

CANDI PRAMBANAN PASCA GEMPA BUMI

Kabul Basah Suryolelono

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

ABSTRACT

Prambanan Temple area was partially destroyed by Yogyakarta Earthquake on May 27th, 2006. The earthquake caused a lot of parts of temple to break and fall to pieces, but entirely the structure of the temple still stand, although it looks like wrapping. The mystery of Prambanan Temple is interesting to be investigated from geotechnical approach, for structural stability of the temple.

The research was conducted by doing field investigation, consisted of boring and soil sampling, combined with geo-electrical and geo-radar investigation inside the area of the temple, for knowing the foundation structure conditions. The available secondary data of physical and mechanical properties of soil were obtained from laboratory investigations. Evaluation was conducted for soil layer and the location of groundwater level beneath the temple.

From the observation results, it can be seen that the depth of original soil is of -14,00 m, from the yard of the temple, and bodies of the temple are located white stone (tuff) block of 8,00 m thick. The tuff block layer acts as a foundation. Groundwater level was found at the depth of 11,20 m from the yard of the temple. Under the foundation of the temple, there is a 6,00 m thick of compacted coarse sand layer, acts as a vibration energy damper.

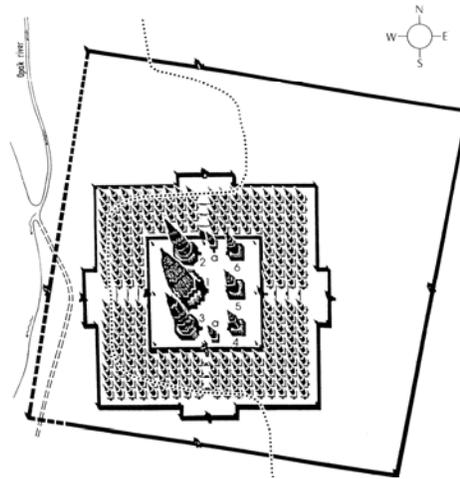
PENDAHULUAN

Kompleks Candi Prambanan atau dikenal sebagai Candi Roro Jonggrang dibangun pada tahun 856 Masehi dan ditemukan kembali oleh seorang belanda C.A. Lons pada tahun 1733 dan pada saat ditemukan dalam kondisi runtuh. Candi ini telah mengalami guncangan gempa sebanyak 16 kali dan gempa besar yang terjadi melanda kawasan Yogyakarta dan sekitarnya pada tahun 1584 Masehi (dari seorang Portugis), selanjutnya tahun 1867, 1943 dan 2006 (BP3-Prambanan, 2007).

Perbaikan pertama kompleks Candi Prambanan telah dilakukan oleh Ijzerman pada tahun 1885 Masehi, namun perbaikan hanya dilakukan dengan pembersihan dan pengumpulan batu-batu candi. Pekerjaan besar pemugaran bangunan candi ini dilakukan secara bertahap dan dimulai sejak tahun 1977 dan untuk ketiga bangunan candi Brahma, Çiwa dan Wisnu berakhir pada tahun 1991 (BP3-Prambanan, 2007).

Bangunan Candi Prambanan ini berdiri di atas tiga bentuk halaman yang masing-masing berbentuk segi empat yaitu halaman pertama dengan ukuran 110 m x 110 m, pada halaman ini dijumpai Candi utama (Brahma, Çiwa, dan Wisnu beserta Candi Perwara serta Candi Apit). Halaman ke dua berukuran 222 m x 222 m dan pada halaman ini dijumpai Candi Perwara,

sedangkan halaman ke tiga merupakan halaman kompleks Candi Prambanan dengan ukuran 390 m x 390 m (Gambar 1) (BP3-Prambanan, 2007).



Gambar 1. Kompleks Candi Prambanan.

