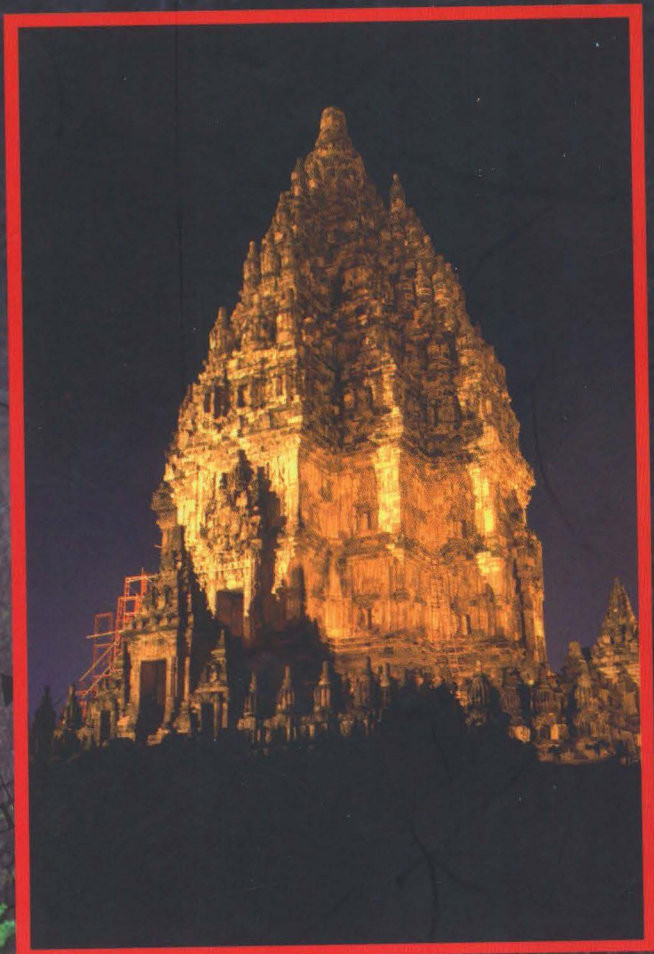


Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan dan Upaya Penanganannya



BALAI PELESTARIAN
PENINGGALAN PURBAKALA
YOGYAKARTA



Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan
dan Upaya Penanganannya

**PELAPUKAN BATU
CANDI SIWA PRAMBANAN
DAN
UPAYA PENANGANANNYA**

Pengarah

DRS. TRI HATMADJI

Penyunting

DRA. SRI SURAYATI SUPANGAT

DRA. HERNI PRAMASTUTI

DRS. IG. EKO HADIANTO

Penulis

PROF. DR. TIMBUL HARYONO, M.SC

DR. SISMANTO, M.SI

DR. IR. SUPRANTO, SU

DR. BAMBANG PRATISTO

AGUS TRI HASCARYO, ST., SS

DRS. IMAM SUNARYO

DRA. ARI SETYASTUTI

IR. WIDODO KUSWIYANTO

DRS. INDUNG PANCA PUTRA

ARIS MUNANDAR

LUKITO

Fotografi/Tim Artistik

RISMAN MARAH

SUPRIYONO

BUDI MUDJI SUSIATNO

Tim Studio

DRS. HARRY TRISATYA WAHYU

DRA. WIDIANDARI BUDI RAHAYU

NI LUH NYOMAN R., SS

ANTAR NUGROHO, SS

WIKANTO HARIMURTI, S.SI

SANNY SETIAWAN

Penerbit

BALAI PELESTARIAN

PENINGGALAN PURBAKALA YOGYAKARTA

Boegm, Kalasan, Yogyakarta

Telp. (0274) 496019, 496419

E-mail: suaka-diy@yogya.wasantara.net.id

ISBN: 979-97657-1-4



Kompleks Candi Prambanan di waktu pagi.

SUSUNAN TIM
STUDI TEKNIS KONSOLIDASI
CANDI SIWA PRAMBANAN

Pengarah

Dr. Anhar Gonggong

Drs. Hary Untoro Drajat, MA

Penanggungjawab

Drs. Tri hatmadji

Ketua Tim

Dra. Sri Surayati Supangat

Staf Ahli

Prof. Dr. Timbul Haryono, M.Sc. (Ahli Arkeologi)

Dr. Ir. Supranto, SU (Ahli Kimia)

Dr. Sismanto, M.Si (Ahli Fisika)

Dr. Bambang Pratisto (Ahli Geologi)

Dr. Ir. Andreas Triwiyono (Ahli Teknik Sipil)

Anggota Tim

Dra. Herni Pramastuti

Dra. Ari Setyastuti

Drs. Imam Sunaryo

Agus Tri Hascaryo, ST., S.S.

Aris Munandar

Lukito

Sunarto, BA

Surveyor dan Pengolah Data

Ir. Widodo Kuswiyanto

Drs. Indung Panca Putra

Manggar Sari Ayuati, S.S.

Antar Nugroho, S.S.

Prasetyo

Budi Rahayu

Sumardi

Bunyakin

Amir Syarifudin

Sarijo A.

Tim Studio

Drs. Harry Trisatya Wahyu

Drs. Ig. Eko Hadiyanto

Dra. Widiandari Budi Rahayu

Ni Luh Nyoman R., S.S.

Dewi Puspito Rini, S.S.

Budi Mudji S.

Supriyono



keindahan Candi Siwa di waktu malam.



Candi Siwa selesai dipugar pada tahun 1953,
diresmikan oleh Presiden RI, Ir. Soekarno.

DAFTAR ISI

Halaman	
SUSUNAN TIM	iv
DAFTAR ISI	vii
KATA PENGANTAR KEPALA BP3 YOGYAKARTA	ix
SAMBUTAN MENTERI PARIWISATA DAN KEBUDAYAAN	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN UMUM KOMPLEKS CANDI PRAMBANAN	7
2.1 Letak dan Lingkungan.....	9
2.2 Sejarah Kompleks Candi Prambanan	14
2.3 Deskripsi Kompleks Candi Prambanan.....	18
2.4 Riwayat Pemugaran Candi Siwa	35
BAB III DATA DAN ANALISIS	37
3.1 Kerusakan Struktur Dan Arsitektur Candi Siwa Prambanan	39
3.2 Kondisi Kerusakan Dan Pelapukan Batu Candi Siwa	44
3.3 Analisis Laboratorium	61
3.4 Hidrologi (Pola Aliran Air Hujan Pada Struktur Candi Siwa).....	107
3.5 Data Klimatologi.....	113
BAB IV PEMBAHASAN DAN PENANGANAN	117
4.1 Kondisi Candi Siwa Secara Umum.....	119
4.2 Penyebab Kerusakan dan Pelapukan	131
4.3 Penanganan	137
BAB V KESIMPULAN	139
A. Kesimpulan.....	141
B. Saran.....	143
LAMPIRAN	145
DAFTAR PUSTAKA	168



Rara petugas bekerja di ketinggian, membersihkan candi,
melestarikan peninggalan purbakala.

PENGANTAR KEPALA BP3 YOGYAKARTA

Assalamu'alaikum wr. wb.

Salam sejahtera

Fenomena pelapukan batu Candi Siwa Prambanan merupakan gejala proses kerusakan batu yang dapat dikaji dari berbagai perspektif ilmiah. Buku ini merupakan hasil riset ilmiah dan kajian literatur yang dilakukan dengan pendekatan komprehensif dan kolaboratif dari beberapa disiplin ilmu yang terkait. Buku ini diterbitkan sebagai refleksi kepedulian terhadap kelestarian warisan budaya yang menjadi kebanggaan bangsa Indonesia, khususnya Candi Prambanan, serta warisan budaya yang lain pada umumnya.

Candi Prambanan yang telah ditetapkan sebagai Warisan Dunia sejak tahun 1991, masuk dalam World Heritage List dengan No.49, yang diperbarui dengan No. 642 pada tahun 1998. Warisan Dunia merupakan mahakarya yang *adiluhung*, yang diakui secara universal dapat menjadi penanda proses perjalanan panjang peradaban manusia dalam menghasilkan inovasi dan kreasi untuk mengolah dan beradaptasi dengan lingkungan alamnya. inovasi dan kreasi tersebut dapat berupa karya arsitektur yang monumental baik dari aspek teknis, arsitektur, seni budaya dan estetika. Dengan penetapan sebagai Warisan Dunia tersebut kelestarian Candi Prambanan tidak hanya menjadi tanggung jawab bangsa Indonesia, tetapi masyarakat seluruh dunia mempunyai kepentingan agar kelestarian Warisan Dunia tersebut tetap terjaga. Untuk itulah buku ini diterbitkan agar dapat memberikan informasi guna memancing pendapat serta mengusik kepedulian masyarakat luas akan kelestarian Warisan Dunia yang dititipkan kepada bangsa Indonesia.

Kajian ini mengupas tentang proses pelapukan batuan Candi Siwa Prambanan dari perspektif ilmu arkeologi, geologi, kimia, geofisika, teknik sipil dan arsitektur. Untuk itu secara khusus saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Prof. Dr. Timbul Haryono, MSc., Dr. Ir. H. Supranto, SU, Dr. Bambang Pratisto, Dr. Sismanto, M.Si., Dr. Ir. Anegasi Triwiyono, Drs. Risman Marah, Sdr. Aris Munandar serta teman-teman BP3 Yogyakarta yang telah menyumbangkan pemikiran dan tulisannya guna penerbitan buku ini.

Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi siapa saja yang ingin belajar bersama-sama dan mengkaji kembali upaya-upaya penelitian yang telah dilakukan. Maka sangat diharapkan teguran, koreksi serta kritik dari pembaca yang budiman untuk menghasilkan karya yang lebih bermutu di masa depan. Semoga buku ini menjadi kenangan yang bermanfaat bagi masa akhir tugas saya di BP3 Yogyakarta sehingga dapat memacu teman-teman agar dapat berkarya lebih baik dan konsisten dalam mencintai warisan budaya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa *meridhoi* usaha kita bersama, *Amin ya rabbal alamin*.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, April 2004

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, flowing letters that appear to read 'Tri Hatmadji'.

Drs. Tri Hatmadji



SAMBUTAN MENTERI PARIWISATA DAN KEBUDAYAAN

Hampir setiap orang di negeri kita ini pernah mendengar atau mengenal nama Candi Prambanan sebagai sebuah tempat pemujaan agama Hindu yang dibangun pada masa kejayaan Kerajaan Mataram Hindu abad IX. Sebagai suatu mahakarya arsitektur, kompleks Candi Prambanan merupakan bukti yang menggambarkan masyarakat Indonesia di masa lampau telah memiliki peradaban tinggi seperti bangsa-bangsa lain di dunia. Oleh karena itu, sangat wajar bila Komplek Candi Prambanan ini oleh UNESCO tahun 1991 dimasukkan dalam *World Heritage List* dengan nomor 642.

Dalam rangka menanggulangi bahaya yang mengancam pelestarian Candi Siwa salah satu candi di kompleks Prambanan, terutama masalah pelapukan terjadi pada batukulit, maka kami menyarankan untuk melakukan serangkaian diskusi dan penelitian secara komprehensif, dengan melibatkan para ahli di berbagai bidang ilmu pengetahuan seperti ahli arkeologi, ahli geologi, ahli teknik sipil, ahli geofisika, ahli teknik kimia dan ahli konservasi.

Buku tentang “Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan dan Upaya Penanganannya” yang merupakan hasil penelitian Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Yogyakarta ini merupakan langkah berani untuk mempertanggungjawabkan upaya penanggulangan masalah kerusakan di Candi Siwa Prambanan. Saya sampaikan penghargaan yang tinggi dan selamat atas terbitnya buku ini, semoga apa yang kita-kita cita-citakan bersama bersama untuk pelestarian salah satu warisan leluhur dapat tercapai.

Jakarta, April 2004

I Gede Ardika



Para petugas candi sedang membersihkan dan mengadakan pendataan (*mapping*) terhadap kerusakan-kerusakan pada batu Candi Siwa Prambanan.

DAFTAR TABEL

Nama Tabel	Hal
Tabel 3.1 Jenis dan jumlah kerusakan batu Candi Siwa ditinjau dari tiap sisi	57
Tabel 3.2 Jenis dan jumlah kerusakan batu Candi Siwa secara vertikal	58
Tabel 3.3 Jenis dan jumlah kerusakan batu di bilik Candi Siwa	58
Tabel 3.4 Keausan pada batu tangga Candi Siwa	60
Tabel 3.5 Kandungan unsur kimia pada batu lapuk	62
Tabel 3.6 Hasil analisis sampel batu rapuh bagian dalam	62
Tabel 3.7 Kandungan unsur kimia pada nat (spesi) semen	63
Tabel 3.8 Hasil analisis fisik sampel batu segar dan batu lapuk Candi Siwa	68
Tabel 3.9 Hasil analisa fisik sampel bagian dalam batu yang rapuh	68
Tabel 3.10 Lokasi dan derajat keasaman rembesan air pada batu Candi Siwa	108
Tabel 3.11 Data makroklimatologi di sekitar komplek candi Prambanan	114
Tabel 3.12. Hasil pemeriksaan kualitas udara tahun 2001 sampai tahun 2003	115

DAFTAR GAMBAR

	Judul Gambar	Hal
Gambar 2.1	Test Pit	18
Gambar 2.2	Test Pit I	19
Gambar 2.2	Test Pit IV	20
Gambar 2.2	Test Pit V	21
Gambar 3.1	Bentuk arsitektur Candi Siwa	40
Gambar 3.2.	Titik titik pengukuran yang bisa dilakukan pada metode Magnetik dan elektromagnetik VLF dan sketsa tampak atas dari candi Siwa.	43
Gambar 3.3	Contoh Mapping kerusakan dan pelapukan batu	44
Gambar 3.4	Pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan batu candi	45
Gambar 3.5	Penampakan Postules pada Batu Candi Siwa	46
Gambar 3.6	Retakan Batu Candi Siwa	46
Gambar 3.7	Retakan Berisi Endapan	47
Gambar 3.8	Sambungan Semen yang belum dikamufase	47
Gambar 3.9	Batu pengganti yang telah mengalami pelapukan	48
Gambar 3.10	Hilangnya relief akibat pengelupasan kulit bawang yang sangat intensif	49
Gambar 3.11	Pelapukan yang intensif pada batu pengganti	50
Gambar 3.12	Pengausan akibat pelapukan mengulit bawang pada bentuk tiang antefik di Candi Siwa	50
Gambar 3.13	Hilangnya wajah arca panteon akibat pelapukan batuan	51
Gambar 3.14	Endapan Putih sisa Bajralepa	54
Gambar 3.15	Endapan oker	54
Gambar 3.16	Fragmen relief yang hilang	55
Gambar 3.17	Pengelupasan karena endapan garam	55
Gambar 3.18	Restoring menggunakan pengganti batu baru	56
Gambar 3.19	batu tangga yang aus karena injakan dan gesekan kaki pengunjung	57
Gambar 3.20	Hasil analisis spektroskopi infra merah Lokasi sampel kaki candi sisi selatan, bidang 9 lapis 10 seri 1	65

Gambar 3.21	Hasil analisis spektroskopi infra merah Lokasi sampel kaki candi sisi timur, bidang 1 lapis 9 seri 4	66
Gambar 3.22	Hasil analisis spektroskopi infra merah Lokasi sampel kaki candi sisi utara, bidang 15 lapis 8 seri 6	66
Gambar 3.23	Hasil analisis spektroskopi infra merah Lokasi sampel subbasement sisi timur, bidang 1 lapis 10 seri 12	67
Gambar 3.24	Sayatan tipis sampel no. 4 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	70
Gambar 3.25	Sayatan tipis sampel no. 5 pada posisi nikol silang dan pembesaran 40 x.	71
Gambar 3.26	Sayatan tipis sampel no. 6 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	72
Gambar 3.27	Sayatan tipis sampel no. 7 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	73
Gambar 3.28	Sayatan tipis sampel no. 8 pada posisi nikol silang dan pembesaran 40 x	74
Gambar 3.29	Sayatan tipis sampel no. 12 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	76
Gambar 3.30	Sayatan tipis sampel no. 13 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	77
Gambar 3.31	Sayatan tipis sampel no. 14 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 125 x	78
Gambar 3.32	Sayatan tipis sampel no. 15 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	80
Gambar 3.33	Sayatan tipis sampel no. 16 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	81
Gambar 3.34	Sayatan tipis sampel no. 17 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x	82
Gambar 3.35	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.1)	85
Gambar 3.36	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.2)	87
Gambar 3.37	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.3)	89
Gambar 3.38	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.4)	91
Gambar 3.39	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.5)	93
Gambar 3.40	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.6)	95
Gambar 3.41	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.7)	97

Gambar 3.42	(Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.8)	98
Gambar 3.43	Arah limpasan air hujan di Candi Siwa	110
Gambar 3.44	Mortar semen untuk menambal cekungan pada bingkai rata	111
Gambar 3.45	Pengukuran pH batu lapuk dan sekitarnya, lokasi Kaki II, sisi barat, bidang 15	111
Gambar 3.46	Pengukuran pH batu lapuk dan sekitarnya, lokasi Kaki I, sisi timur, bidang 1	112
Gambar 4.1	Citra data resistivitas semu pada lantai bawah antara pintu Barat-Utara.	120
Gambar 4.2	Citra data resistivitas semu di lantai selasar pada lokasi yang terdapat rembesan antara pintu Barat-Selatan.	121
Gambar 4.3.	Citra data magnetik di kutub yang telah dikoreksi IGRF dan variasi harian.	123
Gambar 4.4.	a). Data pengukuran tilt lintasan-atas dan hasil penapisan dengan rerata bergerak. b). Citra penapisan dengan filter linier Karous-Hljet. A dan B merupakan daerah konduktif, sedangkan C adalah daerah resistif.	125
Gambar 4.5.	a). Data pengukuran tilt lintasan-tengah (selasar) dan hasil penapisan dengan rerata bergerak b). Citra penapisan dengan filter linier Karous-Hljet. A dan B merupakan daerah konduktif, sedangkan C adalah daerah resistif	
Gambar 4.6.	Citra data VLF pada lantai bawah. Pengaruh stagger (kotak merah) sangat mengganggu pengukuran data VLF sehingga menenggelamkan informasi bagian dalam tubuh bangunan candi Siwa.	126
Gambar 4.7.	Citra data susceptibilitas dinding lantai bawah dari pintu Timur sampai pintu Barat lebih.	128
Gambar 4.8.	Citra data susceptibilitas dinding lantai-tengah (selasar) dari pintu Barat, Utara hingga pintu Timur.	128
Gambar 4.9.	Citra pengukuran susceptibilitas batu di puncak Gapura yang menghadap ke Barat yang diukur mengelilingi batu tersebut.	129
Gambar 4.10.	Kenampakan mineral Klorit pada sampel no.1	135
Gambar 4.11.	Diagram Proses Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan	136

DAFTAR LAMPIRAN

Judul Lampiran	Hal
Tabel Hasil Pengukuran Stabilitas Candi Siwa	147
Hasil Analisis Petrografi	149
Hasil Penelitian Fisik Rhodorsil Hidrofugeant 224	150
Hasil Analisis Laboratorium Euroland FK 20	151
Analisis Fisik Pengolesan dengan Rhodorsil tanpa perlakuan	152
Analisis Fisik Pengolesan dengan Rhodorsil dan direndam dalam air	153
Analisis Fisik Pengolesan dengan Rhodorsil dan Dioven pada suhu sekitar 40°C	154
Analisis Fisik Pengolesan dengan Rhodorsil dan ditaruh di lapangan terbuka	155
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 2003	156
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 2002	157
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 2001	158
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 2000	159
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1999	160
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1998	161
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1997	162
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1996	163
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1995	164
Data Klimatologi Candi Prambanan Tahun 1994	165
Lampiran Kerusakan Arsitektural	166



Keindahan Relief Ramayana ini niscaya tak akan dapat dinikmati lagi bila proses pelapukan batu candi tidak ditangani dengan seksama.





Para peneliti sedang melakukan penelitian dengan alat geo-elektrik pada batuan Candi Siwa Prambanan.

Bab I

Pendahuluan





BAB I

PENDAHULUAN

Candi Prambanan merupakan sebuah kompleks bangunan yang cukup luas arealnya mencapai ± 80 hektar dan terbagi menjadi tiga halaman konsentris ke tengah. Pembagian halaman tersebut adalah halaman luar, halaman tengah dan halaman dalam (pusat). Masing-masing halaman dibatasi oleh pagar keliling. Pada halaman luar tidak ditemukan bangunan kecuali pagar keliling, sedangkan halaman tengah terdapat 224 buah candi perwara. Pada halaman dalam (pusat) terdapat 16 bangunan yang terdiri dari 3 (tiga) buah bangunan utama terdiri dari Candi Siwa sebagai candi induk yang diapit oleh Candi Brahma disebelah selatan dan Candi Wisnu di sebelah utara; 3 (tiga) buah candi wahana; 2 (dua) buah candi apit; 4 (empat) buah candi kelir; dan 4 (empat) buah candi patok.

Candi Prambanan yang megah ini berasal dari abad ke-9 Masehi. Apabila ditinjau dari aspek nilai pentingnya, Candi Prambanan merupakan tinggalan masa lampau yang menunjukkan sebuah hasil mahakarya dari peradaban bangsa yang tinggi, yang mempunyai nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan dan kebudayaan. Nilai penting tersebut tampak dari hasil karya arsitektur yang menakjubkan, juga pahatan relief cerita Ramayana pada dinding selasar Candi Siwa dan Candi Brahma, serta relief cerita Kresnayana pada dinding selasar Candi Wisnu. Selain arsitektur dan relief cerita, di Candi Prambanan juga terdapat relief singa diapit kalpataru yang merupakan ciri “motif prambanan”.

Candi Prambanan merupakan warisan budaya bangsa yang telah berumur ratusan tahun dan bernilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan dan kebudayaan. Berdasar usia dan nilai penting tersebut, maka bangunan Candi Prambanan ini termasuk benda cagar budaya. Benda cagar budaya ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas baik secara lokal, regional, nasional maupun internasional. Pemanfaatan ini dapat digunakan untuk kepentingan ekonomis, informatif dan asosiatif. Secara jelas pemanfaatan ini dijelaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 5 Tahun 1992 tentang Benda Cagar Budaya yang menyebut pemanfaatan benda cagar budaya untuk kepentingan ilmu pengetahuan, pendidikan, sosial, agama dan pariwisata.

Memperhatikan hal-hal tersebut di atas, maka usaha perlindungan dalam rangka pelestarian bangunan ini harus dilakukan. Salah satu usaha perlindungan hukum terhadap objek ini, yaitu penetapan bangunan ini sebagai Benda Cagar Budaya. Ketetapan tersebut berdasarkan Kepmen-dikbud nomor 157/M/1998 tertanggal 1 Juli 1998. Sebelum adanya Kepmendikbud tahun 1998, Perserikatan Bangsa Bangsa yang mengurus bidang pendidikan dan kebudayaan (UNESCO) bahkan sudah memasukkan dalam daftar warisan budaya dunia (*World Heritage List*) dengan nomer 642 pada tahun 1991.

Dengan dimasukkannya Candi Prambanan dalam daftar warisan dunia, maka bangsa Indonesia mempunyai kewajiban untuk melakukan perlindungan dan pemeliharaan bangunan tersebut sesuai dengan konvensi-konvensi yang telah ditetapkan oleh UNESCO. Konvensi-konvensi tersebut antara lain menjaga pelestarian bangunan dari bahaya perang, kerusakan fisik karena termakan usia. Kelalaian atas kewajiban ini akan berdampak hapusnya ketetapan objek tersebut sebagai warisan budaya dunia.

Usaha pelestarian Candi Prambanan sebagai warisan budaya dunia telah dilakukan oleh Pemerintah Republik Indonesia melalui UPT (Unit Pelaksana Teknis) Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Yogyakarta. Usaha pelestarian dilakukan sejak lembaga ini berdiri sampai sekarang. Sedangkan pemanfaatan dan pengembangan objek ini dilaksanakan oleh PT. Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko. Dasar yuridis pengembangan dan pemanfaatan adalah Keppres Nomor 1 tahun 1992 tertanggal 2 Januari 1992, yang berisi tentang pengelolaan taman wisata Candi Prambanan serta pengendalian lingkungan sekitarnya. Tentunya usaha pemanfaatan dan pengembangan tersebut harus komprehensif dengan upaya pelestariannya.

Pada tahun 1953 purna pugar Candi Siwa diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia pertama Ir. Soekarno. Pemugaran pada tahap pertama ini belum menyertakan aspek konservasi (*preservasi material*). Pemugaran tahap kedua dimulai sejak tahun 1977 - 1993, telah berhasil memugar Candi Brahma, Candi Wisnu, tiga buah candi wahana, candi patok, candi kelir dan beberapa bangunan lainnya. Pemugaran tahap kedua yang dilakukan bersamaan atau pasca pemugaran Candi Borobudur telah memperhatikan aspek konservasi (*preservasi material*).

Pelaksanaan yang berbeda ini berdampak pada daya tahan bangunan candi tersebut. Candi Siwa yang dipugar tanpa memperhatikan aspek konservasi (*preservasi material*), saat ini strukturnya masih kuat, namun

dalam perjalanan waktu bahan bangunannya sebagian kecil telah mengalami pelapukan yaitu terjadi disintegrasi mineral batuan yang mengakibatkan batuan tererosi. Gejala adanya pelapukan batu di Candi Siwa Prambanan telah diamati sejak tahun 1992 hingga 2002. Berdasarkan observasi yang dilaksanakan selama 10 tahun tersebut jumlah batu lapuk bertambah dari 44 blok batu menjadi 446 blok batu. Proses pelapukan ini mengancam kelestarian Candi Siwa yang merupakan candi utama di kompleks Candi Prambanan.

Melihat kondisi tersebut, Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Yogyakarta melakukan penelitian pelapukan batu Candi Siwa Prambanan secara lengkap beserta penanggulangannya pada bulan Desember tahun 2002. Penelitian ini dilakukan secara komprehensif dari berbagai disiplin ilmu yaitu teknik kimia, teknik geologi, arkeologi serta konservasi bangunan purbakala, yang semua hasil penelitian untuk mengetahui penyebab, proses pelapukan dan akibat pelapukan batu serta alternatif penanganannya tertuang dalam “Laporan Penelitian Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan dan Konsep Penanggulangannya”. Hasil penelitian ini juga telah dipresentasikan di hadapan Menteri Koordinator Kesejahteraan Rakyat pada tanggal 26 Juni 2003. Selain itu pada tanggal 17 – 18 November 2003 telah diadakan Rapat Evaluasi Hasil Penelitian Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan dan Konsep Penanggulangannya yang bertujuan mengkaji lebih lanjut hasil penelitian yang telah dilakukan sebelum diimplementasikan di lapangan. Rapat evaluasi ini melibatkan para ahli yaitu ahli arkeologi, sejarah, biologi, geofisika, kimia, geologi dan berhasil merumuskan bahwa perlu segera dilakukan penelitian lanjutan yang komprehensif bersamaan dengan penanganan pelapukan, serta perlu dilakukan evaluasi secara berkala dan berkesinambungan agar penelitian dan pelaksanaan pelestarian dapat dipertanggungjawabkan.

Pada tanggal 7 Juli 2003 hasil penelitian dipresentasikan pada Forum Internasional yaitu Fourth Experts Meeting on Borobudur yang menghasilkan rekomendasi antara lain bahwa Candi Prambanan :

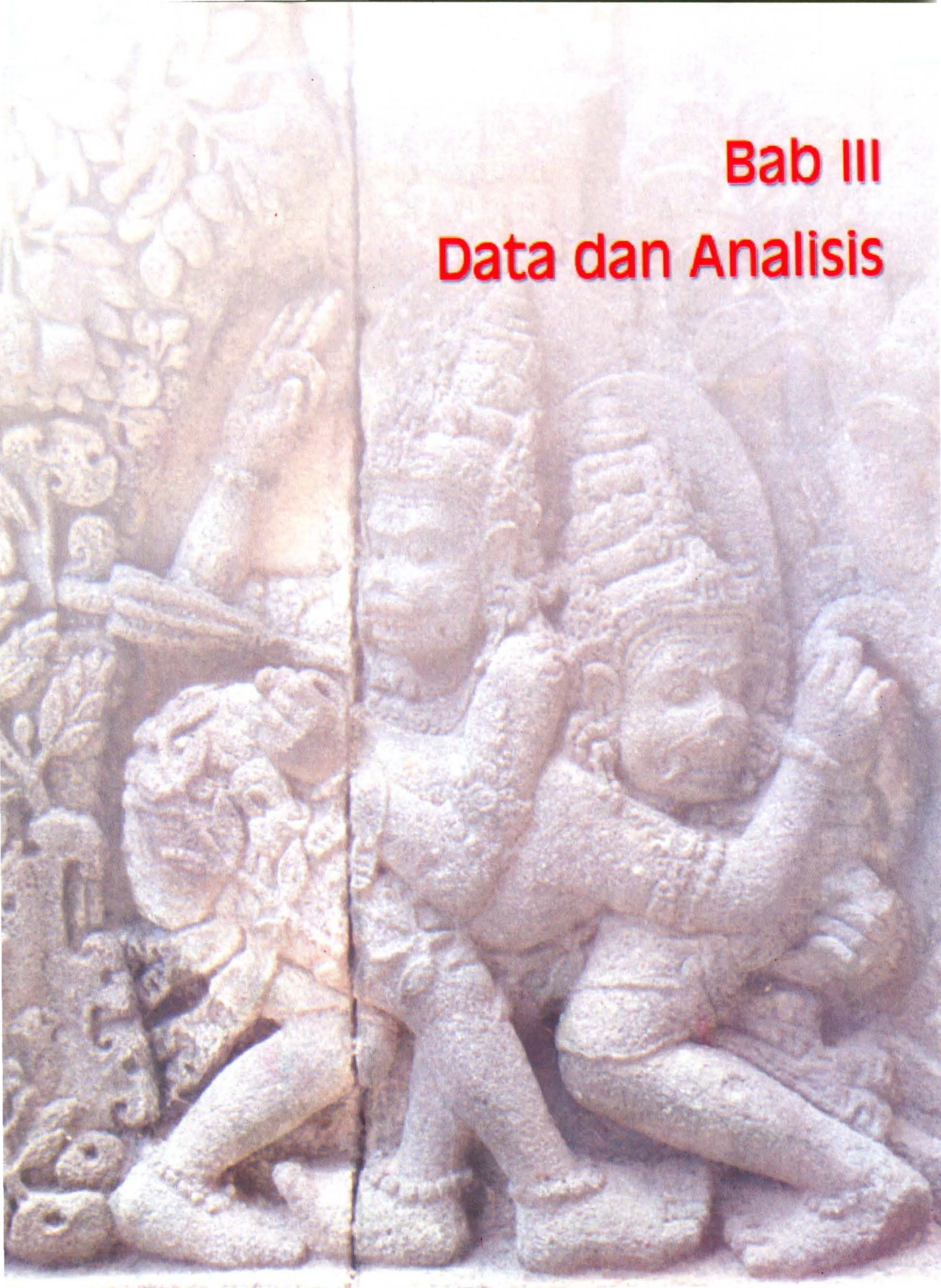
- Kekurangan anggaran
- Dana yang terbatas untuk penelitian perawatan dan konservasi
- Memerlukan perlengkapan laboratorium, sumber daya manusia yang lebih memadai, suplai air untuk pembersihan candi, penelitian tentang pencegahan kerusakan batu dengan melibatkan ahli-ahli nasional maupun internasional
- Jaringan kerja dan sumber daya bekerja sama dengan Borobudur

Berdasarkan beberapa rekomendasi tersebut dan masukan dari Bapak Menteri Kebudayaan dan Pariwisata I Gde Ardika yang berkunjung ke Candi Prambanan pada tanggal 15 Januari 2004, maka dilakukan Studi Teknis Konsolidasi Candi Siwa Prambanan, yang bermaksud untuk mencari data-data penyebab terjadinya pelapukan batu candi, meneliti proses terjadinya pelapukan serta membuat perencanaan teknisnya. Adapun tujuan kegiatan tersebut adalah untuk mencari cara penanganan/pencegahan agar proses pelapukan dapat dihambat sehingga kelestarian candi tidak terancam, serta mencari cara penanganan secara tepat sesuai dengan permasalahannya.

Bab II
Tinjauan Umum
Kompleks
Candi Prambanan

Bab III

Data dan Analisis



BAB II

TINJAUAN UMUM

KOMPLEKS CANDI PRAMBANAN

2.1 Letak dan lingkungan

1. Letak

Secara administratif Kompleks Candi Prambanan terletak di Kelurahan Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Letak Kompleks Candi Prambanan sangat strategis pada jalur lalu lintas Yogyakarta – Surakarta. Secara geografis Kompleks Candi Prambanan terletak pada 10° 19' 23,53" Bujur Timur dan 7° 45' 07,90" Lintang Selatan dengan ketinggian 153 meter di atas permukaan air laut. Kompleks Candi Prambanan dikelilingi sejumlah bangunan candi yang bersifat agama Budha seperti Candi Lumbung, Bubrah dan Sewu yang berada di sebelah utara, di sebelah timur terdapat Candi Plaosan, di sebelah tenggara terdapat Candi Sojiwan, serta Candi Kalasan dan Candi Sari di sebelah barat.

2. Lingkungan Alam

Kondisi topografi Kecamatan Prambanan sangat dipengaruhi oleh keberadaan wilayah tersebut yang terletak di antara Gunung Merapi dengan Pegunungan Kapur Selatan, sehingga morfologi Kecamatan Prambanan terbagi menjadi beberapa bagian yakni dataran rendah dan daerah perbukitan. Berdasarkan keadaan topografi dan geologinya, wilayah Prambanan dapat dibagi dua bagian, yaitu dataran rendah dan dataran tinggi. Dataran rendah terdiri dari dataran Prambanan di sebelah utara bukit Ratu Boko, dan dataran Saragedug yang berada di sebelah barat dan selatan bukit Ratu Boko. Sementara itu dataran tinggi merupakan bagian dari daerah Pegunungan Selatan yang terletak di sebelah selatan dataran rendah Prambanan dan di sebelah timur dari dataran rendah Saragedug. Kedua dataran ini ternyata mempunyai karakteristik wilayah yang berbeda, khususnya yang terpenting adalah mengenai sumber batuan. Perbedaan tersebut diakibatkan oleh proses pembentukan geologi dari masing-masing dataran.

Menurut Amin Widodo, kondisi topografi atau geomorfologi Kecamatan Prambanan dapat dibedakan sebagai berikut:

- a) Daerah dataran fluvial kaki gunung api, memiliki ketinggian ± 100 m – 152 m, kemiringan lereng 0 – 3%, lerengnya sangat panjang, bentuk lereng lurus terletak di Kelurahan Bokoharjo.
- b) Daerah perbukitan struktural (SB), memiliki ketinggian antara 100 – 200 m, kemiringan lereng 30 – 55%, panjang lereng sedang, bentuk lereng cekung, merupakan daerah erosi yang bersifat *linier*, alur dan rayapan.
- c) Daerah perbukitan gawir (SG), memiliki ketinggian antara 100 – 300 m, kemiringan lereng lebih dari 55%, panjang lereng sedang, bentuk lereng cekung, merupakan daerah erosi *linier*.
- d) Daerah pegunungan struktural (SP), mempunyai ketinggian antara 300 – 600 m, kemiringan lereng lebih dari 55%, panjang lereng sedang, bentuk lereng cekung, merupakan daerah dominan erosi alur dan longsor.
- e) Daerah perbukitan struktural tersolusi (SBk)
- f) Daerah dataran tinggi kars (KD), mempunyai ketinggian ± 200 m, kemiringan lereng antara 3 – 8 %, bentuk lereng lurus dan cekung, panjang lereng sangat panjang, merupakan daerah erosi linier, dan alur pelarutan.
- g) Daerah perbukitan kars (KDt), mempunyai ketinggian antara 200-300 m, kemiringan lereng antara 30 – 50 %, panjang lereng sedang, bentuk lereng kompak, merupakan daerah pelarutan erosi alur dan parit (Amin Widodo, 1994:13–15),

Dataran rendah mempunyai ketinggian yang bervariasi, yaitu antara 109 meter sampai 152 meter, sedangkan rata-rata ketinggian adalah 131 meter di atas permukaan laut. Dataran rendah banyak dialiri oleh sungai, antara lain Sungai Opak yang berhulu di lereng Gunung Merapi membelah dataran Prambanan. Alur sungai ini menjadi tempat bermuara sungai-sungai kecil yang terdapat di dataran Prambanan, antara lain Kali Bening, Sungai Tepus dan Sungai Cupu Wetan. Di sebelah Timur dan Tenggara dataran Prambanan mengalir Sungai Pereng, Sungai Borongan, Sungai Dengkeng dan Sungai Woro.

3. Geologi

Dari data letusan gunung Merapi tercatat bahwa sejak tahun 1006 M sampai tahun 1973 telah terjadi 87 kali letusan. Hasil erupsinya berupa tanah lava, pasir dan abu vulkanis yang cenderung mengalir ke arah barat

Dan barat daya, serta sedikit ke arah selatan melalui lembah sungai berupa lahar dingin. Hasil erupsi Gunung Merapi mengakibatkan sebagian dari daerah Kabupaten Sleman, terutama wilayah Kecamatan Kalasan dan Prambanan memiliki endapan vulkanik yang terdiri dari aglomerat, tufa dan pasir. Sedangkan tanah yang berkembang adalah regosol kelabu dengan tekstur pasir berstruktur lemah. Hal ini dapat dilihat dari stratigrafi dan sedimentasi lapisan tanah penutup Situs Sambisari dan Kedulan serta Prambanan yang terdiri dari endapan lahar dan endapan sungai. Hal ini menguatkan dugaan bahwa kerusakan atau hilangnya bangunan candi bahkan Kerajaan Mataram Kuno disebabkan oleh aliran lahar yang terjadi secara berulang-ulang dan diikuti oleh proses pengendapan sungai.

Formasi geologi, jenis batuan, stratigrafi dan sebarannya sangat menentukan ketersediaan air, kualitas tanah, potensi bahan galian yang diperlukan untuk berbagai kegiatan sektoral. Kawasan Kecamatan Prambanan termasuk dalam Formasi Semilir, yaitu formasi yang tersusun dari perselingan antara breksi tufaan, breksi batu apung, tuff dasit, dan tuff andesit serta batuan tufaan.

Di lapangan, kenampakan yang khas dari Formasi Semilir adalah cenderung berwarna putih, berlapis baik, tetapi beberapa anggota penyusunnya nampak lebih masif. Bagian bawah dari Formasi Semilir ini tersusun dari perselingan antara batu pasir tufa dengan batu lanau tufa dengan tingkat ketahanan erosi yang lebih besar daripada batu pasirnya. Kemudian pada bagian atasnya tersusun atas batu pasir kasar hingga breksi yang diselingi oleh lapili, batu apung dan batu pasir tufa. Batuan ini terbentuk sebagai akibat aliran panas dan cepat dari fragmen material asal gunung api (*pyroclastic flow*), sehingga cenderung menunjukkan perlapisan tetapi perlapisan tersebut pada umumnya telah terelaskan (*welded*) satu dengan yang lain, sehingga batuan ini menunjukkan sifat masif namun ringan karena tersusun oleh fragmen batu apung yang terikat kuat. Batuan seperti ini menunjukkan sifat kuat, tahan erosi dan terikat kuat sehingga disenangi oleh penduduk untuk dijadikan sebagai bahan bangunan pengganti batu bata dalam membangun rumah.

Bentuk lahan daerah Kecamatan Prambanan cukup bervariasi yang dapat diungkapkan sebagai berikut:

- a) Dataran lereng kaki gunung api dan dataran aluvial gunung api merupakan bentukan dari vulkanik endapan Gunung Merapi Muda.
- b) Daerah perbukitan gawir, perbukitan struktural dan pegunungan struktural merupakan bentukan lahan struktural yang terdiri atas breksi vulkanik, tuf dasit, batu pasir tufaan, batu lanau, tufaan, batulempung tufaan dan breksi batu apung.

- c) Dataran tinggi karst dan perbukitan karst merupakan bentukan lahan solusional yang terdiri atas batu gamping, terumbu, kalkarenit dan napal.

Menurut bentang alam, dataran rendah merupakan satu kesatuan dari wilayah Gunung Merapi, yaitu sebagai dataran fluvial kaki Gunung Merapi (*fluvio volcanic foot plain*). Dengan demikian keadaan geologi dan topografi dataran ini dipengaruhi oleh kegiatan gunung api tersebut sejak dahulu kala.

Pembentukan dataran rendah ini mengalami proses yang cukup lama. Dataran ini terbentuk sejak *fasies* gunung api Kala Pleosin yang kemudian dibentuk pula oleh aliran lava selama erupsi Gunung Merapi Tua dan Merapi Muda. Di samping itu, endapan fluvial bahan batuan vulkanis yang datang dari daerah puncak gunung tersebut ikut membentuk dataran rendah (Pannekoek, 1949 : 9). Erupsi Gunung Merapi membawa bahan batuan andesit, augit andesit, andesit hornblenda dan andesit hipersten. Bahan batuan tersebut kemudian terendapkan di sungai-sungai dan tempat-tempat yang dilalui aliran lava Gunung Merapi.

