

JRL	Vol.6	No.1	Hal. 79 - 88	Jakarta, Maret 2010	ISSN : 2085-3866
-----	-------	------	--------------	------------------------	------------------

STRATIGRAFI BATUAN DAN KONDISI AKUIFER DI KAWASAN WISATA CANDI BOROBUDUR DAN PRAMBANAN

Ig. Setyawan Purnama

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur-Yogyakarta. Telp. 0272-6492332/Fax. 0274-589595
E-mail : SetyaPurna@geo.ugm.ac.id

Abstract

Borobudur and Prambanan Temples are icons of cultural tourism in Central Java and Yogyakarta. Increasing settlement, tourist and new facilities, especially garden, cause the increasing of groundwater usage. In the long term, the usage of groundwater that exceed the recharge can cause various impact such as land subsidence that can make damage of temples structure.

The objectives of this study are to identify the rock stratigraphy in research area and know the condition of aquifer and its groundwater potency. To achieve these goals, it is carried out geoelectric sounding in 10 samples point, namely five points in Borobudur Temple and five points in Prambanan Temple. To analyse sounding data, the resistivity data from field sounding are interpreted by Schlumberger O'Neil Programme. Base on the interpretation, can be determined rock stratigraphy, aquifer condition and qualitative potency estimation of groundwater in the research area.

The results showed that the rock stratigraphy in surrounding Borobudur and Prambanan Temples are different. The area surrounding Borobudur Temple consist of sand, gravel, tuff, lapilli, claystone and sandstone, whereas in Prambanan are consist of sand, gravel, soil, rock fracture and sand clayed. Aquifer layer in Borobudur area are consist of sand, gravel, tuff and lapilli, whereas in Prambanan area are consist of sand and gravel. Base on its aquifer material, the groundwater potency in Prambanan area is higher than Borobudur area.

Key words : rock stratigraphy, aquifer condition.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Candi Borobudur adalah Candi Buddha terbesar di Indonesia, yang merupakan monumen yang mengagumkan. Candi ini dibangun pada tahun 800 Masehi dan terletak di Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Candi Prambanan adalah Candi Hindu yang dibangun pada tahun 856 Masehi. Candi ini terletak di Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kedua candi tersebut merupakan ikon pariwisata budaya di wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta. Dari tahun ke tahun selalu terjadi

peningkatan pengunjung dan pembangunan fasilitas baru. Tentunya pemanfaatan air tanah juga semakin meningkat untuk mencukupi kebutuhan air pengunjung dan penyiraman taman.

Dalam jangka panjang, penggunaan air yang melebihi kemampuan pengisian kembali akan mengakibatkan berbagai dampak. Salah satunya adanya penurunan tanah (*subsidence*) akibat kosongnya rongga-rongga di dalam tanah karena hilangnya air. Tentu fenomena ini dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur candi. Salah satu cara untuk mengetahui stratigrafi batuan dan kondisi akuifer di dalam tanah adalah dengan teknik geolistrik, karena geolistrik merupakan alat untuk mendeteksi perlapisan batuan di dalam bumi.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui stratigrafi batuan di daerah penelitian
2. Mengetahui kondisi akuifer dan potensi airtanah di daerah penelitian.

