

# **PROPOSAL KERJA PRAKTIK**

## **“ANALISIS STABILITAS DINDING CANDI BOROBUDUR MENGUNAKAN *ROBOTIC TOTAL STATION* (RTS)”**



### **Diusulkan oleh:**

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Calvin Wijaya    | NIM.18/431127/TK/47720 |
| 2. Raniah Salsabila | NIM.18/425051/TK/46746 |
| 3. Rizal Mubarok    | NIM.18/425053/TK/46748 |

### **Dosen Pembimbing:**

Dedi Atunggal SP., ST., M.Sc

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEODESI**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2021**

# HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL KERJA PRAKTIK

“ANALISIS STABILITAS DINDING CANDI BOROBUDUR MENGGUNAKAN

ROBOTIC TOTAL STATION (RTS)”

BALAI KONSERVASI BOROBUDUR

Mahasiswa Pengusul,



Calvin Wijaya

18/431127/TK/47720



Raniah Salsabila

18/425051/TK/46746

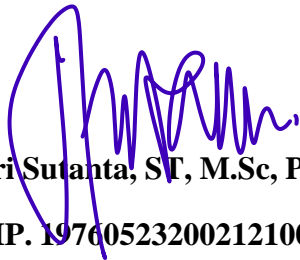


Rizal Mubarak

18/425053/TK/46748

Menyetujui,

Ketua Program Studi Sarjana  
Teknik Geodesi



Heri Sutanta, ST, M.Sc, Ph.D

NIP. 197605232002121002

Dosen Pembimbing



Dedi Atunggal SP., ST., M.Sc

NIP. 197912142005011003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geodesi



Trias Aditya K. M., ST, M.Sc, Ph.D

NIP. 197504222002121002

# DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b>	<b>1</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>2</b>
I.1. Latar Belakang	2
I.2. Tujuan	3
I.3. Manfaat	4
I.3.1 Manfaat bagi mahasiswa	4
I.3.2 Manfaat bagi Balai Konservasi Borobudur	4
I.3.3 Manfaat bagi Departemen Teknik Geodesi	4
I.4. Ruang Lingkup	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	<b>6</b>
II.1. Pengukuran dengan Robotic Total Station	6
II.2. Deformasi	7
II.3. Perhitungan Nilai dan Ambang Batas Pergeseran	8
<b>BAB III RENCANA PELAKSANAAN</b>	<b>10</b>
III.1. Lokasi Kerja Praktik	10
III.2. Persiapan Kerja Praktik	10
III.3. Jadwal Kerja Praktik	10
III.4. Tahapan Kerja Praktik	11
III.5. Target Luaran	12
III.6. Peserta Kerja Praktik	12
<b>BAB IV PENUTUP</b>	<b>14</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>15</b>

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **I.1. Latar Belakang**

Salah satu warisan budaya dunia yaitu Candi Borobudur. Candi Borobudur berlokasi di Desa Borobudur, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Candi Budha terbesar di dunia ini, secara astronomis terletak di  $7^{\circ} 36' 28''$  LS dan  $110^{\circ} 12' 13''$  BT. Candi ini didirikan di atas bukit yang telah dimodifikasi, dengan ketinggian 265 meter dpl. Secara geografis, dikelilingi dua pasang gunung kembar yaitu Gunung Sindoro Sumbing di sebelah barat laut, Gunung Merbabu dan Merapi di sebelah timur laut, Bukit Tidar di sebelah utara, dan jajaran Perbukitan Menoreh di sebelah selatan, serta diapit oleh dua sungai yaitu Sungai Progo dan Sungai Elo di sebelah timur (BKB, 2016).

Candi Borobudur diperkirakan dibangun sekitar tahun 800 Masehi, pada masa puncak kejayaan wangsa Syailendra di Jawa Tengah. Menurut Dumarcay (1986), tahap pembangunan Candi Borobudur terdiri atas 5 tahap, tahap pertama diawali pada tahun 780 Masehi dan tahap kelima pada tahun 833 Masehi. Candi Borobudur ditemukan kembali pada tahun 1814 oleh Gubernur Jendral Inggris, Sir Thomas Stanford Raffles yang kala itu sedang bertugas di Semarang, Jawa Tengah. Kemudian ia mengutus Cornelius (orang Belanda) untuk membersihkannya. Pekerjaan ini dilanjutkan oleh Residen Kedu yang bernama Hartman pada tahun 1835.