Proses pengendapan batuan yang sangat lama itu mengakibatkan perubahan kondisi dan struktur batuan. Akumulasi batuan dari aliran lava (*intrusi*) umumnya memiliki komposisi mineral, tekstur dan struktur yang agak homogen karena berada di bawah permukaan tanah. Sedangkan akumulasi batuan yang berasal dari sungai keadaannya berbongkah-bongkah, berkerikil dan berpasir karena berasal dari berbagai sumber (Sampurno, 1973 : 9).

Pegunungan Selatan dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian selatan merupakan daerah batu gamping Gunung Sewu dan di bagian utara adalah rangkaian Gunung Kidul. Dataran tinggi wilayah penelitian merupakan bagian dari Gunung Kidul yang juga dikenal dengan nama dataran tinggi Baturagung (Bemmelen, 1949). Luas dataran tinggi yang terliput dalam peta adalah lebih kurang 8,18 kilometer persegi, dibatasi oleh tebing-tebing yang terjal dan merupakan daerah perbukitan. Dataran ini meliputi bukit Ratu Boko (299 meter), Gunung Pegat (322 meter), Gunung Sari (285 meter) dan Gunung Ijo (427 meter). Adapun ketinggian dataran ini bervariasi mulai dari 137 meter sampai 427 meter di atas permukaan laut. Pada masa kini di Baturagung tidak terlihat lagi adanya bekas hutan asli dan bekas erosi yang dahsyat (Nurhadi, 1984 : 27).

Hal yang membedakan dataran Baturagung dengan dataran rendah terutama adalah bentukan geologinya. Proses pembentukan Baturagung terjadi pada zaman yang lebih tua daripada dataran rendah. Pegunungan Selatan terbentuk dari berbagai formasi batuan dari Zaman Meosin sampai

Zaman Eosin. Berturut-turut mulai formasi tertua yaitu Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, dan yang termuda adalah Formasi Kepek (Sartono, 1964).

Dataran Baturagung dibentuk oleh Formasi Semilir dari zaman yang tertua yakni mulai dari Zaman Oligosin Atas sampai Zaman Meosin Bawah adalah hasil kegiatan gunung api tua (Sartono, 1964 ; Rahardjo, 1977). Proses pembentukan dalam waktu yang lama itu telah menghasilkan ketebalan stratigrafi sampai 1000 meter, terdiri dari perselingan antara breksi-tufa, breksi-batu apung dan tufa-andesit. Lapisan perselingan tersebut membentuk tebing-tebing terjal Baturagung (Bemmelen, 1949: 556). Pada bagian tengah formasi Semilir terdapat batu tufa berwarna abu-abu cerah, yang menyebar merata (Rahardjo, 1977: 3).

Persebaran batu tufa yang merata tersebut dalam wilayah penelitian dapat dijejaki mulai bukit Ratu Boko, Gunung Pegat berlanjut menuju Gunung Sari dan sekitar Gunung Ijo. Batuan tufa ini berbentuk lapisan yang terdapat di bawah dan di permukaan tanah. Pada masa sekarang dapat dijumpai kegiatan penduduk menggali dan menambang batu tufa untuk bahan bangunan. Batu tufa yang baik untuk bahan bangunan adalah lapisan yang berada di bawah permukaan tanah (kira-kira 50 sentimeter) daripada batu tufa yang berada di permukaan tanah. Hal ini disebabkan batu tufa yang berada di bawah permukaan tanah terhindar dari proses pelapukan seperti pengaruh iklim, angin, hujan dan panas matahari. Sedangkan batu tufa yang berada di permukaan tanah biasanya cepat rekah dan lapuk karena proses alam tersebut.

4. Hidrologi Dan Tanah

Secara umum, kondisi di Kecamatan Prambanan cukup baik terutama untuk air permukaan. Air permukaan bersumber dari Gunung Merapi, di aliran Sungai Opak dan Sungai Gawe. Mengingat topografi daerah Kecamatan Prambanan terdiri dari berbagai bentukan lahan, maka kondisi kedalaman air tanah cukup bervariasi. Kondisi kedalaman air tanah dan tanah pada bentang lahan Kecamatan Prambanan dapat diungkapkan sebagai berikut:

- a) Daerah dataran lereng kaki gunung berapi, kedalaman air tanah adalah ± 10 meter, kedalaman tanah dalam (tebal), tekstur tanah pasir halus, dan drainase baik.
- b) Daerah dataran aluvial gunung berapi, kedalaman air tanah adalah ± 4 meter, kedalaman tanah sangat dangkal, tekstur tanah geluh, lempungan, dan drainase sedang - baik.

- c) Daerah gawir, air permukaan (*spring*), kedalaman air dangkal, kedalaman tanah dangkal – sangat dangkal, tekstur tanah pasir dan lempungan, dan drainase baik.
- d) Daerah perbukitan struktural, air permukaan sungai dangkal, kedalaman tanah dangkal, tekstur tanah lempung, dan drainase baik.
- e) Daerah pegunungan struktural, air permukaan tanah air sungai dangkal, kedalaman tanah dangkal – dalam, tekstur tanah lempung, dan drainase baik.
- f) Daerah dataran tinggi karst, air permukaan sungai air dolin, kedalaman dangkal – dalam, tekstur tanah lempung, dan drainase sedang.
- g) Daerah perbukitan karst, air permukaan berasal dari bawah tanah, kedalaman tanah dangkal – sangat dangkal, tekstur tanah lempung, dan drainase baik.

5. Iklim

Berdasarkan data dari Lanuma Adisucipto yang berjarak 5 Km dari Kecamatan Prambanan, menunjukkan iklim setempat adalah tropis lembab dengan suhu yang bervariasi. Sejak tahun 1987 suhu bulanan minimum berkisar antara 18,8 – 23,4°C dan suhu maksimum berkisar 31,6 – 36,2°C sementara suhu rata-rata berkisar antara 26,7 – 28,9°C. Kecepatan angin rata-rata adalah 9 – 15 knot, dengan kelembaban nisbi udara 65 – 84%. Curah hujan rata-rata berkisar antara 2000 – 2500 mm dengan hari hujan antara bulan Oktober sampai dengan April. Dengan demikian wilayah Kecamatan Kalasan termasuk beriklim sangat lembab dengan musim kering yang sedang atau daerah tropika dengan iklim musim.

2.2. Sejarah Kompleks Candi Prambanan

Suatu kenyataan yang tidak dapat dipungkiri apabila Kompleks Candi Prambanan merupakan bangunan yang sangat monumental berasal dari peninggalan agama Hindu terbesar di Indonesia. Sebagai bangunan yang bersifat monumental, Kompleks Candi Prambanan menjadi simbol kejayaan Kerajaan Mataram Kuno, di samping Candi Borobudur yang secara pasti belum diketahui kapan dibangun dan pada masa pemerintahan siapa. Berkenaan dengan pembangunan Kompleks Candi Prambanan para arkeolog sering mengkaitkan dengan prasasti Siwagrha yang berangka tahun 856 Masehi. Prasasti tersebut pada saat ini disimpan di Museum Nasional Jakarta dengan nomer inventaris D 28 dan tidak diketahui asalnya.

Menurut Casparis ada tiga hal penting yang disebutkan dalam prasasti tersebut, yaitu Prasasti Siwagrha merupakan prasasti tertua yang menggunakan bahasa Jawa Kuno, berisi tentang peristiwa-peristiwa sejarah yang terjadi pada abad IX Masehi, serta menyebutkan rincian gugusan candi. Dari prasasti Siwagrha tersebut diketahui informasi penting bagi sejarah, yaitu peresmian sebuah bangunan suci untuk Dewa Siwa dan disebut dengan Siwagrha atau Siwalaya yang diidentikkan dengan Candi Prambanan. Selain itu disebutkan adanya seorang raja bernama Jatiningrat (Rakai Pikatan) yang harus berperang di dataran tinggi Ratu Boko melawan Balaputradewa dari Keluarga Sailendra. Balaputradewa kalah dan melarikan diri ke Sumatra. Setelah berhasil mengalahkan Balaputradewa, Raja Jatiningrat menyerahkan tahtanya kepada Dyah Lokapala (diidentifikasi sebagai Rakai Kayuwangi) yang memerintah pada tahun 851 – 882 M. Kemenangan Rakai Pikatan diperingati dengan membangun candi besar. Hal tersebut diperkuat dengan diketemukannya tulisan pendek dengan cat berwarna merah, putih, dan hitam yang menyebutkan nama Pikatan.

Uraian pembangunan candi dalam prasasti Siwagrha tidak begitu jelas, sehingga Casparis mencoba membagi menjadi dua bagian. Bagian pertama berkaitan dengan didirikannya bangunan-bangunan candi (bait 11- 23) dan bagian kedua berkaitan dengan peresmian beserta penetapan tanah perdikannya (bait 24- 29). Pada bait 11, setelah keadaan damai sang raja menyuruh membangun sebuah *dharmma*. Menurut Casparis, *dharmma* tersebut mungkin berarti gugusan candi seluruhnya. Bagian kedua berkaitan dengan pembangunan candi yang selesai pada hari Kamis Wage tanggal 11 bulan Margasirsa tahun 778 Çaka (856 Masehi) dan di resmikannya arca dewa (pada akhir bait 24 adalah: *yatekana tewek bhatawa ginawai sinangskaraweh*). Setelah kuil Siwa (Siwalaya) selesai dibangun, dilakukan pengalihan aliran sungai, sehingga aliran sungai menelusuri sisi-sisi halaman candi. Disebutkan juga bahwa telah diresmikan tanah yang menjadi batas-batas percandian dan penetapan sawah-sawah menjadi *swah darmma* bagi kuil Siwa (Siwagrha).

Gambaran yang disebutkan dalam Prasasti Siwagrha diidentifikasi sebagai Kompleks Candi Prambanan. Gugusan candi yang bangunan pusatnya dipagari dengan tembok keliling dan dikelilingi deretan candi-candi perwara yang disusun bersap hanya terdapat di kompleks Candi Prambanan. Keterangan gugusan candi yang terletak di dekat sungai mengingatkan pada Kompleks Candi Prambanan dengan Sungai Opak di sebelah baratnya. Jika ditinjau dari jarak Sungai Opak, gugusan candi, dan arah pembelokan aliran sungai, maka Kompleks Candi Prambanan terletak di antara Desa Kelurak dan Desa Bogem.

Menurut Casparis, air untuk kebutuhan pertirtaan dan *panti tinapan* (tempat tinggal para pendeta) diperoleh dari luar tembok pagar keliling

halaman II, tetapi masih di dalam lingkungan tembok keliling halaman III. Di daerah tersebut kemungkinan dahulu terdapat bangunan dari kayu. Keterangan tersebut menjelaskan mengapa tembok keliling ketiga dari gugusan Candi Prambanan tidak sejajar dengan tembok keliling kedua dan pertama. Hal tersebut diperkirakan di sebelah timur gugusan terdapat bekas telaga yang sekarang letaknya lebih rendah dari pada tanah di sekitarnya. Desa tempat adanya telaga sampai sekarang masih bernama Telaga (Tlogo).

2.3. Deskripsi Kompleks Candi Prambanan

1. Kondisi Tanah Kompleks Candi Prambanan

Kompleks candi Prambanan mempunyai tiga halaman candi, yaitu halaman pusat (halaman I), halaman kedua (halaman II) dan halaman ketiga (III). Halaman I terletak di tengah dan merupakan bagian yang paling tinggi, halaman II keterletakannya lebih rendah daripada halaman I dan halaman III merupakan bagian yang paling rendah.

Di halaman I, antara lain terdapat candi induk, candi wahana, dan candi apit, halaman II pada masing-masing sisinya terdapat 4 deret candi perwara dan di halaman III tidak ditemukan bangunan yang menonjol.

Kompleks Candi Prambanan didirikan di atas tanah urug pada endapan Sungai Opak Lama. Satuan batuan di daerah datar terdiri atas pasir kerikil dengan butir-butir andesit dan basalt, pasir tufaan dan lanau tufaan, sehingga disimpulkan bahwa Kompleks Candi Prambanan berada di atas Sungai Opak Lama.

Secara umum, potongan Sungai Opak Lama berbentuk huruf U dengan tebing rendah dan landai. Erosi lateral lebih intensif dari pada erosi vertikal yang mengakibatkan sungai makin melebar dengan meander berpindah. Material yang diendapkan oleh Sungai Opak berupa boulder, kerakal, dan kerikil dari batuan andesit dan pasir lepas.

Daerah di sekitar Kompleks Candi Prambanan relatif datar dengan Sungai Opak di sebelah timurnya. Diperkirakan di sebelah utara candi dahulu terdapat bendungan yang digunakan untuk mengalirkan aliran Sungai Opak Lama keluar halaman candi. Berdasarkan Prasasti Siwagrha yang berangka tahun 856 M, Kompleks Candi Prambanan didirikan di atas Sungai Opak yang telah dipindahkan arah aliran airnya. Hal ini dibuktikan dengan adanya desa di sebelah timur candi yang bernama Desa Tlogo Lor dan Tlogo Kidul yang diyakini dahulunya merupakan bekas telaga.

Terdapat dua jenis batuan penyusun candi, yaitu bagian dasar berupa dua susunan batuan piroklastik batu gamping tufaan. Secara megaskopik, batuan ini berwarna putih kekuningan, cukup kompak, berukuran pasir

Yang menunjukkan struktur berlapis. Susunan ketiga dan seterusnya merupakan batu andesit yang berukuran bongkah sampai boulder. Batuan tersebut berasal dari Gunung Merapi yang terbawa aliran Sungai Opak.

Satuan batuan:

- Singkapan satuan pasir kerikilan terdapat di utara dan barat Kompleks candi Prambanan yang merupakan dataran. Satuan pasir kerikilan ini berlitologi pasir kerikilan dan kerikil pasiran. Satuan pasir kerikilan berada pada daerah datar miring ke arah selatan yang dibentuk oleh proses aliran permukaan sungai.
- Pasir kerikilan berwarna abu-abu, sifatnya lepas, tersusun oleh fragmen andesit berukuran 0,5 – 10 cm, berbentuk bulat tanggung dengan ketebalan lapisan 5 m.
- Kerikil pasiran berwarna abu-abu cukup resisten, terdiri dari fragmen andesit dan basalt, bentuk agak membulat dengan ukuran butir 8 cm. Sifat batuan tuffa dengan ketebalan bongkah mencapai 100 cm, terdapat di utara candi.
- Secara megaskopik, kenampakan fisik batuan penyusun merupakan vulcanic product yang berumur kuartar dari gunung Merapi.

Menurut keadaan lapisan tanah menurut Goenadi Nitihaminoto, dapat diperoleh informasi bahwa kompleks candi Prambanan dibangun diatas tanah urugan yang tingginya mencapai 475 cm di atas permukaan tanah asli, khususnya pada halaman pusat. Tanah urug ini makin kearah luar yaitu ke selatan semakin tipis sehingga ketebalannya sekitar 50 cm di tepi halaman II. Tanah yang digunakan untuk menimbun terdiri atas lempung pasiran, pecahan batu andesit, dan tatal batu gamping dan tatal batu andesit. Tatal batu ini merupakan limbah pengerjaan batu yang digunakan sebagai bahan pembuat candi, yang tebal lapisannya antara 10-50 cm. Dengan demikian, maka balok batu sebagai penyusun konstruksi bangunan candi dikerjakan dilokasi penambangan sumber batuan, kemudian pada waktu penyusunan balok-balok batu itu disesuaikan seperlunya sehingga meninggalkan limbah yang tidak terlalu banyak.

Menurut hasil penelitian Balai Arkeologi Yogyakarta yang dilakukan pada tahun 1980, diperoleh data adalah sebagai berikut:

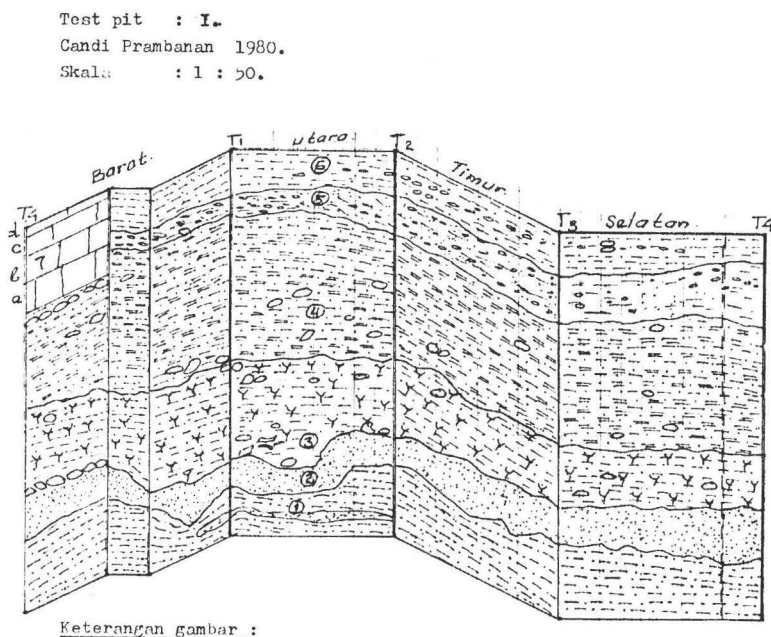
Tespit I:

1. Lempung pasiran berwarna coklat muda dengan lensa pasir lepas ukuran sedang, litologi ini steril temuan.
2. Pasir lepas ukuran sedang sampai kasar berwarna coklat abu-abu steril fosil/temuan.

3. Hasil pelapukan endapan sungai lama berupa lempung pasir, steril temuan.
4. Fragmen-fragmen lempung dan pasir lempungan merupakan hasil urugan yang sudah mengalami pelapukan, dijumpai fragmen andesit yang posisinya tidak beraturan.
5. Tatal batu gamping tufaan dan tatal andesit warna abu-abu hitam bercampur dengan pasir lempungan yang merupakan hasil urugan.
6. Lempung pasir hasil urugan yang belum mengalami kekompakan berwarna coklat.
7. a, b, c terdiri dari batu gamping tufaan yang merupakan dasar candi berwarna putih kekuningan dijumpai tiga tumpuk. Dasar bangunan candi berupa andesit warna abu-abu hitam.

Data tentang lapisan tanah kompleks candi Prambanan diperoleh dari ekskavasi di lima tempat yang dinamakan Test Pit (TP). Tiap-tiap Test Pit berukuran 2 x 2 meter dan digali dengan menggunakan sistem spit dengan interval 25 cm. Test Pit I, II dan III terletak di halaman II, di halaman pusat diwakili Test Pit IV dan Test Pit V terletak sekitar 200 meter di sebelah timur sungai.

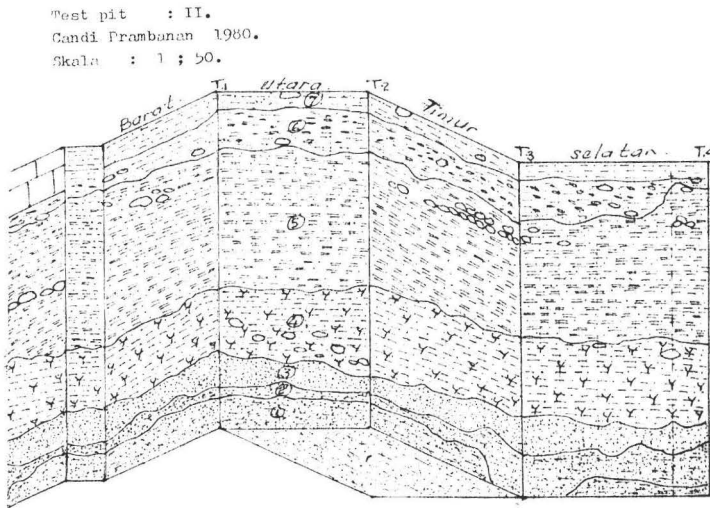
Hasil penelitian yang dilakukan oleh Balai Arkeologi Yogyakarta adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Test Pit 1

Tespit II:

1. Pasir lempungan berwarna hitam kecoklatan dengan ukuran sedang.
2. Pasir lempungan berwarna kuning abu-abu steril temuan.
3. Pasir lepas berukuran sedang sampai kasar berwarna kecoklat-coklatan steril temuan.
4. Hasil pelapukan endapan sungai lama berupa lempung pasir, dijumpai fragmen-fragmen andesit dengan ukuran butir rata 2 – 6 cm.
5. Fragmen lempung dan pasir lempungan hasil urugan dan dijumpai andesit dengan ukuran antara 5 – 20 cm yang diatur oleh manusia.
6. Campuran fragmen lempung pasir dan tatal batu gamping tufaan dan andesit berwarna abu-abu hitam.
7. Lempung pasir hasil urugan oleh manusia belum kompak berwarna coklat.
8. a. Batu gamping tufaan berwarna putih kekuningan yang dipakai sebagai dasar bangunan candi
b. Dasar bangunan candi berupa andesit berwarna abu-abu hitam.

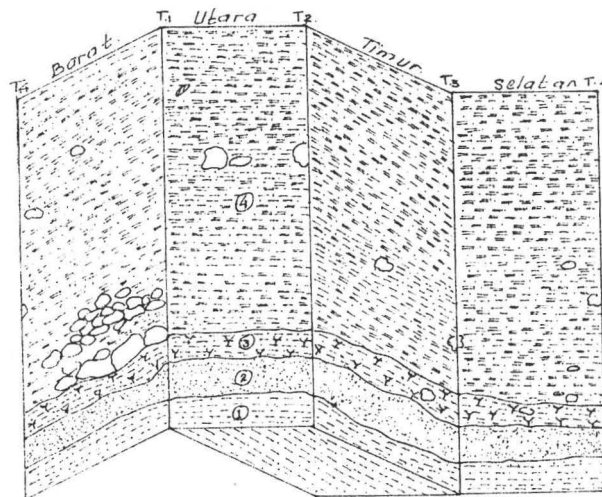


Gambar 2.2 Test Pit II

Tespit IV:

1. Lempung pasir ukuran pasir halus warna coklat kekuningan steril temuan.
2. Pasir lepas berukuran sedang sampai kasar warna coklat diperkirakan endapan sungai dan steril temuan.
3. Hasil endapan sungai lama yang sudah mengalami pelapukan lanjut berupa lempung pasir steril temuan.
4. Campuran fragmen lempung dan pasir lempungan hasil urugan oleh manusia, di beberapa tempat dijumpai andesit dengan ukuran antara 5 – 30 cm yang diatur oleh manusia selain itu dijumpai bata merah dan tatal-tatal batu gamping tufaan dan tatal andesit

Test pit : IV.
Candi Prambanan 1980.
Skala : 1 : 50.



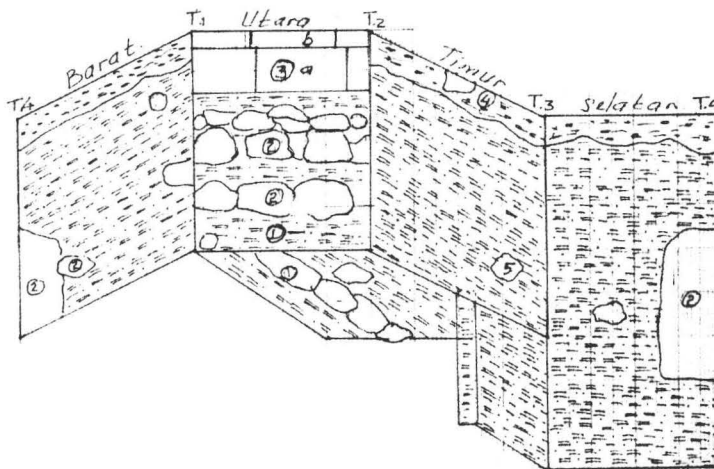
Gambar 2.3 Test Pit IV

Tespit V:

1. Fragmen lempung dan pasir lempungan hasil urugan berwarna merah coklat.
2. Di beberapa tempat dijumpai andesit dengan ukuran 5 – 40 cm yang disusun secara rapi oleh manusia

3. Dasar bangunan candi yang berupa batu gamping tufaan berwarna putih kekuning-kuningan yang terdiri dari satu susunan
4. Hasil urugan berupa fragmen lempung, lempung pasir, tatal batu gamping tufaan, dan andesit yang sudah tercampur
5. Bata merah yang merupakan bekas buatan oleh manusia.

Test pit : V.
 Candi Prambanan 1980.
 Skala : 1 : 25



Gambar 2.4 Test Pit V

2. Tata Ruang Kompleks Candi Prambanan

Letak Kompleks Candi Prambanan dilihat dari topografinya berada pada ketinggian 153,52 meter di atas permukaan air laut, dan secara alamiah tanah tersebut miring ke arah barat atau ke Sungai Opak dan sedikit ke arah selatan. Tata ruang Kompleks Candi Prambanan dibagi dalam tiga halaman yang berbentuk bujursangkar dan disusun berteras terpusat, masing-masing halaman dibatasi oleh tembok keliling. Halaman utama merupakan tempat yang dianggap paling suci terletak di bagian dalam, berukuran 110 m x 110 m dengan enam belas bangunan candi yang dapat dikelompokkan dalam lima kelompok sebagai berikut:

- a. Kelompok candi utama, yaitu susunan candi yang berderet dari utara ke selatan dan menghadap ke timur. Bangunan tersebut adalah Candi Siwa sebagai candi induk yang diapit oleh Candi Brahma di sebelah selatannya, dan Candi Wisnu di sebelah utaranya.
- b. Kelompok candi wahana terdapat di depan candi utama, yaitu Candi Nandi yang berada di depan Candi Siwa, Candi Garuda berada di depan Candi Wisnu dan Candi Angsa berada di depan Candi Brahma. Ketiga candi tersebut disusun berderet dari selatan ke utara menghadap ke arah barat candi utama (Trimurti).
- c. Di antara candi utama dengan candi wahana terdapat dua buah Candi Apit yang masing-masing menghadap ke utara dan ke selatan.
- d. Candi Kelir sebanyak empat buah berada di depan setiap pintu masuk ke halaman utama.
- e. Kelompok candi sudut (patok) yang terdiri dari empat buah bangunan candi yang terletak di keempat sudut halaman pertama.

Halaman kedua berada di bagian tengah, berukuran 222 m x 222 m terdapat 224 candi perwara yang disusun mengelilingi halaman pertama dan terbagi dalam empat baris. Deret candi perwara pertama berjumlah 68 buah, deret kedua 60 buah, deret ketiga 58 buah, dan deret keempat sebanyak 44 buah candi. Candi perwara tersebut membentuk susunan konsentris menuju ke halaman pusat dengan arah hadap keluar atau membelakangi halaman utama. Candi perwara yang terletak di sudut halaman mempunyai dua pintu, yaitu pintu depan dan pintu samping.

Halaman ketiga melingkari halaman kedua dengan ukuran 390 m x 390 m. Pagar keliling halaman III tidak sejajar dengan halaman II dan halaman I, tetapi letak pintu gerbang disusun sejajar atau segaris dengan pintu gerbang halaman II dan pintu gerbang halaman I.

3. Struktur Dan Tata Ruang Candi Siwa

Pengertian struktur dalam ilmu arsitektur adalah aspek susunan yang sistematis dari masing-masing komponen bangunan, sedangkan konstruksi adalah aspek kekuatan secara matematis dari hubungan masing-masing komponen. Susunan batu-batu candi pada umumnya dapat dikategorikan sebagai struktur, sedangkan takikan, lubang-pen, dan lidah-alur dapat dikategorikan dalam konstruksi. Sehingga struktur/konstruksi penguat suatu bangunan adalah bagian bangunan yang berfungsi menjaga eksistensi berdirinya bangunan tersebut, atau yang berfungsi menyangga berat bangunan dan gaya yang timbul dari bilik secara horisontal maupun vertikal.

Candi sebagai karya arsitektur merupakan bangunan keagamaan yang bersifat monumental. Sebagai tempat pemujaan agama Hindu dan Budha, candi dibangun berdasarkan konsep keagamaan. Di dalam agama Hindu dan Budha, candi digambarkan sebagai replika dari Gunung Meru yang merupakan simbolisasi alam semesta atau kosmos. Gunung Meru sebagai pusat jagat raya dikelilingi oleh tujuh buah samudra dan benua yang berbentuk cincin. Di sekitar puncak Gunung Meru atau gunung kosmis beredar matahari, bulan dan bintang. Pada puncaknya terdapat istana para dewa yang dikelilingi oleh tempat tinggal delapan Dewa Lokapala sebagai penjaga mata angin. Jagat di sekitar Gunung Meru itupun secara vertikal dibagi menjadi tiga bagian yaitu dunia bawah atau *bhumi* (*bhurloka* atau *kamadhatu*), dunia tengah atau atmosfer (*bhuvarloka* atau *rupadhatu*), dan dunia para dewa, *svarloka* atau *arupadhatu* (Anom, 1997: 408).

Sebagai replika Gunung Meru, bentuk candi dapat dibagi dalam tiga bagian yang sesuai dengan lingkungan alam semesta, yaitu *bhurloka* diwujudkan dengan kaki candi yang melambangkan alam manusia, *bhuvarloka* diwujudkan dengan tubuh candi yang melambangkan alam manusia yang telah mati dan *svarloka* diwujudkan dengan atap candi yang melambangkan alam para dewa. Ketiga komponen tersebut dalam penampilannya memiliki ciri-ciri yang khas dan penempatan yang berbeda dalam rancang bangun suatu bangunan.

Candi sebagai bangunan suci tempat tinggal para dewa, dalam pembangunannya tidak terlepas dari masalah yang berhubungan dengan keagamaan dan masalah teknis (Anom, 1997: 14). Dengan demikian candi sebagai salah satu karya arsitektur masa lampau memiliki aspek yang bersifat keagamaan dan teknis. Termasuk dalam pengertian aspek keagamaan ialah segala sesuatu yang berhubungan dengan masalah keagamaan selain ajaran agamanya seperti upacara dan simbol-simbol, seberapa jauh aspek keagamaan itu dipakai sebagai pertimbangan dalam perencanaan atau dalam pendirian bangunan candi. Sementara itu yang termasuk dalam pengertian aspek yang bersifat teknis adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan masalah perencanaan atau pendirian bangunan candi baik yang berkaitan dengan teknis konstruksi seperti bahan bangunan, cara pembuatan maupun teknik arsitektur yang melihat bangunan dari segi keindahan (Parmono Atmadi, 1979: 7).

Keterkaitan antara kedua aspek tersebut tidak dapat diragukan lagi apabila melihat sifat dan bentuk bangunan candi di Indonesia. Termasuk dalam pengertian sifat dan bentuk adalah tata letak atau pola, penampilan,

Komponen- komponen bangunan yang meliputi material maupun bagian-bagiannya. Komponen tersebut terdiri dari bagian kaki, tubuh dan atap. Bagian-bagian itu juga dapat digolongkan sebagai kepala, badan dan kaki yang mengacu pada bentuk manusia (Parmono Atmadi, 1979:5).

Secara konseptual, bangunan Candi Siwa dirancang terletak pada titik pusat halaman I, candi tersebut secara filosofi memiliki level tertinggi dan penampilan arsitekturnya merupakan bangunan tertinggi pada Kompleks Candi Prambanan. Candi tersebut memiliki pola tapak persegi, dengan bentuk semakin ke atas semakin meruncing dan berakhir pada puncaknya yang berbentuk *ratna*. Denah kaki Candi Siwa Prambanan berbentuk segi dua puluh, berukuran 17 m x 17 m, tinggi 47 m, dan berdiri di atas pondasi berukuran 34 m x 34 m. Tinggi bangunan mencapai 47,6 meter atau lebih tinggi dari Candi Borobudur yang hanya 37 meter. Candi Siwa memiliki 20 bidang pada keempat sisinya, mulai dari kaki hingga atap dan mempunyai 4 pintu masuk yang menghadap timur, barat, selatan dan utara. Sehingga apabila dilihat dari arah timur laut, barat laut, barat daya dan tenggara, terkesan penuh variasi bidang yang dinamis.

Secara vertikal Candi Siwa dibagi menjadi tiga bagian, yaitu kaki candi, tubuh candi, dan atap candi. Dari teknik, gaya arsitektur, dan seni Candi Siwa mempunyai keisimewaan adanya bangunan sudut berbentuk miniatur candi yang terletak di sisi selatan tangga sebelah timur setelah diukur merupakan titik diagonal/silang dari halaman I dan halaman II. Pertemuan diagonal tersebut merupakan titik pusat yang disebut *natar* dan selalu bebas dari bangunan serta merupakan halaman terbuka.

Tampak luar struktur bangunan Candi Siwa secara vertikal dibagi atas bagian kaki, tubuh, dan atap. Kekuatan suatu bangunan ditentukan oleh kualitas kekuatan kaki pondasi. Secara keseluruhan struktur bangunan Candi Siwa terdiri atas 4 bagian yakni pondasi, kaki, tubuh dan atap. Pondasi merupakan bagian terbawah dari struktur suatu bangunan yang menopang keseluruhan berat bangunan dari atap sampai kaki.

Dalam pendirian suatu candi, pondasi mempunyai peranan yang sangat menentukan karena berfungsi sebagai penopang seluruh berat bangunan dari atap hingga ke kaki candi. Berdasarkan ketentuan yang digariskan di dalam kitab-kitab *Vâstusâstra*, proses pembuatan pondasi dimulai dari penetapan lokasi dan pemilihan lahan. Penetapan lokasi menjadi faktor penting karena candi merupakan tempat tinggal para dewa, maka lokasi berdirinya candi harus mencerminkan istana para dewa

Di kahyangan. Air juga merupakan unsur yang penting di dalam penetapan lokasi candi sehingga apabila di dekat candi tidak terdapat sumber air (sungai, danau, dan lain-lain) maka pada waktu candi itu didirikan harus ditempatkan tiga kendi air pada pusat candi (*brahmâ-sthâna*). Setelah penetapan lokasi, dilakukan observasi untuk memilih tempat atau lahan yang baik bagi pendirian candi. Penilaian baik atau tidak baiknya lahan untuk bangunan candi berdasarkan pada tujuh unsur fisik yaitu warna, rasa, bau, tekstur, kontur atau kemiringan, jenis tetumbuhan, dan ukuran (Anom, 1997: 108). Setelah sebidang tanah dipilih berdasarkan unsur-unsur fisiknya sebagai calon lahan candi, kemudian diadakan pengujian untuk mengetahui stabilitas tanah, kekompakan tanah, permeabilitas dan kelembaban tanah, kesuburan tanah, serta kandungan oksigen dalam tanah tersebut.

Untuk mendapatkan pondasi yang kokoh, selain ditentukan oleh kualitas lahan juga oleh kedalaman dan cara pengerjaannya. Menurut *Mânasâra-Cēlpaœâstra*, ada empat kemungkinan kedalaman pondasi, yaitu setinggi orang dengan tangan dinaikkan, sama dengan tinggi kaki candi, sampai mencapai batu karang atau tanah berpasir yang padat, dan sampai mencapai permukaan air tanah. Kitab tersebut juga menguraikan tentang teknik pengerjaan pondasi yang dianggap baik. Setelah lubang pondasi selesai digali, pada sudut dan sisi-sisinya diberi pasangan bata atau batu. Pada tempat yang akan didirikan kolom atau tembok, pondasinya harus dibuat lebih dalam dan dipadatkan agar tidak melesak. Apabila tanah dasarnya tidak solid, becek atau berair maka diberi arang kayu lalu ditumbuk sampai betul-betul padat. Di antara gundukan-gundukan arang kayu tersebut diberi arang. Pemberian arang tersebut bertujuan untuk mengatur keberadaan air agar kondisi kandungan air menjadi stabil. Arang mempunyai sifat menyerap dan permeabilitasnya baik. Pekerjaan pengerasan pondasi dilakukan dengan penimbunan tanah yang baik tanpa campuran setebal delapan *aṅgula* (panjang ruas tengah dari jari tengah), kemudian di atasnya diberi lapisan lain setebal satu *cubit* yang terdiri dari batu, tanah, dan pasir lalu digenangi air. Penggenangan air dimaksudkan agar tanah mudah dipadatkan, ruang kosong antar butir atau angka pori menjadi kecil sehingga tanah akan mencapai kepadatan maksimum. Urugan batu, tanah, dan pasir yang telah digenangi air tersebut dibiarkan selama tiga hari lalu dipadatkan dengan stemper dari kayu berbentuk kaki gajah. Pemadatan bertujuan untuk menaikkan kekuatan atau daya dukung tanah, memperkecil penurunan, dan memperkecil pengaruh air. Lapisan tersebut dibuat berulang-ulang sampai

Mencapai permukaan lubang pondasi kemudian diberi penahan berupa pasangan batu atau bata di pinggirnya. Pasangan ini berfungsi sebagai penahan sebaran gaya berat dari bangunan yang ada di atasnya (Anom, 1997:122 – 125).

Kedalaman pondasi Candi Prambanan secara pasti belum bisa diketahui, namun apabila berpijak pada hasil penelitian Ijzerman, pada kedalaman 5,75 m dari lantai bilik candi diketahui adanya perigi candi dari bahan batu persegi dengan ukuran 2 m x 2 m dengan kedalam 13 m. Berpijak pada penelitian tersebut dan dikorelasikan dengan kedalaman Candi Brahma, kemungkinan kedalaman pondasi Candi Siwa lebih dalam sedikit dibandingkan kedalaman Candi Brahma, mengingat ukurannya lebih besar dari Candi Brahma.

Suatu hal yang menarik dari isi temuan yang terdapat di dalam perigi Candi Siwa yang berupa 32 biji mata uang perak, abu, akik, manik-manik, kepingan tembaga, potongan kertas emas dan perak, 12 keping emas (7 potong berbentuk segiempat dan bertulis serta 5 lembar bergambar kura-kura, naga, teratai, persajian, dan telur). Di bawah perigi terdapat campuran tanah dengan arang dan tulang binatang. Selain temuan tersebut, terdapat temuan periuk dari perunggu di sudut tenggara tubuh candi, di sudut tenggara tubuh candi dan sudut barat laut tubuh candi, serta periuk tertutup dengan rantai dari perunggu yang ditemukan di bagian kaki candi. Temuan periuk di sudut tenggara berisikan pasir gunung dengan batu-batuan, kepingan emas, dan kepingan perunggu.

Untuk kaki candi, secara horisontal terdapat berbagai macam bentuk, seperti bujur sangkar, empat persegi panjang, segi delapan, segi enam belas, segi dua puluh, dan sebagainya sehingga tidak ada suatu pegangan baku dan mengikat tentang bentuk denah dan susunan perbingkai kaki candi. Perbingkai biasanya lebih banyak dipandang dari aspek luarnya saja atau lebih menekankan pada hal yang bersifat permukaan seperti dekorasinya dari pada yang bersifat fundamental.

Bentuk kaki candi pada candi-candi periode Jawa Tengah termasuk Prambanan pada umumnya membentuk suatu bingkai. Profil kaki Candi Siwa dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian bawah, tengah/tubuh, dan atas. Pada profil bagian bawah tersusun atas bingkai rata yang lebar letaknya melekat pada tanah. Di atas bingkai rata ini tersusun lagi oleh bentuk bingkai padma (*khura/ojief*). Di atas *ojief* atau bingkai padma merupakan bentuk pelipit mistar yang membentuk ke dalam sebagai batas antara bingkai padma dan bingkai di atasnya, yaitu *halfround* atau

Setengah bulatan. Di atas *half round* ditutup oleh pelipit mistar sekaligus sebagai batas profil bagian bawah kaki.

Profil kaki bagian tengah/tubuh merupakan bidang panil-panil relief motif Prambanan berupa pohon kalpataru diapit bentuk relief binatang. Pada kanan kiri panil relief dilengkapi dengan hiasan bentuk pilaster. Profil kaki bagian atas merupakan penutup bingkai atas panil ditutup dengan pelipit mistar yang dipadu dengan hiasan antefik di atas pilaster. Di atas pelipit mistar masih terdapat bingkai rata yang dihiasi dengan sulur bentuk roset.

Di atas profil kaki Candi Siwa ditutup dengan bentuk pagar langkan yang di atasnya dihiasi dengan bentuk *amalaka* (bentuk stupa). Pada sisi luar pagar langkan terdapat relief Siwa Tandawa yang menggambarkan dua atau tiga tokoh dalam gerakan menari. Berdasarkan kitab *Natyasastra* relief tarian tersebut sering disebut sebagai Siwa Tandawa, yaitu tarian yang dilakukan oleh Dewa Siwa dan merupakan simbol dari falsafah agama.

Di bawah panil relief Siwa Tandawa terdapat bentuk lapis bingkai rata yang dilengkapi hiasan antefik. Pada tiap-tiap sudut bidang terdapat *jaladwara* atau lubang pembuangan air dari lantai langkan. Pada empat sisi kaki candi, yaitu sisi timur, selatan, utara, dan barat terdapat pintu masuk candi yang berbentuk penampil. Bentuk penampil ini pada dasarnya merupakan bentuk candi yang mempunyai kaki, tubuh, dan atap. Pada tubuh penampil merupakan lubang pintu tembus menuju candi atau ruang bilik utama candi. Penampil juga merupakan batas lantai di kanan-kirinya. Lantai langkan merupakan tempat *pradaksinapatha* dalam upacara keagamaan sekaligus sebagai jalan pembacaan relief Ramayana.

