

# PELITA BOROBUDUR

LAPORAN KEGIATAN  
PROYEK RESTORASI CANDI BOROBUDUR

Seri B no. 3

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan  
Republik Indonesia

Direktorat  
budayaan

288  
M

Perpustakaan  
Direktorat Perlindungan  
Pembinaan Pening  
Sejarah dan Purbakala

# PENELITIAN TANAH-DASAR TJANDI BOROBUDUR 1969

720.288 SAM P

oleh

**Dr. SAMPURNO**



Penugasan dari Lembaga Purbakala dan Sedjarah  
Restorasi Borobudur - Projek Pelita Kebudayaan

*April 79*

## KATA PENGANTAR

I. Telah diketahui bahwa tjandi Borobudur mengalami kerusakan-kerusakan jang perlu mendapat perhatian jang serius untuk segera diperbaiki. Kerusakan-kerusakan jang menimpa tjandi Borobudur dapat digolongkan mendjadi : kerusakan jang bersumber pada tanah-dasar atau tanah-fundasi, dan kerusakan jang disebabkan oleh keadaan batu bangunan tjandi atau oleh faktor luar. Kerusakan jang bersumber pada tanah-dasar dapat dilihat dengan adanya gejala-gejala sebagai berikut :

1. kemiringan dinding bangunan tjandi dibeberapa tempat, chususnya jang tampak pada tingkat Rupadatu I, II dan III. Jang tampak lebih parah rupanja pada kwadran Barat-Laut dan Timur-Laut. Meskipun demikian kerusakan pada dinding-dinding jang lain tidak dapat diabaikan sama sekali.
2. melesaknja hampir seluruh lantai selasar asli pada seluruh tingkat. Arah melesak umumnja pada arah pusat tjandi.
3. apabila djatuh hudjan, banjak tanah jang berasal dari dalam tjandi ikut mengalir ke luar bersama-sama dengan rembesan air hudjan melalui tjelah-tjelah antara batu bangunan tjandi.

Sedangkan kerusakan jang disebabkan oleh keadaan batu bangunan tjandi itu sendiri meliputi :

4. petjahnja banjak batu bangunan tjandi jang rupanja disebabkan oleh tekanan dari beban jang diderita.
5. pelapukan dari batu bangunan tjandi oleh lumut jang sangat merusak relief-relief tjandi jang berharga itu.

Dari keadaan kerusakan jang disimpulkan seperti diatas kemudian menimbulkan pemikiran pola penelitian, antara lain pemikiran penelitian geologi. Dalam hal ini tekanan ditudjukan kepada : penelitian akan susunan tanah-dasar dimana bangunan tjandi didirikan mengingat bahwa tanah-dasar ini merupakan penjangga dari konstruksi apapun jang digunakan untuk pemugaran tjandi Borobudur. Dalam hal ini jang perlu diketahui adalah susunan/perlapisan dan matjam-matjam tanah jang membentuk tanah-dasar, sifat-sifat dan mekanikanja.

Textur dan struktur batuan bangunan tjandi dan djuga komposisi mineraloginja perlu diketahui karena hal-hal tersebut erat hubungannja dengan kekuatan tekan dan pelapukan, batuan tersebut. Proses pelapukan dengan sendirinja erat hubungannja dengan keadaan tjurah hudjan jang menimpa daerah itu dan tergantung pula dari keadaan air tanah jang beredar.

Disamping itu pula, djika pamugaran tjandi Borobudur dilaksanakan, sudah barang tentu akan membutuhkan bahan baku seperti pasir, kerikil, kerakal, kapur, semen dan jang tak kalah pentingnja adalah air. Hal tersebut pada achir ulasan disinggung setjara umum dan membutuhkan penelitian tersendiri pula.