Guna menjaga Candi Borobudur dari ancaman kerusakan, pada tahun tahun 1907–1911 dilakukan usaha berupa pemugaran tahap pertama oleh Theodore Van Erp. Pemugaran yang dilakukan oleh pemerintah Hindia Belanda pada tahap I lebih banyak ditujukan pada pemugaran bagian atas Candi Borobudur yaitu bagian stupa teras dan stupa induk. Sejak pemugaran pertama dilaksanakan, berbagai upaya konservasi terus dilakukan dengan mengadakan pengamatan dan penelitian terhadap Candi Borobudur. Hasil penelitian yang diadakan diketahui tiga sebab kerusakan candi yaitu korosi, kerja mekanis dan kekuatan tekanan dan tegangan di dalam batu-batu itu sendiri. Oleh karena itu, pemugaran tahap II dilakukan dari tahun

1973-1983 oleh pemerintah Indonesia dengan bekerjasama dengan UNESCO dan beberapa ahli dari berbagai disiplin ilmu. Dalam pemugaran tersebut ada tiga macam pekerjaan, yaitu tekno arkeologi, pekerjaan teknik sipil yaitu pemasangan pondasi beton dan pekerjaan kemiko arkeologis yaitu pembersihan dan pengawetan batu dan penyusunan kembali ke bentuk semula (BKB, 2016).

Pemeliharaan, perawatan, dan pelestarian Candi Borobudur dari unsur manusia maupun alam perlu dilakukan secara intensif dan periodik. Misalnya pemantauan melalui kegiatan observasi pertumbuhan mikroorganisme, observasi stabilitas batu candi, evaluasi struktur candi dan bukit, observasi geohidrologi, observasi sistem drainase, analisis mengenai dampak lingkungan, dan lain-lain. Pemantauan stabilitas struktur candi menjadi salah satu hal pokok yang harus dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi pergerakan batuan candi atau deformasi yang disebabkan oleh pergerakan tanah di bawah candi sebagai akibat beban dari batuan candi maupun faktor lainnya (Lestari et al., 2018). Dalam hal ini, Balai Konservasi Borobudur telah melakukan pemantauan stabilitas dinding Candi Borobudur melalui pengukuran secara periodik dan berkelanjutan setiap tahun sejak 1983 sampai dengan sekarang (Setyawan, 2011).

Dengan berkembangnya teknologi pemetaan dewasa ini, penggunaan *Robotic Total Station* (RTS) dapat diaplikasikan untuk kegiatan pemantauan struktur Candi Borobudur. Dalam hal ini, dapat memantau kestabilan dinding, relung, dan bagian-bagian lain dari candi yang mungkin mengalami deformasi secara parsial akibat pelapukan, efek gempa dan sebagainya (Atunggal et al., 2019). Penggunaan RTS untuk pemantauan struktur candi dipilih karena lebih unggul dari segi perekaman data ukuran secara langsung dan cepat. RTS mendukung metode survei berulang terhadap titik-titik pantau dengan interval waktu tertentu secara otomatis.

## **I.2. Tujuan**

1. Melakukan pemantauan stabilitas dinding Borobudur di setiap sisi candi.
2. Melakukan analisis stabilitas dinding Candi Borobudur hasil pengukuran RTS di tahun 2021 dan tahun 2020.

3. Mengevaluasi kestabilan dinding Candi Borobudur hasil pemantauan.

### **I.3. Manfaat**

#### **I.3.1 Manfaat bagi mahasiswa**

- 1) Mampu mengaplikasikan dan mengimplementasikan ilmu yang diperoleh dalam perkuliahan di dunia kerja dalam hal ini di Balai Konservasi Borobudur.
- 2) Mampu mengoperasikan dan mengaplikasikan alat *Robotic Total Station* (RTS) untuk keperluan pemantauan stabilitas Candi Borobudur.
- 3) Menambah ilmu dan pengalaman baru terkait dengan standar kerja, cakupan pekerjaan, metode, dan teknik konservasi cagar budaya yang diterapkan di BKB.