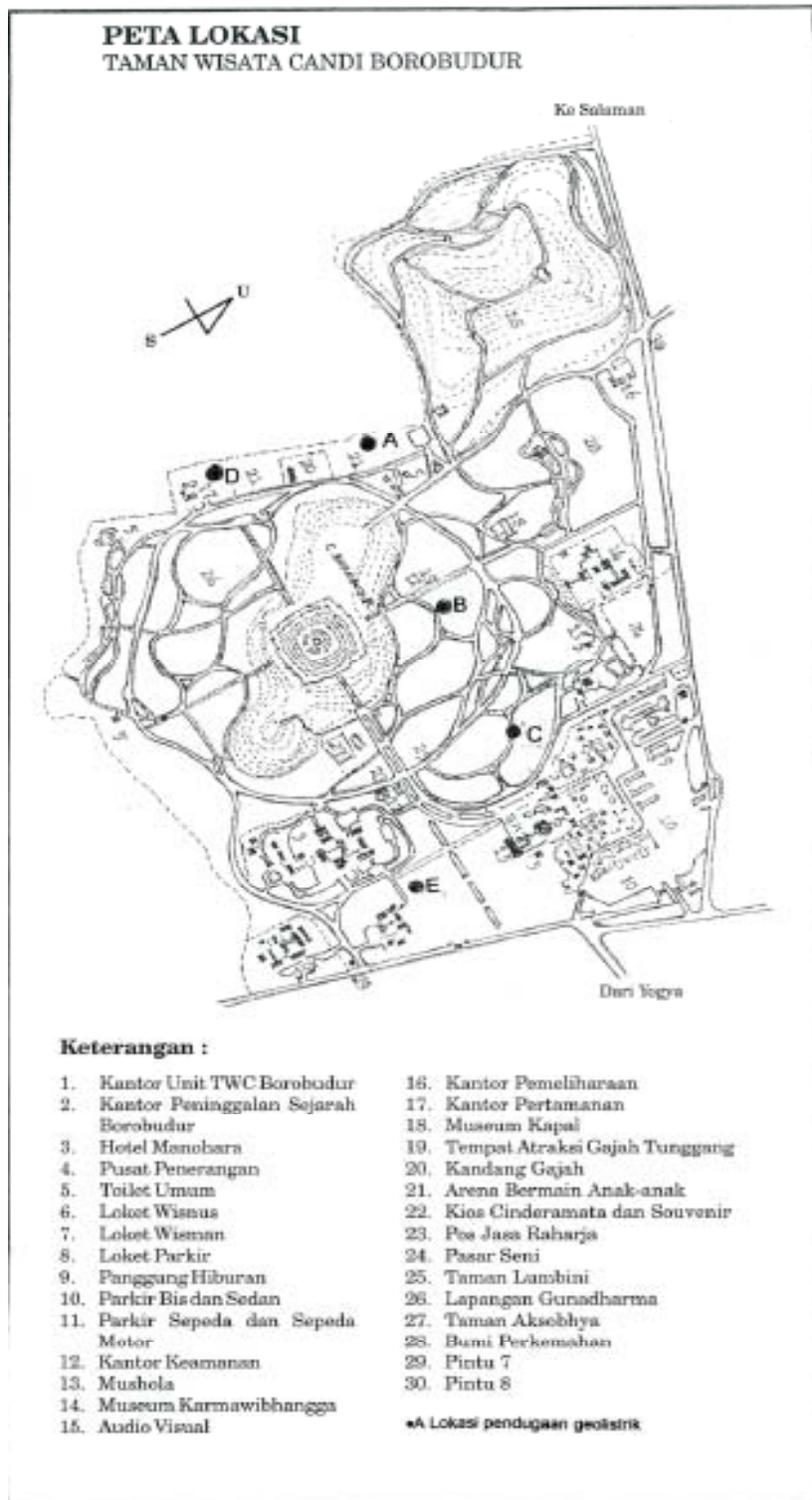
2. Metode Penelitian

2.1 Teknik Penelitian

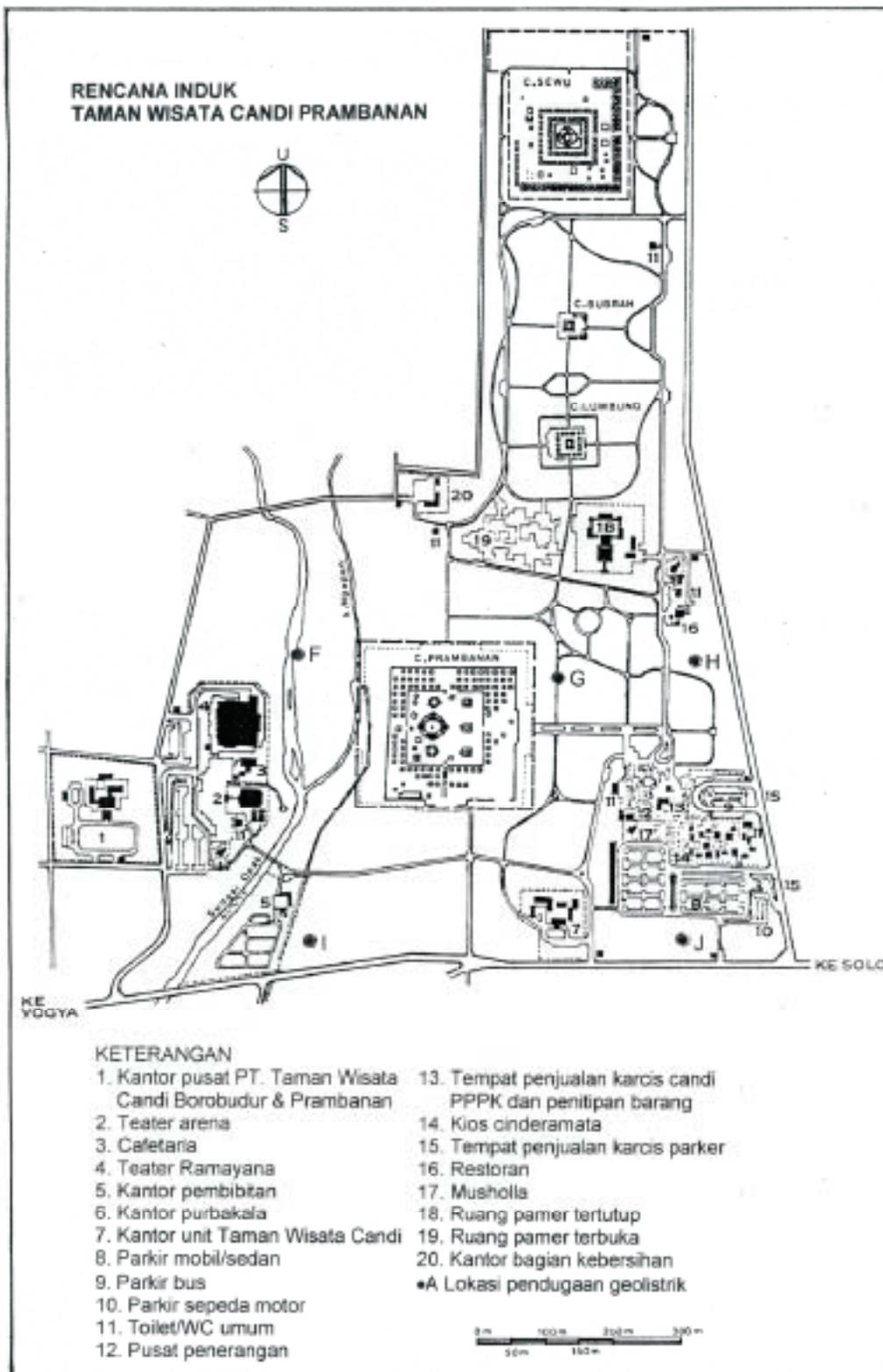
Untuk mengetahui stratigrafi batuan dan kondisi akuifer daerah penelitian, di kawasan Candi Borobudur dan Candi Prambanan masing-masing dilakukan pendugaan geolistrik pada 5 titik sampel. Penentuan sampel pendugaan didasarkan pada luasan wilayahnya (Gambar 1 dan 2). Teknik geolistrik yang digunakan

adalah rangkaian elektrode menurut Konfigurasi Schlumberger, dengan rentangan elektroda arus 150 meter (Gambar 3).

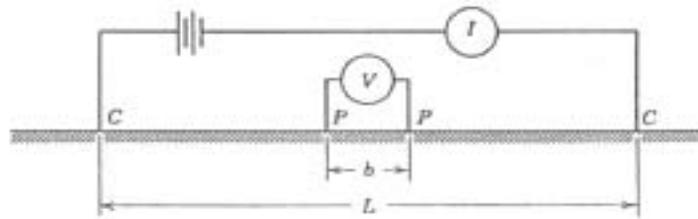
Prinsip pendugaan geolistrik Konfigurasi Schlumberger adalah dengan mengalirkan arus listrik searah ke dalam tanah melalui dua buah elektrode arus yang ditancapkan ke dalam tanah. Besarnya kuat arus yang mengalir ke dalam tanah diukur dengan amperemeter. Perubahan potensial tanah (ΔV) akibat arus listrik tersebut diukur melalui dua buah elektrode potensial yang ditancapkan diantara kedua elektrode arus. Susunan elektrode arus dan elektrode potensial diubah-ubah mulai jarak 1,5 meter hingga 150 meter. Pada jarak elektrode arus yang pendek berarti tahanan jenis yang terukur hanya pada permukaan tanah saja (sedalam $\frac{1}{2}$ jarak elektrode arus). Semakin jauh jarak elektrode arus berarti tahanan jenis lapisan tanah yang terukur juga akan semakin dalam.