Candi Prambanan yang terletak di perbatasan Propinsi DIY dan Jawa Tengah pasca gempa bumi tampak mengalami kerusakan cukup parah. Di bagian halaman candi banyak batu-batu candi (bagian ratna) berserakan akibat goncangan gempa, namun secara keseluruhan seolah-olah masih tegak berdiri dengan kokoh, dan kekawatiran akan adanya gempa susulan yang mungkin mengakibatkan bertambah parah kondisi sekarang ini. Selama ini masih sering terjadi gempa susulan di kawasan Yogyakarta dengan kekuatan gempa lebih kecil (Suryolelono&Rifa'i, 2007).

Untuk mengetahui kondisi baik tanah pendukung bangunan candi di kompleks Candi Prambanan maupun struktur fondasinya perlu dilakukan uji geoteknik dengan melakukan pembor-an dan dikombinasi dengan uji geolistrik serta uji georadar, untuk mendapatkan informasi lebih mendalam tentang struktur bangunan bawah, serta karakteristik fisis maupun mekanis dari tanah dasar fondasinya.

METODE PENGUJIAN

Pengujian dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat bor mesin sampai kedalaman 15,00 m, dan dikombinasi dengan uji geolistrik yang dilakukan di seluruh areal kompleks candi, serta di lokasi khusus di sekitar bangunan Candi Çiwa. Selain itu, dilakukan uji dengan alat georadar untuk mengetahui material bahan fondasi bangunan candi.

a. Uji Geoteknik

Uji ini merupakan kombinasi uji pem-bor-an sedalam 15,00 m dengan uji geolistrik di seluruh kompleks candi bertujuan untuk mendapatkan hasil interpretasi secepatnya. Uji pem-bor-an selain dapat diketahui secara visual kondisi pelapisan tanah di kompleks candi juga dilakukan uji penetrasi standar (*standard penetration test-SPT*) untuk mengetahui kemampuan dukung tanah di bawah kompleks candi serta pengukuran muka air tanah apabila diketemukan.

Uji geolistrik di lakukan di seluruh kompleks Candi Prambanan untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah dan jenis material pembentuk lapisan ini serta kedalaman muka air tanah. Di lokasi Candi Çiwa dilakukan uji geolistrik detail dengan maksud untuk mengetahui kondisi lapisan tanah serta material pembentuknya di bawah bangunan candi, bangunan fondasi, serta muka air tanah di lokasi tersebut. Metode ini memanfaatkan gelombang listrik dan kemudian diterima oleh lapisan-lapisan batuan penyusun berdasarkan sifat-sifat kelistrikan batuan tersebut dan dinyatakan dalam tahanan jenisnya.

b. Uji Georadar

Uji ini dilakukan selain untuk mendapatkan gambaran tentang kerusakan di bagian dinding candi juga untuk mendapatkan jenis bahan konstruksi fondasi khususnya untuk Candi Çiwa. Metode ini memanfaatkan gelombang radar sebagai media untuk memprediksi kondisi di bawah permukaan tanah atau di belakang suatu bangunan.

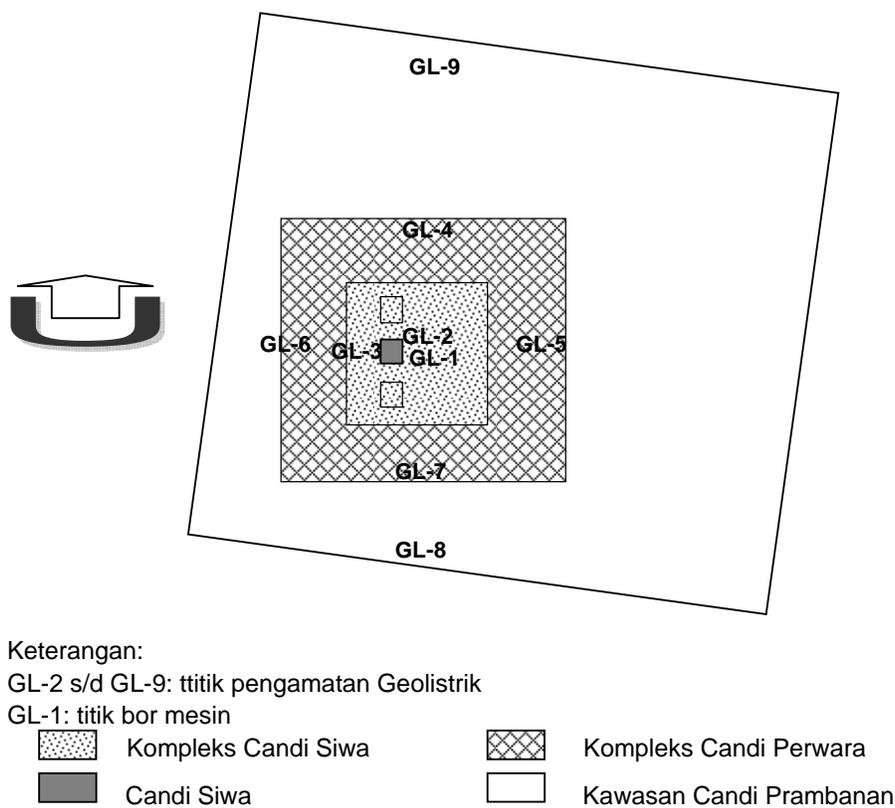
Adapun lokasi uji bor dan geolistrik dapat dilihat pada skema Gambar 2.

HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

a. Hasil uji Goeteknik dan Geolistrik ini dapat disampaikan sebagai berikut ini.

1) Tanah dasar di kompleks Candi Prambanan

Kompleks bangunan Candi Prambanan tampaknya terletak pada suatu cekungan yang kemudian ditimbun. Hal ini didukung dari hasil uji bor dan geolistrik. Letak muka tanah asli bervariasi, namun dapat dikatakan bahwa muka tanah asli ini, secara umum miring dari arah barat laut ke tenggara. Di bagian barat laut kedalaman muka tanah asli pada -8,00 m sedangkan di arah tenggara pada kedalaman sekitar -8,00 sampai dengan -16,00 m, sedangkan di lokasi Candi Çiwa, pada kedalaman -14,00 m. Letak lapisan tanah keras (batuan) terletak cukup dalam, namun dengan arah kemiringan yang sama dengan permukaan tanah asli. Di bagian barat laut kedalaman lapisan batuan bervariasi pada -25,00 m sampai dengan -33,00 m sedangkan di arah tenggara pada kedalaman yang sangat dalam.



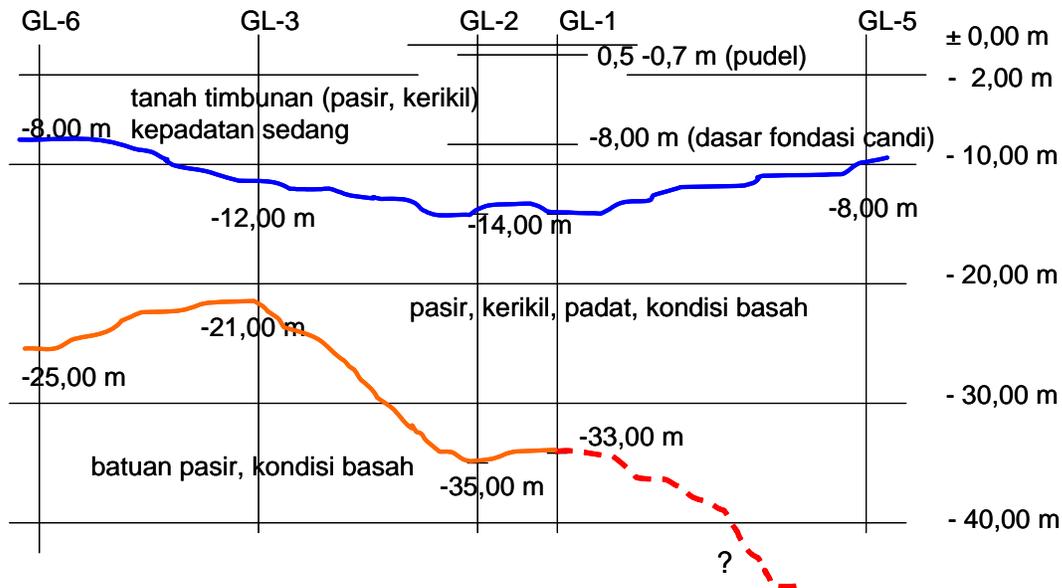
Gambar 2. Skema lokasi uji bor mesin dan geolistrik di lokasi Candi Prambanan.