#### **I.3.2 Manfaat bagi Balai Konservasi Borobudur**

- 1) Memperoleh nilai pergeseran pada dinding Candi Borobudur dan analisis stabilitas dinding candi.
- 2) Sebagai referensi pertimbangan bagi perusahaan atau instansi untuk menilai kualitas dan kompetensi mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada dalam rekrutmen tenaga kerja *fresh graduate*.

#### **I.3.3 Manfaat bagi Departemen Teknik Geodesi**

- 1) Menjaga hubungan baik yang selama ini sudah terjalin antara Departemen Teknik Geodesi UGM dengan Balai Konservasi Borobudur.
- 2) Mengetahui sejauh mana kualitas dan kompetensi yang dihasilkan oleh universitas dari hasil timbal balik/ feedback yang diberikan oleh BKB.

### **I.4. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup kegiatan Kerja Praktik yang dilaksanakan antara lain:

- 1) Lokasi kegiatan Kerja Praktik ini dilaksanakan di Balai Konservasi Borobudur.
- 2) Kegiatan yang dilakukan berfokus pada pemanfaatan Robotic Total Station (RTS) guna pengukuran stabilitas struktur dinding Candi

Borobudur melalui titik-titik pantau yang dipasang di 4 sisi dinding candi dalam hal ini, sisi timur, barat, selatan, dan utara.

- 3) Data pengamatan diperoleh dari pengukuran terestris di lapangan dalam hal ini berupa data pengukuran sudut dan jarak.
- 4) Pemantauan dilakukan menggunakan RTS dan prisma reflektor, dengan mekanisme lepas pasang prisma reflektor dari sisi ke sisi.
- 5) Perhitungan nilai koordinat titik pantau dilakukan menggunakan perangkat lunak MSP Rapid.
- 6) Analisis data dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran tahun 2020 dan tahun 2021.

## BAB II LANDASAN TEORI

### II.1. Pengukuran dengan *Robotic Total Station*

*Robotic Total Station* (RTS) merupakan *total station* yang sudah memiliki beragam fungsi tambahan untuk mengotomatisasi berbagai fungsinya dalam pengukuran. *Total station* sendiri merupakan salah satu instrumen atau peralatan yang sangat berperan signifikan di bidang keilmuan geodesi serta memiliki peranan penting dalam pemantauan deformasi. *Total station* sendiri sudah secara luas digunakan untuk pemantauan deformasi infrastruktur seperti bendungan, jembatan, terowongan, situs bersejarah dan lainnya. Namun, pemanfaatannya untuk kegiatan deformasi masih memiliki beragam kekurangan (Zhou et al, 2021).

Salah satu kekurangan yang dapat ditemui dalam kegiatan pemantauan deformasi dengan *total station* adalah rendahnya tingkat pengambilan/ pengukuran sampel dikarenakan prosesnya yang masih dominan dikerjakan manual seperti mengarahkan teropong ke titik bidik/ prisma. Walaupun, *total station* telah memiliki keunggulan dibandingkan *theodolite* biasa, dimana proses pengukuran jarak dilakukan dengan prinsip EDM (*Electronic Distance Measurement*), namun pengukuran sudut dan proses pengukuran seri rangkap pada sudut masih dikerjakan secara manual. Hal tersebut berakibat pada berkurangnya akurasi dan presisi hasil pengukuran. RTS mampu mengatasi hal tersebut karena prosesnya yang dilakukan secara otomatis. RTS hanya perlu dilakukan *training* di awal pengukuran untuk mengenali prisma yang akan dibidik, dan ketika proses *training* selesai maka RTS akan secara otomatis melakukan pengukuran dan melakukan *tracking* terhadap jarak maupun sudut dengan seri rangkap tertentu dari target prisma (Lienhart, 2017). Selain itu RTS memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi, meningkatkan kapabilitasnya untuk proses pemantauan deformasi. Kelebihan lain yang dimiliki RTS adalah telah dilengkapinya fungsi-fungsi yang membantu otomatisasi seperti fungsi untuk menyimpan data otomatis (*auto-record*), fungsi untuk *tracking* (*aut-tracking*) dan lainnya yang membantu proses pengukuran dengan RTS (Sin & Zainon, 2021). RTS juga memiliki banyak sensor



(*multi-sensor*) yang saling terintegrasi untuk memperoleh koordinat titik dengan kombinasi sudut horizontal, sudut vertikal dan jarak (Lienhart et al, 2017).