Gambar 1. Lokasi pendugaan geolistrik di Candi Borobudur



Gambar 2. Lokasi pendugaan geolistrik di Candi Prambanan



Keterangan :

V = potensial tanah

I = kuat arus

C = elektroda arus

P = elektroda potensial

L = jarak antar elektroda arus

b = jarak antar elektroda potensial

Gambar 3. Rangkaian elektroda Konfigurasi Schlumberger (Todd, 1980)

Alat-alat yang digunakan dalam pendugaan geolistrik Konfigurasi Schlumberger di lapangan meliputi sepasang patok tembaga dan besi, rol dan kabel baja untuk mengalirkan arus dan tegangan listrik, kompensator untuk menetralkan tegangan tanah, voltmeter untuk mengukur tegangan, amperemeter untuk mengukur kuat arus, rectifier untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah serta generator sebagai sumber arus bolak-balik bagi rectifier. Selain itu digunakan pula *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan lokasi pendugaan secara tepat.

2.2 Analisis Data

Hasil pendugaan geolistrik adalah data kuat arus dan perubahan potensial. Untuk menentukan harga tahanan jenisnya, dihitung dengan rumus (Zohdy 1980) :

$$R = K \frac{\Delta V}{I}$$

dengan R adalah tahanan jenis (*resistivity*), I adalah kuat arus searah yang dialirkan ke dalam tanah, ΔV adalah perubahan tegangan yang terjadi dan K adalah konstanta yang tergantung pada jarak elektrode.

Selanjutnya untuk melakukan interpretasi hasil pengukuran, data hasil pengukuran lapangan yang berupa jarak elektrode arus $\frac{1}{2} L$ (dalam meter) dan harga tahanan jenis (dalam Ωm) dimasukkan dalam program Schlumberger O'Neil.

Dari hasil running programme dapat ditentukan stratigrafi batuan dan kondisi akuifernya.

Prinsip utamanya adalah bahwa tiap perlapisan batuan mempunyai tahanan yang berbeda-beda bila dialiri listrik yang disebut tahanan jenis (*resistivity*). Hasil pendugaan pada berbagai jenis batuan menunjukkan adanya kisaran nilai tahanan jenis yang bervariasi. Sebagai contoh grafit mempunyai tahanan jenis 10-6 Ωm , sedangkan kuarsit mempunyai tahanan jenis lebih dari 1012 Ωm (Zohdy *et al.*, 1980). Todd (1980) menyatakan bahwa secara umum batuan metamorf mempunyai tahanan jenis antara 102 hingga 108 Ωm , sedangkan pada batuan sedimen dan pada bahan lepas (pasir dan kerikil) bervariasi dari 1 hingga 104 Ωm . Pada batuan basal serta pasir dan kerikil yang kering, nilai tahanan jenisnya dapat mencapai ribuan Ωm , sedangkan untuk pasir dan kerikil yang jenuh air tawar tahanan jenisnya antara 15 dan 600 Ωm .

3. Hasil Penelitian

3.1 Hasil Pendugaan Geolistrik di Candi Borobudur

3.1.1 Titik Pengukuran A

Titik pengukuran A terletak pada taman bermain di sebelah barat candi, dengan arah bentangan kabel barat-timur. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 8,2 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 20,4 Ωm hingga 68 Ωm . Di bawahnya, hingga kedalaman 19,8 meter didapatkan lapisan batuan batuan dengan nilai

tahanan jenis 9,8 Ω m. Dari kedalaman 19,8 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 65,4 Ω m.

Memperhatikan variasi tahanan jenisnya, dari permukaan tanah hingga kedalaman 8,2 meter diperkirakan merupakan lapisan pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, merupakan lapisan akuifer yang mengandung airtanah, tersusun dari pasir, kerikil dan tufa lapili yang porus. Pada kedalaman 19,8 meter ke bawah merupakan lapisan batu lempung berpasir hingga kemungkinan batu gamping dari Formasi Jonggrangan.

3.1.2 Titik Pengukuran B

Titik pengukuran B terletak di sebelah utara candi, dengan arah bentangan kabel utara-selatan. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 8 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 19,8 Ω m hingga 33,8 Ω m. Di bawahnya, hingga kedalaman 70 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 16 Ω m. Dari kedalaman 70 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 39,1 Ω m.