Motif singa yang terdapat di bagian kaki Candi Siwa digambarkan kaku seperti topeng. Pohon kalpataru digambarkan keluar dari sebuah jambangan atau periuk sebagai tanda pohon hidup. Sebagai pohon suci, di atasnya terdapat sebuah payung (*chattra*) dan sepasang burung yang sedang terbang atau hinggap di atas dahannya. Masing-masing pohon diapit oleh *kinara-kinari* atau binatang tertentu seperti kijang, kelinci, biri-biri, rusa, angsa, burung merak dan burung *celepuh*.

Pada pagar langkan sisi dalam terdapat relief Ramayana sebanyak 24 panil. Cerita Ramayana dimulai dari sebelah selatan tangga pintu masuk timur dengan arah *pradaksina*, yaitu berjalan mengelilingi dengan menganankan bangunan candi. Relief Ramayana diawali dengan adegan Wisnu Narayana duduk bersila di atas ular berhadapan dengan lima dewa

Dan seekor burung garuda di atas permukaan laut. Para dewa tersebut meminta Wisnu turun ke dunia dalam bentuk Rama untuk membinasakan Rahwana. Relief Ramayana diakhiri dengan adegan Rama, Laksmana, Sugriwa, dan bala tentara kera yang berhasil menyeberangi lautan menuju Kerajaan Alengka.

Dari panil-panil relief tersebut tampak adanya penggabungan antara seni dan tradisi. Relief Ramayana yang terdapat di Candi Siwa tidak sepenuhnya mengacu pada seni sastra *Kakawin Ramayana*. Penyimpangan tersebut terdapat pada:

1. Panil I

Adegan Wisnu Narayana duduk bersila di atas ular berhadapan dengan lima dewa. Adegan tersebut tidak terdapat dalam *Kakawin Ramayana* melainkan terdapat dalam cerita *Raghuwamsa* karya Kalidasa.

2. Panil XI

Adegan Rama dan Sinta sedang beristirahat setelah menempuh perjalanan jauh. Adegan ini terdapat dalam *Hikayat Sri Rama* alinea 187.

3. Panil XIII

Adegan seorang wanita menghalau anjing yang makan nasi tumpah dari bakul dan seorang laki-laki sedang memberi makan pisang kepada seekor kera. Adegan ini mencerminkan kehidupan sebuah desa di dekat hutan.

4. Panil XVI

Adegan Rama dan Laksmana sedang beristirahat. Rama merasa haus dan diambilkan air oleh Laksmana dari atas pohon, tetapi tidak melihat Sugriwa berada di atas pohon. Adegan tersebut terdapat dalam *Hikayat Sri Rama*.

5. Panil XIX

Adegan dua orang wanita sedang bercanda dengan seekor kera. Adegan tersebut tidak ada dalam *Kakawin Ramayana* melainkan merupakan selingan saja.

Pada umumnya bagian tubuh candi sangat mudah dibedakan dengan bagian kakinya. Kedua bagian ini biasanya dipisahkan oleh suatu bidang horisontal. Terkadang bidang ini hanya sempit saja atau hanya berbentuk suatu profil yang agak besar tetapi cukup untuk membedakan bagian kaki dan tubuh candi secara arsitektonis. Pada beberapa candi, bagian ini

Dilengkapi dengan pagar keliling (langkan) sehingga terbentuklah sebuah lorong atau jalan mengelilingi tubuh candi.

Tubuh candi dengan atapnya yang solid dan bertumpu pada kaki adalah beban yang sangat berat. Beban ini secara vertikal akan menimbulkan tekanan ke bawah yang akan disangga oleh pondasi dan kaki candi. Tekanan ke bawah tersebut tidak hanya bergerak tegak lurus ke bawah, tetapi makin ke bawah makin melebar membentuk sudut 60° . Selain tekanan ke bawah, pada konstruksi juga terjadi tekanan ke samping, baik disebabkan oleh konstruksi itu sendiri maupun oleh sebab dari luar, seperti gempa bumi atau sebab lain. Tekanan tersebut sangat membahayakan konstruksi, apalagi konstruksi candi yang terbuat dengan sistem susun tumpuk tanpa perekat. Apabila bidang yang membatasi antara kaki dan tubuh candi dibuat sempit atau curam, maka sudut bawah tekanan ke samping pada tubuh candi akan jatuh di luar kaki candi. Dalam keadaan seperti ini jika terjadi sedikit goncangan, bangunan akan sangat mudah runtuh. Sebaliknya, jika bidang batas antara kaki dan tubuh dibuat lebar, maka sudut bawah tekanan ke samping akan jatuh atau bertumpu pada pondasi. Selain itu, bidang di atas garis arah tekanan ke samping dan pagar langkan berfungsi sebagai penahan tekanan. Jalan keliling seolah-olah berfungsi sebagai ring penahan berat tubuh candi. Tangga masuk yang pada umumnya merupakan konstruksi yang ditambahkan pada kaki candi juga berfungsi sebagai penahan tekanan ke samping.

Tubuh Candi Siwa Prambanan berdiri di atas lantai kaki atau *sub basement*. Profil tubuh Candi Siwa pada dasarnya sama dengan profil bagian kaki yaitu terbagi atas bagian bawah/kaki, tengah/tubuh, dan atas. Yang membedakan dengan profil kaki adalah bagian tubuh Candi Siwa memiliki dua tingkat profil (bukan tingkat susun).

Bagian kaki tubuh profilnya hampir sama dengan profil kaki candi (*batur*) yaitu terbagi atas bagian bawah, tengah, dan atas. Bagian bawah tersusun oleh bingkai rata di atas lantai kemudian di atasnya merupakan bingkai padma/*ojief*. Di atas bingkai padma ditutup dengan pelipit mistar yang di atasnya lagi merupakan panil-panil relief arca Dewa Astadikpalaka. Di atas panil-panil relief arca ditutup dengan bingkai atas berbentuk pelipit mistar yang di atasnya lagi merupakan bingkai rata berstilirkan hiasan roset. Bagian atas profil kaki tubuh merupakan hiasan-hiasan antefik yang merupakan batas bagian kaki tubuh dan tubuh.

Bagian tubuh Candi Siwa juga terbagi lagi oleh bagian bawah, tengah I/II, dan atas. Bagian bawah tubuh Candi Siwa tersusun di atas profil

Bingkai rata, bingkai padma, dan *half round*. Di atas *half round* terdapat bingkai dengan hiasan roset sekaligus sebagai batas bagian tubuh bawah dengan tubuh tengah I. Tubuh Candi Siwa memiliki dua puluh bidang yang masing-masing bidang memiliki relung-relung arca dewa-dewa Lokapala (dewa mata angin) baik tubuh I maupun tubuh II. Bingkai relung-relung tersusun berbentuk seperti miniatur candi yang dihiasi dengan stiliran roset dan sulur gelung. Antara tubuh I dan tubuh II dibatasi oleh bentuk profil bingkai rata dan pelipit mistar dengan hiasan antefik serta setiap sudut bidangnya terdapat hiasan antefik makara berbentuk barong (kepala kala).

Tubuh bagian atas (di atas tubuh II) merupakan bingkai rata dengan hiasan roset dipadu sulur gelung secara raya. Di atas hiasan roset ditutup dengan bingkai rata polos dengan kombinasi hiasan antefik sekaligus sebagai batas antara bagian tubuh dan atap.

Dalam bangunan candi, digambarkan kaki candi (*bhurloka*) dikuasai oleh Maheswara, tubuh candi (*bhuvarloka*) dikuasai Sadasiwa, dan atap candi (*svarloka*) dikuasai oleh Paramasiwa. Dewa-dewa tersebut selalu disertai delapan orang dewa pengiring yang merupakan penjelmaan Siwa (*Astadewata*), sehingga bersama Paramasiwa menjadi *Nawadewata*. Dalam aliran Siwa-Siddhanta digambarkan Siwa sebagai dewa tertinggi mempunyai tiga wujud penjelmaan untuk menguasai alam semesta, yaitu:

1. Paramasiwa mempunyai sifat *niskala* (tanpa wujud dan bentuk) yang berkedudukan di zenith
2. Sadasiwa yang bersifat *sakala-niskala* bertempat di pusat
3. Maheswara mewakili segala wujud dan bentuk memenuhi dunia fana dan kedudukannya di Nadir.

Berdasarkan *Kitab Tantu Panggelaran*, gunung Mahameru dijaga oleh Gana pada gapura sebelah timur, Agastya pada gapura selatan, Gauri pada gapura utara, dan Kala/Anukala pada gapura barat. Penggambaran Dewa Lokapala selain sebagai penjaga arah mata angin juga bertujuan untuk menjaga dunia dari ancaman raksasa. Arca Dewa Lokapala tersebut dipahatkan pada bagian kaki Candi Siwa dan digambarkan berpakaian tipis duduk di atas lapik dengan kedua kaki bersila. Arca Dewa Lokapala termasuk dalam kelompok arca pariwara besar, yaitu dewa-dewa yang mendampingi/mengelilingi dewa utama dan keluarganya. Adapun Dewa Lokapala tersebut terdiri atas:

- Mata angin arah utara dijaga Dewa Soma atau Dewa Kuwera
- Mata angin arah timur laut dijaga Dewa Isana

- Mata angin arah timur dijaga Dewa Indra
- Mata angin arah tenggara dijaga Dewa Agni
- Mata angin arah selatan dijaga Dewa Yama
- Mata angin arah barat daya dijaga Dewa Nairrta atau Dewa Surya
- Mata angin arah barat dijaga Dewa Waruna
- Mata angin arah barat laut dijaga Dewa Bayu.

Pada tubuh Candi Siwa terdapat empat bilik, di setiap bilik terdapat tokoh dewa-dewa utama dalam agama Hindu. Bilik utama merupakan tempat bagi Dewa Siwa Mahadewa, bilik selatan untuk Agastya, bilik barat berisi arca Ganesa, bilik utara merupakan tempat bagi Dewi Durga. Arca-arca tersebut berukuran sangat besar dengan pahatan yang sangat halus. Arca Siwa Mahadewa berdiri di atas yoni dan ketiga dewa yang lain berdiri di atas padmasana. Pada tiap-tiap pintu bilik memiliki hiasan kala dengan raut muka mengerikan yang di atasnya terdapat bentuk *ratna*.

Atap merupakan bagian yang paling dominan dari arsitektur candi. Pada konstruksi atap candi, terdapat dua buah gaya yaitu gaya geser dan gaya tekan. Pada puncak atap candi terdapat beberapa gaya tekan yang datang dari berbagai arah yang bertentangan. Gaya-gaya yang saling bertentangan tersebut menyatu pada suatu titik yang menyebabkan atap candi menjadi kokoh akibat menyatunya kekuatan yang saling berlawanan. Puncak atap berperan sebagai pemersatu dari kerja delapan kekuatan sudut dan dinding candi yang saling bertentangan. Segala sesuatu yang saling bertentangan seperti gaya pada atap candi tersebut dalam masyarakat Hindu digambarkan sebagai falsafah *rwabhineda*. Semua *rwabhineda* itu larut dan luluh ke dalam satu sublimasi persatuan dari berbagai kekuatan (*unity in diversity*). Puncak atap sebagai pemersatu dari seluruh kekuatan teknis dan non teknis merupakan puncak tertinggi (*ultimate center*) tempat dewa tertinggi (*supreme god*) yang memimpin dewa *a^opadikpalâka* menjaga kedelapan arah mata angin kosmos candi itu.

Atap candi bertingkat-tingkat dengan puncaknya terdapat hiasan *ratna*. Peletakan tokoh dewa pariwara disesuaikan dengan arah hadap mata angin yang merupakan simbol dari gambaran sebuah *mandala*. Mandala adalah lingkaran suci (diagram kosmos) yang berfungsi sebagai *yantra*, yaitu alat bantu untuk memusatkan pikiran dalam melakukan semadi.

Ragam hias di Candi Siwa dipahatkan megah dan halus. Motif hiasnya secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi:

Antropomorpik (motif tubuh manusia), misalnya kala, gana, Dewa Lokapala, penari, pemusik, dan lain-lain

Theriomorpik (motif setengah manusia setengah binatang), misal *kinara*

Theriantropic (motif binatang), misal burung, kijang, kelinci, rusa, dan lain-lain

Motif tumbuh-tumbuhan, misal kalpataru

Motif lainnya.

Atap Candi Siwa terdiri atas empat tingkat dan satu kemuncak berbentuk *ratna* dengan kemiringan 70° - 75° . Pada atap tingkat satu hingga empat terdapat bentuk yang menonjol yaitu barisan *ratna* atau *amalaka*, dan bagian kemuncaknya merupakan bentuk *ratna/amalaka* tunggal dengan ukuran lebih besar dari tingkat di bawahnya. Bentuk atap yang demikian ini sama dengan bentuk *sikara* di India.

Puncak atap Candi Siwa merupakan bentuk miniatur candi secara keseluruhan yang oleh masyarakat setempat disebut dengan bentuk *waluhan*, yaitu bentuk bulat panjang dengan beberapa lekuk setengah bulatan yang membagi bulatan ini secara berkeliling. Di atasnya terdapat pelipit setengah bulatan dan diakhiri dengan kemuncak yang berbentuk seperti lingga. Menurut ahli dari India yang bernama M.A. Dhaky, atap Candi Siwa diperuntukkan bagi Dewa Trimurti (*Tripurusaprasada*) yang mempunyai puncak *akasalingga*, yaitu sebuah *siwalingga* dengan bentuk lingga yang terbuka ke udara dan berada di puncak candi. Tiap-tiap tingkat bagian atap dibatasi oleh profil yang sama dengan bentuk profil bagian bawah kaki maupun tubuh candi, yaitu bingkai rata dengan perpaduan pelipit mistar setangkup. Di atas pelipit mistar dipadu dengan hiasan roset dan di atasnya berupa bingkai rata polos dipadu dengan hiasan antefik tiga tingkat. Di atas antefik terdapat panil-panil yang berisi tokoh manusia jongkok mengangkat *ratna/amalaka*. Bentuk *ratna/amalaka* didudukkan pada sebuah bentuk *padmasana* di atas barisan antefik. Pada tiap-tiap tingkat atap, bentuk ukuran *ratna/amalaka* berbeda.

Latar belakang pemilihan motif hias candi didasari atas maksud bahwa bangunan candi merupakan manifestasi gunung Mahameru yang merupakan gunung kosmos dan dianggap sebagai jagad raya dalam agama Hindu. Selain sebagai tanda yang memberikan suasana suci atau sakral pada areal bangunan candi, serta sebagai media komunikasi yang dipakai seniman untuk menyampaikan pesan dalam menyebarkan ajaran agama sehingga mudah dimengerti oleh semua lapisan masyarakat pendukung bangunan candi tersebut. Oleh karena itu motif-motif hiasan

Yang dipilih seniman mengandung cerita mitologi karena seniman harus mampu mewujudkan cerita yang abstrak menjadi bentuk visual.

Dari kemegahan bentuk arsitektur bangunan Candi Siwa tersebut mencerminkan dinamika kehidupan sosial dan politik yang damai, tingkat ekonomi yang mapan, serta tingginya tingkat kemahiran seniman pada masa itu. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pembangunan candi tidak dapat dipisahkan dari pemesan (*yajamana*) dan seniman (*sthapaka* dan *sthapati*). Dorongan tersebut merupakan salah satu wujud amal bakti berupa *yadya* untuk dapat mencapai kehidupan yang abadi terlepas dari ikatan keduniawian (*moksartham jagadhita* atau *nirwana*).

Seniman dalam membuat rancangan mempunyai kebebasan dan keterikatan dalam menuangkan kreatifitas seninya. Keterikatan seniman dalam membuat rancangan berdasarkan keinginan pemesan, status kepemilikan bangunan candi, dan aturan/konsep yang berlaku pada bangunan candi. Karya seni seniman yang telah berhasil mengkomunikasikan pengalaman batinnya dan disajikan secara utuh dan menarik, sehingga merangsang timbulnya pengalaman batin pada manusia yang menghayatinya. Dalam hal ini seniman bertindak sebagai komunikator yang mengungkapkan pesan, sedangkan masyarakat diharapkan dapat menangkap pesan seniman dari karya seninya/falsafah agamanya.

Dari uraian di atas tampak bahwa aspek keagamaan (ide dan bentuk) dan aspek teknis (konstruksi dan bahan) berhasil dipadukan dengan baik guna mewujudkan suatu arsitektur candi yang harmonis. Pemilihan suatu ide yang tepat dan cocok dengan kemampuan teknologi dan bahan yang tersedia dapat dinilai sebagai suatu kemampuan di masa lalu yang amat mengagumkan dan teruji.

4. Sistem Drainase kompleks Candi Prambanan

a. Drainase pada halaman kompleks Candi Prambanan

Tata letak Candi Prambanan bersifat konsentris dan terdiri atas tiga halaman dengan ketinggian yang berbeda. Halaman I merupakan halaman pusat dengan ketinggian 153.973. Pada halaman kedua terdapat 4 deret candi perwara dengan posisi berteras dengan ketinggian yang berbeda yaitu teras I : 151.973, teras II : 150.882, teras III : 149.687 dan teras IV : 149.025. Sedangkan halaman III merupakan teras yang paling rendah dengan ketinggian 148.441. Tiap halaman

Dibatasi dengan pagar keliling dengan 4 pintu gerbang pada tiap arah mata angin. Berdasarkan hasil penggalian diketahui bahwa pada kiri kanan masing-masing pintu gerbang pada pagar halaman I terdapat jaladwara untuk membuang air dari halaman pusat. Sayangnya kedelapan jaladwara ini sudah patah sehingga tidak dapat diketahui lagi bentuk utuhnya. Jaladwara sebagai lubang drainase tersebut mempunyai ketinggian yang berbeda, yang paling rendah adalah 153.278 sedangkan yang paling tinggi adalah 153.540. Selain dengan jaladwara, sistem drainase di kompleks Candi Prambanan juga ditunjukkan dengan adanya teras-teras, baik teras yang menunjukkan perbedaan ketinggian ketiga halamannya maupun teras-teras candi perwara yang ada pada halaman II.

Pada saat ini, untuk kepentingan pengunjung candi, halaman ini diberi lapisan *puddel* atau campuran pasir, kapur dan tanah liat. Unsur tanah liat ini yang menyebabkan air tidak meresap dengan cepat, walaupun konstruksi peresapan telah dibuat. Selain hal tersebut juga telah dipasang dua pipa pralon Ø 5" untuk mengalirkan air ke arah barat. Menurut laporan petugas apabila sehabis hujan deras ± 1 jam, air hujan belum cepat mengalir dengan tuntas, genangan air yang ada di halaman I dapat mempengaruhi kelembaban batu candi, sehingga sistem peresapan air hujan kurang tepat apabila diterapkan. Untuk mempercepat keluarnya air hujan pada halaman I perlu saluran yang bisa meresapkan air di halaman dengan cepat.

b. Drainase pada bangunan Candi Siwa

Candi Siwa terdiri atas susunan batu mulai dari pondasi sampai puncak atapnya. Batu yang dipasang pada bangunan Candi Siwa, mempunyai tingkat porositas dan posisi yang berbeda. Candi Siwa yang terletak di alam terbuka, otomatis berhubungan langsung dengan curah hujan.

Sistem drainase pada Candi Siwa ditunjukkan dengan adanya sistem jaladwara. Jaladwara yang terdapat pada Candi Siwa berjumlah 12 terletak pada kaki I di bawah pagar langkan. Hal tersebut karena langkan merupakan bidang horisontal yang paling lebar sehingga merupakan bagian yang paling banyak menampung air hujan. Secara konstruktif bangunan candi sendiri sebenarnya sudah mencerminkan sistem drainase alamiah. Bentuk candi yang meruncing pada ujungnya membuat air hujan yang jatuh dari atas langsung

Mengalir kebawah, sehingga tidak mengakibatkan adanya genangan. Air hujan tersebut kemudian dialirkan lewat jaladwara dan dibuang keluar.

2.4. Riwayat Pemugaran Candi Siwa

Berdasarkan catatan harian C.A. Lons (pegawai VOC di Semarang) pada tahun 1733 Kompleks Candi Prambanan ditemukan dalam kondisi runtuh, tertutup tanah dan semak belukar. Dalam catatan tersebut disebutkan bahwa kompleks candi terdiri dari 70 bangunan candi kecil-kecil dan bangunan induk dengan tiga buah bilik yang berisi arca Durga Mahisasuramardini, Ganesa, serta Yoni.

Candi Prambanan sejak pertama kali diketemukan hingga tahun 1864 belum ada perhatian dari pemerintahan Hindia Belanda. Setelah N.W. Hoepermans melaporkan sebagian batu-batu di Kompleks Candi Prambanan digunakan untuk pembangunan pabrik gula, baru mendapatkan perhatian dari J.W. Ijzerman yang telah mendirikan "*Archaeologische Vereeniging Van Jogja*", sehingga tahun 1885 Kompleks Candi Prambanan dibersihkan dari timbunan tanah khususnya yang menutupi bilik-bilik Candi Siwa. J.W. Ijzerman dalam pelaksanaan pembersihan Candi Siwa belum melakukan secara metodologis dan tanpa dilengkapi dokumentasi. Sistem yang dilakukan sangat sederhana, yaitu mengumpulkan dan menggali batu-batu candi yang berserakan serta tertimbun tanah kemudian dikelompokkan.

Kegiatan itu kemudian dilanjutkan oleh J. Groneman dengan dilengkapi foto-foto Cephas khususnya relief Candi Siwa. Tetapi J. Groneman kurang melengkapi catatan secara sistematis, sehingga sukar dalam upaya pemugaran selanjutnya. Hasil karya foto Cephas tersebut diterbitkan pada tahun 1923 dengan judul "*Tjandi Prambanan op Midden-Java, na de Ontgraving*".

Hasil usaha J.W. Ijzerman dimanfaatkan oleh Van Erp yang pada tahun 1902 - 1903 berhasil memperbaiki bilik-bilik/penampil Candi Siwa dengan cara mengembalikan runtuhannya batu-batu ke tempat aslinya. Pada tahun 1915, relief-relief difoto ulang oleh Van Stein Callenfels yang dibantu oleh L. Poerbatjaraka untuk mengidentifikasi Candi Siwa.

Pemugaran baru dilaksanakan secara metodologis pada tahun 1918, ketika FDK Bosch menugaskan P.J. Perquin di bawah *Oudheidkundig Dienst* menyusun kembali Candi Siwa. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menyeleksi kembali batu-batu candi yang telah dikumpulkan oleh J. Groneman, membongkar batu candi dan memberi tanda pada masing-

Masing batu, serta batu candi asli yang hilang diganti dengan pasangan batu baru yang dipahat rata. Pekerjaan dilanjutkan oleh De Haan dengan membuat susunan percobaan hingga pelipit kaki Candi Siwa. Tahun 1935 tugas pemugaran diteruskan oleh V.P. Van Romondt yang di bantu oleh P.H. Van Coolwijk, Soehamir dan Samingun.

Pada masa pendudukan Jepang, kegiatan pemugaran selama tiga tahun diteruskan oleh Samingun dan Soewarno. Pada tahun 1946 – 1950-an kegiatan pemugaran berhenti, ketika Pemerintah Kolonial Belanda berusaha kembali menegakkan kekuasaannya, sehingga terjadi perlawanan fisik di berbagai wilayah di Indonesia. Selama pecah revolusi fisik, banyak dokumen-dokumen berupa gambar, foto-foto, dan data lain yang rusak ataupun hilang.

Pada tanggal 19 Desember tahun 1948, Pemerintah Kolonial Belanda menyerahkan kembali kedaulatan bangsa Indonesia kepada Pemerintahan Soekarno – Hatta. Setelah suasana tenang, kegiatan pemugaran diteruskan kembali. Selama ± 2 tahun hasil kegiatan pemugaran Candi Siwa mencapai pertengahan tubuh atap tingkat empat setinggi $\pm 35,25$ m. Kegiatan pemugaran berhasil menyusun kembali penampil dan pagar langkan dan puncak candi disertai pemasangan penangkal petir. Dengan terpasangnya puncak atap Candi Siwa pada tahun 1953, pemugaran dinyatakan selesai. Untuk memugar kembali Candi Siwa diperlukan material batu bagian luar sebanyak 33.791 blok batu yang terdiri atas 29.124 batu lama dan 4.667 batu baru yang diberi tanda dengan timah hitam. Peresmian Candi Siwa dilakukan oleh Presiden Republik Indonesia pertama, yaitu Ir. Soekarno pada tanggal 20 Desember tahun 1953.

Bab III

Definisi dan Analisis





BAB III

DATA DAN ANALISIS

3.1.KERUSAKAN STRUKTUR DAN ARSITEKTUR CANDI SIWA PRAMBANAN

A. Pengertian Arsitektur

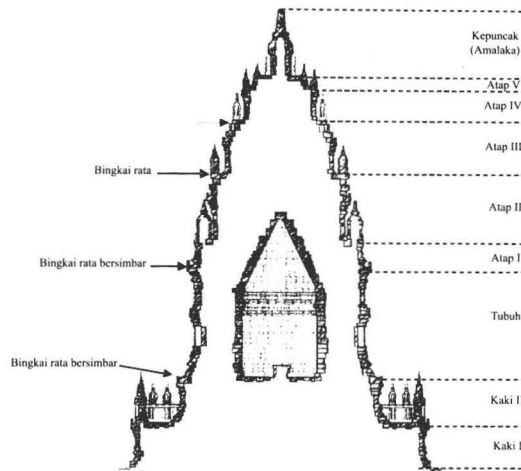
Nilai suatu bangunan dapat menjadi bukti bagi generasi berikutnya dan dapat dijadikan alat pengukur berapa tinggi tingkat kebudayaan yang ada pada waktu itu. Arsitektur merupakan bagian dari kebudayaan dan "*architecture is archeology of the future*" (arsitektur adalah arkeologi masa depan). Kesenambungan masa lampau - masa kini - masa depan yang mengejawantah dalam nilai-nilai arsitektur setempat merupakan faktor kunci dalam penciptaan rasa harga diri, percaya diri, dan jati diri atau identitas. Keberadaan arsitektur kuno bersejarah tersebut mencerminkan kisah sejarah, tata cara hidup, budaya dan peradaban masyarakatnya.

Arsitektur kuno bersejarah yang memiliki identifikasi signifikansi yang tinggi adalah asset yang sangat berharga dan potensial dalam bidang pariwisata. Kerusakan arsitektur Candi Siwa sama dengan kerusakan asset potensial baik nasional maupun internasional dan mengecewakan masyarakat yang mengagumi, mengapresiasi dan memanfaatkannya untuk berbagai kepentingan. Secara ekonomi mikro lingkungan, bagi masyarakat yang memanfaatkan Candi Prambanan sebagai media untuk mencari nafkah, kerusakan arsitektur Candi Siwa dapat mengganggu ekonomi keluarga mereka.

B. Kerusakan Ornamen Arsitektur Candi Siwa

Candi Prambanan memiliki pola tapak persegi, dengan bentuk semakin ke atas semakin meruncing dan berakhir pada puncaknya yang berbentuk *ratna*. Tinggi bangunan mencapai 47,6 meter. Candi Siwa sebagai candi induk diapit oleh Candi Brahma dan Candi Wisnu serta didukung oleh tiga candi wahana, dua candi apit, empat candi

Kelir, empat candi patok, dan 224 bangunan candi perwara, dengan luas seluruh halaman $390 \times 390 \text{ m}^2$. Bentuk Arsitektur candi Siwa seperti terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Bentuk arsitektur Candi Siwa

Gambar 3.1 Bentuk arsitektur Candi Siwa

Pendirian suatu candi pada dasarnya mengacu pada prinsip-prinsip yang terdapat pada **Kitab Vāstusāstra** dan **Kitab Mānasāra-Cilpāśāstra**. Demikian juga dengan pendirian Candi Siwa. Namun demikian, karena proses perjalanan waktu dan pengaruh berbagai faktor, baik eksternal maupun internal, candi tersebut mengalami degradasi soliditas yang menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu, di dalam pemugaran kembali, untuk perkuatan konstruksi diberi struktur penguat beton bertulang di dalamnya.

Berdasarkan data pembeding dari lapangan, dalam hal ini pemugaran candi wahana, data foto, data gambar dan data pustaka, struktur dan konstruksi Candi Siwa dapat diketahui secara analogi. Struktur dan konstruksi penguat bangunan Candi Siwa menggunakan konstruksi beton bertulang. Gejala kerusakan struktur penguat Candi Siwa yang disebabkan oleh arsitekturnya tidak ditemukan. Secara makro, dapat dikatakan bahwa di Candi Siwa belum ada penyeimbang sumbu vertikal.

Kerusakan ornamen yang terjadi pada Candi Siwa saat ini sudah mencapai tahap yang cukup serius. Pengamatan kerusakan ornamen

Dilakukan terhadap relief, relief timbul serta arca pada tubuh luar Candi Siwa. Ornamen tersebut terdapat pada kaki serta pagar langkan baik sisi luar maupun dalam, meliputi relief cerita Ramayana, Siwa Tandawa, dewa-dewa Lokapala serta Motif Prambanan. Kerusakan yang terjadi meliputi kerusakan berupa patah, hilang retak serta aus.

Kerusakan yang banyak terjadi pada ornamen-ornamen di Candi siwa antara lain berupa aus. Keausan tersebut diakibatkan karena beberapa faktor, yaitu faktor alamiah karena umur batu, karena gesekan, maupun karena kualitas batunya sendiri. Keausan yang diakibatkan karena faktor alamiah yaitu umur batu dapat terlihat pada bagian arca atau relief yang aus secara wajar, dan keausan tersebut masih terlihat selaras dengan kondisi di sekitarnya. Pada ornamen yang mengalami keausan yang disebabkan karena kualitas bahan yang kurang bagus, dapat terlihat pada ornamen yang ausnya merata pada suatu blok batu. Biasanya blok batu tersebut terlihat berbeda, yaitu tampak lebih porous serta warnanya lebih terang (lebih putih) dibandingkan dengan batu-batu lainnya. Keausan juga terjadi pada nat-nat batu yang saling merenggang antara batu satu dengan lainnya, dan hal tersebut terjadi hampir merata pada relief Ramayana. Kerusakan yang lain adalah hilang. Kerusakan yang berupa hilang yang paling mencolok terjadi pada kepala arca serta kepala relief timbul yang bagus pengerjaan serta ornamennya. Hal tersebut sebagian besar terjadi pada relief Siwa Tandawa yang berupa relief timbul. Ada dugaan bahwa hilangnya kepala-kepala arca tersebut memang sengaja dicuri orang karena yang hilang hanyalah kepala arca yang bagus. Pada relief Ramayana, hampir semua bingkai (baik bingkai atas maupun bawah) yang menjadi pembatas panel hilang. Sebenarnya pada relung luar tubuh candi bagian atas dulunya terdapat arca-arca dewa, namun saat ini arca-arca tersebut hilang sehingga semua relung yang ada kosong. Di kiri-kanan relung masih terlihat relief tokoh-tokoh yang mengiringi dewa tersebut.

Kerusakan yang berupa pecah kebanyakan terjadi pada nat yang merenggang. Di candi Siwa banyak sekali relief seorang tokoh yang pahatkan pada dua blok batu. Pada saat ini karena nat antar batu banyak yang mengalami perenggangan, maka relief tokoh tersebut seakan terbagi kanan dan kiri, dan biasanya pecah dari atas kebawah mulai kepala, bahu, tubuh dan kaki. Selain yang disebabkan karena nat yang merenggang, ada juga ornamen yang pecah karena faktor lain, misalnya mekanis dan fisis. Kerusakan yang paling sedikit ditemukan pada Candi Siwa ini adalah retak. Retak yang dimaksud

Di sini adalah keretakan pada ornamen yang masih berupa garis halus, namun lama kelamaan retak tersebut dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih lanjut berupa patah bahkan hilang.

Berdasarkan data base hasil pengamatan yang dilakukan terhadap relief Motif Prambanan, Siwa Tandawa, Ramayana serta dewa-dewa Lokapala, terdapat kerusakan sebagai berikut:

a. Relief Motif Prambanan

Relief ini terdapat pada kaki candi sisi luar yang terdiri atas 80 panel, termasuk di dalamnya 4 arca dewa yang terdapat dalam miniatur candi. Dalam satu bingkai Relief Motif Prambanan terdapat 3 panel, terdiri atas arca singa di tengah dan dua panel di kiri-kanan yang berisi relief pohon kalpataru diapit oleh dua makhluk kahyangan. Kerusakan yang ada pada kelompok ini berupa patah yang terdapat pada 2 lokasi, hilang pada 60 lokasi, serta aus pada 124 lokasi.

b. Relief Siwa Tandawa

Relief ini terdapat pada pagar langkan sisi luar. Kelompok ini terdiri atas 134 panel, termasuk dua arca penjaga yaitu Mahakala dan Nandiswara yang terdapat dalam menara sudut. Relief Siwa Tandawa berupa relief timbul, dan dalam satu panel terdapat tiga tokoh. Kerusakan yang terdapat dalam kelompok ini berupa aus pada 82 lokasi, hilang pada 273 lokasi dan pecah pada 5 lokasi.

c. Relief Ramayana

Relief ini terdapat pada pagar langkan sisi dalam, terdiri atas 157 blok batu. Kerusakan yang ada berupa patah pada 46 lokasi (29,29% dari keseluruhan blok batu), hilang pada 131 lokasi (83,43%), retak pada 9 lokasi (5,73%) dan aus pada 121 lokasi (77%).

d. Relief Dewa-dewa Lokapala

Relief ini terdapat pada kaki tingkat I, terdiri atas 72 panel. Relief ini berupa relief timbul. Kerusakan yang terdapat dalam kelompok ini berupa aus pada 70 lokasi, hilang pada 82 lokasi, pecah pada 84 lokasi serta retak pada 20 lokasi.

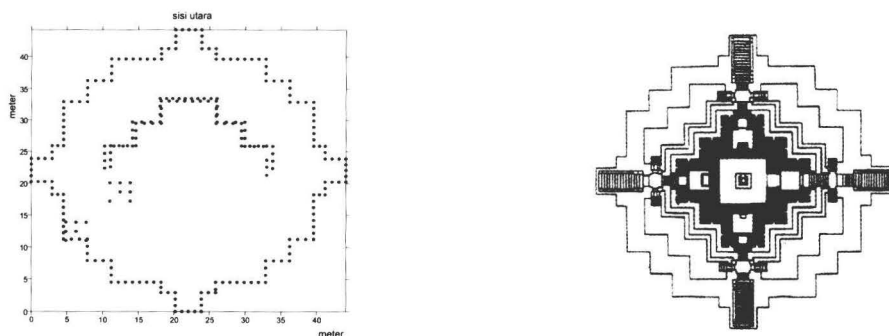
C. Kondisi Struktur Candi Siwa

Untuk mengetahui kondisi struktur candi Siwa, yang nampak dari luar telah dilakukan pengukuran stabilitas bangunan secara utuh yaitu dengan metode jaring segitiga. Pengukuran atau monitoring stabilitas bangunan ini telah dilakukan pada tahun 1984, 1995, 1999, 2001, 2002 dengan hasil sebagai

berikut : deformasi ke arah sumbu X, Y, dan Z masih relatif kecil, yaitu maksimum - 0,004 sampai + 0,007 pada arah sumbu X, - 0,007 sampai + 0,012 pada arah sumbu Y, dan - 0,027 sampai dengan + 0,017 pada arah sumbu Z. hasil pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1 halaman 136.

Sedangkan untuk mengetahui kondisi struktur candi Siwa bagian dalam, dilakukan pengukuran geofisika dengan metode geoelektrik, geomagnetik dan elektromagnetik (*Very Low Frequency*). Pengukuran hanya dilakukan pada lantai dasar di tanah (lantai 1 atau bawah) dan di dasar kaki II (lantai tengah atau selasar). Metode Magnetik dan VLF dapat mengukur sampai di bingkai rata bersimbar (lintasan atas). Tetapi posisi titik ukur di sepanjang selasar terhadap titik ukur di sepanjang lintasan atas posisinya secara horizontal hampir berimpit seperti yang disajikan pada Gambar 3.2.

Pengukuran resistivity dilakukan dengan metode pemetaan dan digunakan konfigurasi dipole-dipole dengan spasi 0,5 m. Lokasi pengukuran ada di dua tempat, pertama di lantai bawah yang berada di sudut antara pintu Barat-Utara. Lokasi kedua berada di selasar (lantai tengah) antara pintu Barat-Selatan pada batu yang mengalami rembesan air. Pengukuran Susceptibilitas dilakukan pada dinding-dinding candi pada lantai bawah mulai dari pintu Timur-Utara-Barat dengan spasi yang bervariasi sekitar 1 meter, pada arah horizontal dan lebar 2 meter pada arah vertical. Dicoba pula mengukur nilai susceptibilitas pada batu stupa yang retak atau penyambungan dan batu stupa yang utuh. Sedangkan metode magnetik dan elektromagnetik VLF posisi titik-titik ukurnya di tampilan pada Gambar 3.2. Pengukuran ke-empat metode tersebut dilakukan pada 20-21 Februari 2004.



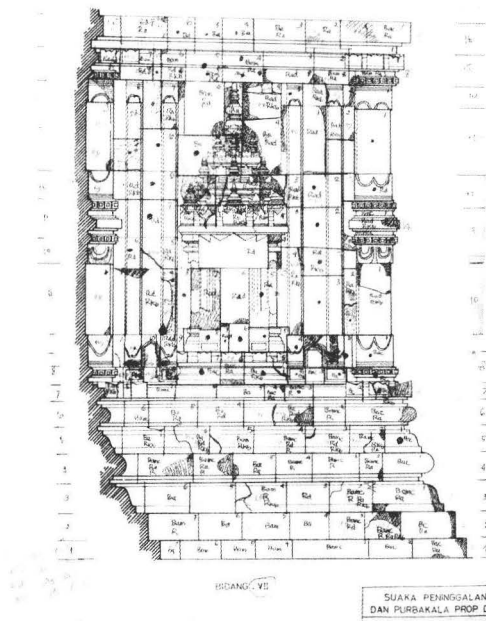
Gambar 3.2. Titik titik pengukuran yang bisa dilakukan pada metode Magnetik dan elektromagnetik VLF dan sketsa tampak atas dari candi Siwa.

Namun demikian pengukuran geofisika tersebut di atas masih dibatasi lagi oleh keberadaan Stagger (tangga) besi yang memenuhi setengah keliling di lantai tengah/ selasar di bagian barat-selatan-timur. Keberadaan stagger besi tersebut sangat mengganggu data hasil pengukuran medan magnetik dan VLF. Kondisi seperti ini seharusnya dihindari, karena target yang akan dicari adalah beton bertulang besi, atau besi yang terlindung oleh beton, sementara di dekat pengukuran jelas terdapat besi, jadi pengaruh stagger jauh lebih dominant dari pada pengaruh targetnya. Namun demikian pengukuran tetap diujicobakan dengan harapan masih terdapat pengaruh targetnya di sisi lain walaupun kecil.

3.2. KONDISI KERUSAKAN DAN PELAPUKAN BATU CANDI SIWA

Penjelasan

Observasi kondisi kerusakan dan pelapukan candi Siwa dilakukan dengan cara *mapping* yaitu, mengamati gejala-gejala kerusakan atau pelapukan secara visual kemudian ditulis dan digambar susunan batu candi. Seperti terlihat pada gambar 3.3 Ada dua observasi yang dilakukan, yaitu observasi tingkat keterawatan dan observasi tingkat kerusakan. Kode yang digunakan untuk observasi dan *mapping* adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 contoh mapping kerusakan dan pelapukan batu

1. Observasi tingkat keterawatan

- Ba : blok batu yang ditumbuhi ganggang (algae)
- Bm : blok batu yang ditumbuhi lumut (moss)
- Bc : blok batu yang ditumbuhi jamur kerak ((lichene)

Keberadaan pertumbuhan mikro organisme terhadap kerusakan dan pelapukan batu belum begitu tampak, tetapi bila dibiarkan akan menyebabkan pelapukan secara biologis yang akan berakibat terjadinya dekomposisi mineral batuan. Sebagai contoh misalnya, dalam proses fotosintesa mikroorganisme membutuhkan kalium yang diambil dari mineral feldspars batuan dan adanya sisa-sisa metabolisme yang korosif pada batuan. Dari segi estetika, adanya pertumbuhan mikro organisme menyebabkan candi akan kelihatan kurang terawat. Seperti tampak pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan batu candi

2. Observasi tingkat kerusakan

Secara kualitatif, kerusakan batu-batu penyusun Candi Siwa dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Kerusakan yang dapat ditangani

- Rp: Bisul (*postules*)

Bisul pada batu merupakan asosiasi antara lumut dan ganggang yang tumbuh pada daerah endapan garam yang pecah dan membentuk lubang



3.5 Penampakan Postules pada Batu Candi Siwa

- Rb : Retakan

Terdapat dua macam retakan, pertama retakan yang terjadi karena proses oksidasi pada sambungan batu yang menggunakan angkur besi. Proses oksidasi ini menyebabkan volume besi bertambah dan mendesak batu sehingga terjadi retakan. Contoh kasus ini terlihat pada kemuncak gapura.