Pada cekungan inilah bangunan candi dibangun, dengan dilakukan penimbunan terlebih dulu. Dari hasil uji bor mesin dan nilai SPT di lokasi sebelah timur Candi Çiwa adalah sebagai berikut ini.

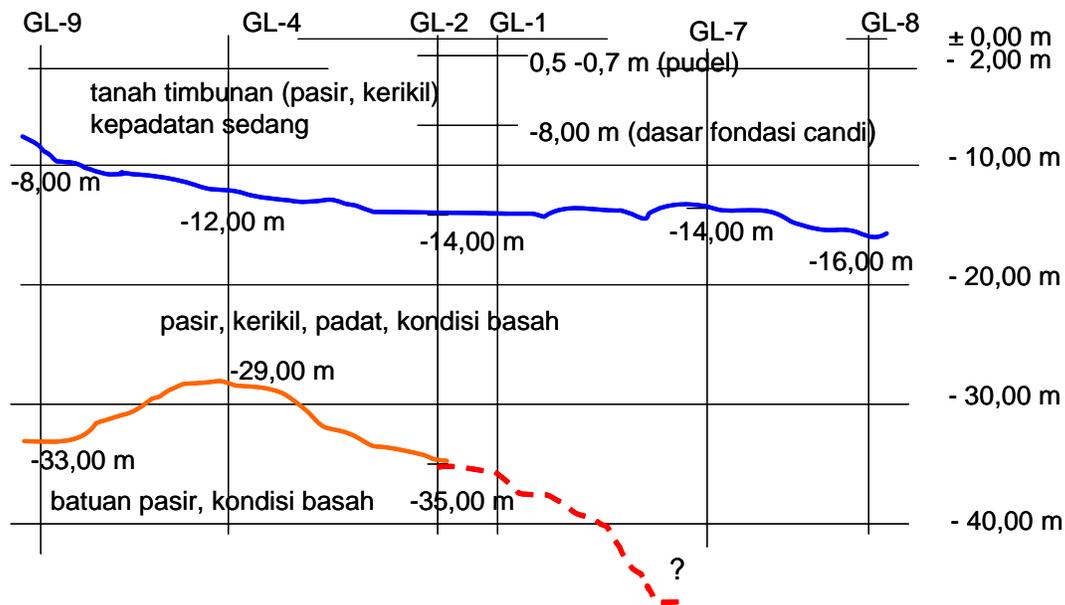
Kedalaman (dihitung dari pelataran candi Çiwa)

- 0,00 – 0,50 m tanah pasir yang sudah di olah (pudel)
- 0,50 – 3,00 m pasir halus warna coklat kemerah -merahan, butiran uniform
- 3,00 – 5,00 m pasir halus warna coklat, butiran uniform
- 5,00 – 5,50 m medium sand, coklat keabu-abuan, butiran uniform
- 5,50 – 6,50 m pasir halus, warna coklat, butiran uniform
- 6,50 – 6,80 m batu pasir, warna coklat ke abu-abuan
- 6,80 – 8,40 m pasir halus, coklat, butiran uniform
- 8,40 – 10,50 m pasir halus, coklat ke abu-abuan, butiran uniform
- 10,50 – 13,70 m pasir sangat halus, coklat, butiran uniform
- 13,70 – 15,00 m pasir halus, abu-abu kehitam-hitaman, butiran uniform

Hasil interpretasi pembaran dan geolistrik dapat dilihat dalam Gambar 2.



a. Potongan barat – timur (GL-6; GL-3; GL2; GL-1; GL-5)



b. Potongan utara – selatan (GL-9; GL-4; GL2; GL-1; GL-7; GL8)

Gambar 2. Interpretasi kondisi muka tanah asli dan muka tanah keras di Lokasi Candi Prambanan

Nilai SPT, dari kedalaman $\pm 0,00$ m sampai dengan $-15,00$ m bertambah secara bertahap sebesar 15–29, sedangkan untuk kedalaman $-15,00$ m (batas kedalaman pem-bor-an) sebesar 31, berdasarkan kriteria Peck, dkk. 1977 dalam Bowles, 1997 adalah sebagai berikut ini.