Memperhatikan variasi tahanan jenisnya, dari permukaan tanah hingga kedalaman 8 meter diperkirakan merupakan lapisan pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, merupakan lapisan akuifer yang mengandung airtanah, tersusun dari pasir, kerikil dan tufa lapili yang porus. Pada kedalaman 70 meter ke bawah merupakan lapisan batu lempung berpasir hingga kemungkinan batu gamping dari Formasi Jonggrangan.

3.1.3 Titik Pengukuran C

Titik pengukuran C terletak di sebelah timur titik pengukuran A, dengan arah bentangan kabel utara-selatan. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 7,9 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 25 Ω m hingga 66,4 Ω m. Di bawahnya, hingga kedalaman 41,2 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 12 Ω m. Dari kedalaman 41,2 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 68,0 Ω m.

Memperhatikan variasi tahanan jenisnya, stratigrafi di titik ini juga hampir serupa dengan titik A meskipun terjadi variasi tebal lapisan. Dari

permukaan tanah hingga kedalaman 7,9 meter diperkirakan merupakan lapisan pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, merupakan lapisan akuifer yang mengandung airtanah, tersusun dari pasir, kerikil dan tufa lapili yang porus. Pada kedalaman 41,2 meter ke bawah merupakan lapisan batu lempung berpasir hingga kemungkinan batu gamping dari Formasi Jonggrangan.

3.1.4 Titik Pengukuran D

Titik pengukuran D terletak di sepanjang pagar barat candi, dengan arah bentangan kabel utara-selatan. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 6 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 40 Ω m hingga 90 Ω m. Di bawahnya, hingga kedalaman 60 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 12 Ω m. Dari kedalaman 60 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 7 Ω m.

Memperhatikan variasi tahanan jenisnya, dari permukaan tanah hingga kedalaman 8 meter diperkirakan merupakan lapisan pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, merupakan lapisan akuifer yang mengandung airtanah, tersusun dari pasir, kerikil dan tufa lapili yang porus. Pada kedalaman 60 meter ke bawah merupakan lapisan lempung berpasir.

3.1.5 Titik Pengukuran E

Titik pengukuran E terletak di sepanjang pagar timur candi, dengan arah bentangan kabel barat-timur. Hasil data interpretasi pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 8 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 24 Ω m hingga 50,4 Ω m. Di bawahnya, hingga kedalaman 27,5 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 11,7 Ω m. Dari kedalaman 27,5 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 43,3 Ω m.

Memperhatikan variasi tahanan jenisnya, dari permukaan tanah hingga kedalaman 8 meter diperkirakan merupakan lapisan pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, merupakan lapisan akuifer yang mengandung airtanah, tersusun dari pasir, kerikil dan tufa lapili yang porus. Pada kedalaman 27,5 meter ke bawah merupakan lapisan batu lempung berpasir hingga kemungkinan batu gamping dari Formasi Jonggrangan.

3.2 Hasil Pendugaan Geolistrik di Candi Prambanan

3.2.1 Titik Pendugaan F

Titik pendugaan F terletak di sebelah barat candi, dengan arah bentangan kabel utara-selatan. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 5 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 131 Ωm hingga 515 Ωm , yang diduga berupa tanah dan pecahan-pecahan batuan. Dari kedalaman 5 meter hingga 40,4 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 75,3 Ωm , yang diduga merupakan lapisan akuifer yang tersusun dari pasir. Di bawahnya, hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 19,7 Ωm , yang diduga merupakan lapisan pasir berlempung.

3.2.2 Titik Pendugaan G

Titik pendugaan G terletak di sebelah selatan museum, dengan arah bentangan kabel barat-timur. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 3,5 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 166 Ωm hingga 429 Ωm , yang diduga berupa tanah dan pecahan-pecahan batuan. Dari kedalaman 3,5 meter hingga 54,4 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 81 Ωm hingga 91 Ωm , yang diduga merupakan lapisan akuifer yang tersusun dari pasir. Di bawahnya, hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 28,3 Ωm , yang diduga merupakan lapisan pasir berlempung.

3.2.3 Titik Pendugaan H

Titik pendugaan H terletak di sepanjang pagar timur candi, dengan arah bentangan utara-selatan. Hasil data interpretasi pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 0,7 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 47,3 Ωm , yang diduga berupa campuran pasir dan kerikil kering. Di bawahnya, hingga kedalaman 2,7 meter dijumpai lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 232 Ωm , yang diduga berupa tanah dan pecahan-pecahan batuan. Dari kedalaman 2,7 meter hingga 16,6 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 30,7 Ωm , yang diduga merupakan lapisan akuifer yang tersusun

dari pasir. Di bawahnya, hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 147 Ωm , yang diduga merupakan tanah dan bongkahan batuan.