RTS lahir dengan meningkatkan tingkat akurasi dan mengotomatisasi proses pengukuran dari *total station*. Dengan adanya RTS maka kegiatan untuk melakukan pemantauan deformasi secara kontinyu akan semakin mudah dilakukan. Kunci dari monitoring dan analisis deformasi adalah akurasi horizontal dan vertikal yang diperoleh. Dengan demikian, penggunaan RTS untuk pemantauan deformasi sangatlah tepat mengingat akurasinya yang akurat (Zhou et al, 2021).

## **II.2. Deformasi**

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda atau obyek. Pengamatan deformasi merupakan salah satu tujuan utama dalam pengukuran geodesi yang diukur dari jaring kontrol geodesi (JKG). Deformasi sangat penting untuk dipantau karena menyangkut banyak hal seperti pergerakan lempeng tektonik, penentuan datum global, pembangunan infrastruktur dan lain-lain sehingga telah banyak metode dan analisis yang dapat digunakan untuk analisa deformasi (Hekimoglu, 2002). Deformasi merupakan pergerakan suatu titik pada benda secara absolut atau relatif. Dikatakan relatif apabila titik tersebut bergerak terhadap dirinya sendiri dan dikatakan absolut apabila titik tersebut bergerak terhadap titik lain. Pergerakan suatu titik mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif). Untuk mengetahui pergerakan suatu titik harus diperlukan suatu survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika (Chrzanowski et al., 1986). Pada survey deformasi digunakan dua jenis kerangka dasar untuk proses pemantauannya yaitu:

- 1) Kerangka dasar absolut, yaitu suatu kerangka dasar titik-titik referensi yang terletak di luar area objek pengamatan deformasi yang posisinya dianggap stabil.
- 2) Kerangka dasar relatif, yaitu suatu kerangka dasar dengan titik-titik objek pengamatan berada di dalam area pengamatan deformasi. Posisi titik-titik objek

dalam area pengamatan tidak stabil, maka titik-titik objek tersebut mengalami perubahan.

Dalam *monitoring* deformasi umumnya objek atau area tertentu akan diamati dalam waktu tertentu secara kontinyu. Titik objek umumnya telah terpasang secara permanen dan diamati pada 2 epok atau lebih. Pengamatan dapat dilakukan dengan pengukuran terestris, fotogrametri, GPS dan kombinasi dari metode-metode tersebut. Prosedur yang dilakukan untuk analisa deformasi umumnya terdiri dari 2 tahapan, yakni melakukan perataan independen untuk setiap epok lalu mendeteksi perubahan/ pergeseran diantara kedua epok tersebut. Dalam analisa deformasi juga dapat ditentukan tren pergerakan titik-titik pantau untuk melakukan pemodelan. Analisis deformasi sendiri dapat diterapkan pada 1D, 2D dan 3D (Sing R. 2001).

Menurut Qi (1983), dibandingkan dengan survei geodesi lainnya pemantauan deformasi memiliki beberapa karakteristik, yakni:

- 1) Membutuhkan akurasi yang lebih tinggi dari pengukuran geodesi lainnya. Akurasi yang dibutuhkan setidaknya hingga orde milimeter atau lebih tinggi tergantung kebutuhan.
- 2) Pengamatan yang kontinu atau berkelanjutan. Periode pemantauan deformasi bervariasi dari beberapa detik hingga tahun tergantung laju perubahan/ deformasi yang terjadi.
- 3) Membutuhkan integrasi dari berbagai jenis observasi. Selain dibutuhkan ilmu geodesi, juga dibutuhkan ilmu mekanikal-fisika dan instrumentasi, geologi dan berbagai ilmu lainnya.
- 4) Hasil yang diperoleh dibutuhkan untuk ilmu berbagai disiplin (interdisipliner). Dari hasil pemantauan deformasi, akan berguna bagi geodet/ surveyor, bagi ahli di bidang geofisika bahkan insinyur sipil.

### **II.3. Perhitungan Nilai dan Ambang Batas Pergeseran**

Nilai pergeseran titik pantau didapat dari selisih koordinat hasil hitung perataan antara pengukuran kala tertentu terhadap pengukuran kala referensi.