Kedua, retakan yang terjadi karena adanya tekanan atau gaya statis pada nat batu yang tumpuannya tidak merata sehingga beban terakumulasi pada satu tempat dan menyebabkan batu menjadi retak. Kasus ini banyak terjadi di bagian dinding



Gambar 3.6 Retakan Batu Candi Siwa

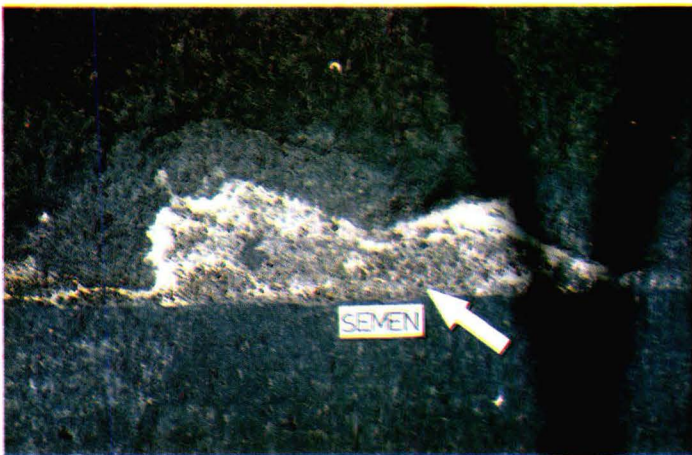
- Rc : Retakan terisi endapan

Terjadinya retakan sama seperti yang diuraikan di atas, sedangkan terjadinya endapan dikarenakan adanya air yang membawa mineral terlarut masuk ke dalam celah retakan dan terjadi stagnasi. Kemudian air menguap dengan meninggalkan endapan.



Gambar 3. 7 Retakan Berisi Endapan

- Rkb : Sambungan semen yang belum dikamuflase
Sambungan ini dibuat pada waktu pemugaran tahun 1953, yang kondisi warnannya sudah sangat kontras.



Gambar 3. 8 Sambungan Semen yang belum dikamuflase

- Rr : Batu lapuk

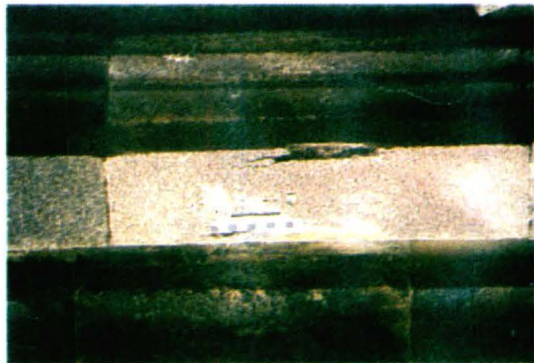
Pelapukan batu terjadi karena proses *psychochemi* menyebabkan terjadinya dekomposisi mineral batuan se struktur dan teksturnya berubah menjadi butiran. Pengamatan petrologi batu yang lapuk tersebut dilakukan dengan cara mengamati sampel batuan secara fotograf megaskopis. Cara ini hanya untuk mengetahui prosentasi pori batuan beku maupun kondisi fisik mineral penyusunnya. Pelapukan pada batuan beku secara alami sangat sulit untuk perkembangannya secara periodik. Namun apabila pelapukan tersebut telah mencapai tingkat lanjut, mineral-mineral tersebut akan mampu terlihat pada pengamatan fotograf. Mineral-mineral asing yang terbentuk akibat proses pelapukan pada tingkat lanjut menunjukkan kenampakan fisik atau teksturnya fisiknya berkisar antara 1 mm hingga 4 mm. Untuk mengetahui kondisi mineral lebih lanjut harus menggunakan petrografi mikroskopis polarisasi.

Hasil analisis petrologi pada sampel batu candi yang mengalami pelapukan maupun belum adalah sebagai berikut:

Sampel no. 1:

Sampel 1 diambil dari Kaki Tk. I sisi timur, bidang 1, lapis 8, no. 1.

Pengamatan megaskopis memperlihatkan warna batuan abu-abu kemerahan, pelapukan mengelupas kulit batuan. Ikatan antar mineral batuan sangat lemah (Lihat Gambar 3.9). Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas. Pori-pori primer. Rekahan akibat pelapukan memanjang hingga 15 cm dengan lebar 5 – 7 cm.



Gambar 3.9 Batu pengganti yang telah mengalami pelapukan

Sampel no. 2:

Sampel 2 diambil dari Kaki Tk. I sisi timur, bidang 1, lapis 9, dan no. seri 1. Pengamatan megaskopis memperlihatkan warna batuan lapuk abu-abu kemerahan, pelapukan mengelupas kulit bawang, dan ikatan antar mineral batuan sangat lemah (Lihat Gambar 3.10). Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer. Pengelupasan kulit bawang terlihat sangat intensif, pengelupasan mencapai 5 cm ke arah dalam dengan panjang ± 30 cm.



Gambar 3.10 Hilangnya relief akibat pengelupasan kulit bawang yang sangat intensif

Sampel no. 3:

Sampel 3 diambil dari Kaki Tk. II sisi timur, bidang 1, lapis 9 dan no. seri 4. Pengamatan megaskopis memperlihatkan warna batuan lapuk abu-abu kekuningan, pelapukan mengelupas kulit bawang, dan ikatan antar mineral batuan sangat lemah (Lihat Gambar 3.11). Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer. Pengausan akibat pelapukan memanjang hingga 15 cm dengan kedalaman 5 – 7 cm.



Gambar 3.11 Pelapukan yang intensif pada batu pengganti

Sampel no. 4:

Sampel 4 diambil dari Kaki Tk. II sisi timur bidang 19, lapis 8, 1
2. Pengamatan megaskopis memperlihatkan warna batuan abu-abu kekuningan, pelapukan mengelupas kulit bawang ikatan antar mineral batuan sangat lemah (Lihat Gambar Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori primer. Pengausan akibat pelapukan memanjang hingga dengan kedalaman 5 – 7 cm.



Gambar 3.12 Pengausan akibat pelapukan mengulit bawang pada bentang antefik di Candi Siwa

Sampel no. 5:

Sampel 5 diambil dari salah satu arca pantiion di Kaki Tk II sisi utara bidang 15, lapis 8, no. seri 6. Pengamatan megaskopis memperlihatkan warna batuan lapuk abu-abu kecoklatan, pelapukan mengelupas kulit bawang, dan ikatan antar mineral batuan sangat lemah (Lihat Gambar 3.13). Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer. Pengausan akibat pelapukan memanjang hingga 15 cm dengan kedalaman 3 – 5 cm.



Gambar 3.13 Hilangnya wajah arca panteon akibat pelapukan batuan

Selain mengambil sampel pada batuan candi, juga mengambil sampel yang bukan dari Candi Siwa. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan sampel analisis batuan yang segar tanpa merusak batu candi. Namun demikian sampel batu tersebut masih memiliki kontekstual dengan bangunan candi di sekitar Candi Siwa, misalnya batu andesit yang berada pada runtuhuan bangunan candi. Pemilihan sampel tersebut secara megaskopis memiliki kesamaan dengan sampel terpilih yang berada di Candi Siwa. Oleh karena sampel batuan yang berada di runtuhuan bangunan candi itupun telah mengalami proses pelapukan, maka pembanding utamanya diambil batuan yang berasal dari letusan Gunung Merapi. Dengan asumsi bahwa batu pembanding tersebut berumur lebih tua dari bangunan Candi Siwa. Batuan-batuan tersebut dianalisis sebagai berikut:

Sampel no. 6:

Sampel 6 diambil dari runtuh bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis andesit sama dengan sampel 4 dan memiliki ciri-ciri warna batuan la abu-abu kemerahan, sedangkan warna batuan segar abu-terang. Pelapukan pada bagian permukaan mulai tampak. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dan tekstur porfiroafanitik.

Sampel no. 7:

Sampel 7 diambil dari runtuh bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis andesit beku andesit yang sama dengan sampel 5 dan memiliki ciri-ciri memperlihatkan warna batuan lapuk abu-abu kecoklatan, sedangkan warna batuan segar abu-abu. Bagian permukaan terjadi pelapukan mengulit bawang, dan ikatan antar mineral batuan sangat lemah. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dengan tekstur porfiritik.

Sampel no. 8:

Sampel 8 diambil dari runtuh bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis andesit la yang sama dengan sampel 6 dan memiliki ciri-ciri warna batuan la abu-abu pucat, sedangkan warna batuan segar abu-abu terang. Pelapukan pada bagian permukaan mulai tampak. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dengan tekstur porfiritik.

Sampel no. 9:

Sampel 9 diambil dari runtuh bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis andesit la yang sama dengan sampel 7 dan memiliki ciri-ciri warna batuan la abu-abu kecoklatan, sedangkan warna batuan segar abu-terang. Pelapukan pada bagian permukaan mulai tampak. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dengan tekstur porfiritik.

Sampel no. 10:

Sampel 10 diambil dari runtuh bagian candi di kompleks Candi Prambanan.

Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis andesit yang sama dengan sampel 8 dan memiliki ciri-ciri warna batuan lapuk abu-abu kecoklatan, sedangkan warna batuan segar abu-abu terang. Pelapukan pada bagian permukaan mulai tampak. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dan tekstur porfiritik.

Sampel no. 11:

Sampel 11 diambil dari Sungai Opak yang merupakan fragmen lahar Gunung Merapi tua. Secara megaskopis merupakan jenis andesit yang termasuk kedalam jenis batuan beku *felsic* (terang/abu-abu) dan memiliki ciri-ciri warna batuan segar abu-abu terang. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dan tekstur porfiroafanitik.

Sampel no. 12:

Sampel 12 diambil dari runtunan bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis basalt, memiliki ciri-ciri warna batuan abu-abu kecoklatan. Struktur batuan yang terlihat berupa vesikuler lubang gas atau pori-pori primer dan tekstur porfiritik.

Sampel no. 13:

Sampel 13 diambil dari runtunan bagian candi di kompleks Candi Prambanan. Secara megaskopis merupakan jenis basalt, memiliki ciri-ciri warna batuan abu-abu.

b. Kerusakan yang tidak dapat ditangani

- Rd : Endapan putih

Material tersebut merupakan sisa *bajralepa* yang masih ada di permukaan batu candi dan sudah ada sejak dulu. Seperti nampak pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Endapan Putih sisa Bajralepa

- Ro : Endapan oker
Warna kuning yang menempel pada permukaan batu dan sengaja dioleskan oleh orang-orang terdahulu dengan tujuan untuk memperjelas dalam pengambilan gambar (foto).



Gambar 3.15 endapan oker

- Ra : Batu pecah yang fragmennya telah hilang
Kasus ini terjadi secara mekanis pada saat candi runtuh dan karena vandalisme.



Gambar 3. 16 Fragmen relief yang hilang

c. Kerusakan yang prosesnya dapat dihambat

- Re : Pengelupasan

Mengelupasnya permukaan batu yang disebabkan adanya perbedaan nilai muai antara endapan garam yang menempel pada permukaan batu dan mineral batuan.



Gambar 3.17 Pengelupasan karena endapan garam

- R : Batu lembab

Batu selalu dalam kondisi basah/lembab. Hal ini dikarenakan lokasi tersebut secara struktural menjadi tempat terakumulasinya air hujan.

Selain observasi kerusakan yang telah disebutkan di atas, observasi juga dilakukan terhadap batu baru (batu pengganti) dan tambalan batu baru (*restoring*).



Gambar 3.18 Restoring menggunakan pengganti batu baru

Pada kasus keausan batu tangga, observasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pengunjung terhadap keausan batu tangga. Sasaran observasi dilakukan pada semua batu tangga. Untuk mengetahui tingkat keausan dilakukan dengan cara membentangkan benang dari tepi kiri hingga tepi kanan. Kemudian dengan berpedoman pada bentangan benang, diukur kedalaman batu tangga yang mengalami keausan. Ujung tepi kiri dan tepi kanan batu tangga dijadikan pedoman, karena bagian tersebut dianggap yang paling jarang diinjak pengunjung.



Gambar 3.19 batu tangga yang aus karena injakan dan gesekan kaki pengunjung

Analisis Kerusakan dan Keterawatan

Dari hasil *mapping*, diperoleh data seperti terlihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.1 Jenis dan jumlah kerusakan batu Candi Siwa ditinjau dari tiap sisi

Kode	Jenis Kerusakan	Sisi				Jumlah
		Timur	Selatan	Barat	Utara	
	Jumlah batu yang diobservasi	7.137	5.890	5.918	5.922	24.867
Ba	Batu yang ditumbuhi ganggang	3.501	2.750	3.704	3.560	13.515
Bm	Batu yang ditumbuhi lumut	2.443	2.197	3.077	2.325	10.042
Bc	Batu yang ditumbuhi jamur kerak	1.163	1.823	1.805	1.194	5.985
Rp	Batu berbisul	9	11	29	12	61
Rb	Batu retak	101	80	108	124	413
Rc	Batu retak terisi endapan	11	18	21	9	59
Rkb	Batu yang sambungannya belum dikamufase	1.168	954	939	1.035	4.096
Rr	Batu lapuk	209	215	256	148	828
Rd	Batu dengan endapan putih	3.744	2.633	2.890	3.268	12.535
Ro	Batu dengan endapan oker	112	178	152	114	556
Ra	Batu pecah yang hilang fragmennya	1.344	999	1.206	1.137	4.686
Re	Batu yang mengalami pengelupasan	-	3	5	-	8
R	Batu lembab/basah	99	58	91	114	362
Baru	Batu baru/pengganti	1.880	631	1.363	1.686	5.550
Tamb. Baru	Batu asli yang ditambah dengan batu baru	255	233	183	243	914

Kode	Jenis Kerusakan	Tingkat/Bagian			Jumlah
		Atap	Tubuh	Kaki	
	Jumlah batu yang diobservasi	10.468	5.231	9.178	24.867
Ba	Batu yang ditumbuhi ganggang	6.829	1.946	4.740	13.515
Bm	Batu yang ditumbuhi lumut	5.233	992	3.817	10.042
Bc	Batu yang ditumbuhi jamur kerak	3.137	613	2.235	5.985
Rp	Batu berbisul	57	4	-	61
Rb	Batu retak	26	56	331	413
Rc	Batu retak terisi endapan	1	11	47	59
Rkb	Batu yang sambungannya belum dikamufase	1.500	1.172	1.423	4.096
Rr	Batu lapuk	487	259	82	828
Rd	Batu dengan endapan putih	6.442	2.211	3.882	12.535
Ro	Batu dengan endapan oker	24	28	504	556
Ra	Batu pecah yang hilang fragmennya	831	1.509	2.347	44.667
Re	Batu yang mengalami pengelupasan	1	2	5	8
R	Batu lembab/basah	76	120	166	362
Baru	Batu baru/pengganti	3.170	1.187	1.193	5.550
Tamb. Baru	Batu asli yang ditambah dengan batu baru	314	389	211	914

Tabel 3.2 Jenis dan jumlah kerusakan batu Candi Siwa secara vertikal

Kode	Jenis Kerusakan	Bilik dan Lorong Bilik			Jumlah
		Timur	Selatan	Utara	
	Jumlah batu yang diobservasi	1.974	648	652	3.931
Ba	Batu yang ditumbuhi ganggang	37	16	44	111
Bm	Batu yang ditumbuhi lumut	-	12	44	66
Bc	Batu yang ditumbuhi jamur kerak	-	12	16	30
Rp	Batu berbisul	10	-	1	11
Rb	Batu retak	19	19	28	90
Rc	Batu retak terisi endapan	-	15	28	43
Rkb	Batu yang sambungannya belum dikamufase	364	71	83	542
Rr	Batu lapuk	104	8	9	121
Rd	Batu dengan endapan putih	1.605	273	394	2.511
Ro	Batu dengan endapan oker	36	8	-	142
Ra	Batu pecah yang hilang fragmennya	135	37	83	267
Re	Batu yang mengalami pengelupasan	-	-	1	1
R	Batu lembab/basah	10	6	9	33
Baru	Batu baru/pengganti	384	84	90	622
Tamb. Baru	Batu asli yang ditambah dengan batu baru	110	3	1	118

Tabel 3.3. Jenis dan jumlah kerusakan batu di bilik Candi

1. Keterawatan

Di tinjau per sisi, dari tabel di atas, tampak bahwa pertumbuhan ganggang yang terbanyak di sisi barat, sedangkan jika ditinjau per tingkat yang terbanyak terdapat di bagian atap candi. Pertumbuhan lumut terbanyak di sisi barat dan di bagian atap, demikian juga dengan pertumbuhan jamur kerak yang terbanyak di sisi selatan dan di bagian atap.

Secara umum, tingkat keterawatan Candi Siwa masih dalam taraf toleransi karena tingkat populasi pertumbuhan ganggang baru mencapai 20%, lumut 10%, sedangkan jamur kerak 3%. Tingginya tingkat pertumbuhan mikro organisme yang terjadi di bagian atap candi dikarenakan adanya kesulitan dalam pemeliharaan (pembersihan), sedangkan bagian tubuh dan kaki selalu dibersihkan jika populasi pertumbuhan mikro organisme sudah mendekati batas yang telah ditentukan. Pembersihan dilakukan secara mekanis. Untuk menghambat pertumbuhan mikro organisme perlu dilakukan perawatan yang teratur dan menggunakan metode konservasi bila diperlukan. Untuk penanganan seperti tersebut di atas tentu saja membutuhkan sarana kerja yang memadai.

2. Kerusakan

* Kerusakan yang dapat ditangani

Jumlah kerusakan batu-batu Candi Siwa yang dapat ditangani sebanyak 5660 blok, yang terdiri dari bisul pada batu (Rp) sebanyak 71 blok, batu retak (Rb) 503 blok, retakan terisi endapan (Rc) 102 blok, sambungan yang belum dikamufase (Rkb) 468 blok, serta batu lapuk (Rr) 946 blok. Kerusakan tersebut sebagian besar terjadi karena proses biologis, mekanis, chemis, phisis, dan belum sempurnanya dalam teknik pengerjaan. Pemugaran Candi Siwa belum menyertakan aspek konservasi serta belum adanya pengetahuan tentang teknik pengerjaan bahan pemugaran. Sehingga hal tersebut berdampak pada kelestarian batu candi siwa. Penanganan kerusakan-kerusakan tersebut harus dilakukan dengan menggunakan metode konservasi yang telah teruji.

* Kerusakan yang tidak dapat ditangani

Pada dasarnya, penanganan kerusakan yang tidak dapat ditangani mengacu pada dua hal, yaitu penanganan secara teknis dan secara arkeologis. Secara teknis, kerusakan tersebut memang tidak dapat diperbaiki, misalnya untuk membersihkan oker sangat sulit dilakukan karena oker sudah masuk ke pori-pori batu. Jika

Dibersihkan menggunakan bahan kimia akan merusak permukaan batu. Kerusakan yang secara arkeologis tidak dapat dilakukan adalah penambalan bagian yang hilang, misalnya menambal profil kepala pada relief.

* Kerusakan yang dapat dihambat

Penanganan yang dilakukan hanya dapat menghambat proses agar kasus kerusakan yang terjadi tidak berkembang lebih lanjut. Sebagai contoh, untuk menangani batu yang lembab/basah dapat dilakukan dengan menutup nat serta mengalirkan air agar tidak terakumulasi di satu tempat. Penanganan tersebut sekaligus untuk mengatasi proses pelapukan yang sering menyertai, yaitu penggaraman, pengelupasan, dan proses oksidasi.

Untuk kasus keausan pada batu tangga merupakan hal yang alami karena setiap hari diinjak oleh pengunjung dan hal ini tidak dapat dihindari. Hasil observasi batu tangga yang aus dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Keausan pada batu tangga Candi Siwa

Kedalaman Keausan Batu	Sisi				Jumlah
	Timur	Selatan	Barat	Utara	
Jumlah batu yang diobservasi	178	198	196	196	768
Batu aus < 1 cm	153	168	164	176	661
Batu aus 1 – 2 cm	11	13	19	12	55
Batu aus 2 – 3 cm	5	8	7	8	28
Batu aus > 3 cm	9	9	6	0	24

Dari hasil pengukuran batu yang aus, kedalaman berkisar antara 0,1 – 7,6 cm. Keausan tersebut karena gesekan dan tekanan kaki pengunjung. Cepat tidaknya keausan batu tergantung pada sifat fisik batu, misalnya tingkat kekerasan dan porositas batu. Dari tabel di atas tampak bahwa keausan di atas 3 cm relatif masih sedikit, meskipun demikian tetap perlu diperhatikan.

3.3 Analisis Laboratorium

Meskipun jenis kerusakan dan pelapukan pada candi Siwa cukup banyak, namun analisis laboratorium hanya dilakukan terhadap sampel-sampel yang dipandang perlu terutama sampel batu yang mengalami pelapukan. Tujuan analisis tersebut untuk mengetahui proses dan penyebab pelapukan serta langkah-langkah yang perlu diambil untuk pencegahan dan penanganan agar proses pelapukan tidak berkembang lebih lanjut.

a. Analisa Kimia

Analisa kimia dilakukan terhadap batu segar sebagai kontrol dan batu rapuh yang nampak dipermukaan, sedangkan untuk mengetahui batu rapuh bagian dalam dilakukan juga pengambilan sampel dengan cara dibor dengan menggunakan bor sampel diameter 22 mm.

Parameter sampel yang dianalisis secara kimiawi meliputi pH, kadar SiO_2 , Ca, Mg, Fe, SO_4 , CO_3 , dan Cl. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah secara gravimetri (berdasarkan pengukuran berat) dan titrimetri (berdasarkan pengukuran volume suatu larutan standart dengan cara titrasi). Penentuan kadar SiO_2 dan CO_3 dilakukan dengan analisa gravimetri di mana berat yang didapat dari pelarutan sampel kemudian ditimbang. Sedangkan penentuan kadar mineralnya seperti Ca, Mg, Fe, Cl, dan SO_4 ditentukan dengan metode titrimetri. Metode ini berdasarkan pengukuran volume suatu larutan standart secara titrasi dengan menggunakan indikator. Larutan standart adalah larutan yang sudah diketahui konsentrasinya, dalam penelitian ini digunakan titriplex III (disodium salt of ethylenediamine tetra aetic acid) sebagai larutan standart dengan jenis titrasinya adalah kompleksometri. Hasil analisis batu segar dan rapuh yang nampak dipermukaan dapat dilihat pada tabel 3.5 dan tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.5 kandungan unsur kimia pada batu lapuk

Parameter	Batu Segar			Batu Lapuk					
	1	2	1	2	3	4	5	6	
pH	5,5	6,5	10	9,50	10,5	10	10	10	
SiO (%)	51,44	46,90	31,04	32,52	28,62	36,38	29,62	22,47	
Ca (%)	4,09	3,21	4,81	5,24	3,21	7,62	3,53	4,52	
Mg (%)	3,94	3,89	3,94	5,22	4,86	3,89	4,10	3,16	
Fe (%)	4,09	4,76	6,84	6,88	5,58	6,03	6,14	4,79	
SO (%)	5,76	4,10	1,38	1,08	0,19	1,73	2,11	1,90	
CO (%)	1,84	1,40	2,02	1,04	2,67	1,42	0,94	0,90	
Cl (%)	0,09	0,10	0,34	0,28	0,27	0,36	3,2	0,15	

Tabel 3.6 hasil analisis sampel batu rapuh bagian dalam

No	Parameter yang dianalisis	kode Sampel				Keterangan
		01	02	03	04	
1	SiO ₂	29,84	31,28	34,08	29,96	hasil dalam persen (%)
2	CO ₃	11,56	3,71	4,09	3,82	
3	SO ₄	3,84	5,07	5,38	3,77	
4	Ca	4,81	3,85	3,37	3,82	
5	Mg	5,51	4,28	3,86	4,76	
6	Cl	0,98	0,27	0,31	0,29	
7	Al	9,68	6,58	6,78	8,43	
8	Fe	6,29	6,17	6,26	5,94	
9	pH	9,0	8,5	7,0	7,0	

Keterangan :

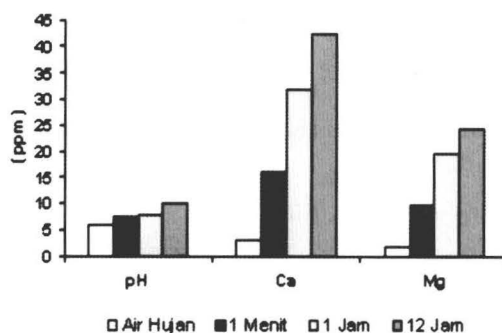
01. Lokasi Kaki sisi timur kedalaman pengeboran 4,5 cm
02. Lokasi pagar langkan sisi timur kedalaman pengeboran 6,5 cm
03. Relung sisi timur kedalaman pengeboran 5,5 cm
04. Kaki sisi selatan kedalaman pengeboran 5,5 cm

Dari tabel 3.5 diatas nampak bahwa kandungan Mg dan Fe meningkat, dan kandungan SiO_2 pada batu lapuk menurun bila dibandingkan pada batu segar. Sedangkan pH Batu lapuk seluruhnya bersifat Alkali. Demikian halnya pada tabel 3.6 dua buah sampel pH bersifat alkali, dan dua buah lainnya bersifat netral. Dibandingkan dengan batu segar kandungan unsur kimiawi yang meningkat adalah Mg, Fe, Al, dan CO_3 . hal ini menunjukkan bahwa sampel batu tersebut telah mengalami pelapukan.

Tabel 3.7 Kandungan unsur kimia pada nat (spesi) semen

Parameter	No. 1	No. 2
pH	10	9
SiO_2 (%)	14,4	34,42
Ca (%)	24,66	11,86
Mg (%)	15,8	8,75
Fe (%)	1,6	4,96
SO_4 (%)	1,00	1,15
CO_3 (%)	30,71	10,01
Cl (%)	0,33	0,14

Dari tabel 3.7 di atas, kandungan unsur kimia yang dominan adalah CO_3 , Ca, Mg, dan SiO_2 .



Grafik 3.1 Kenaikan pH serta kandungan unsur Ca dan Mg pada air rendaman spesi semen dengan air hujan (sampel no. 1, dan 2)

Dari grafik 3.1 tersebut di atas, kenaikan kadar Ca dan Mg sebanding dengan kenaikan pH dan waktu perendaman. Hal tersebut disebabkan pengikatan ion CO_3 oleh ion H^+ berlangsung pelan. Ion CO_3 berasal dari unsur Ca dan Mg dari semen yang terikat sebagai CaCO_3 dan MgCO_3 . Pada awal perendaman konsentrasi ion H^+ masih tinggi, kemudian konsentrasinya berangsur-angsur menurun karena mengikat ion CO_3 . Penurunan konsentrasi ion H^+ akan menyebabkan larutan bersifat alkali seperti terlihat pada reaksi kimia di bawah ini.



Dari hasil analisis AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometry*) dan analisis XRD (*X Ray Diffraction*), untuk mengetahui senyawa penyusun batuan. Hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

- Batu segar

Andesine	$(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$
Cristobalite	SiO_2
Bernalite	Fe(OH)_3
Mountanite	$(\text{Ca,Na,K})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
Sodalite	$\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Jadeite	$\text{Na(Al,Fe+++)}\text{Si}_2\text{O}_6$
- Batu lapuk

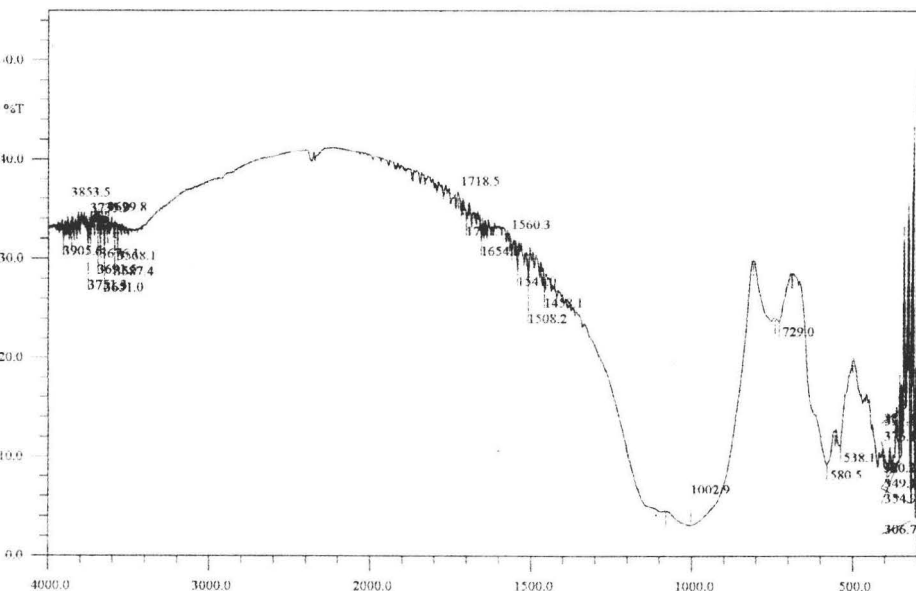
Andesine	$(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$
Labradorite	$(\text{Ca,Na})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$
Hyalophane	$(\text{K,Ba})\text{Al}(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$
Detriticite	$(\text{Fe}^{++},\text{Mn})\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Cristobalite	SiO_2
Bernalite	Fe(OH)_3
Mikasaite	$\text{Fe}^{+++}(\text{SO}_4)_2$
Hydroxyllethalite	$\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH,Cl})$
- Semen

Andesine	$(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$
Despunolsite	$\text{Ca,Mn}^{++++}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$

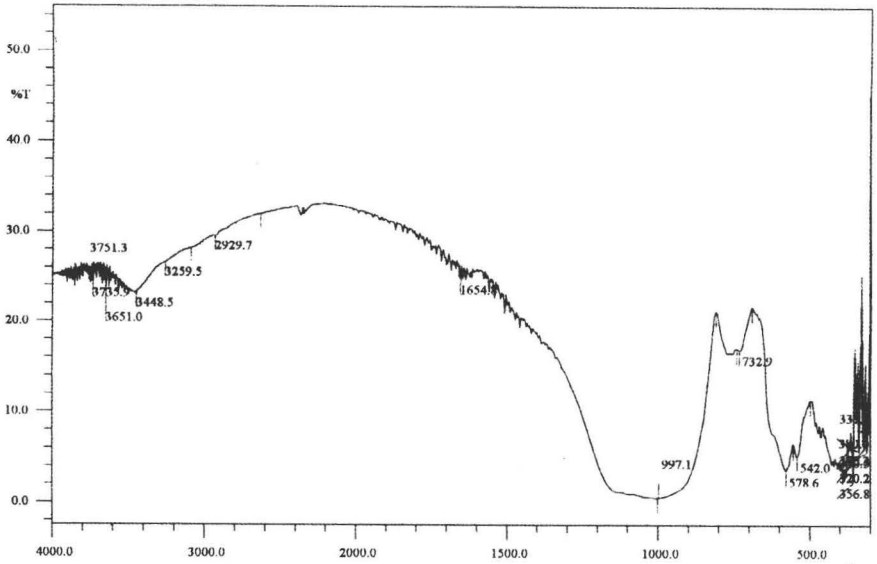
Labradorite	$(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$
Malladrite	Na_2SiF_6
Corundum	Al_2O_3

Dari data di atas terlihat perubahan persenyawaan dari mineral yang bersifat netral atau basa pada batuan segar, dan pada batuan lapuk salah satu penyusunnya berupa senyawa asam. Sehingga peningkatan keasaman air hujan merupakan salah satu faktor peningkatan kecepatan pelapukan batu candi. Hal ini karena terjadi reaksi antara asam dengan mineral batuan dan senyawa lainnya yang menyebabkan struktur batu menjadi rapuh dan mudah terlarut bersama air.

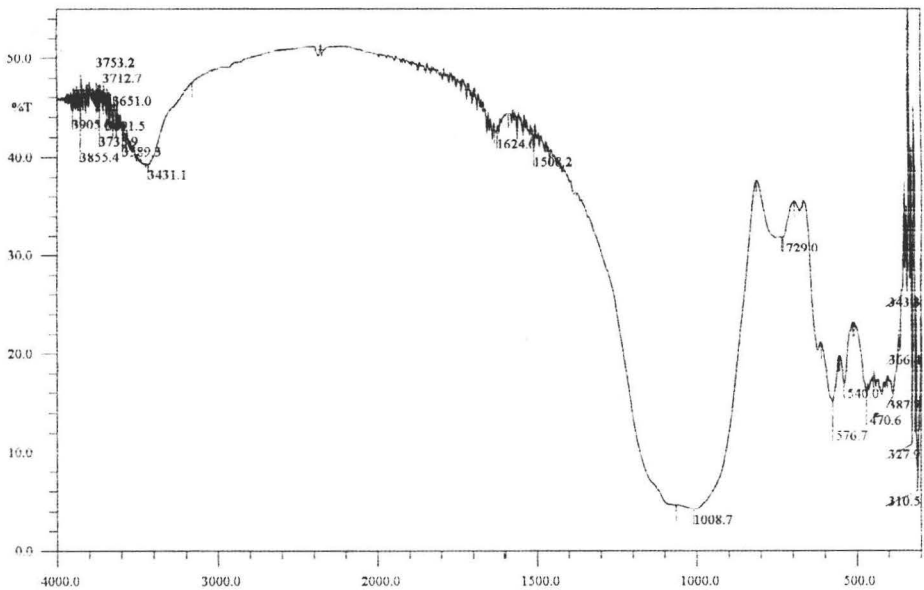
Selain itu juga dilakukan analisis organik untuk mengetahui kemungkinan pelapukan batu terjadi karena adanya kegiatan mikroorganisme. Analisis dilakukan di laboratorium Analisa Organik MIPA Universitas gadjah Mada, menggunakan metode Spektroskopi infra merah, dengan alat Shimadzu FTIR-8201 PC. Hasil analisis seperti terlihat dari gambar 3.20, 3.21, 3.22 dan 3.23 di bawah ini



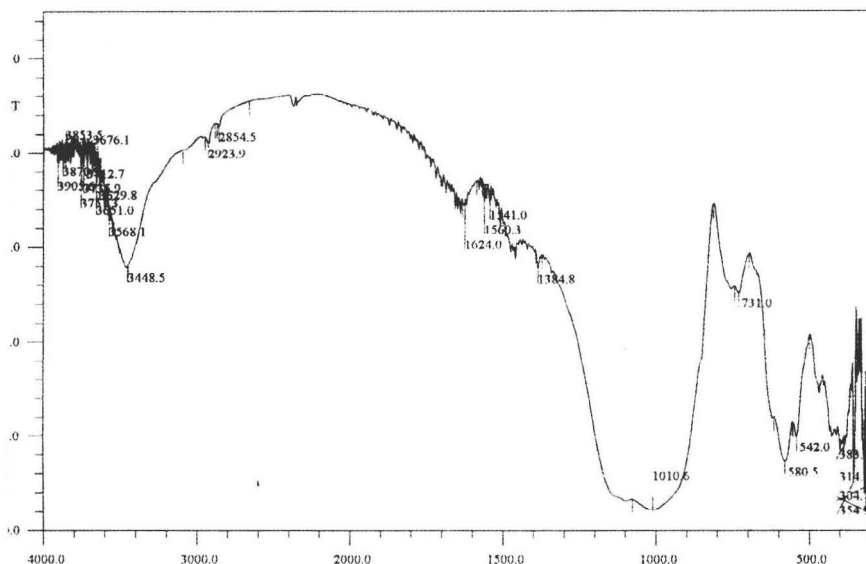
Gambar 3.20 Hasil analisis spektroskopi infra merah
Lokasi sampel kaki candi sisi selatan, bidang 9 lapis 10 seri 1



Gambar 3.21 Hasil analisis spektroskopi infra merah
Lokasi sampel kaki candi sisi timur, bidang 1 lapis 9 seri 4



Gambar 3.22 Hasil analisis spektroskopi infra merah
Lokasi sampel kaki candi sisi utara, bidang 15 lapis 8 seri 6



Gambar 3.23 Hasil analisis spektroskopi infra merah
Lokasi sampel subbasement sisi timur, bidang 1 lapis 10 seri 12

Gambar tersebut diatas setelah diinterpretasikan oleh DR. Endang Tri Wahyuni, jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM, hasilnya adalah sebagai berikut:

- Keempat sampel mengandung senyawa-senyawa organik yang serupa, yaitu berupa senyawa aromatis, alkohol, dan amin dalam jumlah yang sangat kecil, hal ini ditandai oleh lemahnya intensitas puncak-puncak.
- Keempat sampel juga mengandung bahan anorganik seperti lempung, yang ditandai munculnya puncak karakteristik Si-O dan Al-O dengan bentuk yang kuat tetapi lebar, dan diperkuat oleh munculnya puncak pada $350-740\text{ cm}^{-1}$.

Dari hasil interpretasi tersebut membuktikan adanya zat-zat hasil pelapukan kimia, dan terdapat sisa-sisa mikroba yang ditunjukkan adanya amin (NH) yang sangat kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam batu candi terjadi pelapukan fisis dan kimiawi tetapi, tidak terjadi pelapukan mikrobiologis. Hal ini diperkuat juga dari hasil analisis mikrobiologi yang dilakukan di laboratorium konservasi Balai Studi dan Konservasi Borobudur, yaitu untuk mengidentifikasi proses sulfatasi. Dari hasil analisis tidak dijumpai adanya bakteri pereduksi sulfat dan bakteri pengoksidasi H_2S dan S.

b. Analisis fisik dan Petrografi

Jumlah sampel yang dianalisis sebanyak 24 buah, terdiri dari sampel batu lapuk (diambil dari permukaan luar), 8 sampel batu dan 8 buah sampel dari bagian dalam batu yang rapuh. Sedangkan dianalisa mineraloginya sebanyak 21 sampel, 13 buah dianalisa sifat fisiknya. Hasil analisis fisik dapat dilihat dari tabel 3.8 dan 3.9 di bawah ini.

Tabel 3.8 Hasil analisis fisik sampel batu segar dan batu lapuk Candi Siwa

No	Parameter	Batu Segar		Batu Lapuk		
		1	2	1	2	3
1	Densitas (gr/ cm ³)	1,68	2,19	1,48	1,18	2,10
2	Berat Jenis	2,30	2,26	2,17	3,8	2,34
3	Kadar Air (%)					
	- Natural	0,59	0,30	2,04	5,26	3,24
	- Jenuh	15,97	1,52	42,85	57,89	4,87
4	Derajat Kejenuhan (%)	3,70	2,00	4,76	0,09	6,66
5	Porositas (%)	26,94	3,33	63,63	68,75	10,24
6	Angka Pori	36,88	3,44	57,14	45,45	11,41

Dari hasil analisis fisik di atas, batu yang mengalami pelapukan fisiknya cenderung meningkat (kadar air, derajat kejenuhan, porositas dan angka pori). Akibat adanya kenaikan ini daya serap pada batu lapuk akan meningkat pula.

Tabel 3.9 Hasil analisa fisik sampel bagian dalam batu yang rapuh

No	Parameter	No Sampel / Kedalaman pengeboran dalam cm							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 2	2 - 4.5	2 - 4.5	4.5 - 6.5	0 - 2	2 - 3.5	0 - 3	3 - 5.5
1	Densitas g/cm ³	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1
2	Berat Jenis	2.7	2.9	3.0	2.7	2.7	2.9	2.9	2.6
3	Kandungan Air Jenuh %	16.3	15.0	16.7	10.5	10.0	10.0	11.6	10.8
4	Porositas	30.4	30.0	33.3	22.2	21.4	22.2	25.0	22.2
5	Kekerasan (skala Mos)	5.5	6.5	6.5	5.5	6.5	6.5	6.5	6.5

Dari hasil analisis fisik di atas, nampak bahwa struktur batu bagian dalam masih cukup baik, hal ini ditunjukkan dari nilai kekerasannya. Sementara porositasnya bila dibandingkan dengan batu yang segar sebagian telah menurun. Sedangkan analisis petrografi menggunakan mikroskop dengan pembesaran 40 - 125 X yang bertujuan untuk mengetahui komposisi mineral dan mineral ubahan dalam sayatan tipis setebal 0,03 mm adalah sebagai berikut :

a) sampel bagian luar batu yang rapuh.