Titik pendugaan I terletak di dekat gerbang selatan. Hasil interpretasi data pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 3,6 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis antara 80 Ωm hingga 463 Ωm , yang diduga berupa tanah dan pecahan-pecahan batuan. Dari kedalaman 3,6 meter hingga 16,4 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 36,5 Ωm , yang diduga merupakan lapisan akuifer yang tersusun dari pasir. Di bawahnya, hingga kedalaman 41,7 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 136 Ωm , yang diduga merupakan tanah dan bongkahan batuan. Dari kedalaman 41,7 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 15,7 Ωm , yang diduga merupakan lapisan pasir berlempung.

3.2.5 Titik Pendugaan J

Titik pendugaan J terletak sejajar dengan titik I, yaitu di sepanjang pagar bagian selatan, dengan arah bentangan kabel barat-timur. Hasil interpretasi pendugaan di lapangan menunjukkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 0,7 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 49,9 Ωm , yang diduga berupa campuran pasir dan kerikil kering. Dari kedalaman 0,7 meter hingga 4 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 140 Ωm , yang diduga merupakan tanah dan pecahan-pecahan batuan. Di bawahnya, hingga kedalaman 43 meter didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 55 Ωm , yang diduga merupakan lapisan pasir yang mengandung airtanah dengan potensi tinggi. Dari kedalaman 43 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui didapatkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 30 Ωm , yang diduga merupakan lapisan pasir berlempung.