Perhitungan nilai pergeseran dilakukan dengan persamaan (1) hingga (3) (US Army Corps of Engineers, 2018):

$$dxi = xi(2) - xi(1) \dots\dots\dots(1)$$

$$dyi = yi(2) - yi(1) \dots\dots\dots(2)$$

$$dzi = zi(2) - zi(1) \dots\dots\dots(3)$$

Dalam hal ini:

$dxi$  : pergeseran komponen X titik pantau ke-i

$dyi$  : pergeseran komponen Y titik pantau ke-i

$dzi$  : pergeseran komponen Z titik pantau ke-i

(1) : kala pengukuran awal (referensi)

(2) : kala pengukuran akhir

Batas pergeseran ditentukan melalui desain survei deformasi dari persyaratan akurasi yang dibutuhkan dalam survei. Batas pergeseran dibutuhkan untuk menunjukkan kestabilan titik dan membuat sistem peringatan saat titik melebihi batas pergeseran. Akurasi survei yang dibutuhkan untuk mengamati pergerakan titik pada struktur bangunan dan membuat sistem peringatan untuk keamanan titik paling tidak yaitu 5 mm (US Army Corps of Engineers, 2018).

## BAB III RENCANA PELAKSANAAN

### III.1. Lokasi Kerja Praktik

Tempat pelaksanaan Kerja Praktik akan dilakukan di Balai Konservasi Borobudur yang beralamat di Jl. Badrawati, Kec. Borobudur, Kab. Magelang, Jawa Tengah 56553.

### III.2. Persiapan Kerja Praktik

Tahap persiapan Kerja Praktik yaitu melakukan studi pustaka yang diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, hasil konferensi maupun literatur lain yang relevan dengan kegiatan yang akan dilakukan. Tahap studi pustaka dapat menambah pengetahuan, mempermudah dan mendukung pelaksanaan kegiatan.

Selain itu, persiapan lain yang dilakukan adalah melakukan latihan pengoperasian alat *Robotic Total Station* (RTS) di Departemen Teknik Geodesi UGM sehingga mahasiswa telah memiliki pengalaman dan bekal yang cukup untuk melaksanakan Kerja Praktik.

### III.3. Jadwal Kerja Praktik

Berdasarkan kalender akademik Universitas Gadjah Mada tahun ajaran 2021/2022, waktu pelaksanaan kerja praktik ini kami ajukan adalah selama 1 (satu) bulan, dimulai pada tanggal 10 Januari 2022 sampai dengan 11 Februari 2022. Namun, pihak Balai Konservasi Borobudur mempunyai wewenang untuk menentukan jadwal kerja praktik. Berikut Rencana Jadwal Kerja Praktik.

No	Nama Kegiatan	Tanggal																							
		Januari															Februari								
		10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31	1	2	3	4	7	8	9	10
1	Pengenalan dan Adaptasi Alat <i>Robotic Total Station</i>																								
2	Penempatan Alat di Lokasi																								
3	Akuisisi Data																								
4	Pengolahan Data																								



Peserta melakukan pengolahan data menggunakan perangkat lunak bawaan dari *Robotic Total Station*.

g. Validasi Data

Peserta melakukan validasi data pengukuran dan melakukan pengukuran kembali apabila didapatkan data yang tidak sesuai setelah pengolahan data selesai.

h. Presentasi Hasil kepada Instansi

Peserta melakukan presentasi hasil mengenai apa yang sudah didapatkan dari tahapan sebelumnya.

i. Pembuatan Laporan

Laporan yang dibuat mencakup laporan kegiatan selama Kerja Praktik yang pembuatannya dengan bimbingan staf Balai Konservasi Borobudur dengan format yang ditentukan oleh pihak Balai Konservasi Borobudur.

### **III.5. Target Luaran**

Target luaran yang diharapkan dari Kerja Praktik ini adalah pemantauan stabilitas dinding Candi Borobudur di setiap sisi candi. Hasil tersebut kemudian diolah dan dianalisis lebih lanjut dengan membandingkan data pengukuran tahun 2021 dan tahun 2020, sehingga dapat dievaluasi kestabilan dinding candi dalam 1 tahun terakhir.