Sampel no.1

Petrografi:

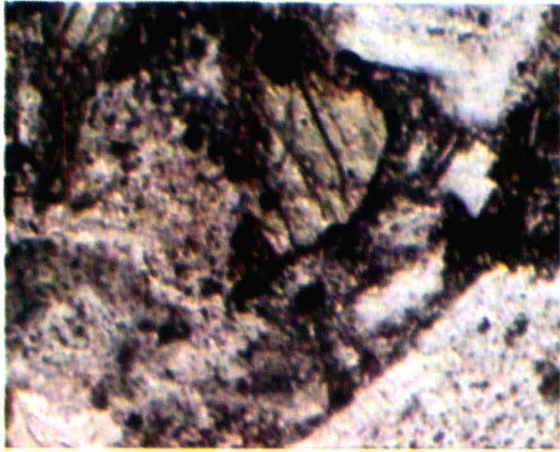
Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, fenokris hadir sekitar 60%. Fenokris berukuran 0,4-2,5 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,16$ mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Mineral asesori yang hadir adalah sirkon dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 36\%$), sebagai fenokris (0,4-2,5) mm dan mikrolit ($< 0,16$ mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, dan karlbud.

Piroksen ($\pm 10\%$), hadir sebagai fenokris (0,4-2,25 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil (pada belahannya) terubah menjadi oksida besi.

Mineral opak ($\pm 7\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir $< 0,6$ mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.



Gambar 3.24 Sayatan tipis sampel no. 4 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Mineral asesori ($\pm 3\%$), berukuran sangat halus ($< 0,001$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan zirkon dan apatit.
Gelas vulkanik ($\pm 15\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 8\%$), kecoklatan, terdistribusi sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi sebagian belahan pada tubuh piroksen.

Vesikuler/pori ($\pm 22\%$), diameter antara < 2 mm, umumnya beraturan.

Sampel no. 2:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kecoklatan, tekstur porfiritik. Fenokris (kristal besar) berukuran 0,16-1,3 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Mineral asesori yang hadir adalah apatit dan zirkon. Memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).

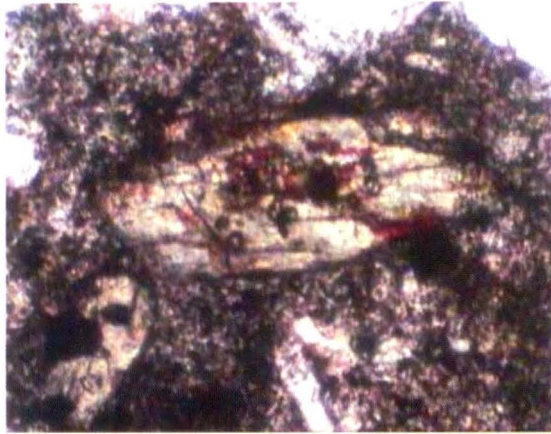
Komposisi:

Plagioklas ($\pm 33\%$), sebagai fenokris (0,16-1,3) mm dan mikrolit ($< 0,12$ mm), anhidral-euhedral, sebagian besar

Memperlihatkan kembaran albit, dan karltad. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 11\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,3-1,2 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil pada belahannya berubah menjadi oksida besi.

Mineral opak ($\pm 4\%$), hitam, anhedral-subhedral, ukuran butir $< 0,12\text{mm}$, tersebar merata.



Gambar 3.25 Sayatan tipis sampel no. 5 pada posisi nikol silang dan pembesaran 40 x.

Mineral asesori ($\pm 3\%$), berukuran sangat halus ($< 0,005\text{ mm}$), euhedral, sebagian yang teramati merupakan zeolit dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 14\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 8\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen.

esikuler/pori ($\pm 28\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Sampel no.3:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, glomeroporfiritik, dan pilotaksitik. Fenokris berukuran 0,4-3,2 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, oliv

Ine, dan mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,04-0,25 mm) plagioklas, piroksen, serta mineral opak dan gelas vulkanik. Pada bagian tertentu pada masa dasar, plagioklas sering memperlihatkan tekstur intersertal. Mineral asesori yang hadir adalah sfein dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.



Gambar 3.26 Sayatan tipis sampel no. 6 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 40\%$), sebagai fenokris (0,4-3,2) mm dan mikrolit (0,04-0,25 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbud, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak serta mineral-mineral mikro.

Piroksen ($\pm 17\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,4-2,5 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil terubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

Mineral opak ($\pm 5\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,003-0,2 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Mineral asesori ($\pm 2\%$), berukuran sangat halus ($< 0,006$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 12\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

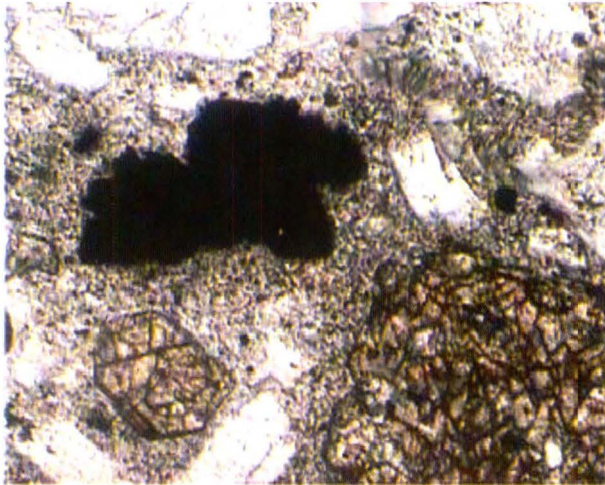
Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 8\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/ pori ($\pm 21\%$), diameter $< 0,15$ mm, umumnya tidak beraturan.

Sampel no. 4:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, dan glomeroporfiritik. Fenokris berukuran 0,2-1,6 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,001-0,1 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.



Gambar 3.27 Sayatan tipis sampel no. 7 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 40\%$), sebagai fenokris (0,2-1,6 mm dan mikrolit (0,001-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, dan karbid. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 11\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2-1,5 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian

Kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai klinopiroksen.

Mineral opak ($\pm 6\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001-0,12 mm, sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Mineral asesori ($\pm 5\%$), berukuran sangat halus ($< 0,006$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 14\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

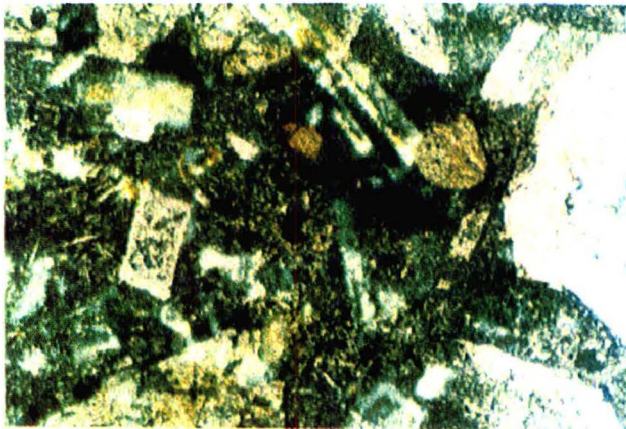
Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 7\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/ pori ($\pm 17\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya tidak beraturan.

Sampel no. 5:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur yang tampak adalah porfiritik dan glomeroporfiritik. Fenokris (65%) berukuran 0,2-1,75 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,1$ mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).



Gambar 3.28 Sayatan tipis sampel no. 8 pada posisi nikol silang dan pembesaran 40 x

Komposisi :

Plagioklas ($\pm 35\%$), sebagai fenokris (0,2-1,75 mm) dan mikrolit (0,04-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbud, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 10\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2-1,5 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

Mineral asesori ($\pm 3\%$), berukuran sangat halus ($< 0,006$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Mineral opak ($\pm 4\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir $< 0,12$ mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 13\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 8\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas

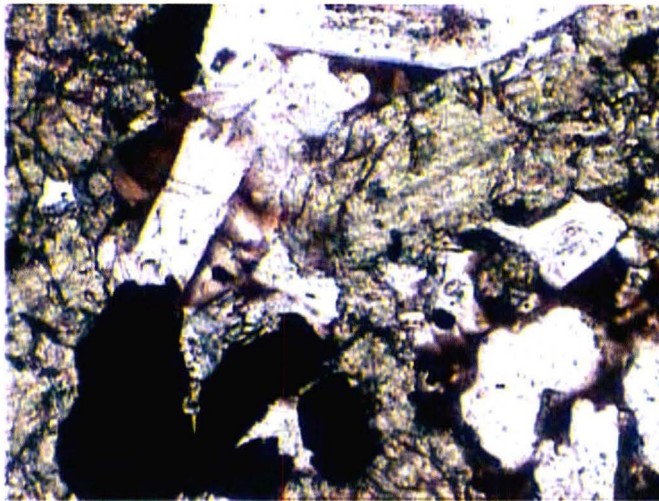
Vesikuler / pori ($\pm 27\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

b) Sampel batu yang segar

Sampel no. 1:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kecoklatan, tekstur porfiritik (kristal besar tertanam dalam kristal yang lebih halus), glomeroporfiritik (kristal besar mengelompok). Fenokris (kristal besar) berukuran 0,14-2 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit atau kristal halus (0,02-0,1 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Fenokris umumnya saling bersinggungan. Mineral asesori yang hadir adalah apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas) yang cukup banyak.



Gambar 3.29 Sayatan tipis sampel no. 12 pada posisi nikol sejajar
Dan pembesaran 4 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 39\%$), sebagai fenokris (0,14-2) mm dan mikrolit (0,02-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran karlbard, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 14\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,3-1,4 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian berubah menjadi oksida besi. Umumnya hadir sebagai augit.

Hornblende ($\pm 3\%$), subheral, ukuran butir 0,3-1,2 mm, warna coklat, tersebar tidak merata.

Mineral opak ($\pm 5\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001-0,15 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas, juga tersebar pada gelas vulkanik.

Mineral asesori ($\pm 1\%$), berukuran sangat halus ($< 0,005$ mm), euhedral, sebagian teramati sebagai apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 15\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 2\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen.

Vesikuler/ pori ($\pm 21\%$), diameter antara 0,05-4 mm, umumnya opal memanjang hingga tidak beraturan.

Sampel no. 2:

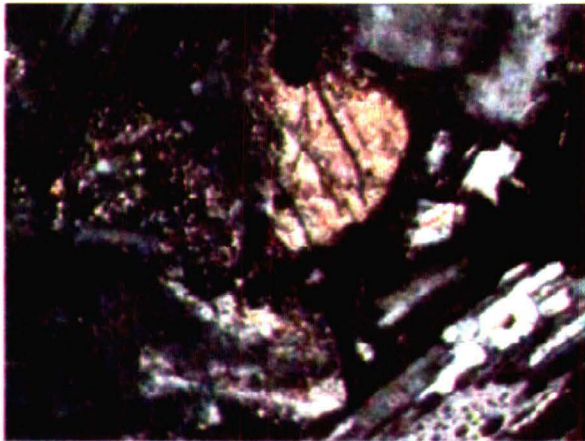
Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, dan glomeroporfiritik. Fenokris (65%), berukuran 0,2-2,8 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,1$ mm) plagioklas, serta mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 44\%$), sebagai fenokris (0,2-2,8) mm dan mikrolit ($< 0,1$ mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbud, dan struktur zoning. Sebagian kecil berubah menjadi oksida besi.

Piroksen ($\pm 15\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,3-2 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit.



Gambar 3.30 Sayatan tipis sampel no. 13 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Mineral opak ($\pm 4\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001-0,14 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 13\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

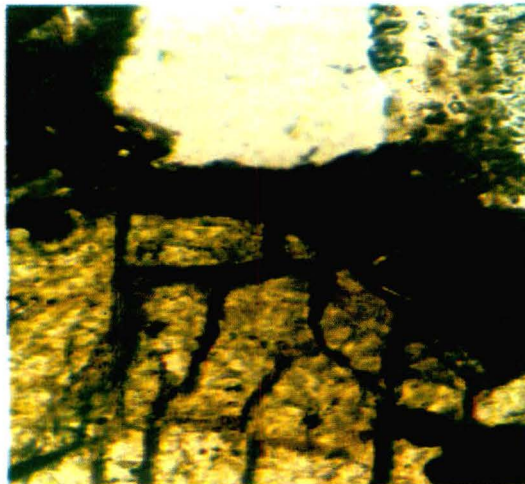
Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 7\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/ pori ($\pm 15\%$), diameter antara 0,1-1,2mm, umumnya tidak beraturan.

Sampel no. 3:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, pilotaksitik, glomeroporfiritik. Fenokris (kristal besar) berukuran 0,2-1,7 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,04-0,1 mm) plagioklas, piroksen, serta mineral opak dan gelas vulkanik. Pada bagian tertentu pada masa dasar, plagioklas sering memperlihatkan tekstur intersertal. Fenokris umumnya tidak saling bersinggungan. Mineral asesori yang hadir adalah sfen dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).



Gambar 3.31 Sayatan tipis sampel no. 14 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 125 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 42\%$), sebagai fenokris (0,2-1,7) mm dan mikrolit (0,04-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbud, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak serta mineral-mineral mikro.

Piroksen ($\pm 21\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,4-1,2 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit dan sebagian hipersten.

Mineral opak ($\pm 6\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001-0,13mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Mineral asesori ($\pm 2\%$), berukuran sangat halus ($< 0,005$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 13\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

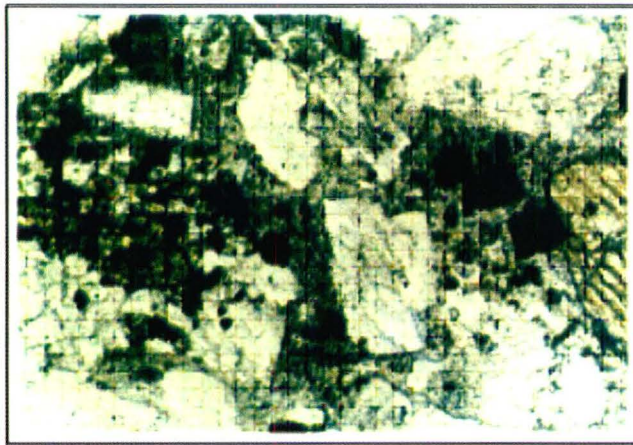
Oksida besi dalam mineral lempung ($\pm 8\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/ pori ($\pm 18\%$), diameter antara 0,2-1,8mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Sampel no. 4:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-abu, tekstur yang tampak adalah porfiritik. Fenokris berukuran 0,2-1,6 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,001-0,1 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.



Gambar 3.32 Sayatan tipis sampel no. 15 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 46\%$), sebagai fenokris (0,2-1,6) mm dan mikrolit (0,001-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, dan karlbud .Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 12\%$), sebagain besar hadir sebagai fenokris (0,2-1,5 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai klinopiroksen.

Mineral opak ($\pm 6\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001-0,12 mm, sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 13\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 11\%$) , kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

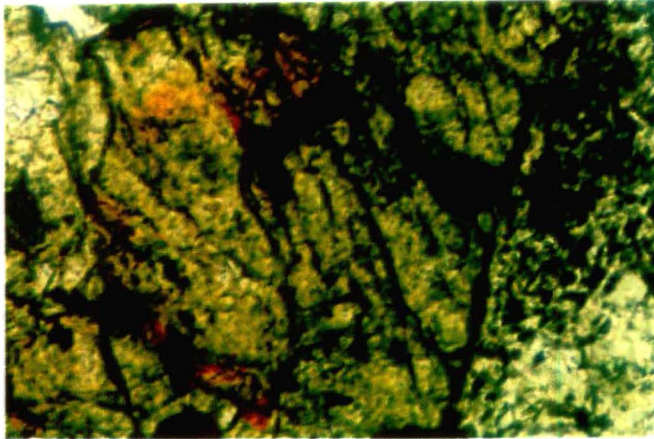
Vesikuler/ pori ($\pm 12\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya tidak beraturan.

Sampel no. 5:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-abu, tekstur yang tampak adalah porfiritik

Dan glomeroporfiritik. Fenokris (65%) berukuran 0,2-1,75 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (<0,1 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).



Gambar 3.33 Sayatan tipis sampel no. 16 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 40\%$), sebagai fenokris (0,2-1,75) mm dan mikrolit (0,04-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbard, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 20\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2-1,5 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

Horblende (3%), hijau gelap dengan bentuk kristal subhedral berukuran < 0,75 mm, terlihat pula adanya rekahan-rekahan yang tidak beraturan.

Mineral asesori ($\pm 3\%$), berukuran sangat halus (< 0,006 mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Mineral opak ($\pm 5\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir < 0,12 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 15\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

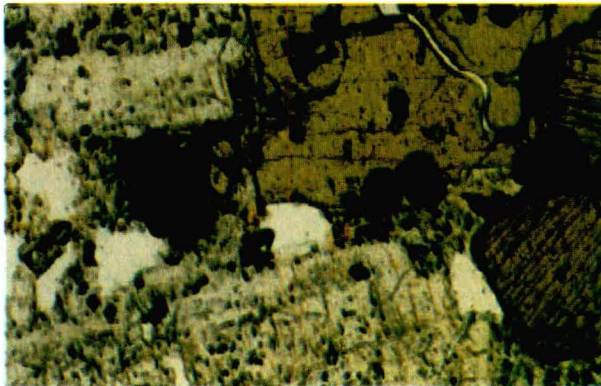
Oksida besi dan mineral lempung ($\pm 4\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/ pori ($\pm 15\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Sampel no. 6:

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu, tekstur porfiritik hipokristalin. Fenokris berukuran 0,125-1,75 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,1$ mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler



Gambar 3.34 Sayatan tipis sampel no. 17 pada posisi nikol sejajar dan pembesaran 40 x

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 45\%$), sebagai fenokris (0,2-1,75) mm dan mikrolit (0,04-0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbard, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 25\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2-1,5 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi

Mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

Horblende (5%), hijau gelap dengan bentuk kristal subhedral berukuran $< 0,75$ mm, terlihat pula adanya rekahan-rekahan yang tidak beraturan.

Mineral opak ($\pm 5\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir $< 0,12$ mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 12,5\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Vesikuler/ pori ($\pm 7,5\%$), diameter antara 0,3-1,5 mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Sampel no. 7:

Petrografi:

Batuan berwarna abu-abu kecoklatan, fabrik sekuensial anisotropik, tekstur hipokristalin, poriritik, vesikuler (berongga-rongga), ukuran kristal 0,1-2,25 mm, bentuk kristal euhedral-sub hedral, orientasi kristal sejajar. Batuan tersusun atas kristal sulung berupa plagioklas (45,7%), piroksin (8%), mineral opak (5,3%), dan gelas (16,7%), serta kriptolit (9,3%) sebagai masa dasar. Volume rongga dalam batuan sebanyak 15%.

Komposisi:

Plagioklas, tak berwarna, relief rendah, euhedral, bentuk prisma panjang, belahan 2 arah, ukuran (panjang) 0,1-2,25 mm, penajajaran orientasi kristal tidak jelas, menunjukkan kembaran albit, kembaran karlsbad-albit, kembaran tumbuh, kembaran deformasi, zoning, mengandung inklusi berupa gelas, sudut gelapan dari kembaran albit 30° , jenis plagioklas labradorit, penyebaran merata.

Piroksen, hijau pucat, relief sedang, bentuk euhedral-sub hedral, belahan 2 arah, bentuk prisma pendek, tidak terorientasi sejajar, gelapan miring sudut gelapan 46° , jenis klinopiroksin, ukuran panjang 0,1-0,3 mm, mengandung inklusi berupa mineral opak, penyebaran merata.

Mineral opak, warna hitam, kedap cahaya, bentuk tak beraturan, ukuran 0,05-0,25 mm, tersebar sebagai inklusi dalam

Piroksin dan dalam masa dasar, penyebaran merata.

Gelas, abu-abu kecoklatan, isotropik, dalam keping gips berwarna ungu, ukuran sangat halus, terdapat sebagai masa dasar dan inklusi dalam plagioklas, penyebaran merata.

Kriptolit, benang-benang halus berwarna hitam dengan panjang 0,05-0,1 mm, terdapat sebagai masa dasar, penyebaran merata.

Nama batuan: *Profiritik Basalt*

Sampel no. 8:

Petrografi:

Batuan berwarna abu-abu, tekstur hipokristalin, porfiritik, ukuran kristal 0,05-2 mm, bentuk kristal euhedral. Batuan tersusun atas kristal sulung berupa plagioklas (51%), piroksin (8,1%), mineral opak (4,4%), serta gelas sebagai masa dasar (36,5%).

Komposisi:

Plagioklas, tak berwarna, relief rendah, euhedral, bentuk tabular memanjang, belahan 2 arah, ukuran (panjang) 0,1-2 mm, orientasi kristal sejajar, menunjukkan kembaran albit, kembaran karlsbad-albit, kembaran tumbuh, kembaran deformasi, zoning, mengandung inklusi berupa gelas, sudut gelapan dari kembaran albit 32°, jenis plagioklas labradorit, penyebaran merata.

Piroksen, tak berwarna - hijau pucat, relief sedang, bentuk euhedral, prisma belahan 2 arah, orientasi kristal hampir sejajar, gelapan miring, ukuran panjang 0,1-1 mm, mengandung inklusi berupa mineral opak, penyebaran merata.

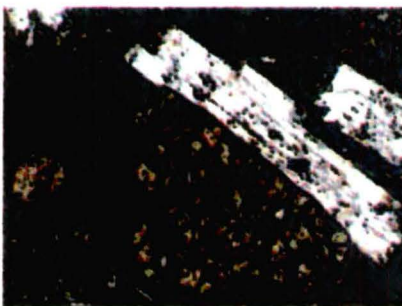
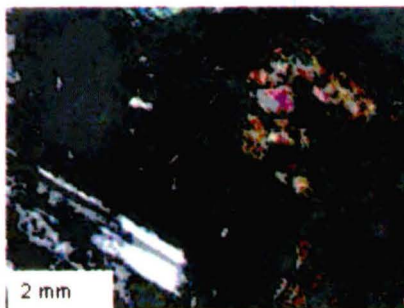
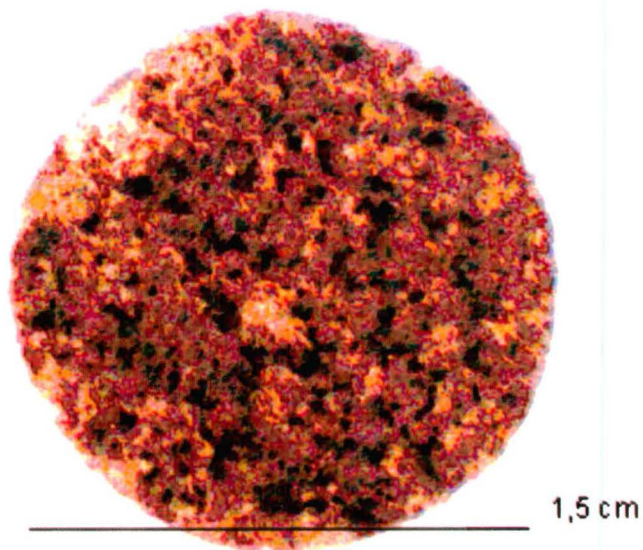
Mineral opak, warna hitam, kedap cahaya, bentuk tak beraturan, ukuran 0,05-0,2 mm, penyebaran merata.

Gelas, tak berwarna - abu-abu kecoklatan, isotropik, dalam keping gips berwarna ungu, ukuran sangat halus, terdapat sebagai masa dasar dan inklusi dalam plagioklas, penyebaran merata.

Nama batuan: *Profiritik Basalt*.

c) Sampel bagian dalam batu yang rapuh

Gambar 3.35 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.1)



Nikol sejajar

Nikol silang

Sampel no : 01

Kedalaman pengeboran 0 – 2 cm

Lokasi : Kaki candi sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, glomeroporfiritik. Fenokris (kristal besar) berukuran 0,25 - 1,25 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,04 - 0,1 mm) plagioklas, piroksen, serta mineral opak dan gelas vulkanik. Fenokris umumnya tidak saling bersinggungan. Mineral asesori yang hadir adalah sfen dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 41\%$), sebagai fenokris (0,25 - 1,25) mm dan mikrolit (0,04 - 0,2 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbard, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak serta mineral-mineral mikro.

Piroksen ($\pm 23\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,3 - 1,1 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi dan klorit.

Mineral opak ($\pm 7\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001 - 0,13mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas

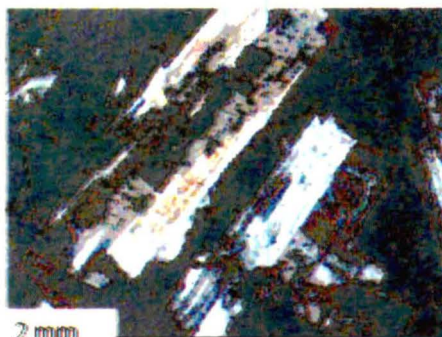
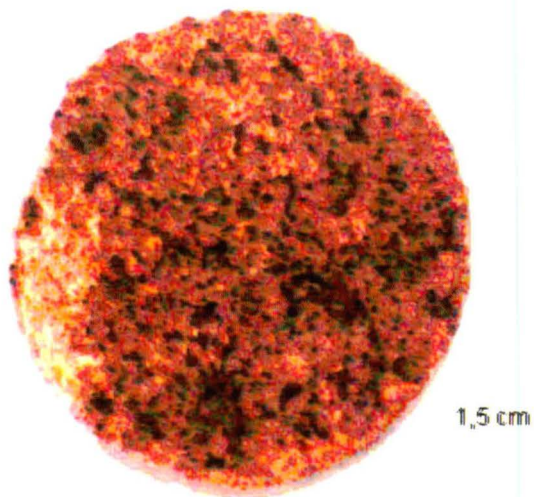
Olivin ($\pm 2\%$), berukuran halus ($\pm 0,14$ mm), anhedral, memperlihatkan pecahan agak radier.

Gelas vulkanik ($\pm 13\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 7\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/pori ($\pm 17\%$), diameter antara 0,2 - 1,8mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Gambar 3.36 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.2)



Nikol sejajar

Nikol silang

Sample no : 02

Kedalaman pengeboran 2 – 4.5 cm

Lokasi : Kaki candi sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kecoklatan, tekstur porfiritik. Fenokris (kristal besar) berukuran 0,15 - 1,6 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit plagioklas, ineral opak dan gelas vulkanik. Mineral asesori yang hadir adalah apatite. Memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 43\%$), sebagai fenokris (0,15 - 1,6) mm dan mikrolit ($< 0,12$ mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, dan karlbard. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 15\%$), sebgain besar hadir sebagai fenokris (0,3 - 0,8 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil pada belahannya berubah menjadi oksida besi.

Olivin ($\pm 1\%$), berukuran halus ($\pm 0,2$ mm), anhedral, memperlihatkan pecahan.

Mineral opak ($\pm 4\%$), hitam, anhedral-subhedral, ukuran butir 0,04 - 0,15 mm, tersebar merata.

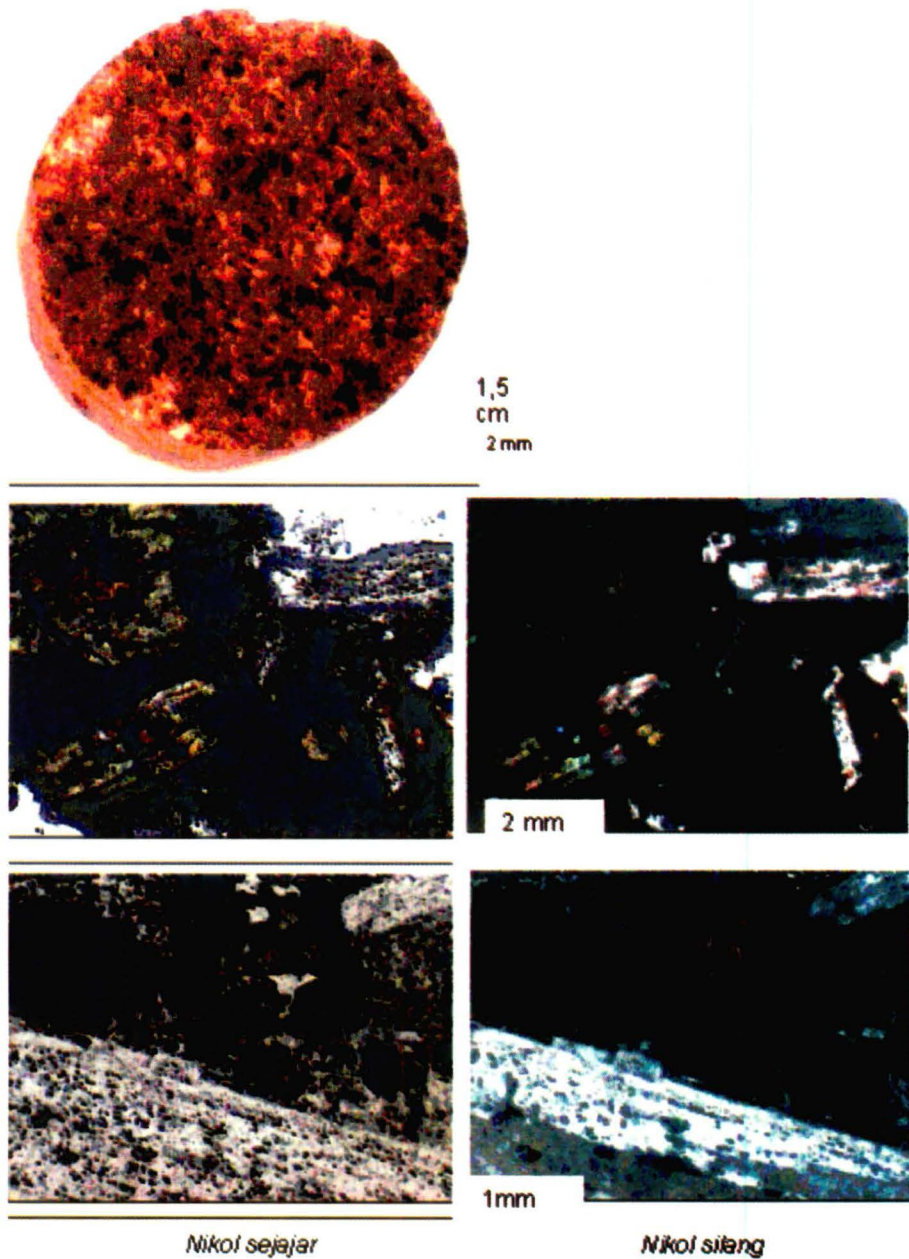
Mineral asesori ($\pm 1\%$), berukuran sagat halus ($< 0,005$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 9\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 8\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen.

Vesikuler/pori ($\pm 19\%$), diameter antara 0,3 - 1,5mm, umumnya opal hingga tidak beraturan.

Gambar 3.37 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.3)



Sampel no : 03

Kedalaman pengeboran 2 – 4.5 cm

Lokasi : Pagar Langkan sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kecoklatan, tekstur porfiritik (kristal besar tertanam dalam kristal yang lebih halus), glomeroporfiritik (kristal besar mengelompok), pilotaksitik (kristal plagioklas relative sejajar). Fenokris (kristal besar) berukuran 0,13 - 1,5 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit atau kristal halus (0,01 - 0,2 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Fenokris umumnya saling bersinggungan. Mineral asesori yang hadir adalah natrolit. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas) yang cukup banyak.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 39\%$), sebagai fenokris (0,13 - 1,46) mm dan mikrolit (0,02 - 0,1 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran karlbud, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 14\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2 - 1,2 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian terubah menjadi oksida besi. Umumnya hadir sebagai pieronit dan hipersten.

Mineral opak ($\pm 6\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,001 - 0,15 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas, juga tersebar pada gelas vulkanik.

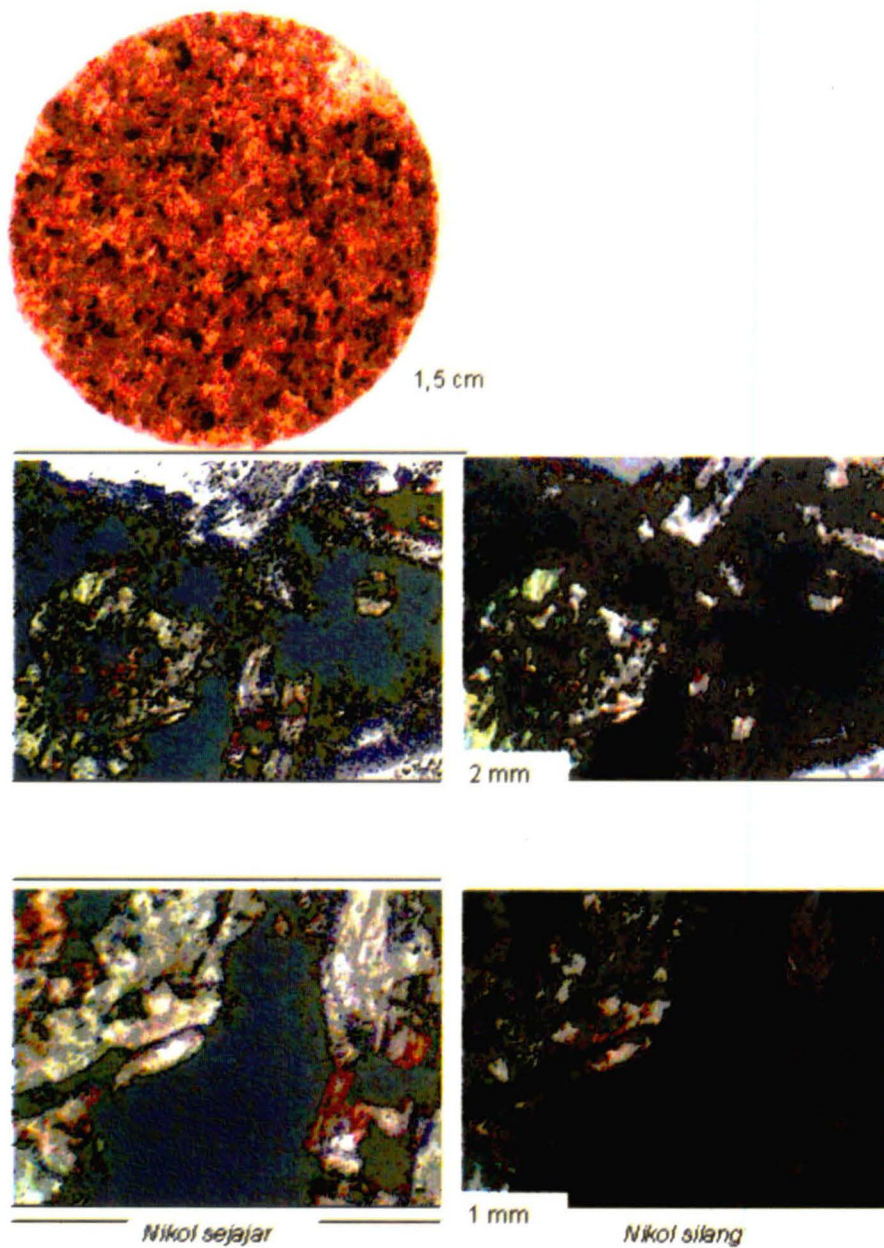
Mineral asesori ($\pm 1\%$), berukuran sangat halus ($< 0,005$ mm), euhedral, sebagian teramati sebagai apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 9\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 13\%$), kecoklatan hingga kemerahan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen.

Vesikuler/pori ($\pm 20\%$), diameter antara 0,1 - 1.5 mm, umumnya opal memanjang hingga tidak beraturan.

Gambar 3.38 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.4)



Sampel : 04

Kedalaman pengeboran 4.5 – 6.5 cm

Lokasi : Pagar langkan sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, fenokris hadir sekitar 60%. Fenokris berukuran 0,2 - 1,8 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (< 0,14 mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik.. Mineral asesori yang hadir adalah sirkon dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 38\%$), sebagai fenokris (0,2 - 1,8) mm dan mikrolit (< 0,14 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, dan karlbud. **Piroksen** ($\pm 16\%$), hadir sebagai fenokris (0,2 - 1,4 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian berubah menjadi oksida besi.

Mineral opak ($\pm 7\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir < 0,5 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

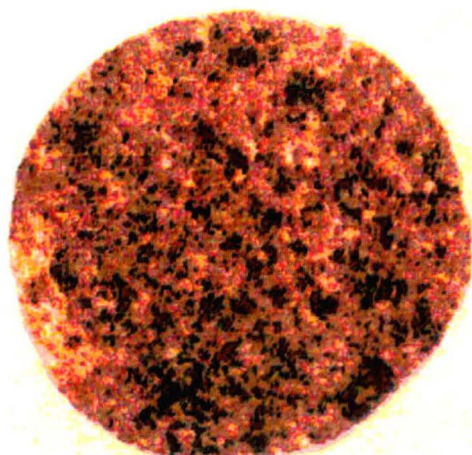
Mineral asesori ($\pm 2\%$), berukuran sangat halus (< 0,01 mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan zirkon dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 12\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

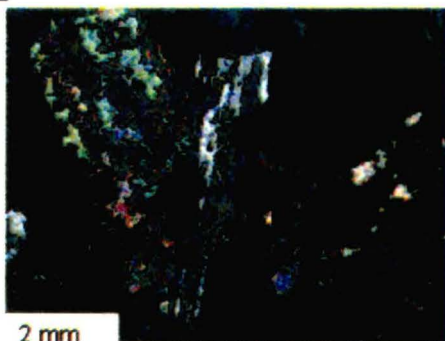
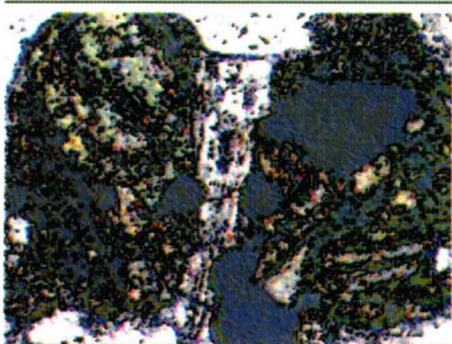
Oksida besi ($\pm 12\%$) , kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen.

Vesikuler/pori ($\pm 14\%$), diameter antara < 1,2 mm, umumnya tidak beraturan.

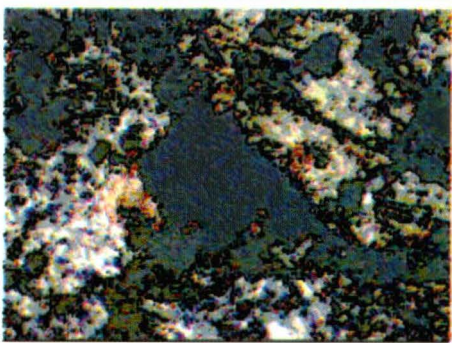
Gambar 3.39 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.5)



1,5 cm



2 mm



1 mm

Nikol sejajar

Nikol silang

Sampel no : 05

Kedalaman pengeboran 0 – 2 cm

Lokasi : relung sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, dan glomeroporfiritik. Fenokris (68%), berukuran 0,2 - 1,7 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,13$ mm) plagioklas, serta mineral opak dan gelas vulkanik.. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler .

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 41\%$), sebagai fenokris (0,2 - 1,7) mm dan mikrolit ($< 0,1$ mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbard, dan struktur zoning. Sebagian kecil berubah menjadi oksida besi.

Piroksen ($\pm 21\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,25 - 1,6 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil berubah menjadi oksida besi.

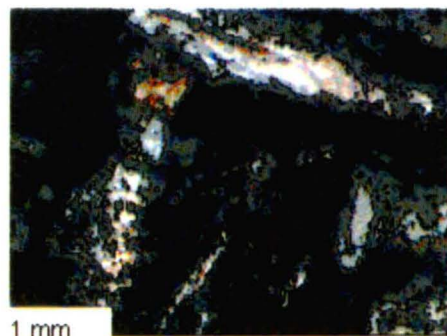
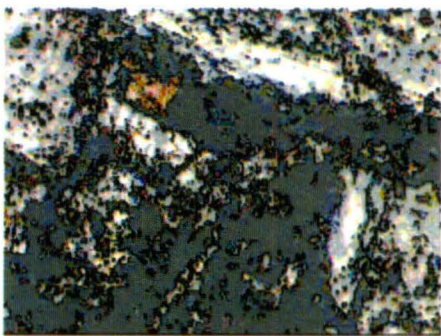
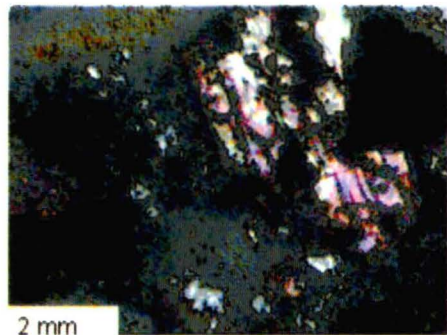
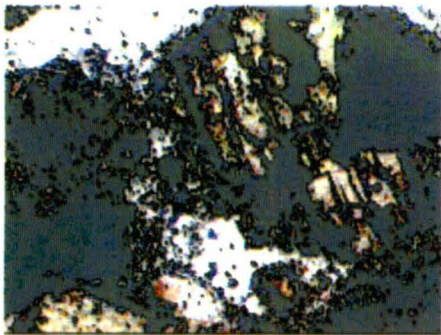
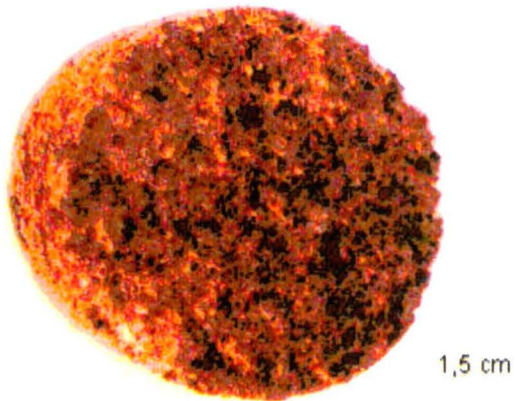
Mineral opak ($\pm 7\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,003 - 0,16 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 11\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah berubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 7\%$) , kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/pori ($\pm 13\%$), diameter antara 0,1 - 0,9mm, umumnya tidak beraturan.

