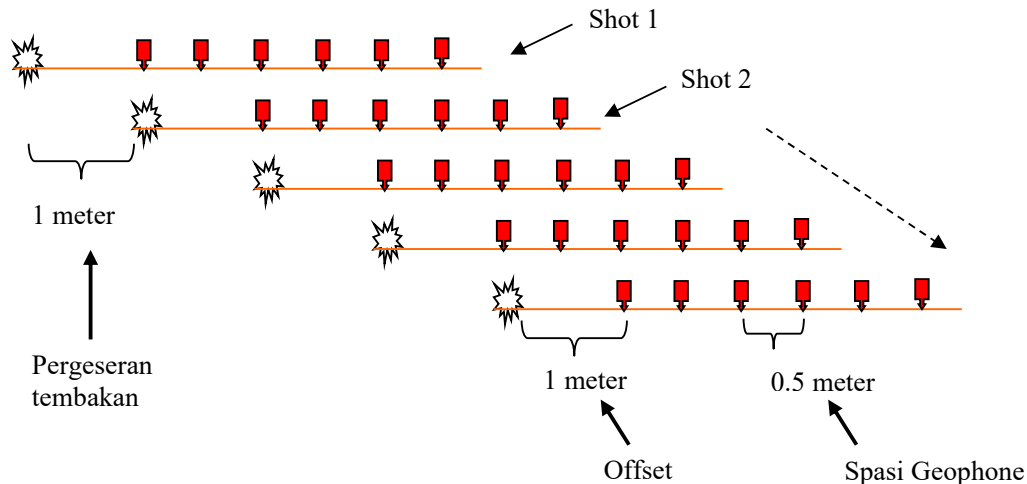
Sampel tanah hasil dari lapangan kemudian dibawa ke laboratorium untuk memperoleh data parameter sifat dasar dan parameter kekuatan tanah.

Penelitian laboratorium yang dilakukan antara lain: uji sifat fisik tanah, dan uji sifat mekanik. Uji sifat fisik meliputi: pengujian kadar air lapangan (ASTM D2216-71); pengujian batas-batas konsistensi meliputi: batas cair (ASTM D423-66), batas plastis (ASTM D424-74) dan batas susut (ASTM D427-74); pengujian gravimetri-volumetri (ASTM D854-72); dan pengujian gradasi butiran yang terdiri dari analisa ayakan (ASTM D422-63) dan analisa hydrometer (ASTM D1140-

54). Uji sifat mekanis meliputi: uji sudut geser dalam dan kohesi tanah dengan alat Uji Geser Langsung. (kedalaman 30 meter) dengan nilai SPT 6 sampai 8.



Gambar 3. Konfigurasi Wenner untuk 2 dimensi



Gambar 4. Skema akusisi data Geoseismik

#### 4. HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

##### 4.1. Tes Boring dan SPT.

Borlog dan SPT tanah dasar jalan Km 133+500 Bojonegoro-Padangan seperti terlihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa kondisi tanah dasar jalan pada kedalaman 0 sampai dengan 20 meter adalah tanah lempung dengan nilai SPT mulai 2 sampai 8, kemudian lapisan lensa pasir pada kedalaman 21 sampai 24 meter dengan nilai SPT 8 sampai 14, selanjutnya adalah tanah lempung sampai akhir pengeboran

Berdasarkan nilai SPT tanah yang berkisar antara 2 sampai 8, maka tanah dasar dibawah perkerasan jalan Bojonegoro-Padangan tanah sangat lunak sampai lunak (*very soft - soft*).

##### 4.2. Hasil Tes Sondir

Hasil pengujian 2 titik sondir di Km 133+500 terlihat pada Gambar 6. Dari grafik sondir terlihat nilai konus tanah pada kedalaman 0 sampai dengan 20 meter adalah kurang dari 50 kg/cm<sup>2</sup>, dengan JHP

mendekati 2500 kg/cm. Hasil yang sangat khas dari karakteristik tanah lempung, yaitu tahanan ujung kecil tetapi lekatannya besar.

Tanah dengan nilai Konus < 25 merupakan tanah yang sangat lunak (J.E. Bowles, 1984)[5], hasil penyelidikan 2 titik sondir menunjukkan hal ini, sehingga menunjukkan bahwa tanah dibawah jalan Km 133+500 merupakan tanah yang sangat lunak, hasil ini sesuai dengan hasil yang di dapat dari pengujian SPT.