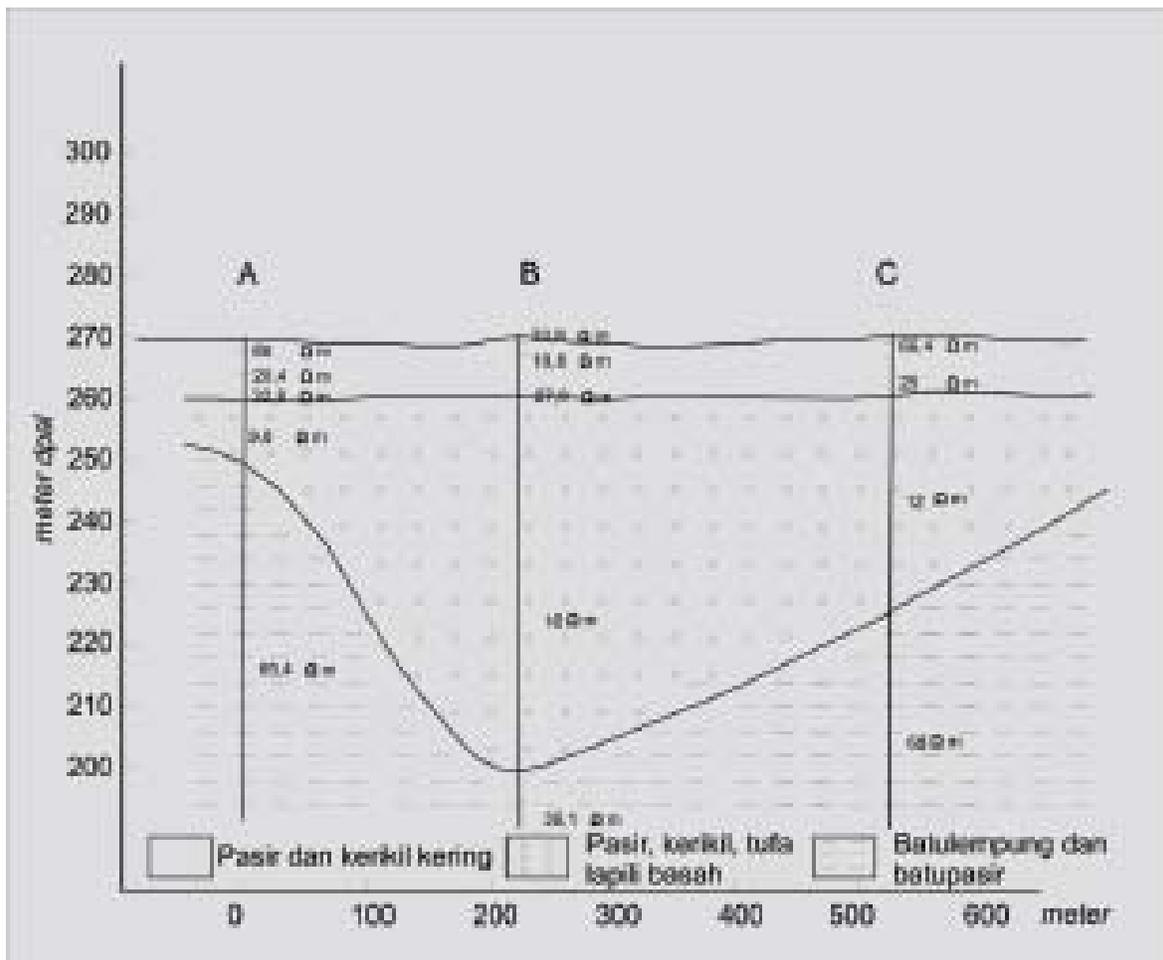
4. Pembahasan

Berdasarkan uraian dari masing-masing titik pendugaan, dapat dibuat penampang stratigrafi di kedua candi tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 4 dan 5. Berdasarkan gambar 4, dapat diketahui bahwa lapisan akuifer di kawasan Candi Borobudur pada umumnya terdapat mulai kedalaman sekitar 8 meter dari

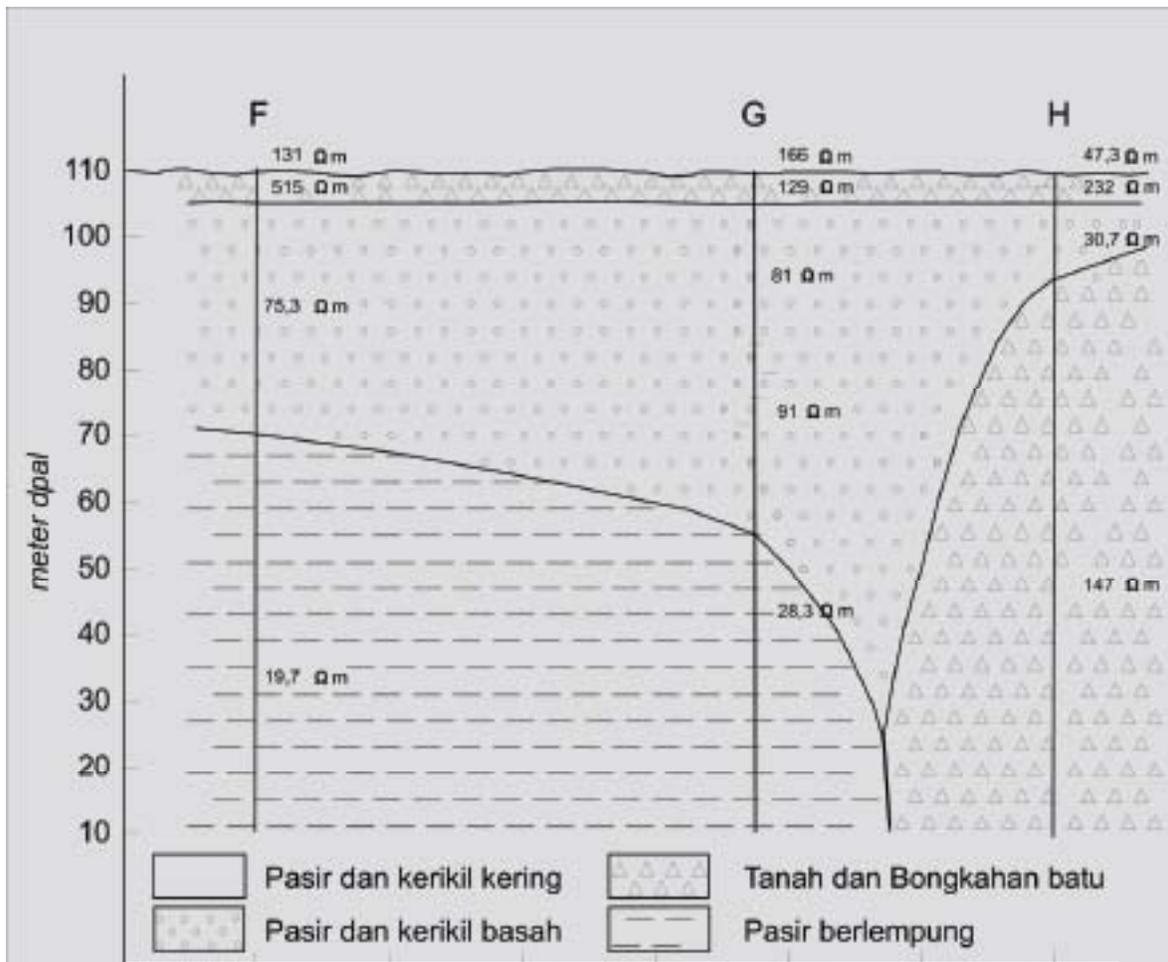
permukaan tanah. Dari penampang tersebut juga terlihat bahwa lapisan akuifer di titik pengukuran B lebih tebal daripada di titik pengukuran lainnya. Lapisan akuifer di penampang tersebut tersusun oleh pasir, kerikil dan tufa lapili ditunjukkan oleh nilai tahanan jenis antara 9,8 Ω m hingga 16 Ω m. Ketebalan lapisan akuifer berkisar antara 11,6 meter hingga 33,3 meter. Perhatikan nilai tahanan jenisnya, potensi akuifer di Candi Borobudur tidak begitu tinggi.