Gambar 3.40 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.6)



Nikol sejajar

Nikol silang

Sampel no : 06

Kedalaman pengeboran 0 – 2 cm

Lokasi : relung sisi timur

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik. Fenokris berukuran 0,3 - 1,2 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, dan mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,02 - 0,25 mm) plagioklas, piroksen, serta mineral opak dan gelas vulkanik. Mineral asesori yang hadir adalah sfen dan apatite. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 42\%$), sebagai fenokris (0,3 - 1,2) mm dan mikrolit (0,02 - 0,25 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlbard, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak serta mineral-mineral mikro.

Piroksen ($\pm 14\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,3 - 1,2 mm), memperlihatkan kembaran baveno, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil terubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

Mineral opak ($\pm 5\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,003 - 0,3 mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

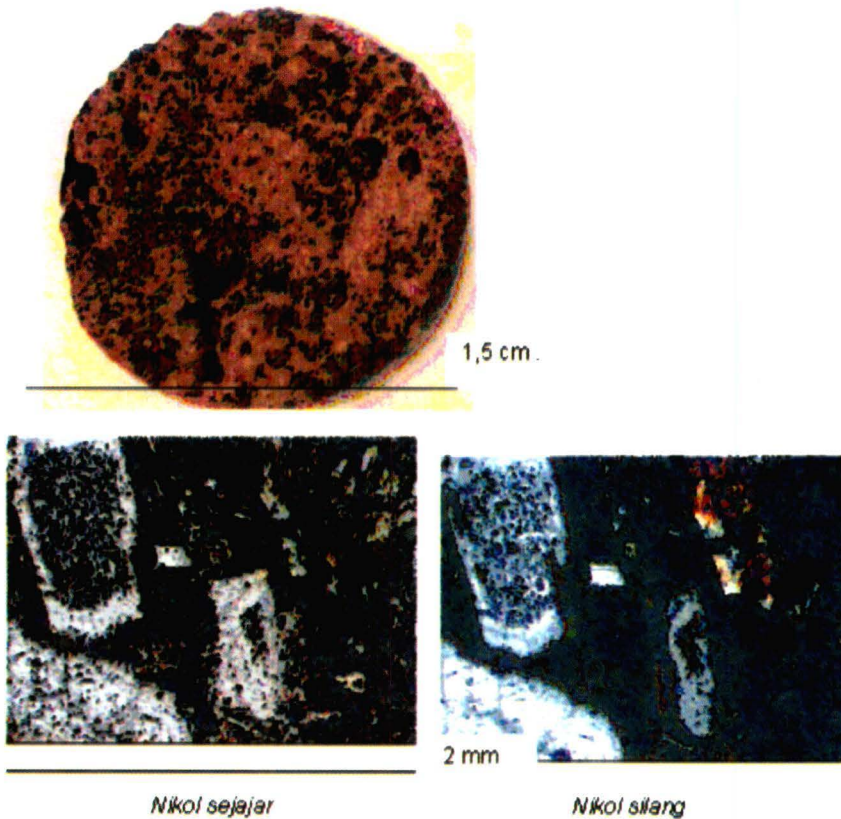
Mineral asesori ($\pm 1\%$), berukuran sangat halus ($< 0,007$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen dan apatit.

Gelas vulkanik ($\pm 12\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 10\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/pori ($\pm 13\%$), diameter $< 0,8$ mm, umumnya tidak beraturan.

Gambar 3.41 (Sayatan tipis / komposisi mineral batu sampel no.7)



Sampel no : 07

Kedalaman pengeboran 0 – 3 cm

Lokasi : Kaki candi sisi selatan

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, dan glomeroporfiritik. Fenokris ($\pm 70\%$) berukuran 0,2 - 2,6 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit ($< 0,15$ mm) plagioklas,

Mineral opak dan gelas vulkanik. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler (bekas lobang gas).

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 41\%$), sebagai fenokris (0,2 - 2,6) mm dan mikrolit (0,04 - 0,15 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar memperlihatkan kembaran albit, karlsbad, dan struktur zoning. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

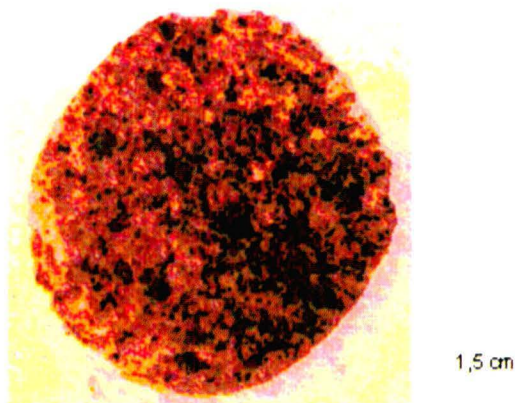
Piroksen ($\pm 15\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2 - 1,6 mm), memperlihatkan kembaran baveno dan struktur zoning, mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil terubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai augit.

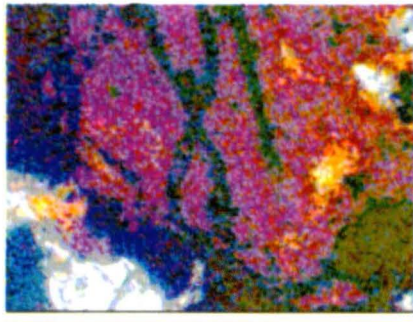
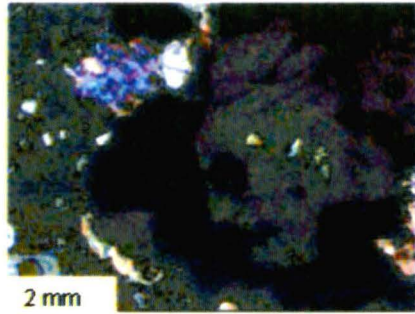
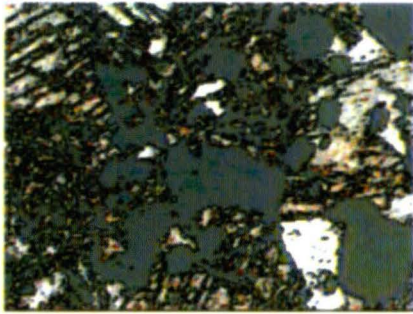
Mineral opak ($\pm 7\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir $< 0,13$ mm, umumnya sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Gelas vulkanik ($\pm 11\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 14\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas.

Vesikuler/pori ($\pm 12\%$), diameter antara 0,3 - 3 mm, umumnya opal memanjang hingga tidak beraturan.





Nikol sejajar

Nikol silang

Sampel no : 08

Kedalaman pengeboran 3 – 5.5 cm

Lokasi : Kaki candi sisi Selatan

Petrografi:

Sayatan tipis andesit, warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik, intersertal dan glomeroporfiritik. Fenokris berukuran 0,3 - 2,1 mm, terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak tertanam dalam masa dasar mikrolit (0,003 - 0,25mm) plagioklas, mineral opak dan gelas vulkanik. Mineral asesori yang hadir adalah sfen. Pada beberapa bagian memperlihatkan struktur vesikuler.

Komposisi:

Plagioklas ($\pm 38\%$), sebagai fenokris (0,3 - 2,1) mm dan mikrolit (0,001 - 0,25 mm), anhedral-euhedral, sebagian besar

Memperlihatkan kembaran albit dan karlbard. Pada fenokris banyak mengandung inklusi mineral-mineral opak.

Piroksen ($\pm 18\%$), sebagian besar hadir sebagai fenokris (0,2 - 1,7 mm), mengandung inklusi mineral-mineral opak, serta sebagian kecil terubah menjadi oksida besi dan klorit. Umumnya sebagai klinopiroksen.

Mineral opak ($\pm 6\%$), anhedral-euhedral, ukuran butir 0,002 - 0,14 mm, sebagai inklusi pada mineral piroksen dan plagioklas.

Mineral asesori ($\pm 1\%$), berukuran sangat halus ($< 0,007$ mm), euhedral, sebagian yang teramati merupakan sfen.

Gelas vulkanik ($\pm 9\%$), abu-abu kecoklatan, sebagian telah terubah menjadi mineral-mineral oksida besi.

Oksida besi ($\pm 11\%$), kecoklatan, terbentuk sebagai ubahan pada gelas vulkanik serta pada bagian tepi dan sebagian belahan pada tubuh piroksen dan plagioklas

Vesikuler/pori ($\pm 17\%$), diameter antara 0,3 - 1,5 mm, bentuk membulat hingga tidak beraturan.

Secara ringkas, komposisi mineral sampel batuan Candi Siwa, dapat dilihat pada lampiran 2 halaman 137.

Dari kenampakan sayatan tersebut di atas terlihat bahwa batu yang mengalami pelapukan dan batu segar jenis mineralnya sama yaitu dari kelompok plagioklas, piroksin, opak, dan gelas. Plagioklas adalah mineral pembentuk batuan yang paling umum yang terkenal dengan 6 kombinasi mineral seperti: anortit, bitownit, labradorit, andesin, oligoklas, dan albit. Piroksin adalah suatu seri silikat, Fe, dan Mg (batuan dan mineral: 1987,40). Gelas sering disebut kuarsa atau silika, adalah mineral yang banyak dijumpai pada batuan beku.

Prosentase mineral piroksin pada batu lapuk dibandingkan dengan batu segar cenderung meningkat sementara plagioklas dan gelas menurun.

Sementara pengamatan petrografi pada semua sampel bagian dalam batu yang rapuh, menunjukkan adanya kehadiran mineral ubahan berupa oksida besi dan klorit. Terutama terdapat di sekitar mineral piroksin dan menginklusi mineral plagioklas. Selain itu, mineral-mineral ubahan tersebut terdapat di antara mineral penyusun utama batuan beku. Hal ini disebabkan karena terbentuk sebagai mineral ubahan gelas vulkanik. Ciri-ciri mineral ubahan

Yaitu tampak jelas adalah berwarna coklat kemerahan pada penampang tipis sejajar nikol sedangkan nikol silang berwarna gelap. Prosentase masing-masing kehadiran mineral-mineral penyusun batuan dapat di lihat pada lampiran no.2 halaman 138.

c. Penelitian bahan konsevasi

1. Rhodorsil Hidrofugeant 224

A. Data Teknis

Rhodorsil Hidrofugeant 224 merupakan larutan Alkyl Poly Siloxane yang didesain untuk melindungi permukaan material bangunan dari kelembaban. Bahan ini akan menolak air, tetapi material yang diolesi bahan tersebut tetap akan bernafas. Berdasarkan pengalaman lebih dari 30 tahun menunjukkan bahwa bahan penolak air silikon adalah larutan yang sangat baik, terutama jika diterapkan terhadap material bangunan yang penampilannya tetap harus dijaga seperti aslinya. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dengan pemakaian Rhodorsil Hidrofugeant 224 adalah:

- Cepat kering pada semua bahan dengan substrat netral dan alkalin, sehingga beading efek akan terlihat beberapa jam setelah pengolesan
- Kekuatan penetrasinya baik pada material standar
- Tahan terhadap penetrasi air kapiler
- Hanya terjadi sedikit perubahan pada material dengan porositas normal
- Tahan terhadap *ageing agent* (temperatur yang sangat dingin, sinar ultra violet, dan lain-lain) karena kestabilan struktur dari ikatan siloxane yang terbentuk dengan kelompok substrat yang reaktif
- Dapat dicat dengan jenis cat yang bersifat menyebar seperti air, misal vinil, acrilic, dan cat silikon
- Tidak beracun, titik nyala tinggi dan tetap stabil dalam penyimpanan.

Bahan ini memiliki beberapa karakteristik khusus, yaitu:

- Kandungan zat aktif : 69% Alkyl Poly Siloxane
- Bentuk/warna : Cair/tidak berwarna atau agak kekuning-kuningan

- Berat jenis pada temp. 25° : 0,975
- Viscositas pada temp. 25° : 20 mm²/detik
- Bahan pelarut : Aliphatic Hidrokarbon
- Titik nyala : 32° (keadaan tertutup)
- Pengencer : White spirit

B. Hasil Penelitian di Laboratorium

- Penelitian fisik

Dari data penelitian fisik (lihat lampiran 3 halaman 139) nampak adanya kenaikan air kapiler, tetapi air ini akan keluar/menguap dengan sendirinya dan batu kembali dalam keadaan kering. Bila dibandingkan dengan batu kontrol, kadar penyerapan air sangat sedikit, sedangkan aplikasi Rhodorsil Hidrofugeant dengan bahan pelarut White spirit tidak membuahkan hasil karena tidak larut total.

- Ageing test

Pada *ageing agent* (panas oven 40°, rendam air, dan naturasi) selama pengujian seluruh sampel batu yang diolesi bahan Rhodorsil Hidrofugeant 224, baik konsentrit maupun diencerkan dengan etanol, propanol, dan xylol diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Warna batu : Gelap (kadar konsentrit)
2. Perubahan fisik batu : Tidak ada (untuk seluruh konsentrasi)
3. Efek rendaman 2 hari : Tidak tembus air (untuk seluruh konsentrasi), hal ini tampak setelah batu dibelah, sedangkan batu kontrol kelembabannya (tingkat kebasahan) mencapai 50 – 60 skala protimeter.

Catatan:

Dalam penelitian, sampel yang direndam kadar airnya meningkat sekitar 2% – 3% disebabkan adanya kebasahan pada lapisan luar.

C. Hasil Penelitian di Lapangan

Hasil pengolesan Rhodorsil Hidrofugeant 224 secara langsung di batu candi adalah sebagai berikut:

1. Warna batu : Gelap (kadar konsentrit)
Agak gelap (sedikit transparan dengan warna batu asli) pada campuran H 224 dengan xylol perbandingan 1 : 6, sedangkan campuran H 224 dengan etanol perbandingan 1 : 6, warna batu gelap.
2. Beading efek : Sangat bagus (membentuk sudut 75°) pada H 224 konsentrit air tidak melekat seolah-olah tergelincir. Sementara untuk campuran H 224 dengan xylol atau etanol membentuk sudut 20° - 30°.

2. Massoncel

A. Data Teknis

Massoncel memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Bahan aktif : Resin silikon
- Pelarut : Petroleum hidrokarbon
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Berbau
- Bentuk : Cair, mudah menguap
- Viscositas : 0,7949 centipois pada suhu 26°

Seperti halnya Rhodorsil Hidrofugeant 224, bahan ini juga mempunyai beberapa keunggulan, antara lain:

- Cepat kering
- Penetrasi baik
- Mudah diaplikasikan
- Tidak menimbulkan pewarnaan
- Mereduksi penggaraman
- Membuat material bersih
- Mencegah kerusakan material yang disebabkan oleh air.

B. Hasil Penelitian di Laboratorium

- Penelitian fisik

Pengujian menggunakan dua buah Massoncel, yaitu tipe A (bening/tidak berwarna) dan tipe B, dengan hasil sebagai berikut:

Perlakuan bahan : Dioleskan dengan kuas

Kedalaman penetrasi : 7 mm untuk batu kompak
10 mm untuk batu porus

Efek kapiler : Tidak ada

Analisa fisik : Lihat tabel di bawah ini

Tipe bahan/ Massoncel	Kadar penyerapan air	Beading efek
A	0,36% - 0,45%	Permukaan air membentuk sudut 30° dalam kondisi kering
B	0,37% - 0,45%	Permukaan air membentuk sudut 25° dalam kondisi kering

Air yang terserap tersebut akan menguap dengan sendirinya dan batu kembali dalam kondisi kering, sementara beading efek pada permukaan batu dalam kondisi basah membentuk sudut 0° , tetapi air tidak meresap ke dalam.

- *Ageing test*

Ageing agent (panas 40°, rendam air dan natural) selama pengujian adalah sebagai berikut:

1. Warna batu : Transparan
2. Perubahan fisik pada batu : Tidak ada
3. Perubahan porositas batu setelah pengolesan : Batu kompak 12,60% - 5,90%

Batu porous 39,41% -
10,35%

4. Efek rendaman (10 hari) : Tidak tembus air, hal ini tampak setelah batu dibelah. Kebasahan/kelembaban batu kontrol mencapai 50 skala protimeter.

Catatan:

Pada penelitian, kadar air sampel yang direndam meningkat 1 – 3% karena ada kebasahan pada lapisan luar.

C. Hasil Penelitian di Lapangan

Hasil pengolesan Massoncel tipe A dan tipe B langsung di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Warna batu : Transparan (mendekati warna batu asli)
2. Beading efek : Massoncel tipe A membentuk sudut 30°
Massoncel tipe B membentuk sudut 15°
Dalam keadaan basah, beading efek pada permukaan batu membentuk sudut 0° tetapi air tidak meresap.

3. Euroland FK 20

A. Data Teknis

Bahan perekat Euroland FK 20 mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Bahan dasar : Epoxy resin
- Komposisi bahan : Resin : Hardener (10:1)
- Warna : Putih kekuning-kuningan
- Bentuk : Cair
- Berat jenis : 1,1
- Waktu kering : ± 60 menit
- Pengencer : Tiner
- Sisa kering : 100%
- Daya tahan terhadap temperatur : 140°

Faedah dan keunggulan bahan:

- Daya lekat pada beton, batu, logam, dan kayu bagus
- Tahan terhadap air dan bahan kimia (alkali dan asam)
- Tahan terhadap tegangan termis
- Tahan terhadap tegangan lentur dan tekanan tinggi.

B. Hasil Penelitian di Laboratorium
(lihat lampiran 4 halaman 140)

C. Ageing test

Ageing agent (panas oven 40°, rendam air, dan natural) diperoleh hasil sebagai berikut:

Campuran Euroland FK 20 dengan pasir perbandingan 1 : 3, sifat fisiknya tidak berubah tetapi warnanya menjadi agak terang. Hal ini dapat diatasi dengan cara dikamuflase menggunakan taburan pasir.

4. Rhodorsil RC 90

A. Data Teknis

Bahan konsolidasi Rhodorsil RC 90 mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Bahan aktif : Ethyl silicate 7%
- Bentuk/warna : Cair/tidak berwarna
- Bau : Berbau
- Ph : Tidak dapat diterapkan
- Titik didih : 110° - 190°
- Titik api : 20°C menurut metode ASTM D56
- Sifat oksidasi : Tidak dapat mengoksidasi material menurut kriteria EEC
- Berat jenis : 0,915/cm³ pada temperatur 25°C
- Viscositas : 1 mm²/detik pada temperatur 25°C
- Pelarut : White spirit 25% atau Toluol 6%
- Faedah : Untuk bahan konsolidasi pada batu dan beton.

B. Hasil Penelitian di Laboratorium
(lihat lampiran 5, 6, 7, dan 8 halaman 141, 142, 143, 144)

C. Ageing Test

Hasil *ageing test* pada *ageing agent* (panas oven 40°C, rendam air, dan natural) sifat fisik sampel tidak berubah.

3.4 Hidrologi (pola aliran air hujan pada struktur candi Siwa)

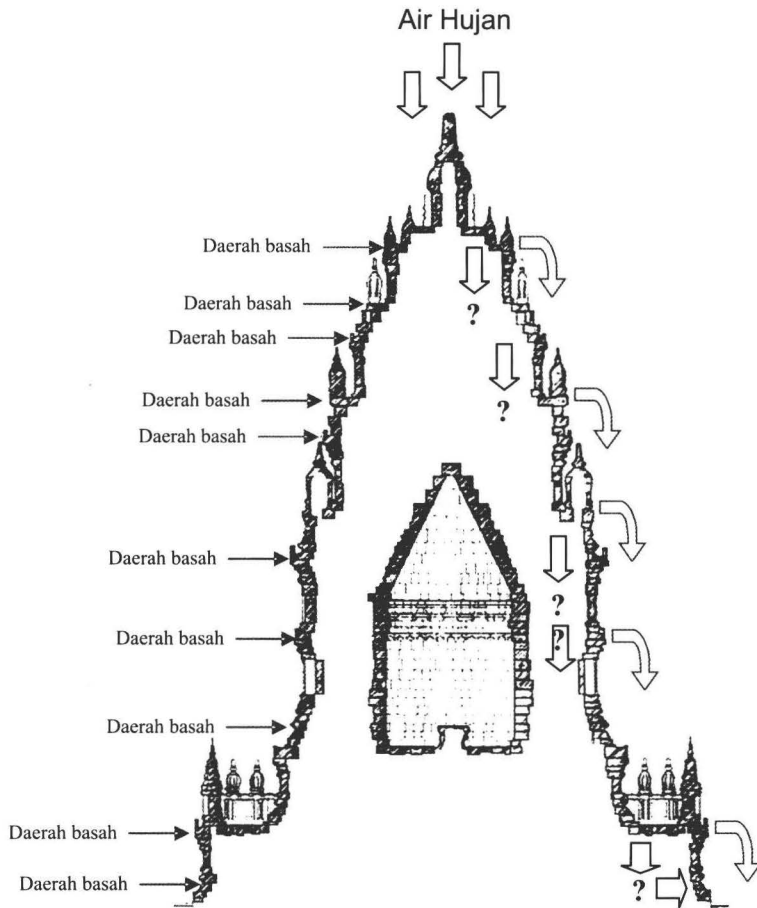
Air hujan yang mengguyur Candi Siwa Prambanan akan mengikuti hukum hidrologi yaitu sebagian meresap ke dalam pori-pori batu, sebagian lagi menguap dan melimpas. Air yang meresap ke dalam pori-pori batu, kecepatannya tergantung dari permeabilitas batu, yaitu 15,9 sampai $196,1 \times 10^3$ darcy (Pelita Borobudur Seri C1, 1976, 36). Jumlah air yang meresap tersebut akan terhenti setelah tingkat kejenuhan tercapai. Apabila penguapan air lebih besar dari air yang meresap, kondisi batu akan selalu kering, sebaliknya bila penguapan lebih kecil dari air yang meresap kondisi batu akan selalu basah dan dapat menimbulkan terjadinya rembesan. Dari pengamatan jumlah rembesan air, pada kaki I: 32 tempat, kaki II: 32 tempat seperti terlihat pada tabel 3.10 di bawah ini.

Tabel 3.10 Lokasi dan derajat keasaman rembesan air pada batu Candi Siwa

No	Bagian Bangunan	Bidang	Lapis	Nomor Seri	pH	Keterangan
1	KAKI I	1	8 / 6	7 / 8	7 / 9	batu lis / tetesan air
		1	9 / 5	16 / 14	6 / 6	batu roset / tetesan air
		3	7 / 6	6 / 6	6 / 8	batu lis / tetesan air
		5	7 / 6	6 / 6	8 / 10	kenari / tetesan air
		6	10 / 4	2 / 3	8 / 8	batu ban / tetesan air
		6	8 / 6	15 / 15	6 / 8	batu lis
		7	9 / 4	1 / 1	6 / 6	batu ban
		8	9 / 5	3 / 3	6 / 6	batu roset
		9	8 / 6	6 / 5	6 / 9	batu lis
		10	9 / 5	7 / 5	6 / 6	roset
		11	8 / 6	2 / 2	8 / 8	batu lis
		13	8 / 7	6 / 7	8 / 8	batu lis
		14	8	3	7 / 8	batu roset
		16	8	4	7	batu lis
		17	10 / 4	4 / 5	8 / 11	batu ban
		19	10 / 4	5 / 6	7 / 8	batu ban
		20	10 / 4	3 / 3	7 / 8	batu ban

2 KAKI II	2	9/8	6/8	8/8	batu lis / tetesan air
	5	9/8	6/7	8/9	batu lis
	7	10/7	5/5	6/8	batu roset
	8	9/6	4/5	8/8	batu lis
	9	9/8	5/6	10/8	batu lis
	11	9/7	5/5	6/6	batu lis
	11	9	5	8/9	
	12	9/6	3/4	6/6	batu lis
	13	10/7	6/5	8/8	batu roset
	14	9/7	4/5	7/7	batu lis
	16	9/8	1/1	6/6	batu lis
	17	10/9	4/5	9/8	batu roset
	18	9/8	7/9	6/6	batu lis
	19	10/6	3/4	9/8	batu roset
	20	10/6	2/3	9/9	batu roset
	1	10	3	7	batu roset
	1	10/7	7/7	8/9	batu roset

Limpasan air pada Candi Prambanan akan mengikuti pola arsitektur bangunan, dan terjadi bila hujan lebat (kecepatan air yang meresap lebih kecil dari intensitas curah hujan). Dari hasil pengamatan tanggal 10 Februari 2003 sewaktu turun hujan 77 mm, pola limpasan air vertikal dan kondisi batu yang selalu basah, seperti terlihat pada gambar 3.43 di bawah ini.



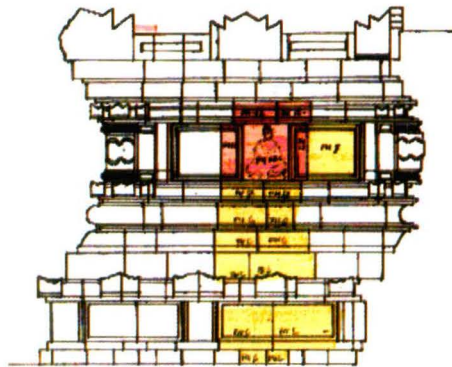
Gambar 3.43 Arah limpasan air hujan di Candi Siwa

Air limpasan dari atas yang jatuh ke bingkai rata, pada tubuh dan atap, akan melimpas mengikuti arah kemiringan bingkai rata tersebut. Dari hasil pengukuran, arah kemiringannya ada yang ke dalam dan keluar. Aliran air pada bingkai rata pada umumnya terakumulasi pada sudut-sudut dalam, dan kemudian melimpas keluar serta kadang-kadang menimbulkan genangan. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi genangan air pada bingkai rata dan limpasan air dapat keluar seluruhnya, pada waktu pemugaran yang lalu cekungan-cekungan yang terjadi pada bingkai rata ditambah mortar semen (gambar 3.44). Jadi sebenarnya pada waktu pemugaran telah ada pemikiran agar air hujan dapat melimpas keluar secara sempurna, namun dampak air hujan dan penggunaan semen yang belum diperhitungkan.

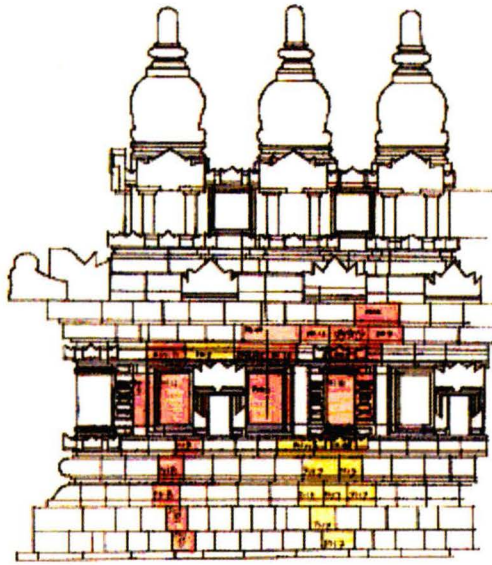


Gambar 3.44 Mortar semen untuk menambal cekungan pada bingkai rata

Selain mortar semen, juga terdapat lubang pada beberapa tempat di bagian atap. Lubang-lubang ini akan mempermudah air meresap ke dalam tubuh candi. Pola aliran air yang meresap ke dalam tubuh candi sulit dideteksi, namun diperkirakan akan mengikuti arah kemiringan susunan dan porositas batu. Dari hasil pengukuran derajat keasaman dengan menggunakan pH paper dan aquadest pada batu yang lapuk dan batu-batu di sekitarnya, menunjukkan bahwa pH batu bervariasi antara 6-12, bahkan ada 1 blok batu yang pHnya berbeda. (lihat gambar 3.45 dan gambar 3.46 di bawah ini.



Gambar 3.45 Pengukuran pH batu lapuk dan sekitarnya, lokasi Kaki II, sisi barat, bidang 15



Gambar 3.46 Pengukuran pH batu lapuk dan sekitarnya, lokasi Kaki I, sisi timur, bidang 1

Variasi pH tersebut menunjukkan adanya batu yang tidak tercemar dan tercemar larutan alkali. Pencemaran tersebut berlangsung melalui rembesan air hujan yang melaui pori-pori dan permukaan batu.

Apabila dilihat pelapukan batu banyak terjadi pada bagian kaki dan atap, maka sumber pencemaran tidak jauh dari lokasi batu yang lapuk dan tercemar larutan alkali, hal ini berdasarkan 2 hal yaitu:

1. Arsitektur Candi Siwa yang berbentuk kerucut. Genangan dan resapan air hujan ke dalam pori-pori batu hanya dapat terjadi melalui batu-batu yang tersiram langsung air hujan dan permukaannya horizontal.
2. Sifat fisik batu (permeabilitas, porositas) dan penguapan. Laju air yang meresap ke dalam batu dapat terhambat adanya penguapan, porositas, dan permeabilitas, sehingga jangkauan rembesan air hanya pada jarak yang pendek.

Suatu ilustrasi mengenai laju resapan air hujan pada batu Candi Siwa adalah sebagai berikut: tinggi candi ± 47 meter dibagi menjadi:

- Kaki I : 3,58 meter
- Kaki II : 3,830 mater

- Tubuh : 6,575 meter
- Atap I : 4,325 meter
- Atap II : 5,975 meter
- Atap III : 4,700 meter
- Atap IV : 4,900 meter
- Atap V : 2,700 meter
- Amalaka : 10,200 meter

Menurut hukum *darcy*, apabila permeabilitas batu dianggap sama ($15,9 \times 10^{-10}$ darcy), maka waktu meresapnya air pada tiap bagian candi adalah:

- Kaki I : 6,2 jam
- Kaki II : 6,2 jam
- Tubuh : 11,53 jam
- Atap I-V : 39,4 jam, tiap atap rata-rata 7,9 jam
- Amalaka : 17 jam

Jadi pada waktu hujan mengguyur candi, air cepat meresap pada bagian kaki I dan II, atap, dan ke puncak, sedangkan resapan air mungkin dapat sampai pada bagian tubuh, bila terjadi hujan turun terus menerus sepanjang hari, paling tidak bagian ini hanya basah karena air tampon. Oleh karena itu wajar apabila pelapukan batu banyak terjadi pada bagian kaki dan atap, dan di sekitar pertengahan lapisan susunan batu ke atas, sebab pada bagian ini yang lebih dahulu dilalui resapan air dari atas.

3.5 Data klimatologi

Data makroklimatologi yang diperoleh dari observasi langsung di Kompleks Candi Prambanan selama 1 dekade tahun 1994-2003 adalah sebagai berikut: suhu udara rata-rata 28.1°C , kelembaban udara rata-rata 67.26 %, dan penguapan $1,3 \text{ kg/ m}^2$. Jumlah curah hujan dalam satu tahun selama 1 dekade bekisar antara 892 mm sampai 2244 mm. Sementara suhu udara minimum dan maksimum serta suhu udara rata-rata dapat dilihat pada tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3.11 Data makroklimatologi di sekitar komplek candi Prambanan

Tabel 3.11 Data makroklimatologi di sekitar kompleks candi Prambanan

NO	Tahun	Temperatur °C				Kelembaban Rata-rata (RH %)	Curah Hujan (mm)
		Min	Max	fluktuasi	rata-rata		
1	1994	27.8	33.3	5.5	28.7	71.2	1755
2	1995	26.2	30.0	4.1	27.4	76.0	2244
3	1996	27.3	29.7	2.4	28.2	74.3	1210
4	1997	26.4	29.2	2.8	27.3	73.6	892
5	1998	26.3	30.2	3.9	27.6	76.9	1919
6	1999	26.9	29.3	2.4	27.7	83.3	2233
7	2000	28.0	30.7	2.7	28.9	70.1	1748
8	2001	27.2	31.2	4	28.5	72.3	1413
9	2002	26.5	30.3	3.8	27.8	69.9	928
10	2003	27.8	31.8	4	29.1	72.3	1048

Dari tabel 3.11 di atas, fluktuasi suhu udara tahunan terbesar pada tahun 1994 dan terendah pada tahun 1996, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 1997 dan tertinggi pada tahun 1995. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 9 halaman 145. Kelembaban dan suhu udara rata-rata tiap tahunnya perbedaannya tidak begitu besar.

Sedangkan hasil pengukuran kualitas udara tahun 2001 sampai dengan tahun 2003 di pertigaan pasar Prambanan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.12. Hasil pemeriksaan kualitas udara
tahun 2001 sampai tahun 2003

NO.	Parameter	Satuan	batas syarat PP RI no. 41 th. 1999	Hasil analisa tahun		
				2001	2002	2003
1.	Sulfur dioksida (SO ₂)	ug/m ³	900	1,265	28,8	18,625
2.	Karbon monoksida (CO)	ug/m ³	30.000	11.500	9.200	9.200
3	Nitrogen dioksida (NO ₂)	ug/m ³	400	39,333	58,27	29,367
4	Hidrokarbon (HC)	ug/m ³	160	131	327,5	
5	Debu (TSP)	ug/m ³	230	141	171	146
6	Timah hitam (Pb)	ug/m ³	2	0,26	0,08	0,107

Sumber : Kantor pengendalian dampak lingkungan kabupaten Sleman tahun 2003

Dari tabel diatas nampak tahun 2002 kandungan unsur SO₂, NO₂, HC, debu cenderung naik bila dibandingkan dengan tahun 2001, sedangkan pada tahun 2003 kandungan unsur-unsur diatas tersebut cenderung turun. Namun hal ini tidak berarti setiap tahun akan cenderung turun. Tetapi tergantung dari situasi lingkungan misalnya padat tidaknya masalah transportasi di jalan raya sebelah selatan candi Prambanan, yang disertai dengan emisi gas buang dari kendaraan bermotor.

Bab IV
Pembahasan dan
Penanganan



BAB IV

PEMBAHASAN DAN PENANGANAN

4.1 Kondisi Candi Siwa Secara Umum

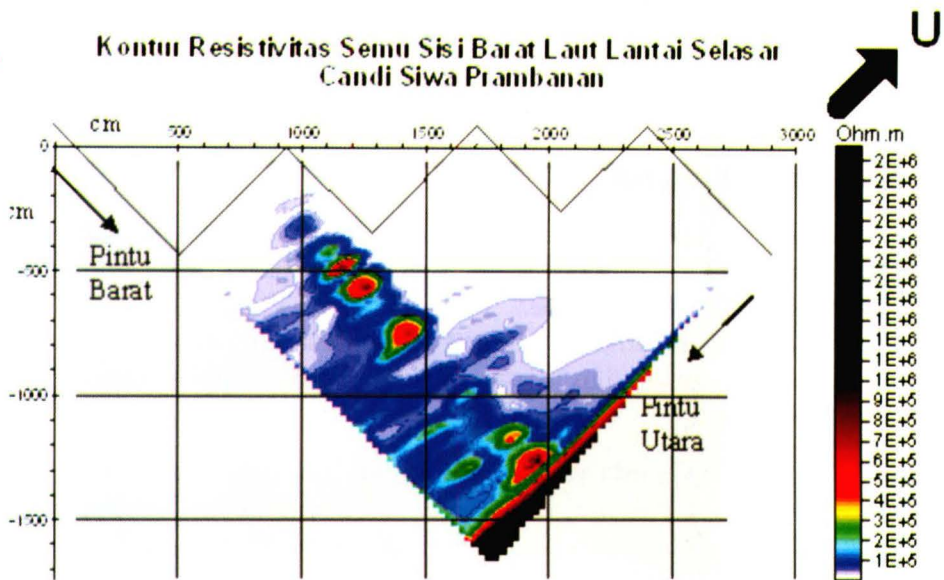
Bahan bangunan penyusun candi Siwa terdiri dari beberapa jenis batuan beku, yang secara geologis diperkirakan batuanannya berasal dari gunung merapi yang memiliki umur merapi muda – merapi tua (G. Camus, 2000). Jenis batuanannya termasuk kelompok andesit dan tersusun atas kristal-kristal plagioplas, piroksen, gelas, dan mineral opak. Kristal-kristal tersebut masuk kelompok mineral felsik.

Struktur candi Siwa ada yang nampak dari luar dan tidak nampak dari luar. Struktur yang nampak dari luar misalnya susunan batu dan kondisi nat dan juga bentuk-bentuk arsitekturnya, sedangkan struktur yang tidak nampak adalah kondisi pondasi yang tertanam dibawah tanah dan struktur bagian dalam. Konstruksi struktur dibawah tanah tersebut sampai saat ini belum diketahui secara pasti karena tidak ada dokumen maupun narasumber yang menjelaskan. Sedangkan struktur bagian dalam yang dibuat pada waktu pemugaran tahun 1953 yaitu, dengan menggunakan perkuatan beton bertulang sampai saat ini juga belum dapat diketahui kondisinya secara pasti. Untuk mengetahui struktur bangunan yang tidak nampak tersebut dalam studi tehnis ini telah dilakukan upaya yaitu dengan cara pengukuran geoelektrik, geomagnetik, dan elektromagnetik (*Very Low Frequency*) oleh Fakultas MIPA jurusan Geofisika UGM. Hasil dari pengukuran adalah sebagai berikut

a. Resistivity Tomography

Hasil pengukuran dan pemrosesan data resistivity pada lokasi 1, yaitu di lantai bawah antara pintu Barat-Utara disajikan pada Gambar 3. Sedangkan pengukuran di lantai selasar pada lokasi yang terdapat rembesan antara pintu Barat-Selatan diberikan pada Gambar 4. Skala warna dan nilai resistivitasnya disajikan pada gambar di sebelah kanan dengan satuan Ohm meter. Skala warna pada gambar yang satu dengan gambar lainnya tidak selalu sama, bergantung pada saat pembuatan gambar tersebut. Sehingga skala warna untuk gambar tertentu tidak bisa digunakan untuk

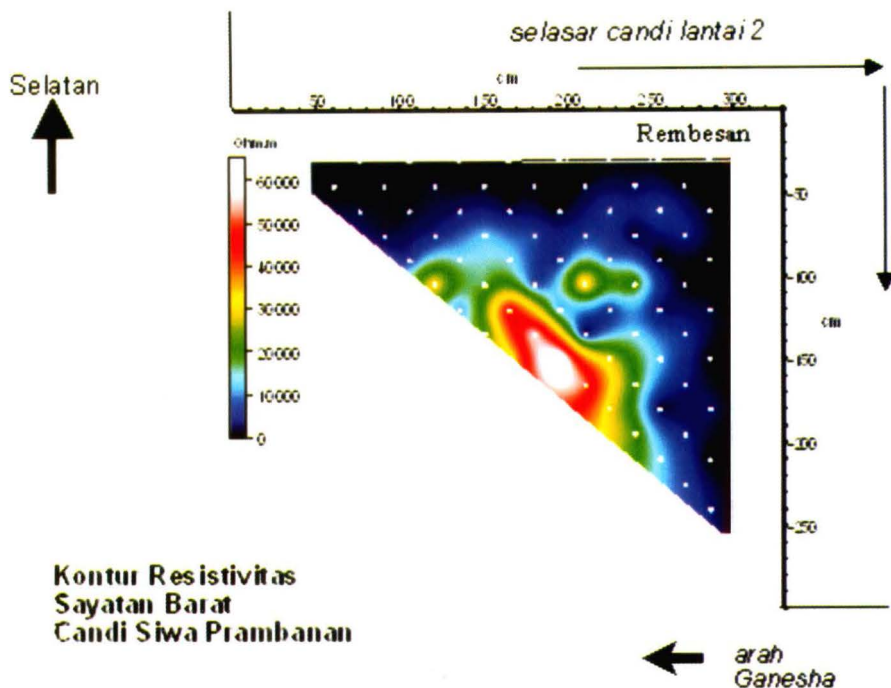
Menganalisis gambar yang lain. Nilai resistivitas yang diwujudkan dalam skala warna diinterpretasi secara relatif antara daerah bernilai rendah yang berarti konduktif dan daerah yang bernilai tinggi atau resistif.



Gambar 4.1 Citra data resistivitas semu pada lantai bawah antara pintu Barat-Utara.

Pada Gambar 4.1 yang merupakan hasil pemrosesan inversi tomography data resistivitas semu dari pengukuran konfigurasi dipole-dipole mengindikasikan adanya informasi sebagai berikut;

Pada bagian dinding bawah pintu masuk utara terdapat daerah resistif tinggi (ditampilkan dengan warna hitam sampai merah), hal ini berarti dinding tersebut kering atau tidak dilalui oleh rembesan air. Pada bagian dalamnya di antara pintu masuk Utara-Barat di bawah lantai selasar, terdapat nilai resistivitas rendah (warna biru sampai putih) yang menyiratkan bahwa bagian tersebut relatif bersifat lebih konduktif, mungkin basah atau lembab. Hal ini bisa terjadi karena dasar batuan tersebut bersentuhan langsung dengan tanah, sehingga efek kapiler dapat timbul di daerah tersebut. Sedangkan di beberapa tempat terdapat daerah yang relatif lebih kering.