#### 4.3. Hasil Uji Laboratorium

Kondisi tanah dasar pada ruas jalan yang menjadi lokasi penelitian diukur dengan beberapa indikator yaitu LL, PL, PI, analisis saringan dan kohesi. Hasil pengukuran indikator-indikator pada ruas jalan yang diteliti Km 133+500 Bojonegoro-Padangan seperti terlihat pada Tabel 1.

Batas cair (LL) dan batas plastis (PL) merupakan salah satu parameter untuk mengetahui sifat dan klasifikasi tanah. Bersama dengan parameter lain yang disebut plastisitas, parameter ini akan memberikan gambaran kemampuan tanah untuk berdeformasi pada volumen tetap tanpa terjadi retakan (B.M. Das, 1994)[2]. Jika dilihat dari batas cair (*Liquid Limit*) dan batas plastis (*Plastic Limit*) tanah, menunjukkan bahwa tanah dasar di Km 133+500 Bojonegoro-Padangan mempunyai LL dan PL yang cukup besar.

Tinjauan kondisi tanah dasar selanjutnya adalah indeks plastisitas (PI). Indeks ini menggambarkan selisih antara batas air dan batas plastis. Semakin besar PI biasanya mengindikasikan semakin besarnya kandungan lempung dalam tanah, yang juga akan membuat tanah menjadi semakin tidak stabil. PI juga menggambarkan kemampuan tanah di dalam menyerap dan menguapkan air sebelum berubah perilakunya menjadi cair atau kering. Seperti halnya LL dan PL, terlihat bahwa tanah dasar di KM 133+500 mempunyai PI yang cukup tinggi.

Dari analisis saringan menunjukkan, bahwa 79,66% tanah lolos ayakan 200. Terlihat bahwa hampir 80% kondisi tanah di bawah permukaan jalan adalah tanah fraksi halus (lanau dan lempung).

Dari Tabel 1 di bawah juga menunjukkan bahwa CBR tanah di Km 13+550 (Padangan-Ngawi) dan Km 86+400 (Babat- Bojonegoro)

memiliki CBR < 2 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedua ruas jalan tersebut memiliki tanah dasar yang lunak, sehingga pada kedua ruas jalan tersebut memungkinkan terjadinya kerusakan seperti ambles baik secara parsial maupun merata pada seluruh ruas jalan.

#### 4.4. Hasil Pengukuran Geolistrik

Dari hasil pengolahan data geolistrik pada lokasi KM 86+400 (Gambar 7), terlihat distribusi penyebaran resistivitas sampai pada kedalaman 20 m didominasi dengan harga 0.5  $\Omega$ m sampai 15  $\Omega$ m (warna biru tua sampai warna biru muda). Jika dikorelasikan dengan standart nilai resistivitas, maka jenis batuan pada lokasi KM 86+400 didominasi oleh lempung basah sampai lempung berlanau.

Hal ini juga terlihat pada hasil pengolahan data geolistrik pada lokasi KM 133+550 (Gambar 8), terlihat distribusi penyebaran resistivitas sampai pada kedalaman 20 m didominasi dengan harga 0.5  $\Omega$ m sampai 21  $\Omega$ m (warna hijau sampai warna merah). Jika dikorelasikan dengan standart nilai resistivitas, maka jenis batuan pada lokasi KM 133+550 didominasi oleh lempung basah sampai lempung berlanau dan lempung berpasir.