### **III.6. Peserta Kerja Praktik**

1. Mahasiswa I

Nama : Calvin Wijaya

NIM : 18/431127/TK/47720

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Departemen : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

2. Mahasiswa II

Nama : Raniah Salsabila

NIM : 18/425051/TK/46746

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Departemen : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

3. Mahasiswa III

Nama : Rizal Mubarak

NIM : 18/425053/TK/46748

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Departemen : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

## **BAB IV PENUTUP**

Demikian proposal Kerja Praktik ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas terkait rencana pelaksanaan Kerja Praktik. Manfaat dari Kerja Praktik ini adalah memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dunia kerja. Semoga Balai Konservasi Borobudur dapat memberikan bimbingan dalam melaksanakan Kerja Praktik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Atunggal, D., Ma, B., Suhartono, Y., & Setiawan, J. (2019). *Evaluasi Kesiapan Pemasangan Sistem Pemantauan Pintar Menggunakan TS Robotik di Candi Borobudur*. June 2019, 1–8.
- Candi Borobudur - Balai Konservasi Borobudur (kemdikbud.go.id) di akses pada Senin, 20 September 2021 17:25 WIB.
- Chrzanowski, A., Chen, J. (1986). Geometrical Analysis of Deformation Surveys. Deformation Measurements Workshop, MIT, Boston, Oct. 31-Nov. 1, Proceedings (MIT) pp. 170-206.
- Dumarcay, J. (1986). Borobudur (M. Smithies (ed.)). Oxford University Press.
- Hekimoglu, S., Demirel, H., Aydin, C. (2002). Reliability of the Conventional Deformation Analysis Methods for Vertical Networks. FIG XXII International Congress Washington, D.C. USA, April 19-26 2002.
- Lienhart, W. (2017). Geotechnical Monitoring Using Total Stations and Laser Scanners: Critical Aspects and Solutions. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. 7:315-324.
- Lienhart, W., Ehrhart, M., Grick, M. (2017). High Frequent Total Station Measurements for the Monitoring of Bridge Vibrations. *Journal of Applied Geodesy*. 11(1):1-8.
- Lestari, D., Yulaikhah, & Sari, R. I. (2018). *Journal of Geospatial Information Science and Engineering Time Variant Adjustment for The Solution of Control Point Instability in*. 1(1), 43–50.
- Qi, C. Y. (1983). Analysis of Deformation Surveys - A Generalized Method. Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Canada.
- Refleksi 26 Tahun Kompleks Candi Borobudur Sebagai Warisan Dunia UNESCO - Balai Konservasi Borobudur (kemdikbud.go.id) diakses pada Senin, 20 September 2021 17:40 WIB.

- Rosalina, G. E. (2016). Studi Penerapan Model Koreksi Beda Tinggi Metode Trigonometri Pada Titik-Titik Jaring Pemantau Vertikal Candi Borobudur Dengan Total Station. *Geomatika*. <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM/article/view/480>
- Setyawan, J. (2011). Studi Evaluasi Metode Pengukuran Stabilitas Candi Borobudur Dan Bukit. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 5(1), 31–35. <https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v5i1.86>.
- Sin, F. K. & Zainon, O. (2021). Monitoring of Concrete Bridge Using Robotic Total Station. *Journal of Advanced Geospatial and Science Technology*. 1(1), 163-192.
- Singh, R. (2001). Deformation Analysis of a Geodetic Monitoring Network. *Geoamtica*, 55(3).
- US Army Corps of Engineers. (2018). Structural Deformation Surveying Engineer Manual. February, 365. [http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM\\_1110-2-1009.pdf](http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1009.pdf) (diakses 27 Maret 2021)
- Wiwit, K. dan Marsis, S. (2006). Balai Konservasi Peninggalan Borobudur: Visi dan Tantangan Ke Depan. [Borobudur.kemdikbud.go.id](http://Borobudur.kemdikbud.go.id) diakses Senin, 20 September 2021 16:50 WIB.
- Zhou, J., Shi, B., Liu, G., Ju, S. (2021). Accuracy Analysis of DAM Deformation Monitoring and Correction of Refraction with Robotic Total Station. *PLoS ONE* 16(5): e0251281. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251281>