Gambar 4.2 Citra data resistivitas semu di lantai selasar pada lokasi yang terdapat rembesan antara pintu Barat-Selatan.

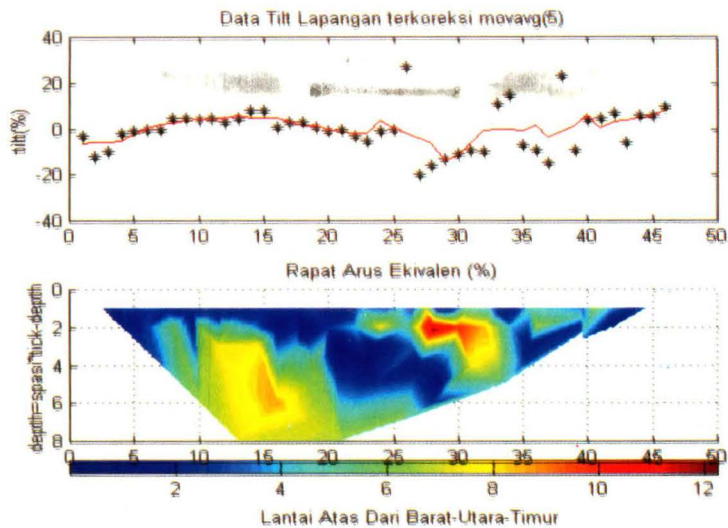
Gambar 4.2 adalah data resistivitas yang diukur di sebagian pojok dinding di bawah bingkai datar bersimbar, antara pintu Selatan dengan pintu Timur di lantai selasar atau lintasan tengah. Pada gambar tersebut nampak adanya warna hitam yang mengindikasikan nilai resistivitasnya rendah, dan dapat diartikan sebagai daerah basah. Sedangkan pada bagian warna merah dapat diartikan sebagai bagian yang kering, atau terdapat struktur beton yang tidak tersentuh air. Pada daerah warna hitam, di sela-sela batu kulit memang terdapat rembesan air. Daerah basah bagian batu kulit diperkirakan sekitar 50 – 70 cm

b. Magnetik

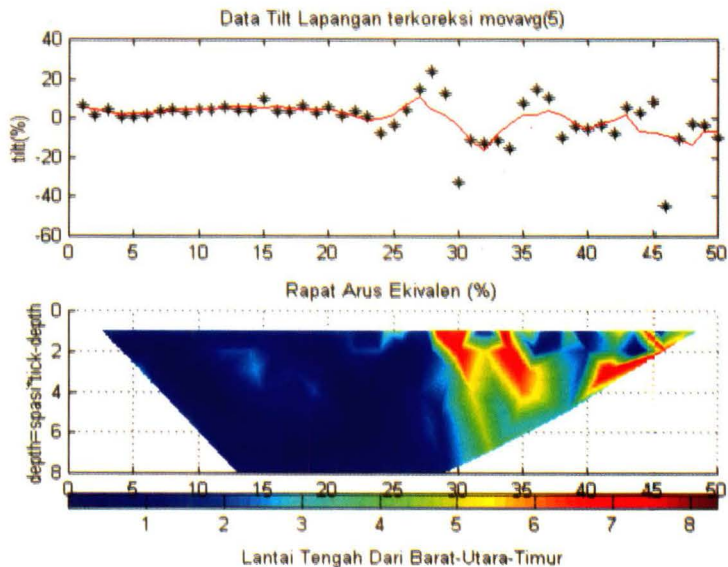
Pengukuran medan magnet total dilakukan pada sekeliling candi Siwa bagian bawah (lantai dasar) dan sebagian di lantai selasar (lintasan tengah) dan di bingkai datar bersimbar (lintasan atas). Untuk di dua lintasan terakhir posisinya hampir berimpit, dan pengukurannya hanya separo keliling candi, sehingga data diperoleh tidak lengkap seperti yang disajikan

Sebagai titik-titik pada Gambar 5. Hal ini sangat terpaksa, karena di bagian selatan hampir separo keliling di penuh oleh stagger (tangga) besi yang tingginya mencapai 15 meter. Di sadari sepenuhnya bahwa keberadaan stagger besi tersebut sangat mengganggu sensor magnetik. Untuk memperoleh data yang lebih atas, bagi tim sangat tidak mungkin untuk memanjat tubuh candi demi keselamatan jiwa dan alat.

Setelah hasil pengukuran medan magnet di koreksi dengan medan regional IGRF dan variasi harian kemudian ditransformasi ke kutub, hasilnya disajikan pada Gambar 4.3. Pada Gambar 4.3 tersebut, dibagian selatan sangat nampak kuatnya pengaruh stagger (berwarna merah-kuning). Dengan demikian pengaruh target dari komponen tubuh candi terkalahkan oleh dominasi pengaruh stagger. Namun demikian di bagian utara, pada bagian tengah nampak adanya anomali-anomali berwarna merah yang terlokalisir di beberapa tempat (dalam lingkaran elip). Hal ini diduga akibat pengaruh adanya struktur beton dari tubuh bangunan candi Siwa tersebut. Posisi anomali memang tidak selalu tepat berada di atas sumber anomali. Tetapi paling tidak telah dapat diindikasikan adanya pengaruh medan magnet dari batuan yang lebih kompak dan memiliki kerentanan magnet batuan (susceptibilitas) yang lebih tinggi dari batuan sekitarnya. Daerah utara memang agak kurang terpengaruh oleh keberadaan stagger yang berada di selatan.

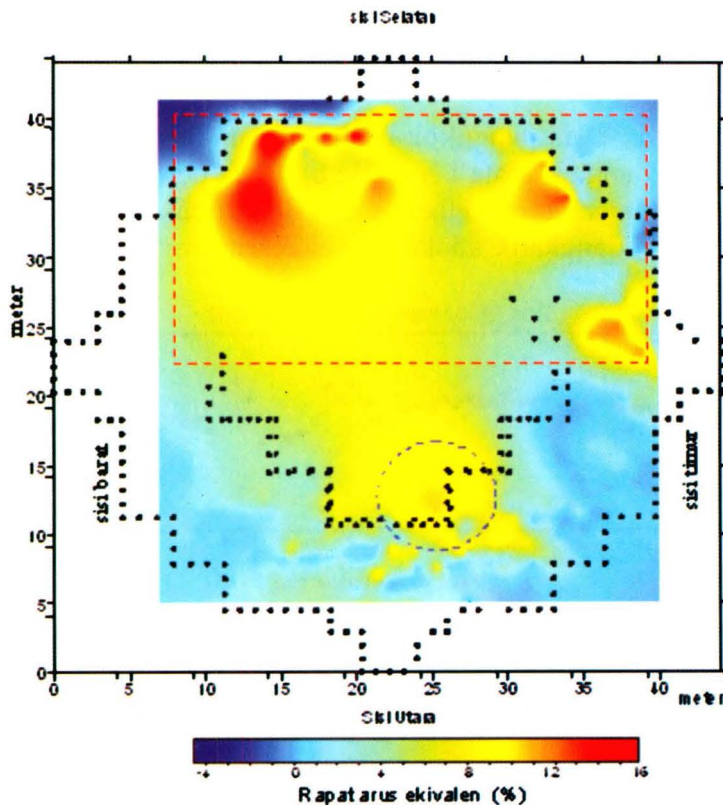


Gambar 4.4. a). Data pengukuran tilt lintasan-atas dan hasil penapisan dengan rerata bergerak. b). Citra penapisan dengan filter linier Karous-Hljet. A dan B merupakan daerah konduktif, sedangkan C adalah daerah resistif.



Gambar 4.5. a). Data pengukuran tilt lintasan-tengah (selasar) dan hasil penapisan dengan rerata bergerak. b). Citra penapisan dengan filter linier Karous-Hljet. A dan B merupakan daerah konduktif, sedangkan C adalah daerah resistif.

Untuk pengukuran VLF pada lintasan-bawah data ke-empat sisi dapat digabungkan dan hasilnya diberikan pada Gambar 8. Penyajian Gambar 8 memang agak kurang lazim, karena citra tersebut merupakan tampak dari bawah. Namun demikian informasinya masih dapat ditangkap, yaitu di bagian selatan daerah yang berwarna merah akibat pengaruh stagger besi. Karena sedemikian kuatnya pengaruh stagger besi (dalam kotak merah) terhadap data pengukuran VLF sampai-sampai pengaruh dari bagian dalam tubuh bangunan candi tenggelam, atau sangat kecil sehingga tidak bisa dimunculkan. Namun demikian masih ada di bagian utara terdapat sedikit anomali (lingkaran biru) yang cukup kuat dan data ini berkorelasi dengan data magnetik Gambar 4.3.



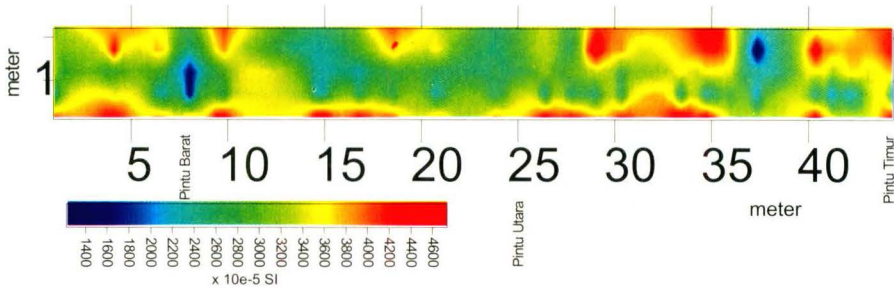
Gambar 4.6. Citra data VLF pada lantai bawah. Pengaruh stagger (kotak merah) sangat mengganggu pengukuran data VLF sehingga menenggelamkan informasi bagian dalam tubuh bangunan candi Siwa.

D. Susceptibility

Pengukuran susceptibilitas (kerentanan magnet) batuan dilakukan pada dinding lantai bawah setengah keliling lebih dari keliling candi Siwa yang hasilnya disajikan pada Gambar 4.7. Di setiap titik ukur diambil datanya pada arah vertikal setinggi 2 meter setiap interval rata-rata 25 cm. Sedangkan interval horisontal rata-rata 1 m. Demikian pula untuk lantai tengah (selasar), dimulai dari pintu Barat ke Utara dan terakhir di pintu Timur, dan hasilnya disajikan pada Gambar 4.8. Data susceptibilitas dinyatakan dalam satuan SI seperti yang tertera pada label skala warna. Semakin tinggi nilai susceptibilitasnya, semakin banyak mengandung unsur logam, atau semakin baik sifat kemagnetannya. Perlu diketahui bahwa kemampuan daya tembus alat Susceptibilitymeter yang digunakan hanya sekitar (5 – 10) cm bergantung pada sifat mediumnya.

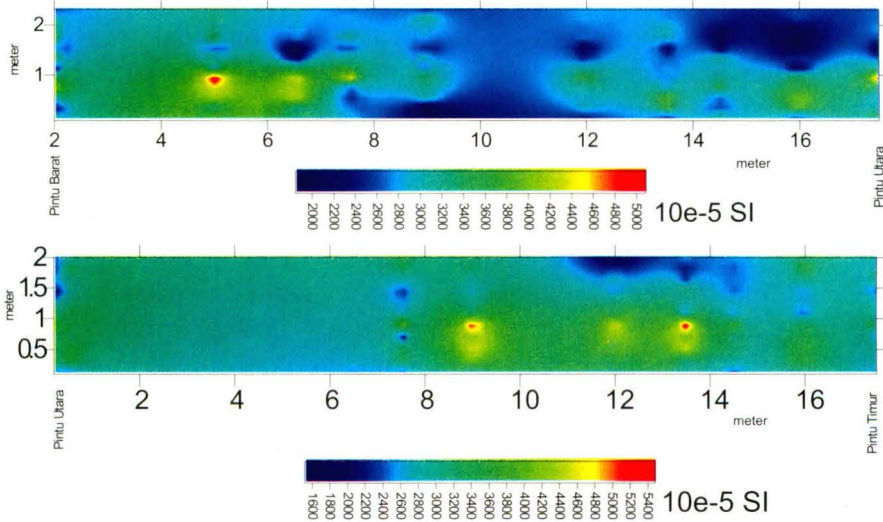
Gambar 4.7 menampilkan warna magenta di bagian tengah yang hampir kontinyu. Hal ini mengindikasikan adanya sifat batuan yang hampir sama dibagian tengahnya. Adapun bagian yang nilai susceptibilitasnya rendah (biru) kemungkinan di bagian tersebut terdapat rembesan atau relatif basah atau mengandung garam, atau memang jenis batuan berbeda sifat kemagnetannya terhadap batu-batu di sekitarnya. Demikian pula halnya pada citra data dinding candi di lantai-tengah yang disajikan pada Gambar 4.8. Pada Gambar 4.8 nilai susceptibilitas yang kontinyu lebih tinggi sedikit (warna kuning) dari pada yang ada pada lantai bawah. Mengingat keterbatasan pada daya tembusnya yang tidak dalam, maka sangat sulit untuk memprediksi kondisi yang lebih dalam dari permukaan batu kulit candi. Sehingga hasil pengukuran dinding tubuh candi pada lantai bawah dan lantai tengah hanya memberikan sifat kemagnetan batu kulit candi semata yang bisa juga dipengaruhi oleh keberadaan rembesan air garam pada sela-sela batu candi. Namun demikian perlu diingat bahwa kondisi tersebut sangat dangkal yaitu sekitar kurang lebih 5 cm, yang mungkin secara visual dengan mata telanjang sudah dapat teramati.

Data susceptibilitas Lantai Bawah dari Barat ke Timur



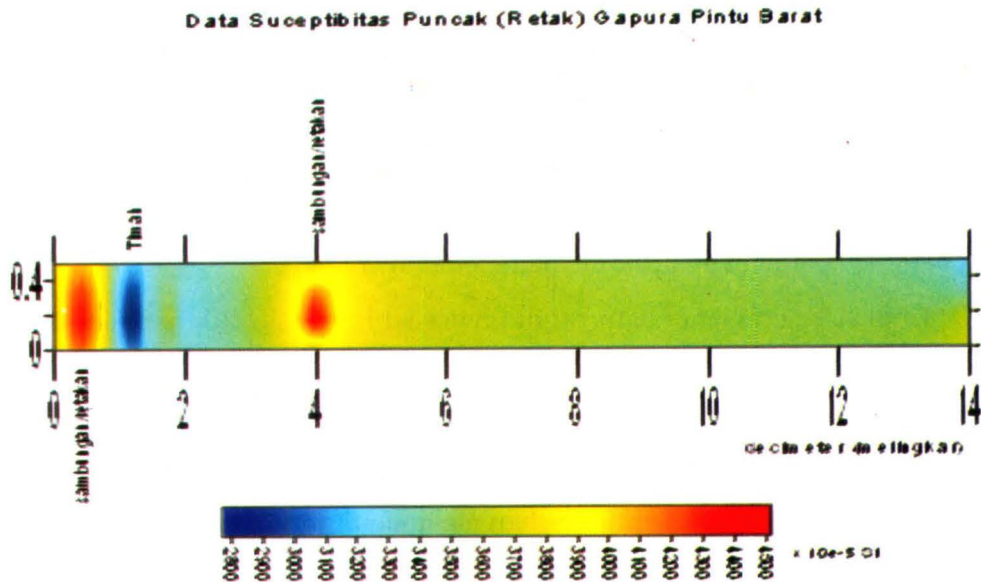
Gambar 4.7. Citra data susceptibilitas dinding lantai bawah dari pintu Timur sampai pintu Barat lebih.

Pengukuran Susceptibilitas
Lintasan Tengah (Lantai Selasar)



Gambar 4.8. Citra data susceptibilitas dinding lantai-tengah (selasar) dari pintu Barat, Utara hingga pintu Timur.

Pengukuran susceptibilitas berikutnya dilakukan terhadap batu puncak di Gapura pintu yang menghadap ke Barat secara melingkar atau mengelilingi batu tersebut. Keliling pengukuran batu puncak sepanjang 1,4 m dan batu di puncak tersebut terdapat retakan atau sambungan. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 11 berikut ini. Dari Gambar 11 tersebut terindikasi adanya daerah sambungan dan timah yang dipasang sebagai tanda batu baru.



Gambar 4.9. Citra pengukuran susceptibilitas batu di puncak Gapura yang menghadap ke Barat yang diukur mengelilingi batu tersebut.

Sedangkan untuk pengukuran stupa yang berada di atas gapura yang menghadap ke Barat dipilih dua stupa. Stupa yang pertama adalah stupa yang mempunyai sambungan-sambungan atau retak, dan stupa kedua adalah stupa yang masih utuh. Pengukuran dilakukan mengelilingi stupa tersebut dan nilainya dirata-rata kemudian dibandingkan hasilnya. Hasil pengukuran untuk stupa yang retak memiliki nilai susceptibilitas magnet sebesar $2591.10 \cdot 10^{-5}$ SI, sedangkan nilai rata-rata susceptibilitas magnet pada stupa yang utuh sebesar $3178.10 \cdot 10^{-5}$ SI. Nampak bahwa perbedaan kondisi stupa yang retak dengan yang utuh memberikan nilai susceptibilitas yang berbeda secara signifikan. Untuk stupa yang retak nilai kemagnetannya lebih rendah dari pada stupa yang masih utuh, hal ini boleh jadi disebabkan oleh masuknya air ke dalam celah retakan sehingga menurunkan nilai kemagnetan batunya. Apabila hal ini terjadi terus menerus, maka akan mengakibatkan ankor besi pengait di dalam batu tersebut bisa cepat berkarat, dan akhirnya batu yang dikait mudah lepas sewaktu-waktu.

Sementara struktur bagian luar terutama mengenai kondisi nat batu yang ditutup dengan cairan semen sampai saat ini kondisinya telah mengalami

kerapuhan sehingga air dapat masuk kedalam. Melihat data pengukuran stabilitas bangunan yang dilakukan selama lima tahun dapat dikatakan bahwa stabilitas candi Siwa masih cukup stabil, hal ini nampak dari besarnya deformasi ke arah sumbu X,Y,Z yang relatif kecil, dan masih dibawah batas toleransi.

Kondisi arsitektur candi Siwa juga tidak banyak mengalami perubahan baik bentuk bangunan maupun elemen-elemennya.

Tingkat keterawatan batu candi Siwa saat ini masih cukup baik, hal ini ditunjukkan dari prosentase populasi pertumbuhan mikroorganisme yang masih dibawah batas toleransi. Rendahnya prosentase mikroorganisme tersebut tidak terlepas adanya kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin yaitu dengan membersihkan mikroorganisme secara mekanis.

Dari hasil observasi pertumbuhan algae dan lumut banyak terjadi pada daerah-daerah yang batunya basah dan lembab dan porositasnya cukup tinggi. Sementara pertumbuhan jamur kerak yang merupakan simbiosis mutualistik antara algae dan jamur, populasi pertumbuhannya tidak secepat algae dan moss, tetapi mempunyai daya cegah pertumbuhan yang kuat sehingga sulit dibersihkan. Untuk pembersihan tanaman tingkat rendah yang tumbuh disela-sela batu juga dilakukan secara rutin dengan cara dicabut dan dilaksanakan sebanyak sembilan kali dalam setahun.

Jenis kerusakan yang terjadi pada candi Siwa hampir sama dengan candi-candi lainnya yang tersusun dari batuan andesit. Hanya yang berbeda adalah kualitas dan kuantitas hal ini tergantung dari situasi masing-masing bangunan candi. Candi Siwa yang berbentuk kerucut yang didalamnya terdapat konstruksi beton bertulang tanpa menggunakan lapisan kedap air, serta bentuk arsitekturnya pada bagian atap banyak terdapat bidang-bidang datar, maka air akan terakumulasi pada bagian tersebut dan menyebabkan batu menjadi lembab dan basah, sehingga wajar bila populasi pertumbuhan dan pelapukan biologis, misalnya adanya bisul-bisul / alveoles banyak terdapat pada bagian atap seperti tampak pada tabel

Pelapukan kimiawi yang berupa endapan garam juga banyak terjadi pada bagian atap bila dibandingkan pada bagian tubuh dan kaki. Hal ini disebabkan pada bagian atap penguapannya lebih besar. Endapan putih yang terjadi pada bagian kaki dan tubuh, kebanyakan menyatu dengan lapisan *bajralepa*. Kerusakan-kerusakan lainnya seperti pengelupasan, retak terisi endapan, jumlahnya relatif sedikit. Batu-batu yang retak kebanyakan terjadi pada bagian kaki, hal ini apabila kita amati pada bagian kaki merupakan bagian yang menerima tumpuan beban yang paling banyak, bila dibandingkan pada bagian tubuh dan atap. Sehingga pada kedua bagian tersebut jumlahnya

relatif sedikit. Lapisan oker yang banyak dijumpai pada bagian kaki, terutama batu-batu yang berrelief memberikan suatu asumsi bahwa lapisan oker tersebut memang sengaja dioleskan pada permukaan batu dengan tujuan agar dalam pengambilan gambar foto dapat lebih jelas dan indah. Batu-batu yang pecah dan fragmen-fragmennya hilang banyak dijumpai pada bagian kaki dan tubuh, dan sudah ada sejak dulu, serta bukan merupakan kasus yang baru. Salah satu jenis pelapukan batu pada candi Siwa yang tidak banyak terjadi pada candi-candi lainnya adalah pelapukan batu yang tingkatnya telah lanjut karena mineralnya terdekomposisi menjadi butiran-butiran pasir. Jumlah batu yang mengalami pelapukan ini seluruhnya 828 blok, paling banyak terjadi pada bagian atap 487 blok, tubuh 259 blok dan kaki 82 blok. Kondisi semacam ini apabila tidak segera diatasi permukaan batu akan tererosi dan dapat mengakibatkan diskonfigurasi batu relief. Batu-batu yang kamuflase sambungannya berwarna kontras jumlahnya relatif banyak dan hampir dijumpai pada seluruh bagian candi. Sambungan ini menggunakan semen dan dikamuflase dengan bubukan pasir dan arang, sehingga hal ini dapat mengganggu pandangan dan estetika. Sementara batu-batu yang aus karena injakan kaki pengunjung hanya terjadi pada batu-batu tangga bagian tengah, hal ini perlu diantisipasi agar keausan batu tersebut dapat bertambah parah.

4.2 Penyebab Kerusakan dan Pelapukan

Pelapukan adalah sekelompok proses fisis, kimiawi, dan biologi yang menyebabkan terjadinya perubahan dan disintegrasi pada batuan (Geologi Teknik Sipil, 1992, 26). Proses kerusakan dan pelapukan batu dapat diklasifikasikan menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Pelapukan fisik

Pelapukan secara fisik yang terpenting adalah akibat naik turunnya suhu dan perbedaan kemampuan memuai (mengembang) dan mengerut dari masing-masing mineral. Akibat perubahan suhu masing-masing mineral mengembang dan mengerut dengan kekuatan yang berbeda-beda, sehingga batuan menjadi rapuh dan mudah hancur (Ilmu Tanah, 1987, 17).

2. Kerusakan mekanis

Kerusakan mekanis adalah kerusakan batu yang diakibatkan oleh gaya-gaya mekanis seperti gempa, tekanan/ beban, tanah longsor, banjir. Gejala-gejala yang nampak pada kerusakan ini adalah terjadinya keretakan, kemiringan, pecah, dan kerenggangan pada komponen atau struktur bangunan.

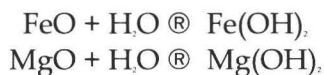
3. `Pelapukan biologis

Pelapukan biologis adalah pelapukan pada batu yang disebabkan oleh adanya kegiatan mikroorganisme seperti pertumbuhan jasad bakteri. Gejala yang nampak pada pelapukan ini adalah diskomposisi struktur batu, pelarutan unsur dan mineral, terjadinya noda, dan sebagainya.

4. Pelapukan khemis

Pelapukan khemis adalah pelapukan yang terjadi pada batu sebagai akibat dari proses atau reaksi kimiawi. Dalam proses ini faktor yang berperan adalah air, penguapan, dan suhu. Air hujan dapat melapukkan batu melalui proses oksidasi, karbonatasi, sulfatasi, dan hidrolisa. Pelapukan kimiawi selalu terjadi perubahan mineral utama menjadi mineral baru (sekunder). Selain itu juga diikuti oleh perubahan komposisi kimianya (Batuan dan Mineral, 1987; 42, 88).

Dalam reaksi kimia biasanya air membawa zat-zat lain yang reaktif. Zat-zat reaktif yang terdapat dalam air biasanya asam. Udara mengandung zat-zat hasil pembakaran dan gas-gas hasil proses organik. Pencemaran udara ini dapat disebabkan oleh kegiatan transportasi, semakin padat transportasi akan menyebabkan semakin tingginya bahan pencemar yang terdaopat dalam udara, diantaranya gas CO, CO₂, dan CO₃. bila turun hujan gas-gas ini akan terbawa air hujan, sehingga air hujan dapat bersifat asam. Batu candi yang didalamnya terdapat logam-logam akan berreaksi dengan asam. Reaksi lainnya yang mungkin dapat terjadi adalah reaksi antara air deengan oksida besi atau magnesium yang membentuk senyawa basa, menurut reaksi sebagai berikut :

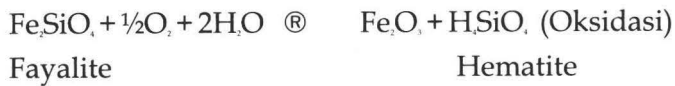


Hasil reaksi tersebut berbentuk koloid dan bersifat basa yang larut dalam air. Dengan adanya reaksi tersebut ikatan antar butir-butir penyusun batu candi akan lepas.

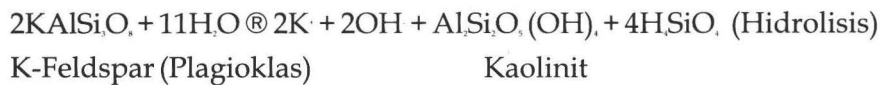
Komposisi kimia dari batu candi tidak homogen, ada bagian tertentu yang banyak mengandung oksida logam seperti besi dan magnesium, ada sebagian lain yang kandungan besi dan magnesiumnya sedikit atau tidak ada sama sekali. Pada bagian yang kandungan oksida besi dan oksida magensiumnya tinggi akan terjadi pelapukan seperti tersebut diatas, sedangkan pada bagian lain yang tidak ada oksida logamnya tidak terjadi pelapukan kulit bawan, seperti yang terjadi pada beberapa bagian candi.

Proses Oksidasi pada batu yang kondisinya basah akan semakin besar pengaruhnya akibat kontak antara air dengan senyawa Fe³⁺ atau Fe²⁺ mineral

Piroksen (Fe, Mg SiO_3). Hasil reaksi kimia adalah pembentukan mineral baru atau mineral ubahan yang terdapat di sekitar mineral Piroksen, baik menginklusi ataupun menyelimuti mineral utama. Mineral-mineral ubahan oksidasi senyawa besi menjadi hidroksid besi berupa mineral hematite (Fe_2O_3), hidrates, goethite (HFeO_2), dan Lepidocrocite (FeOOH). Mineral-mineral inilah yang tergolong ke dalam mineral limonite berukuran lempung. Selain itu pula reaksi kimiawi pada mineral Plagioklas terjadi hidrolisis yang menghasilkan mineral kaolinit. Reaksi kimiawi dapat diterangkan sebagai berikut:



Reaksi oksidasi Fe^{2+}



Reaksi Hidrolisis lanjut :



Dengan melihat beberapa teori yang disebutkan di atas dan hasil observasi kerusakan dan pelapukan, maka dapat dipahami bahwa penyebab kerusakan dan pelapukan batu candi Siwa adalah melalui proses fisik (penggaraman, pengelupasan, retak, lapuk), proses mekanis (retak, pecah), proses biologis (adanya bisul-bisul, pertumbuhan mikroorganisme) dan proses kimiawi (pelapukan). Dengan air hujan sebagai salah satu penyebab utamanya.

Khusus mengenai gejala pelapukan batu yang terjadi pada candi Siwa, prosesnya melalui proses oksidasi, hidrolisis, dan karbonatisasi. Proses oksidasi ditunjukkan dengan adanya oksida-oksida besi dalam mineral batuan, sedangkan hidrolisis ditunjukkan dengan adanya perubahan mineral feldspar (plagioklas) menjadi mineral klorit. Sementara proses karbonatisasi ditunjukkan dengan adanya pH yang tinggi pada batu-batu yang lapuk yang disebabkan karena adanya Calsium (Ca) bebas, tetapi hal ini juga tidak tertutup kemungkinan proses tersebut merupakan proses oksidasi Fe dan Mg seperti yang diuraikan diatas, dan tidak dijumpai adanya pelapukan yang disebabkan oleh mikrobiologis.

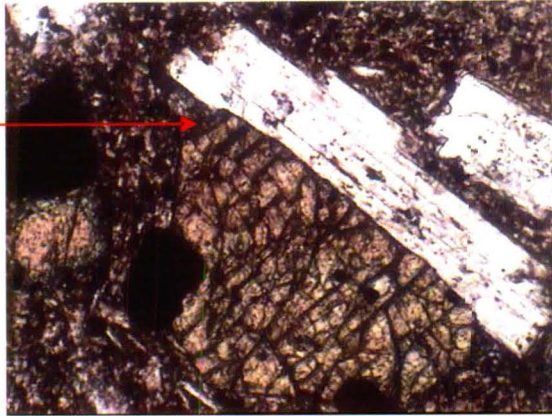
Seperti kita ketahui candi Siwa berada di alam terbuka sehingga air hujan akan mempercepat proses pelapukan secara kimiawi, karena Air merupakan reagen pelapukan paling potensial di alam, tidak hanya menyebabkan terjadinya reaksi-reaksi dengan zat lain, tetapi juga membuat reaksi-reaksi tersebut lebih efektif. Hidrolisis dan hidrasi adalah dua proses dimana molekul air bereaksi dengan senyawa-senyawa kimia batuan. Hidrolisis adalah reaksi utama pada pelapukan dimana bahan yang paling kompleks dan kuat sekalipun akan terurai secara perlahan (gradual). Larutan CO_2 asam bersama-sama dapat meningkatkan kekuatan hidrolisis air. Air selalu mengandung larutan O_2 dan CO_2 yang berasal dari udara atau dari reaksi yang menghasilkan gas tersebut dalam jumlah yang bervariasi (Badan Pemugaran Candi Borobudur, 1982, 244). Hal yang paling krusial adalah air memiliki viskositas yang rendah, sehingga merupakan medium pembawa yang paling cepat dan memiliki kemampuan untuk melakukan penetrasi pada pori dan celah yang sempit sampai jauh ke dalam materi/ bahan. Air mempengaruhi batu secara konsisten dengan mengubah keefektifitas gaya kohesi dan adhesi dalam batu melalui proses hidrolisis, sulfatasi, karbonatasi, dan oksidasi (Geologi Teknik Sipil, 1992, 27).

Pelapukan secara fisik disebabkan oleh naik turunnya suhu dan perbedaan kemampuan memuai dan mengerut dari masing-masing mineral batuan, sehingga batuan menjadi lapuk dan mudah hancur (Ilmu Tanah, 1987, 17).

Secara petrografi pelapukan batu candi Siwa ditunjukkan adanya prosentase kandungan mineral ubahan akibat oksidasi dan hidrolisis. Terutama terjadi pada mineral yang sangat rentan terhadap pelapukan atau mineral-mineral yang tidak stabil, seperti mineral plagioklas dan piroksin. Sehingga untuk mengetahui tinggi rendahnya pelapukan dapat dianalisis laboratoris dengan melihat perbandingan mineral tidak stabil batuan segar dengan batuan lapuk.

Melalui pengamatan fotografis dan megakopis belum dapat memberikan gambaran tingkat pelapukan, tetapi jika dilihat dari kandungan pori-pori antara 12 hingga 20 prosen, batuan ini tidak tahan terhadap pelapukan. Untuk itulah harus dilihat sifat batuan secara mikroskopis. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa adanya prosentasi kandungan mineral oksida besi yang berada pada mineral plagioklas dan piroksen. Kandungan mineral oksida besi ditunjukkan oleh kenampakan mineral yang berwarna merah kecoklatan dan coklat karat pada posisi mikroskop sejajar nikol.

Mineral klorit

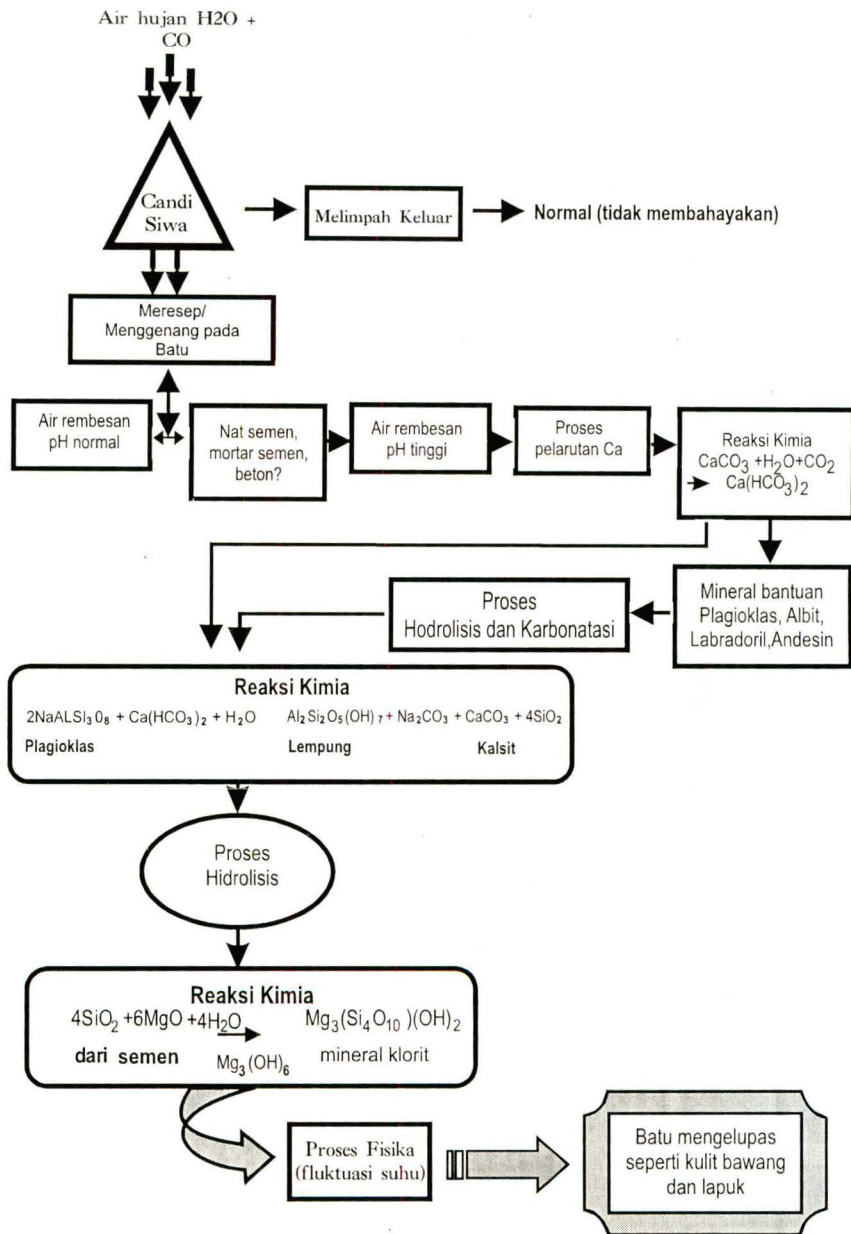


Gambar 4.10. Kenampakan mineral Klorit pada sampel no.1

Semakin besar perubahan mineralnya maka semakin besar pula tingkat pelapukan. Sifat fisik batuan yang juga mempengaruhi proses pelapukan adalah kandungan porositas vesikuler batuan. Dari hasil analisis petrografi menunjukkan adanya vesikuler lubang gas relatif cukup tinggi. Hal ini menyebabkan porositas vesikuler tersebut mampu menyimpan air sebagai media dalam proses pembentukan mineral lempung. Tentu saja bukan hanya air yang terkandung, namun dengan adanya air dalam pori batuan akan membantu peningkatan suhu saat mendapat panas sinar matahari.

Pelapukan dengan pembentukan mineral lempung dan klorit memudahkan lepasnya ikatan antar mineral. Mineral-mineral dalam batuan tidak memiliki tumpuan atau penyangga. Hal ini menyebabkan batuan candi semakin rentan terhadap pengaruh luar. Sehingga apabila mendapat gaya eksternal berupa angin maupun aliran air menyebabkan pengausan batuan candi semakin besar dan cepat.

Secara diagram proses pelapukan dapat dilihat pada gambar diagram 4.11



Gambar 4.11. Diagram Proses Pelapukan Batu Candi Siwa Prambanan

4.3 Penanganan

Jenis penanganan dibagi dua, yaitu penanganan material dan struktur

4.3.1 penanganan material

Dalam bab 4.2 telah diklasifikasi mengenai jenis kerusakan dan pelapukan yang dapat ditangani, dihambat dan tidak dapat ditangani. Untuk pelapukan dan kerusakan yang dapat ditangani, metode penanganannya adalah sebagai berikut:

a. bisul dan aveoles

Bisul-bisul dibersihkan, sehingga terjadi lubang, lobang tersebut dibersihkan dengan air dan bila perlu diolesi pestisida (Hivar XL 1%) untuk mematikan mikroorganisme yang ada di dalamnya. Setelah kering kemudian ditambah dengan campuran epoxy-resin + pasir dan dikamuflase, dengan warna dan tekstur yang sesuai dengan batu tersebut.

b. retakan

Retakan-retakan yang masih lembut dilakukan injeksi dengan bahan epoxy-resin yang dimasukkan ke dalam celah-celah retakan, sedikit-demi sedikit, sampai penuh. Kemudian setelah bahan tersebut kering dilakukan kamuflase. Bila retakan ini disebabkan oleh tumpuan yang tidak merata, maka untuk menghindari retakan itu bertambah lebar, maka pada tumpuan nat-nat batu diganjal dengan mortar epoxy resin. Untuk pecahan yang besar sebaiknya dilepas kemudian dilakukan penyambungan dengan bahan perekat epoxy resin, bila perlu menggunakan angker. Retakan yang terisi endapan bila bisa dilepas endapan dibersihkan kemudian retakan disambung kembali. Bila retakan tidak dapat dilepas endapan dibersihkan kemudian diinjeksi.

c. sambungan belum dikamuflase

bahan penyambung yang masih kelihatan (semen) diambil secara maksimum kemudian diganti dengan resin. Langkah selanjutnya dilakukan kamuflase.

d. batu lapuk

Batu asli yang terlanjur lapuk, dikonsolidasi dengan konsolidan yang telah diuji di laboratorium. Perlakuannya dengan cara diinjeksi menggunakan tekanan hidrostatik (model infus). Sedangkan batu pengganti dilakukan restoring (penggantian). Untuk mencegah meresapnya air pada bingkai rata, pada bagian tersebut diolesi bahan kedap air Rhodorsil Hydrofugeant 224 dan masonceal, yang pengolesannya dilaksanakan pada waktu keadaan batu kering.

4.3.2 penanganan secara struktural

- a. Agar air hujan dapat melimpas keluar dengan sempurna, maka pada tempat-tempat yang terjadi genangan dan pada bingkai rata yang arah kemiringannya ke dalam, ditambah dengan mortar campuran pasir + Epoxy Resin kemudian dikamuflase sesuai dengan warna batu di sekitarnya.
- b. Tambalan mortar semen yang terdapat pada bagian atap dikupas, kemudian diganti dengan mortar campuran pasir + Epoxy Resin.
- c. Spesi semen pada nat-nat batu dikupas secara hati-hati sampai jauh ke dalam (semaksimal mungkin), kemudian diisi/ diganti dengan mortar campuran pasir + Epoxy Resin dan dikamuflase sesuai dengan warna batu di sekitarnya.

Dalam penanganan struktural tersebut proses kerusakan / pelapukan seperti, penggaraman, pengelupasan, dapat dihambat dan sekaligus untuk mengurangi kelembaban batu, sehingga tingkat pertumbuhan mikroorganisme dapat ditekan.