#### 4.5. Hasil Pengukuran Seismik Refraksi

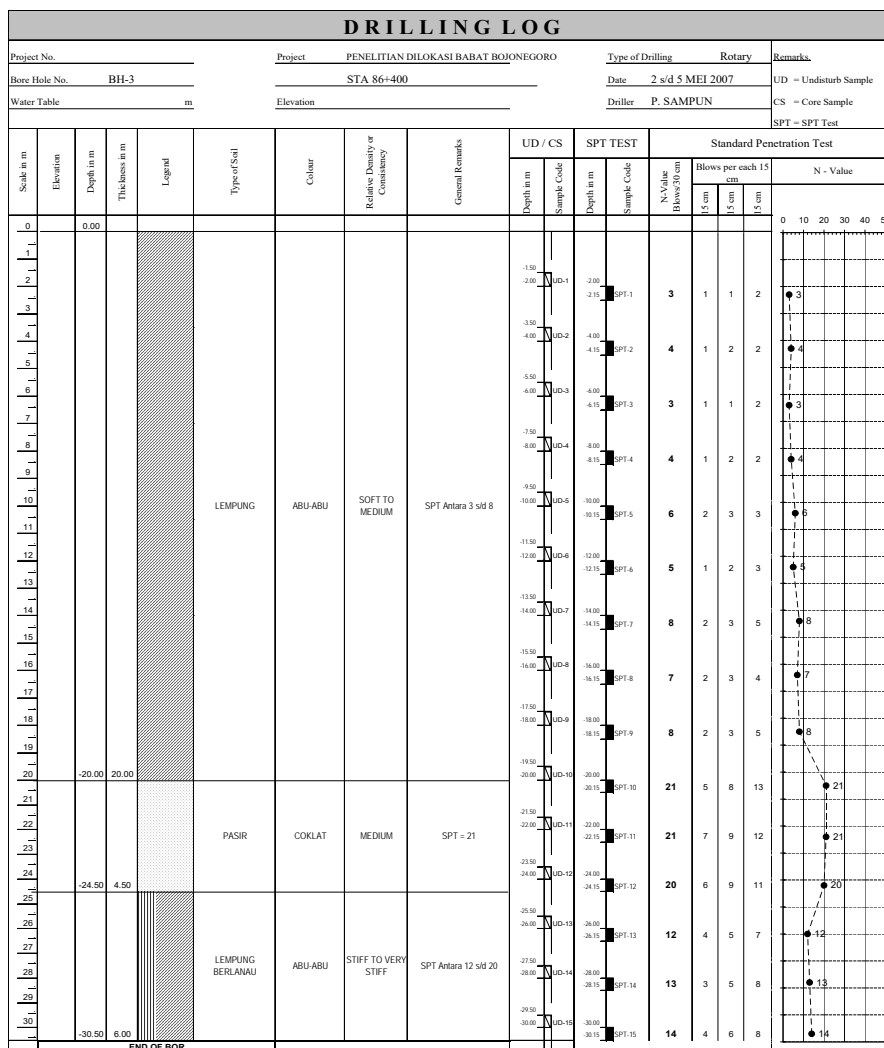
Dari korelasi hasil pengolahan data seismik dengan lokasi 6 (enam) perkerasan jalan terlihat untuk ruas jalan raya Babat-Bojonegoro (km 86+400), Gambar 9.a, *subgrade* yang terletak pada jarak 8.5 meter atau tepatnya berada di bawah bahan perkerasan Agregat Kelas A (ditandai dengan lingkaran merah nomor 2) mengalami kerusakan paling parah berupa penurunan (*settlement*) yang relatif cukup besar. Hal ini ditunjukkan dalam seismik section, garis hitam yang terputus.

Sementara untuk ruas jalan raya Bojonegoro-Padangan (km 133+500), Gambar 9.b, *subgrade* yang terletak pada jarak 18.5 meter atau tepatnya berada di bawah bahan perkerasan Concrete Base Course/CBC (ditandai dengan lingkaran merah nomor 6) juga mengalami penurunan (*settlement*) yang relatif cukup besar dibandingkan dengan *subgrade* yang terletak di bawah bahan perkerasan jalan yang lain.