II. Pada pertengahan bulan Agustus sampai dengan permulaan bulan September 1969 telah dilakukan pemboran inti di tjandi Borobudur guna penelitian tanah-dasar tjandi tersebut dalam rangka pamugaran. Pekerdjaan ini merupakan landjutan daripada penelitian-penelitian jang sama jang telah dimulai sedjak tahun 1966, kemudian dilandjutkan pada tahun 1967, dan 1968. Pada tiap tahun pelaksanaan pekerdjaan dapat diselesaikan penelitian tanah-dasar sebanjak meliputi 1 (satu) kwadran. Hal ini disebabkan karena keadaan keuangan jang sangat sempit sehingga penelitian ini, tidak dapat diselesaikan setjara sekaligus tetapi bertahap. Dengan demikian pada achir tahun 1968 telah dapat diselesaikan penelitian tanah-dasar jang meliputi 3 (tiga) kwadran jaitu kwadran Barat-Laut (1966), kwadran Timur-Laut (1967), dan kwadran Tenggara (1968). Laporan-laporan mengenai hasil penelitian tersebut dapat dibatja pada arsip Lembaga Purbakala dan Peninggalan Nasional di Djakarta, jaitu masing-masing berdjulul «Penelitian Tanah Tjandi Borobudur» (1966) dan «Penelitian Tanah-Dasar Tjandi Borobudur» (1968), kedua-duanja ditulis oleh penulis laporan ini dan dikoordinasikan oleh Jajasan Geologi Bandung.

Dengan selesainja penelitian jang dilakukan pada tahun 1969 ini maka penelitian tanah-dasar tjandi Borobudur telah dapat diselesaikan pula.

Dalam laporan ini dapat dibatja kesimpulan-kesimpulan yang menarik tentang tata susunan tanah-dasar jang mendjadi tanah fundasi dari bangunan tjandi Borobudur, misalnja mengenai penjebaran dan ketebalan tanah-urug, bentuk dari bukit asli dan horison-horison jang ada padanja. Kesemuanja disamping dapat dibatja dalam uraian, djuga dapat dipahami dari kolom-kolom pemboran dan penampang-penampang.

Ketjuali hal-hal tersebut diatas laporan ini memuat pula data-data mengenai sifat-sifat mekanis dari tanah-dasar dengan lebih lengkap, dan dihimpun tersendiri dalam lampiran khusus.

Dalam laporan ini dapat pula dilihat hasil analisa air sumur setempat dan ulasan akan kemungkinan pengadaan air bagi keperluan pamugaran tjandi Borobudur dan Pasanggrahan. Djuga dalam laporan ini memuat ichtisar akan kekuatan tekan dari tatu-batu tjandi. Djuga laporan ini mengemukakan persoalan bahan baku jang mungkin perlu guna pamugaran tjandi seperti pasir, kerikil, kapur dan semen.

Hasil-hasil laporan jang lalu dimasukkan dalam laporan ini sebagai ichtisar dan penampang-penampang jang sangat perlu sadja.

Semoga laporan «Penelitian Tanah-Dasar Tjandi Borobudur» dapat berguna sesuai dengan apa jang kami inginkan.

Bandung, Oktober 1969

(Dr. Sampurno)

Perpustakaan  
Direktorat Perlindungan dan  
Pembinaan Peninggalan  
Sejarah dan Purbakala