Nilai SPT	kepadatan relatif
15 – 29	kepadatan sedang
≥ 30	padat
≥ 55	sangat padat (batuan keras)

Selain itu, besarnya parameter tanah untuk analisis kapasitas dukung tanah adalah nilai sudut gesek internal tanah: $30 - 32^\circ$, sedangkan nilai kohesi dapat diabaikan. Besarnya nilai kapasitas dukung tanah (*soil bearing capacity*) $150 - 175 \text{ kN/m}^2$.

Tampak tanah di lokasi Candi Çiwa merupakan tanah timbunan dengan kepadatan sedang, pada kedalaman sampai dengan $-14,00$ m. Di bawah lapisan ini merupakan lapisan tanah asli dengan kepadatan yang lebih tinggi, serta kemampun dukung lebih besar. Muka air tanah dijumpai pada kedalaman $11,20$ m (dari hasil interpretasi geolistrik di seluruh kompleks di jumpai kedalaman muka air tanah pada $-12,00$ sampai dengan $-15,00$ m).

2) Bangunan Candi Çiwa

Bangunan Candi Çiwa menumpang di atas perbaikan tanah dasar fondasi yang merupakan tanah pasir tercampur baru kerikil yang dipadatkan dari kedalaman $-14,00$ m sampai dengan $-8,00$ m atau setebal $6,00$ m. Di atas lapisan ini baru ditempatkan batu putih (batu tuff) yang bekerja sebagai fondasi candi. Lapisan batu tuff ini dari $-8,00$ m sampai dengan dasar lorong Candi Çiwa. Tampak tinggi bangunan Candi Çiwa tidak seperti sekarang ini yaitu $47,00$ m, namun menjadi $55,00$ m. Hal ini, dapat dijelaskan, karena bagian ini juga merupakan tubuh candi. Suatu hal yang menarik adalah dijumpainya air tanah di sebelah timur bangunan Candi Çiwa. Air tanah ini tampaknya hanya setempat yang diperkirakan merupakan sumber air di kedalaman tersebut.

b. Hasil interpretasi dari uji georadar dapat disampaikan berikut ini.

Kedalaman retakan pada arah horisontal di bagian dinding lorong tidak lebih dari $1,50$ m, sedangkan di lantai 1 kurang dari $1,00$ m. Selain itu, struktur kolom beton hasil renovasi sebagai penguat dari bangunan candi, tampak masih kokoh dengan ukuran lebar kolom $1,00$ m. Keretakan pada batu dinding candi dapat terjadi di bagian sambungan batu, dan juga pada batu itu sendiri, sehingga banyak dijumpai batu yang hancur. Penyebab kerusakan ini adalah beban

batu yang cukup berat terutama di bagian gapura yang merupakan struktur paling lemah. Selain itu, dapat diketahui pula bahwa struktur batu putih (tuff) setebal 2,00 m dari permukaan halaman candi, dan selanjutnya dibungkus dengan batu andesit yang tampak seperti sekarang.

c. Penurunan bangunan candi

Penurunan bangunan candi terutama pada bangunan Candi Çiwa adalah merupakan kejadian normal seperti pada bangunan-bangunan lainnya. Bangunan ini berada di atas lapisan tanah pasir, dan tanah pasir mempunyai karakteristik apabila ada tambahan beban, maka terjadi penurunan yang sifatnya sesaat. Artinya terjadi penurunan segera setelah beban itu bekerja, namun setelah itu tidak terjadi lagi penurunan. Jadi bangunan candi menerima tambahan beban akibat gempa, semula sudah sangat stabil mendadak ada tambahan beban, sehingga bangunan candi mengalami penurunan kembali. Pada tanah pasir pengaruh penurunan yang terjadi pada bangunan utama akan menarik bangunan yang ada di sekitarnya. Hal ini sesuai dengan teori-teori untuk tanah pasir, dan diperkuat dengan bentuk retakan pada arah vertikal dengan sisi bawah lebih lebar dari bagian sisi atasnya. Untuk bangunan di sekitar bangunan induk ini akan tertarik ke arah bangunan utama dengan kata lain bangunan di sekitar bangunan utama miring ke arah bangunan utama. Berbeda dengan tanah dasar fondasi merupakan tanah lempung, bangunan di sekitar bangunan utama akan miring ke arah luar.