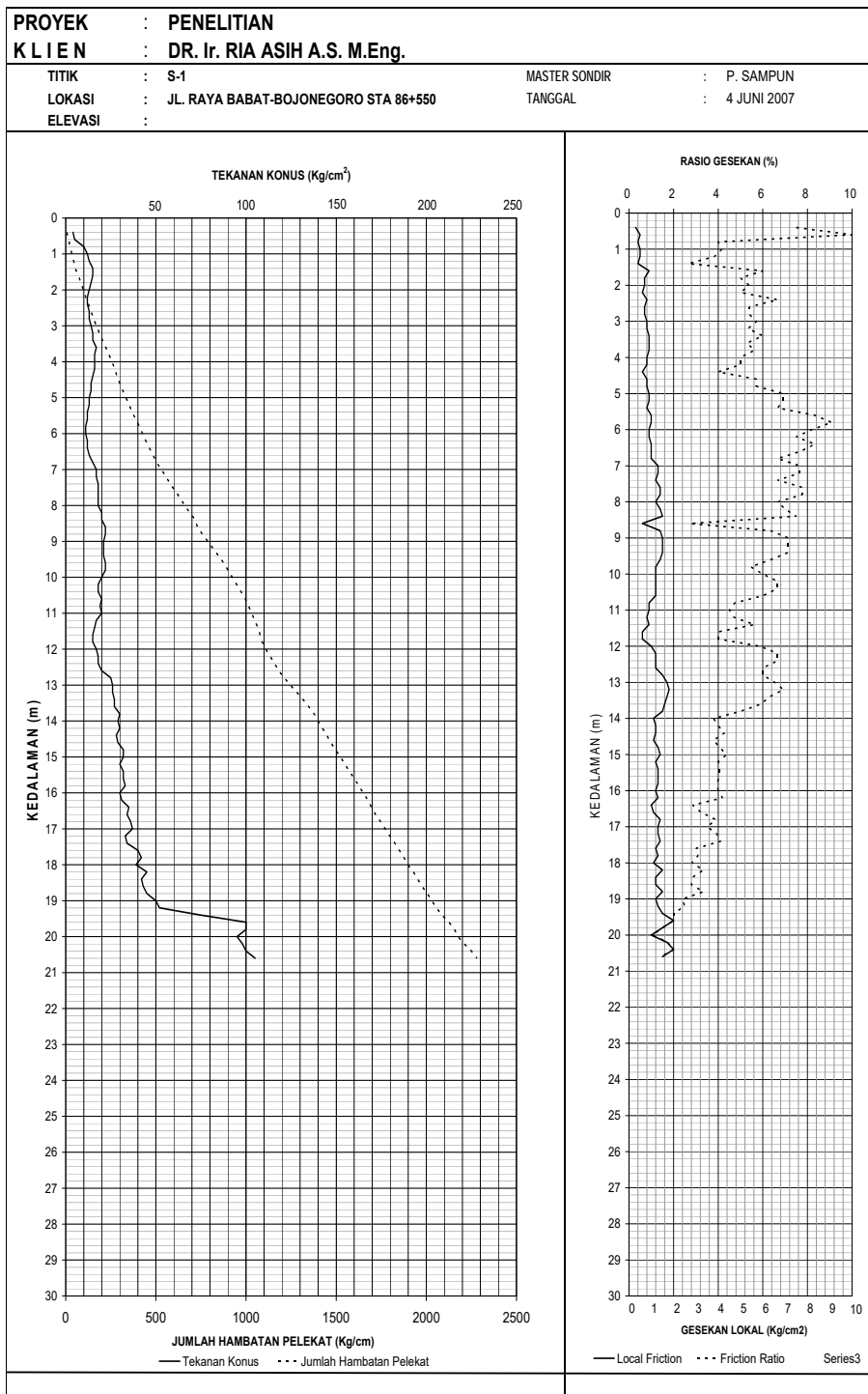
Tabel 1. Kondisi Tanah di Lokasi Penelitian

Link	Tahun	CBR (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Analisis SAR 200
Link 036 (Bojonegoro-Padangan)	2003	2.02	68.50	41.27	27.23	79.66
	2004	2.20	78.50	37.87	40.63	98.02
Link 037 (Padangan-Ngawi)	2003	1.82	86.50	42.77	43.73	93.07
	2004	2.15	77.30	35.53	41.78	95.67
Link 038 (Babat-Bojonegoro)	2003	1.82	73.50	38.27	35.23	81.50
	2004	2.08	74.75	35.85	38.21	86.69