Di kawasan Candi Prambanan, pada umumnya akuifer yang mengandung airtanah

didapatkan pada kedalaman sekitar 3 hingga 5 meter dari permukaan tanah. Lapisan penyusunnya berupa pasir dan kerikil ditunjukkan oleh nilai tahanan 30,7 Ω m hingga 91 Ω m. Ketebalan lapisan akuifer berkisar antara 13,9 meter hingga 50,9 meter. Dari penampang tersebut juga terlihat bahwa lapisan akuifer di titik pengukuran G lebih tebal daripada di titik pengukuran lainnya. Perhatikan nilai tahanan jenis dan tebal akuifernya, potensi airtanah di kawasan Candi Prambanan diduga cukup tinggi.



Gambar 4. Penampang stratigrafi di daerah Candi Borobudur



Gambar 5. Penampang stratigrafi di daerah Candi Prambanan

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Stratigrafi batuan di wilayah Candi Borobudur dan Prambanan tidak sama. Di Candi Borobudur tersusun dari pasir, kerikil, tufa dan lapili serta batulempung dan batupasir. Di Candi Prambanan wilayahnya tersusun dari pasir dan kerikil, tanah dan bongkahan batu serta pasir berlempung.
2. Berdasarkan stratigrafi batuan, lapisan akuifer di wilayah Candi Borobudur tersusun dari pasir, kerikil, tufa dan lapili, sementara di Candi Prambanan tersusun dari pasir dan kerikil. Dari jenis material penyusun akuifernya, potensi airtanah di wilayah Candi Prambanan lebih tinggi daripada di

Candi Borobudur.

3. Ditinjau dari struktur candinya, karena lebih ramping dan menjulang, Candi Prambanan lebih rentan mengalami kerusakan struktur jika terjadi amblesan tanah. Meskipun demikian, karena suplai airtanahnya cukup, kemungkinan terjadinya kekosongan pada rongga-rongga di dalam tanah relatif kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan kondisi akuifernya, seyogyanya penurapan airtanah di Kawasan Borobudur dibatasi. Mungkin perlu dipikirkan untuk memanfaatkan air Sungai Sileng untuk memenuhi kebutuhan air di kawasan Candi

Borobudur dan sekitarnya. Untuk kawasan Candi Prambanan, meskipun potensi airtanahnya cukup tinggi, namun sebaiknya hanya digunakan untuk keperluan air minum. Untuk penyiraman taman sebaiknya menggunakan air dari Sungai Opak.

Daftar Pustaka

1. Bouwer H. 1978. *Groundwater Hydrology*. New York : McGraw-Hill Book Company.
2. Fetter CW. 1988. *Applied Hydrogeology*. New York : Macmillan Publishing Company.
3. Todd DK. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley & Sons.
4. Wanielista M, Kersten R and Eaglin R. 1997. *Hydrology : Water Quantity and Quality Control*. New York : John Wiley and Sons Inc.
5. Zohdy AAR, Eaton GP and Mabey DR. 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. Washington : United States Department of The Interior.