Bab V
Kesimpulan



BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Tingkat keterawatan batu candi Siwa masih cukup baik, namun masih perlu ditingkatkan dengan melakukan perawatan yang teratur menggunakan sarana yang lebih memadai, dan tidak bertentangan dengan prinsip-prinsip konservasi.
2. Tingkat pelapukan batu candi Siwa telah sampai pada tahap yang serius, hal ini dibuktikan dengan kehadiran mineral ubahan berupa mineral klorit, oksida besi, limonit, dan mineral lempung lainnya, sehingga jika tidak segera ditangani akan berkembang ke tingkat yang lebih parah.
3. Batuan candi yang berwarna terang relatif lebih mudah mengalami perubahan mineral dibandingkan dengan batuan yang berwarna gelap sehingga proses pelapukan yang terjadi pada batuan yang berwarna terang lebih intensif.
4. Air merupakan penyebab utama terjadinya proses pelapukan sehingga masalah air harus segera diatasi secara tuntas dengan pendekatan ilmu hidrologi baik dihalaman maupun diatas candi.
5. Keberadaan semen yang digunakan dalam pemugaran yang lalu ternyata berdampak negatif pada keawetan batu.
6. Ditinjau dari secara arsitektural candi Prambanan belum mengalami perubahan bentuk yang berarti.
7. Berdasarkan hasil pengukuran geofisika, dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a) Bagian bawah (kaki bangunan candi Siwa) terindikasikan terdapat struktur beton yang menyangga tubuh bangunan candi tersebut yang berada di bawah tubuh bangunan candi, sedangkan dibawah lantai selasar tidak terindikasi adanya struktur beton bertulang.
 - b) Bagian bawah lantai selasar terindikasikan basah karena bersentuhan langsung dengan tanah dasar.
 - c) Pada sebagian batu kulit candi yang mengalami rembesan terindikasikan memang basah akibat masuknya air hujan, tetapi

Air hujan tidak masuk sampai lebih dalam. Pada bagian dalam, dibelakang batu kulit masih terindikasikan kering, hal ini membuktikan bahwa pelapukan batu candi siwa diawali dari permukaan luar yang disebabkan oleh aliran air rembesan yang tercemar dari unsur-unsur terlarut yang korosif terhadap batuan misalnya semen.

- d) Batu-batu candi yang memiliki sambungan-sambungan atau retakan-retakan, mempunyai peluang besar untuk kemasukan air hujan yang berakibat mempercepat proses kerusakan.
8. Berdasarkan hasil pengukuran stabilitas bangunan yang dilakukan selama 5 kali, ternyata belum terjadi deformasi vertikal maupun horizontal, sehingga dapat dikatakan candi Siwa masih dalam kondisi stabil
9. Pelapukan yang terjadi pada candi siwa tidak hanya pelapukan fisik atau mekanis tapi terjadi bersamaan dengan proses kimiawi, sebagai bukti yaitu pembentukan mineral lempung, oksidasi besi dan klorit yang cukup besar pada batuan candi.
10. Prosentase kandungan pori-pori batuan yang cukup tinggi merupakan sifat batuan yang rentan terhadap pelapukan. Hal ini akan semakin intensif pelapukannya apabila pori-pori tersebut menyimpan air.
11. Pelapukan yang tinggi disebabkan oleh proses oksidasi dan hidrolisis akibat sistem resapan air pada bangunan candi tidak berjalan baik, sehingga pada suatu sisi, air masih terlihat menggenang dan menyebabkan pemuatan mineral.
12. Pemakaian *water repelent* Rhodorsil H 224 dan Masonceal tidak menimbulkan efek negatif pada permukaan batu, misalnya pengelupasan pengikisan (erosi) dan gejala-gejala pelapukan lainnya, sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan.
13. Ditinjau dari efek pewarnaan pada permukaan batuan, Rhodorsil H 224 menimbulkan warna gelap sedangkan Masonceal warna transparan dan keduanya tidak mengkilap.
14. Kedua bahan tersebut mempunyai *beading* efek dan sifat menolak air yang cukup baik, lebih baik Rhodorsil H 224 dalam kadar konsentrit.
15. Untuk pemakaian di Candi Siwa, kedua bahan tersebut sebaiknya diaplikasikan pada tempat yang berbeda dengan pertimbangan estetika dan efektivitasnya, yaitu Rhodorsil H 224 pada bagian atas bangunan (atap) sedangkan Masonceal pada bagian bawah bangunan (kaki dan tubuh).
16. Euroland FK 20 kuat tekannya melebihi kuat tekan batu dan bersifat elastoplastis, sehingga untuk pengisian nat-nat batu tidak akan retak bila terjadi gaya tekan horisontal pada bangunan.

17. Bahan konsolidasi Rhodorsil RC 90 dapat meningkatkan kualitas batu rapuh yang strukturnya masih terikat, sedangkan bila digunakan pada batu rapuh yang telah berubah bentuk menjadi bubukan/pasir kurang efektif.

B. SARAN

1. Segera perlu dilakukan penanganan baik secara preventif maupun kuratif.
2. Perlu adanya monitoring terus menerus terhadap bangunan maupun lingkungan, sehingga apabila terjadi gejala-gejala yang menyimpang dari biasanya dapat segera terpantau dan diatasi sedini mungkin.

Lampiran
dan
Daftar Pustaka

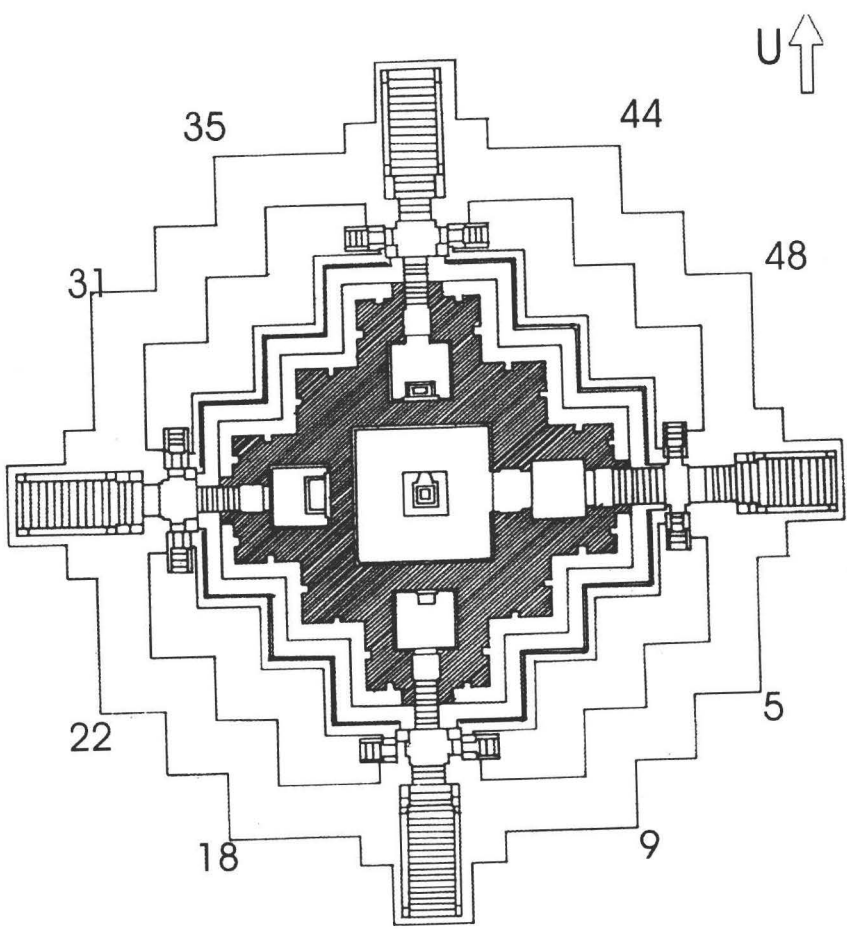


Lampiran 1 :

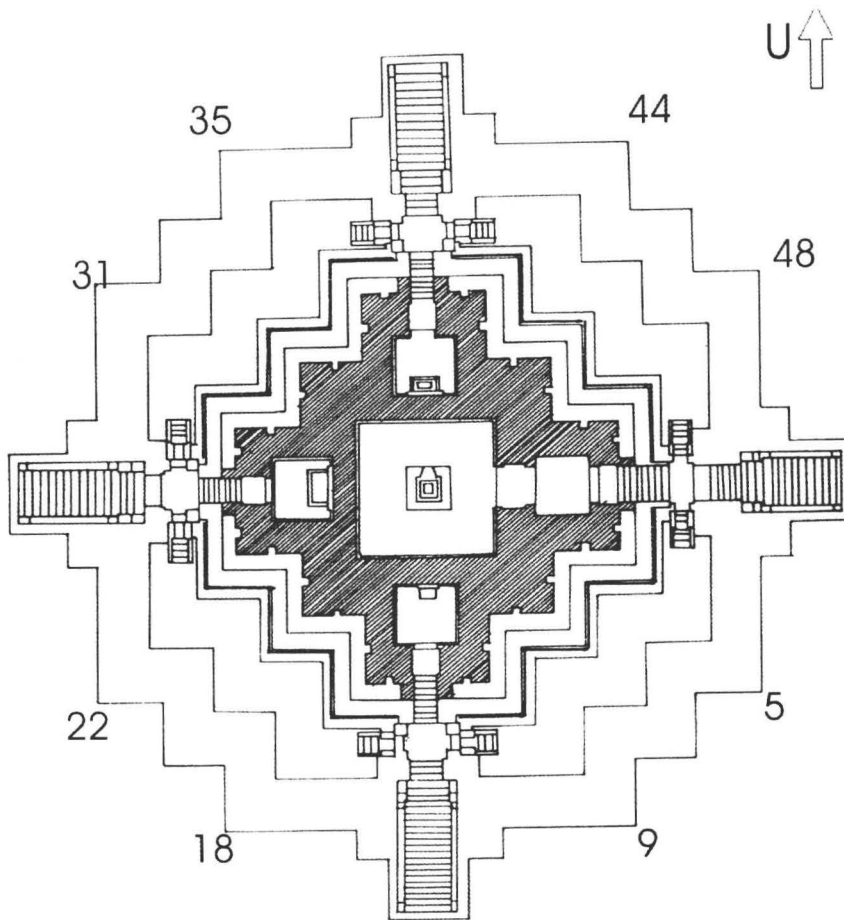
Tabel Hasil Pengukuran Stabilitas Candi Siwa

No Titik Pelipit kaki	X					Y					Z				
	1984	1995	1999	2001	2002	1984	1995	1999	2001	2002	1984	1995	1999	2001	2002
5	-	586.368	586.368	586.323	586.368	-	589.333	589.335	589.332	589.335	154.156	154.147	154.148	154.146	154.147
	-		0.000	-0.0035	+0.0035	-		+0.002	-0.003	+0.003		-0.009	+0.001	-0.002	+0.001
9		579.914	579.914	579.910	579.914	-	582.655	582.659	582.653	582.665	154.156	154.159	154.160	154.160	154.158
			0.000	-0.004	+0.004	-		+0.004	-0.006	+0.012		+0.003	+0.001	0.000	-0.002
18	-	559.127	559.131	559.128	559.126	-	582.282	582.270	582.266	582.269	154.146	154.136	154.139	154.134	154.133
			+0.004	-0.003	-0.002	-		-0.012	-0.004	0.003		-0.01	+0.003	-0.005	-0.001
22	-	552.458	552.463	552.459	552.462	-	588.689	588.626	588.627	588.621	154.145	154.118	154.135	154.134	154.130
			+0.005	-0.004	+0.003	-		-0.003	+0.001	-0.006		-0.027	+0.017	-0.001	-0.004
31	-	552.129	552.136	552.134	552.132	-	609.460	609.456	609.453	609.449	154.112	154.110	154.120	154.116	154.112
			+0.007	0.002	0.002	-		-0.004	+0.003	-0.010		-0.002	+0.010	-0.004	-0.004
35	-	558.488	558.494	559.494	558.492	-	616.064	616.059	616.060	616.054	154.086	154.085	154.087	154.086	154.084
			+0.006	0.000	-0.002	-		-0.005	+0.001	-0.006		-0.001	+0.002	-0.001	-0.002
44	-	579.366	579.295	579.299	579.292	-	616.533	616.529	616.533	616.527	154.108	154.106	154.106	154.106	154.102
			-0.071	+0.004	-0.007	-		-0.004	+0.004	-0.006		-0.002	0.000	0.000	-0.004
48	-	585.955	585.959	585.961	585.957	-	610.160	610.164	610.164	610.157	154.132	154.133	154.031	154.033	154.132
			+0.004	+0.002	-0.004	-		+0.002	+0.002	-0.007		+0.001	-0.102	+0.002	+0.099

Keterangan



Keterangan



Lampiran 3

HASIL PENELITIAN FISIK RHODORSIL HIDROFUGEANT 224

Konsentrasi Bahan	Perlakuan Bahan	Efek Kapiler	Kadar Penyerapan Air	Beading Efek	Penetrasi Bahan	Keterangan
Ready for use	Dioleskan	Tidak ada	0,1 – 0,3% lihat grafik	Permukaan air membentuk sudut 75°	0,5 cm	Konsentrit
Campuran xylol dengan perbandingan 1 : 6	Dioleskan	Tidak ada	0,2 -0,3% lihat grafik	Permukaan air membentuk sudut 30°	0,7 cm	
Campuran propanol dengan perbandingan 1 : 6	Dioleskan	Tidak ada	0,31 – 0,35%	Permukaan air membentuk sudut 20°	0,7 cm	
Campuran etanol dengan perbandingan 1 : 6	Dioleskan	Tidak ada	0,7 – 0,9%	Permukaan air membentuk sudut 20°		

Lampiran 4

HASIL ANALISIS LABORATORIUM EUROLAND FK 20

No.	Jenis Bahan	Perbandingan (PBV)	Waktu Kering (jam)	Keterangan
A	Euroland FK 20	8 : 1 9 : 1 10 : 1	4,0 4,0 > 4,0	Tidak lengket di tangan tetapi pada saat ditusuk masih membekas Tidak lengket di tangan tetapi pada saat ditusuk masih membekas -
B	Araldite Tar	4 : 1	12	Sudah tidak dapat dioleskan

DATA FISIK PENELITIAN BAHAN PEREKAT EUROLAND FK 20 DAN ARALDITE TAR

Parameter	Jenis Bahan	P	L	T	Retak (kg)	Pecah (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)		Keterangan
			cm				Retak	Pecah	
Kuat tekan	EFK 20	5,06	4,64	4,95	9.400,00	9.400,00	400,37	400,37	
	EFK 20 + pasir	5,35	5,40	5,20	4.450,00	7.300,00	154,03	252,68	
	AT	5,02	4,98	4,45	1.600,00	1.600,00	64,00	64,00	
	AT + pasir	5,03	5,26	4,75	4.200,00	4.200,00	158,74	158,74	
Plastisitas	EFK 20		I	II	III	IV	Kembali (cm)	Plastisitas (%)	
		Beban (kg)	0	4.500	7.000	9.700			
	AT	Tebal (cm)	4,95	4,62	4,58	4,46	4,80	6,87	
		Beban (kg)	0	1.000	1.500	-			
		Tebal (cm)	4,45	3,49	2,76	-	4,00	27,87	

Keterangan:

Ageing test dan pengamatan lapangan masih terus berlangsung

ANALISIS FISIK
PENGOLESAN DENGAN RHODORSIL TANPA PERLAKUAN

No.	Sampel dan Bahan	Densitas ($J = Wd/V$) (g/cm ³)	Berat Jenis ($G = Wd/Vg$)	Kadar Air Jenuh ($W = Vv/Wd$) (%)	Porositas ($n = Vv/V$) (%)	Kuat Tekan Pecah Total ($C = Lb/Wi$) (kg/cm ²)	Kekerasan (Skala Mohs)	Koefisien Kapilaritas (g/cm ² .s ^{1/2})
I	Diolesi 1 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,88	2,68	15,96	29,92	58,90	3 - 5	4,73
		1,84	2,57	15,37	28,32	76,86		4,12
		1,85	2,54	14,82	27,39	64,90		3,81
		1,86	2,60	15,38	28,54	66,88		4,22
II	Diolesi 6 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,84	2,61	16,24	29,81	44,73	3 - 5	0,04
		1,87	2,58	14,69	27,47	40,29		0,00
		1,86	2,43	12,42	23,16	75,47		0,00
		1,86	2,54	14,45	26,81	53,50		0,01
III	Injeksi RC 70 RC 80 RC 90	1,87	2,37	11,38	21,25	70,72	3 - 5	0,04
		1,90	2,53	13,11	24,92	84,41		0,04
		1,91	2,33	9,38	17,92	91,26		0,00
		1,89	2,41	11,29	21,36	82,13		0,03
IV	Kontrol I A B C	1,81	2,39	13,43	24,33	82,09	3 - 5	6,90
		1,83	2,42	13,29	24,34	83,64		7,14
		1,85	2,43	12,95	23,94	68,59		5,85
		1,83	2,42	13,22	24,20	78,11		6,63

Tekstur
Ukuran butir : Fine sand (0,02 – 0,2 mm)
Bentuk butir : Sub rounded
Struktur : Masif

ANALISIS FISIK
PENGOLESAN DENGAN RHODORSIL DAN DIRENDAM DALAM AIR

No.	Sampel dan Bahan	Densitas ($J = Wd/V$) (g/cm ³)	Berat Jenis ($G = Wd/Vg$)	Kadar Air Jenuh ($W = Vv/Wd$) (%)	Porositas ($n = Vv/V$) (%)	Kuat Tekan Pecah Total ($C = Lb/Wi$) (kg/cm ²)	Kekerasan (Skala Mohs)	Koefisien Kapilaritas (g/cm ² .s ^{1/2})
I	Diolesi 1 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,89 2,17 1,86 1,97	2,68 2,72 2,70 2,70	15,65 9,42 16,58 13,88	29,52 20,40 30,88 26,93	73,07 143,97 41,18 86,07	3 - 5	3,40 3,97 2,71 3,36
II	Diolesi 6 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,86 1,85 1,76 1,82	2,65 2,58 2,39 2,54	16,11 15,16 14,87 15,38	29,92 28,11 26,20 28,07	47,90 70,84 82,03 66,92	3 - 5	0,37 0,04 0,04 0,15
III	Injeksi RC 70 RC 80 RC 90	1,85 1,90 2,13 1,96	2,65 2,62 2,73 2,67	16,33 14,38 10,46 13,72	30,22 27,33 22,24 26,60	39,02 67,09 186,78 97,63	3 - 5	0,27 0,04 1,20 0,50
IV	Kontrol I A B	1,85 1,87 1,86	2,63 2,65 2,64	15,87 15,76 15,81	29,42 29,46 29,44	53,54 67,21 60,38	3 - 5	5,62 4,41 5,01

Tekstur

Ukuran butir : Fine sand (0,02 – 0,2 mm)

Bentuk butir : Sub rounded

Struktur : Masif

ANALISIS FISIK
PENGOLESAN DENGAN RHODORSIL DAN DIOVEN PADA SUHU SEKITAR 40°C

No.	Sampel dan Bahan	Densitas (J = Wd/V) (g/cm ³)	Berat Jenis (G = Wd/Vg)	Kadar Air Jenuh (W = Vv/Wd) (%)	Porositas (n = Vv/V) (%)	Kuat Tekan Pecah Total (C = Lb/Wl) (kg/cm ²)	Kekerasan (Skala Mohs)	Koefisien Kapilaritas (g/cm ² .s ^{1/2})
I	Diolesi 1 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,86	2,37	11,51	21,39	41,50	3 - 5	2,89
		2,29	2,58	5,02	11,48	272,69		0,57
		1,86	2,34	11,20	20,79	38,62		2,94
		2,00	2,43	9,24	17,89	117,60		2,13
II	Diolesi 6 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,85	2,07	5,91	10,90	50,74	3 - 5	0,04
		1,84	2,08	6,42	11,78	28,01		0,04
		1,86	2,25	9,23	17,18	68,17		0,00
		1,85	2,13	7,19	13,29	48,97		0,02
III	Injeksi RC 70 RC 80 RC 90	1,86	2,20	8,24	15,32	58,89	3 - 5	0,07
		2,20	2,45	4,69	10,32	201,08		0,00
		1,85	2,27	9,94	18,40	62,90		0,04
		1,97	2,31	7,62	14,68	107,62		0,04
IV	Kontrol I A B	1,86	2,48	13,37	24,87	36,78	3 - 5	0,18
		1,87	2,48	13,18	24,61	31,69		3,62
		1,86	2,48	13,28	24,74	34,23		1,90

Tekstur

Ukuran butir : Fine sand (0,02 – 0,2 mm)

Bentuk butir : Sub rounded

Struktur : Masif

ANALISIS FISIK
PENGOLESAN DENGAN RHODORSIL DAN DITARUH DI LAPANGAN TERBUKA

No.	Sampel dan Bahan	Densitas (J = Wd/V) (g/cm ³)	Berat Jenis (G = Wd/Vg)	Kadar Air		Porositas (n = Vv/V) (%)	Kuat Tekan Pecah Total (C = Lb/Wi) (kg/cm ²)	Kekerasan (Skala Mohs)	Koefisien Kapilaritas (g/cm ² .s ^{1/2})
				Natural (W = Vw/wd) (%)	Jenuh (W = Vw/Vd) (%)				
I	Diolesi 1 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,84	2,36	0,42	11,92	21,92	42,94	3 - 5	2,75
		1,88	2,31	0,43	10,02	18,81	68,14		0,53
		1,85	2,27	0,44	10,11	18,66	52,03		2,87
		1,85	2,31	0,43	10,68	19,80	51,04		2,05
II	Diolesi 6 permukaan RC 70 RC 80 RC 90	1,84	2,14	0,47	7,53	13,88	38,85	3 - 5	0,04
		2,18	2,31	0,43	2,58	5,62	216,57		0,04
		1,85	2,09	0,48	6,41	11,82	68,84		0,00
		1,96	2,18	0,46	5,51	10,44	108,08		0,02
III	Injeksi RC 70 RC 80 RC 90	1,87	2,30	0,43	9,95	18,64	62,89	3 - 5	0,07
		1,85	2,03	0,49	4,87	9,01	55,82		0,00
		1,93	2,20	0,45	6,33	12,24	85,93		0,04
		1,88	2,18	0,46	7,05	13,30	68,21		0,04
IV	Kontrol I A B	1,88	2,49	0,40	13,09	24,55	35,57	3 - 5	0,19
		1,86	2,49	0,40	13,49	25,11	39,83		3,62
		1,87	2,49	0,40	13,29	24,83	37,70		1,90

Tekstur

Ukuran butir : Fine sand (0,02 – 0,2 mm)

Bentuk butir : Sub rounded

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA- RATA	RATA-RATA	
1	JANUARI	32	28	29.33	73.33	141
2	FEBRUARI	32	28	29.33	73.166	164
3	MARET	32	28	29.33	73.166	196
4	APRIL	32	27	28.66	73.33	38
5	MEI	32	27	28.66	74.66	85
6	JUNI	32	28	29.33	71.66	-
7	JULI	32	28	29.33	69.33	-
8	AGUSTUS	32	28	29.33	69.33	-
9	SEPTEMBER	31	28	29	70.33	-
10	OKTOBER	30	28	28.66	69.33	46
11	NOVEMBER	32	28	29.33	74.66	173
12	DESEMBER	33	27	29	74.66	204
	RATA-RATA	31.8	27.75	29.1	72.25	
	JUMLAH					1047

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 2002

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN	CURAH
		MAX	MIN	RATA-RATA	RATA-RATA	HUJAN
1	JANUARI	32	28	29.3	71.3	146
2	FEBRUARI	31	28	29	75.6	319
3	MARET	31	28	29	75.6	108
4	APRIL	30	26	27.3	72	94
5	MEI	30	25	26.6	70.6	142
6	JUNI	30	24	26	69.6	-
7	JULI	29	24	25.6	62.6	-
8	AGUSTUS	31	27	28.3	64	-
9	SEPTEMBER	30	27	28	64	-
10	OKTOBER	30	27	28	68.9	-
11	NOVEMBER	30	27	28	72	21
12	DESEMBER	30	27	28	72	98
	RATA-RATA	30.33	26.5	27.75	69.85	
	JUMLAH					928

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 2001

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA- RATA		
1	JANUARI	30.6	28.5	29.2	73.63	142
2	FEBRUARI	30.8	28.5	29.26	73.63	132
3	MARET	32.6	28.5	29.86	73.8	245
4	APRIL	32.2	28.5	29.73	73.9	48
5	MEI	29.8	26.4	27.53	70	105
6	JUNI	29.42	25.1	26.54	73.73	129
7	JULI	30.7	25.2	27.03	71.23	40
8	AGUSTUS	29.9	25.1	26.7	71.23	6
9	SEPTEMBER	29.5	26.6	27.56	71.23	2
10	OKTOBER	31	26.2	27.8	76.13	163
11	NOVEMBER	34.3	29.2	30.9	69.6	274
12	DESEMBER	33.4	28.1	29.87	68.7	126
	RATA-RATA	31.185	27.158	28.5	72.25	
	JUMLAH					1413

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 2000

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KLEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA		
1	JANUARI	30	27	28	72	392
2	FEBRUARI	30.5	27.5	28.5	75.3	506
3	MARET	30.5	28	28.83	70.16	302
4	APRIL	31	28	29	72.7	114
5	MEI	31	28	29	70	26
6	JUNI	31	28	29	69.7	71
7	JULI	30	28	28.7	66	12
8	AGUSTUS	30.5	29	29.5	66.7	8
9	SEPTEMBER	31	29	29.7	68.3	-
10	OKTOBER	31	29	29.7	69.83	63
11	NOVEMBER	31	28	29	69.83	148
12	DESEMBER	30.5	27	28.16	70.3	106
	RATA-RATA	30.66	28.04	28.92	70.06	
	JUMLAH					1748

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 1999

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA		
1	JANUARI	30	27	28	85.3	325
2	FEBRUARI	28	26	26.7	85.3	375
3	MARET	30	27	28	85.3	485
4	APRIL	30	28	28.7	85.3	159
5	MEI	30	28	28.7	82	76
6	JUNI	29	26	27	82.7	122
7	JULI	30	26	27.3	81.3	28
8	AGUSTUS	30	28	28.7	78.3	-
9	SEPTEMBER	29	28	28.3	81.3	14
10	OKTOBER	29	27	27.7	82.3	80
11	NOVEMBER	28	26	26.7	85.3	274
12	DESEMBER	28	26	26.7	85.3	295
	RATA-RATA	29.95	26.91	27.7	83.30	
	JUMLAH					2233

**DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 1998**

Lampiran 14

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA		
1	JANUARI	30	27	28	70.7	93
2	FEBRUARI	30	26	27.3	66	451
3	MARET	30	26	27.3	77.7	390
4	APRIL	30	26	27.3	86.3	200
5	MEI	30	27	28	75	28
6	JUNI	32	28	29.3	74.3	85
7	JULI	32	27	28.7	66.3	76
8	AGUSTUS	30	27	28	81.7	37
9	SEPTEMBER	29	26	27	82	19
10	OKTOBER	31	27	28.3	81.7	169
11	NOVEMBER	29	25	26.3	81.7	277
12	DESEMBER	29	24	25.7	80	94
	RATA-RATA	30.16	26.33	27.6	76.95	
	JUMLAH					1919

DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN

TAHUN 1997

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN	CURAH
		MAX	MIN	RATA-RATA	RATA-RATA	HUJAN
1	JANUARI	30	28	28.7	73.3	260
2	FEBRUARI	30	28	28.7	75	151
3	MARET	29	27	27.7	75	89
4	APRIL	29	27	27.7	75	62
5	MEI	30	26	27.7	75	38
6	JUNI	29	26	27	72	-
7	JULI	29	25	26.3	75	-
8	AGUSTUS	29	25	26.3	75	-
9	SEPTEMBER	28	26	26.3	71.3	-
10	OKTOBER	28	26	26.3	72	-
11	NOVEMBER	29	25	26.3	71.3	16
12	DESEMBER	30	28	28.7	73.3	276
	RATA-RATA	29.16	26.41	27.3	73.6	
	JUMLAH					892

**DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 1996**

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA		
1	JANUARI	30	28	28.7	73.3	221
2	FEBRUARI	30	28	28.7	73.7	148
3	MARET	29	28	28.3	73.7	101
4	APRIL	29	28	28.3	74.7	70
5	MEI	30	27	28	74.7	8
6	JUNI	30	27	28	74	-
7	JULI	30	27	28.3	74	-
8	AGUSTUS	29	28	28.3	73.3	75
9	SEPTEMBER	30	26	27.3	73.3	-
10	OKTOBER	30	27	28	75.7	142
11	NOVEMBER	30	27	28	75.7	132
12	DESEMBER	30	27	28	75.7	373
	RATA-RATA	29.75	27.33	28.158	74.31	
	JUMLAH					1210

**DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 1995**

Lampiran 17

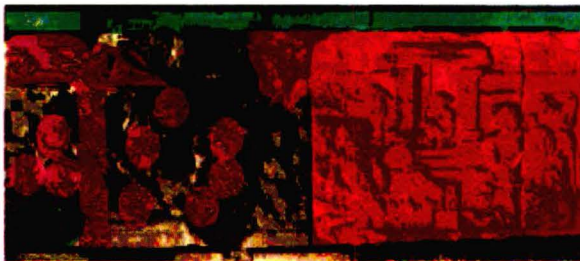
No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN RATA-RATA	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA		
1	JANUARI	30	26	27.3	74	431
2	FEBRUARI	30	26	27.3	77.7	535
3	MARET	30	25	26.7	77.7	285
4	APRIL	30	25	26.7	84.6	107
5	MEI	30	28	28.7	77.7	47
6	JUNI	30	28	28.7	73.3	107
7	JULI	29	26	27	74	19
8	AGUSTUS	29	26	27	75.3	
9	SEPTEMBER	30	26	27.3	66.7	
10	OKTOBER	31	25	27.3	76	51
11	NOVEMBER	30	25	26.7	77	410
12	DESEMBER	30	28	28.7	77.3	252
	RATA-RATA	29.91	26.16	27.45	75.94	
	JUMLAH					2244

**DATA KLIMATOLOGI CANDI PRAMBANAN
TAHUN 1994**

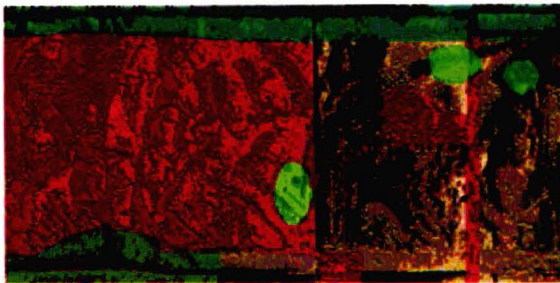
Lampiran 18

No	BULAN	TEMPERATUR °C			KELEMBABAN	CURAH HUJAN
		MAX	MIN	RATA-RATA	RATA-RATA	
1	JANUARI	30	28	28.7	74	267
2	FEBRUARI	31	27	28.3	73,3	255
3	MARET	30	28	28.7	73,3	556
4	APRIL	29	27	27.7	74	206
5	MEI	29	27	27.7	70	13
6	JUNI	30	28.5	29	70,7	-
7	JULI	31	29.5	30	70	-
8	AGUSTUS	32	30	30.7	72	-
9	SEPTEMBER	32	30	30.7	66,7	-
10	OKTOBER	30	26	27.3	68,3	36
11	NOVEMBER	30	26	27.3	69	77
12	DESEMBER	30	27	28	73,3	245
	RATA-RATA	30.33	27.83	28.6	71.2	
	JUMLAH					1755

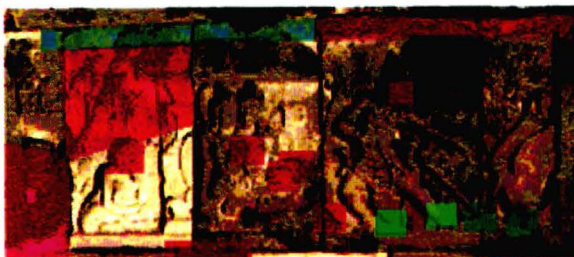
Lampiran 19 LAMPIRAN KERUSAKAN ARSITEKTURAL



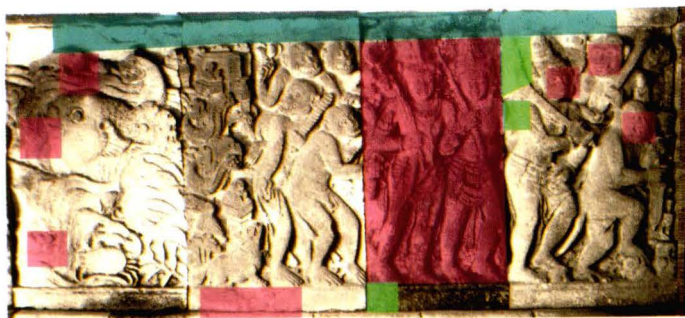
KETERANGAN
: HILANG
: PATAH
: RETAK
: AUS



KETERANGAN
: HILANG
: PATAH
: RETAK
: AUS



KETERANGAN
: HILANG
: PATAH
: RETAK
: AUS



KETERANGAN

- : HILANG
- : PATAH
- : RETAK
- : AUS

Daftar Pustaka

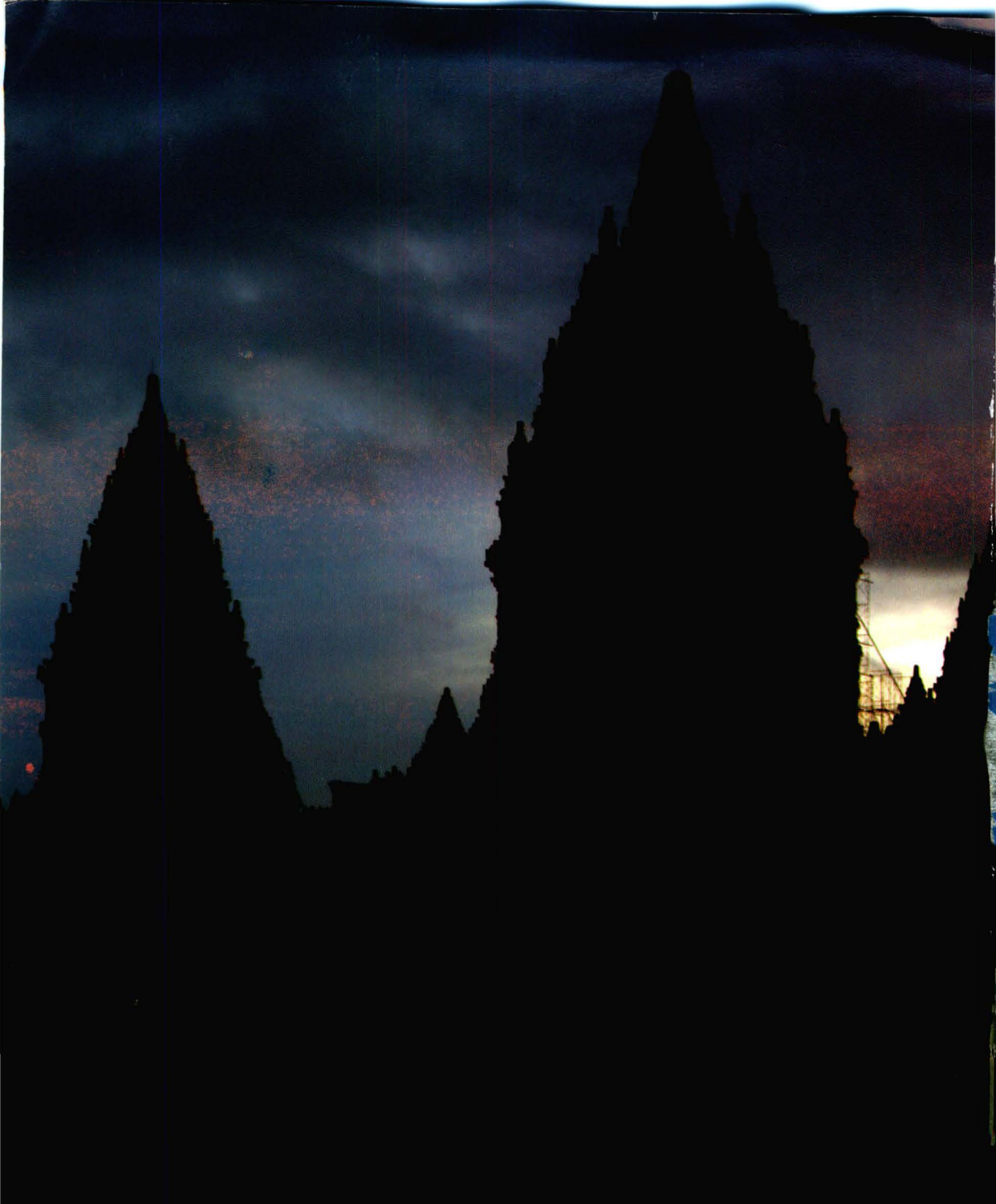
- Amin Widodo, 1994, *Daya Dukung Geologi untuk Perencanaan Tata Ruang di Kecamatan Prambanan bagian Selatan Kabupaten Dati II, Sleman DIY*, Thesis S-2 UGM.
- Anom, IG.N., *Keterpaduan Aspek Teknis dan Aspek Keagamaan dalam Pendirian Candi Periode Jawa Tengah (Studi Kasus Candi Utama Sewu)*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1997
- Badan Pemugaran Candi Borobudur, *A Renewed Study on The Method of Restoration Applicable to The Safeguarding of Candi Borobudur*, Pelita Borobudur Seri CC No.3.
- Bemmelen, R.W, 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. 1A, Rartinus Nighoff, The Hague.
- Colman, S. M., dan D.P. Dethier, (eds), 1986, *Rates of Chemical Weathering of Rock and Minerals*, Akademik Press, New York.
- Doddy Setia Graha, 1987, *Batuan dan Mineral*, Nova, Bandung.
- Fisher, R. V., dan H. U. Schmincke, 1984, *Pyroclastic Rocks*, Springer Verlag Berlin.
- Joseph E. Bowe Les, 1991, *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia *Sifat-sifat fisik dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)* edisi II, Erlangga, Jakarta.
- Karous, M. and Hjelt, S.E., 1983, Linear Filtering of VLF Dip-angle Measurements, *Geophysical Prospecting* 31, 782-794.
- Krauskopf, Konrad, B., dan D. K. Bird., 1995, *Weathering and Soil.*, Introduction to Geochemistry, McGraw-Hill Inc, New York.
- Krauskopf, Konrad, B., dan D.K. Bird, 1995, *Weathering and Soil, Introduction to Geochemictry*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Maulana Ibrahim, 1996, *Kompleks Candi Prambanan dari Masa ke Masa*, Direktorat Perlindungan dan Pembinaan Peninggalan Sejarah dan Purbakala, Jakarta.
- Moelyadi, 1980, *Penelitian Geologi Ekskavasi Candi Prambanan Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Proyek Penelitian Purbakala Daerah Istimewa Yogyakarta, Yogyakarta
- Moertjipto dan B. Prasetyo., 1994, *Mengenal Candi Syiwa Prambanan dari Dekat*, Kanisius Press, Yogyakarta.

- Nurhadi Rangkuti, 1984, *Pemakaian Batu Tupa pada Candi-candi di Sekitar Prambanan*, Fakultas Sastra Univ. Indonesia.
- Orton, Clive., 2000, *Sampling in Archaeology*, Cambridge University Press.
- Pannehoek, 1949, *Outline of the Geomorphology of Java: Geological Survey*, Harlew.
- P.N.W. Verhoef, 1992, *Geologie Voot De Civiel Ingenieur*, diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
- Parmono Atmadi, *Beberapa Patokan Perancangan Bangunan Candi Suatu Penelitian Melalui Ungkapan Bangunan pada Relief Candi Borobudur*, Proyek Pelita Pemugaran Candi Borobudur Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1979
- Rahardjo, Wartono, dkk, 1977, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta Jawa* (lampiran). Bandung: Direktorat Geologi.
- Samidi, 1976, *Beberapa Teknik Pemeriksaan dan Pengujian Batu*, Pelita Borobudur Seri C No. 1.
- Samidi, 1980, *Methods of Conservation of Monuments*, Borobudur Restoration Project.
- Sartono S, 1964, *Stratigraphy and Sedimentasi on of the Eastern Most Part of Gunung Sewu (East Java)*. Bandung: Direktorat Geologi.
- Sarwono Hardjowigeno, 1987, *Ilmu Tanah*, Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Sayudi, D.S., M.A. Bakar, S. Bronto, 1992, *Petrology of Merapi Volcanic Rocks, erupted in historical time Central Java*, Proceedings IAGI XXI.
- Soekmono, *Candi Fungsi dan Pengertiannya*, Disertasi, Fakultas Sastra Universitas Indonesia., jakarta
- Searle A.B. and Grimshaw R.W., 1960, *The Chemistry of Physics of Clays and Other Material*, 3rd ed., Ernest Benn Lmted., London.
- Tim BP3, 2003, *Laporan Penelitian Pelapukan Batu Candi Siwa Frambanan dan Konsep Penanggulannya*. Balai Pelestarian Peninggalan Fubakala (BP3) Jogjakarta.
- Williams, H., F. J. Turner, dan Gilbert. C. M, 1982, *Petrography An Introduction to Study of Rock in Thin Section*, University of California, Barkeley, W. H. Freeman and Company, San Fransisco.





Candi Siwa berdiri megah di antara candi Brahma dan Candi Wisnu
di Kompleks Candi Prambanan



Diterbitkan oleh
Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Yogyakarta
April 2004