Sumber: Hasil Penelitian

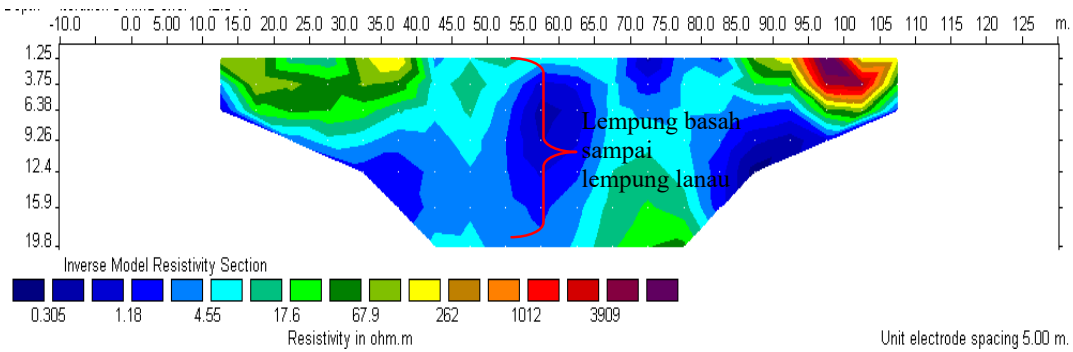


Gambar 5. Hasil Penelitian Borlog Jalan Bojonegoro-Padangan

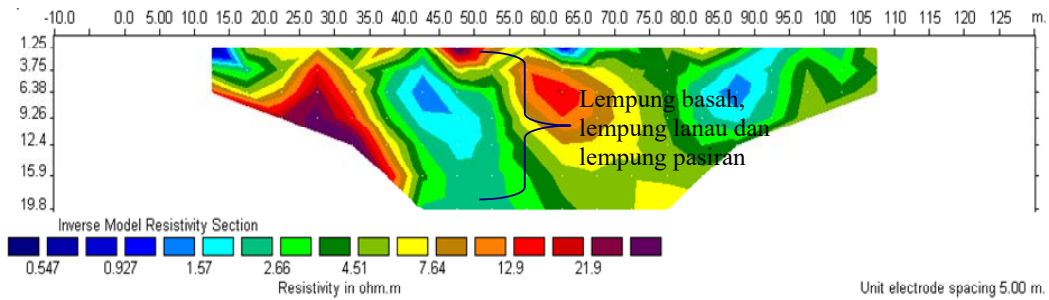


Gambar 6. Hasil Penelitian Sondir Jalan Raya Bojonegoro-Padangan

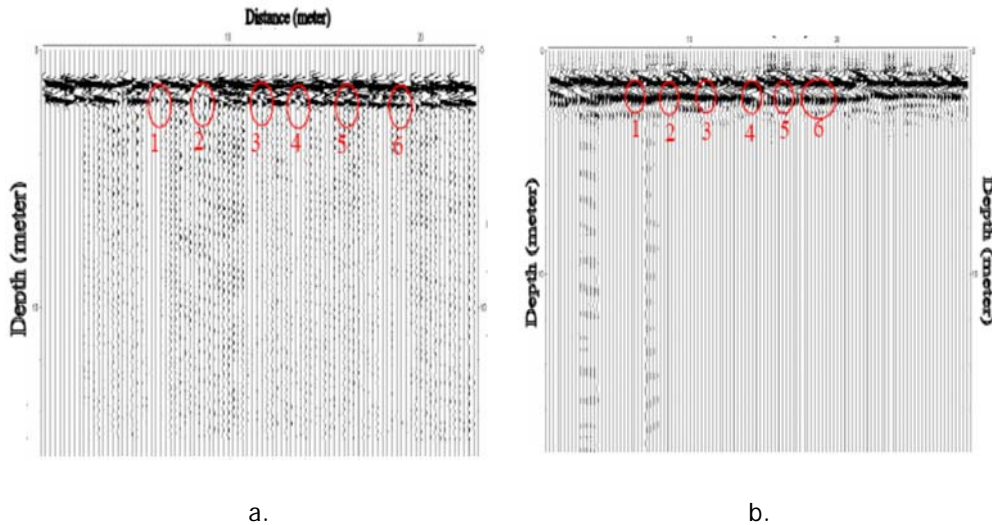




Gambar 7. Interpretasi hasil resistivitas pada lokasi KM 86+400



Gambar 8. Interpretasi hasil resistivitas pada lokasi KM 133+500



Gambar 9. (a). Interpretasi hasil seismik pada lokasi KM 86+400  
(b). Interpretasi hasil seismik pada lokasi KM 133+500

#### 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian bor dan sondir menunjukkan sampai kedalaman 30 meter struktur tanah di bawah permukaan jalan Babat-Bojonegoro-Padangan merupakan tanah lempung lunak dengan nilai N-SPT 2 sampai 8, demikian juga hasil penyelidikan geofisik menunjukkan sampai kedalaman 21 meter merupakan tanah lempung lunak basah.

#### 6. DAFTAR ACUAN

Acuan yang dipakai untuk penulisan artikel ini antara lain:

- [1] Soemitro, R.A.A, 2005, "Laporan Akhir Ristek 2005", Laporan Penelitian, ITS, Surabaya.
- [2] Das, B.M., 1994, "Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Fredlund, D.G., Xing, A. and Barbour, S. L. (1995). "The Relationship of the Unsaturated Soil Shear Strength to the Soil-water Characteristic Curve", Canadian Geotechnical Journal, 39, 159-167.
- [4] Mitchell, J.K. (1976), "Fundamentals of Soil Behavior", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [5] Bowles, J.E. (1991). "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", Erlangga, Jakarta.
- [6] American Standart Testing Material (ASTM) D 420 - D 5611.