d. Bangunan fondasi

Bangunan fondasi baik pada Candi Brahma, Çiwa maupun Wisnu merupakan susunan batu putih (tuff) berbentuk blok-blok batu dengan ukuran $\pm 1,00$ m. Untuk Candi Çiwa tebal lapisan ini: 8,00 m, jadi ada delapan lapis susunan dari batu ini. Di bawah lapisan ini terdapat tanah pasir kasar yang dipadatkan setebal 6,00 m dan menumpang di atas permukaan tanah asli (muka tanah dasar cekungan). Berdasarkan penelitian Mahmud (2001) pasir padat dapat memberikan kontribusi di dalam meredam getaran. Hasil penelitian Mahmud dengan menggunakan getaran *cyclic*, maka terjadi rasio redaman (*damping ratio*) sesuai dengan bertambahnya beban yang bekerja di atas tanah pasir. Untuk lapisan tanah pasir kepadatan maksimum yaitu pada tekanan $1,66 \text{ kg/cm}^2$ terjadi rasio redaman getaran sebesar 2,1%, sedangkan penambahan tekanan menjadi $2,33 \text{ kg/cm}^2$, rasio redaman meningkat menjadi 8,2%. Artinya semakin padat lapisan tanah pasir ini, semakin tinggi nilai rasio redamannya. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan beban gempa yang dimodelkan dan beban sebesar beban bangunan candi, serta lapisan tanah pasir seperti yang ada di bawah bangunan candi.

e. Metode pembangunan candi

Tampak di sini, para leluhur orang Indonesia telah demikian maju dalam teknologi pembangunan candi pada saat itu. Perlu diperhatikan dalam menyusun batu candi dengan ukuran yang dapat dikatakan besar, untuk alas (fondasi) candi. Pada saat itu telah dipikirkan bagaimana teknologi dalam menyusun batu candi, sehingga tersusun rapi seperti sekarang ini. Pemilihan lokasi tampaknya memegang peranan penting dalam pembangunan candi. Lokasi di cekungan memudahkan dalam melakukan penimbunan tanah pasir sebagai dasar fondasi dan selanjutnya batu putih (tuff) ukuran besar dapat digelincirkan yang selanjutnya ditempatkan di lokasi yang tepat. Setelah tersusun rapi, sekitar susunan batu candi ditimbun untuk meratakan permukaan tanah timbunan dengan permukaan batu putih, demikian selanjutnya sampai ketinggian yang diinginkan. Dinding candi yang sekarang ini dapat dilihat (warna hitam) merupakan batu andesit sebagai batu dinding yang diberi ornamen, dan selanjutnya ditempatkan struktur Ratna di bagian-bagian tertentu, serta susunan pagar keliling (bagian langkan-pagar lorong). Struktur Ratna inilah sebagian besar lepas dan jatuh akibat guncangan gempa tanggal 27 Mei 2006.

Dari hasil-hasil tersebut dapat diambil suatu kesimpulan dan saran sebagai berikut ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

1) Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji ini dapat diberikan suatu kesimpulan sebagai berikut.

- a. Lokasi Candi Prambanan berada di suatu cekungan dan di sebelah timur Candi Çiwa dijumpai mata air dan permukaan tanah asli pada kedalaman 14,00 m dari muka tanah di halaman candi.
- b. Candi berada di atas tanah timbunan pasir, dan di bawah halaman candi merupakan lapisan tanah pasir dengan kepadatan sedang.
- c. Perbaiki tanah dasar fondasi yang merupakan tanah pasir yang dipadatkan di bawah Candi Çiwa setebal 6,00 m dengan material tanah timbunan berupa pasir tercampur kerikil, kerakal dalam kondisi basah.
- d. Fondasi bangunan candi tampak masih kokoh berupa batu putih (batu tuff), setebal 8,00 m dari muka tanah di halaman candi dan batu tuff ini juga merupakan penyusun tubuh candi di bagaian dalam, sampai ketinggian sekitar 2,00 m, yang kemudian ditutup oleh batu andesit (batu dinding lorong).

- e. Struktur utama bangunan Candi Çiwa tetap kokoh, karena didukung oleh struktur kolom-kolom dan balok-balok beton yang membentuk portal di dalam bangunan candi.
- f. Keretakan dinding bangunan Candi Çiwa sampai kedalaman sekitar 1,50 – 2,00 m, terutama di sekitar gapuran di setiap bilik dan terjadinya keretakan ini disebabkan beban batu di atas gapura yang memberikan tambahan beban akibat pengaruh beban gempa.

2) Saran

Dari hasil uji Geoteknik-Geolistrik dan Georadar dapat disarankan perbaikan bangunan Candi sebagai berikut ini.

- a. Bangunan candi selain Candi Çiwa tidak ada masalah, dan dapat dilakukan pembongkaran.
- b. Khusus bangunan Candi Çiwa, dijumpai permasalahan sambungan batu telah direkatkan dengan perekat yang kuat pada saat pemugaran di masa lampau, dan bangunan candi masih kokoh berdiri. Untuk itu disarankan perbaikan candi dilakukan secara parsial (bagian per bagian) adalah sebagai berikut ini.
 - i) Dibongkar seluruhnya dari atas. Pembongkaran ini akan mengalami kendala sambungan batu di bagian puncak candi menggunakan sambungan perekat dan angker. Selain itu, diperlukan crane untuk memindahkan batu-batu candi.
 - ii) Dibongkar sebagian berdasarkan kuadran. Bangunan utama candi tidak dibongkar, hanya dari bagian bawah gapura ke atas yang dibongkar. Pembongkaran harus hati-hati agar batu candi tidak rusak, dan kemudian disusun kembali. Teknologi yang digunakan sebaiknya menggunakan teknologi sederhana, dikombinasi teknologi modern. Tujuannya untuk menjual object dalam rangka renovasi ulang bangunan candi. Untuk itu melalui BP3 perlunya manage “Wisata Teknologi Renovasi (*Tourism of Renovation Technology*)” untuk penggalangan dana baik dari dalam negeri maupun luar negeri dengan menjual teknologi pemugaran candi.
 - iii) Bangunan candi dibiarkan apa adanya seperti kondisi sekarang, dan untuk memperkuat bangunan dilakukan *grouting*, namun metode ini perlu diperhatikan berkaitan dengan masalah lingkungan. Bahan *grouting* umumnya bersifat racun, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap bahan *grouting* terhadap kerusakan bahan batu di masa mendatang. metode ini sebaiknya merupakan pilihan terakhir apabila metode lain sudah sulit untuk dilaksanakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini dapat terwujud berkat kesempatan yang diberikan oleh Ditjen Purbakala, serta Dinas Purbakala Daerah Istimewa Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih pula kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian geoteknik-geolistrik-georadar.

DAFTAR PUSTAKA

- BP3-Prambanan, 2007, *Studi Teknis Prambanan*, BP2 Daerah Istimewa Yogyakarta, Yogyakarta.
- Bowles, J.E., 1997, *Foundation Engineering*, Mc. Graw-Hill, Singapore.
- Mahmud, Ch., 2001, *Redaman getaran akibat beban dinamis pada model tanah dasar fondasi berupa pasir*, Tesis S-2, Program Pasca Sarjana UGM (tidak dipublikasi).
- Suryolelono, K.B. dan Rifa'i, A, 2007, *Perencanaan stabilisasi bangunan cagar budaya di daerah rawan gempa bumi*, Expert Meeting, Yogyakarta.