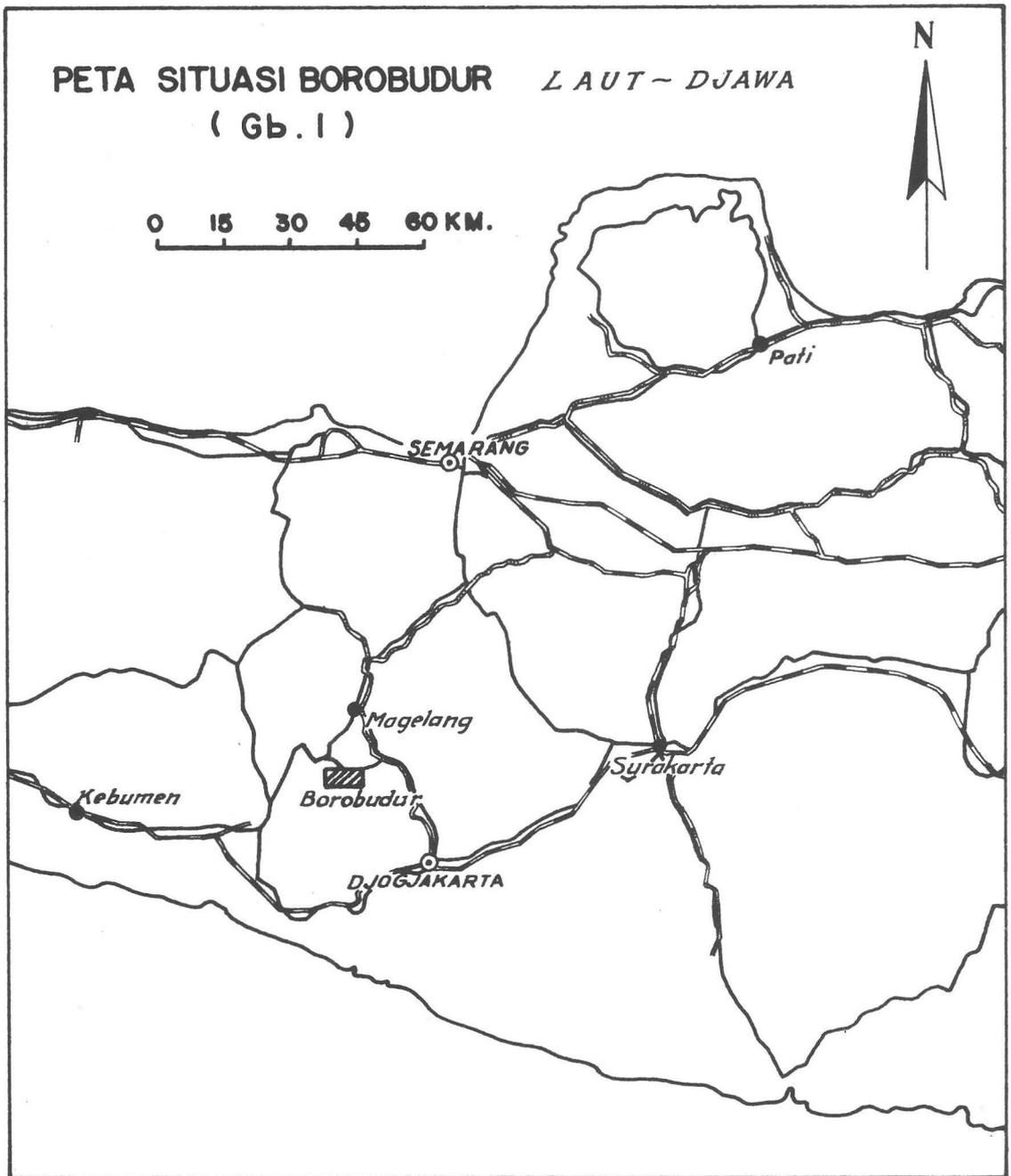
## DAFTAR ISI

	Hal.
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	3
<b>DAFTAR — ISI</b> .....	5
<b>BAB I: PENDAHULUAN</b> .....	9
<b>BAB II: TANAH — DASAR</b> .....	12
II.1. Umum .....	12
II.2. Petrografi dan Struktur Tanah-Dasar .....	12
II.3. Bentuk Tanah-Dasar .....	15
II.4. Sifat Fisika dan Mekanika Tanah .....	17
<b>BAB III: LAIN — LAIN</b> .....	20
III.1. Batu Bangunan Tjandi .....	20
III.2. Air - Tanah .....	23
III.3. Bahan Baku Bangunan .....	24
<b>BAB IV: RINGKASAN DAN SARAN</b> .....	25
IV.1. Struktur Tanah-Dasar .....	25
IV.2. Bentuk Tanah-Dasar .....	25
IV.3. Deformasi Bangunan Tjandi .....	25
IV.4. Pelapukan pada Batu Tjandi .....	26
IV.5. Air - Tanah .....	26
IV.6. Bahan Baku Bangunan .....	26

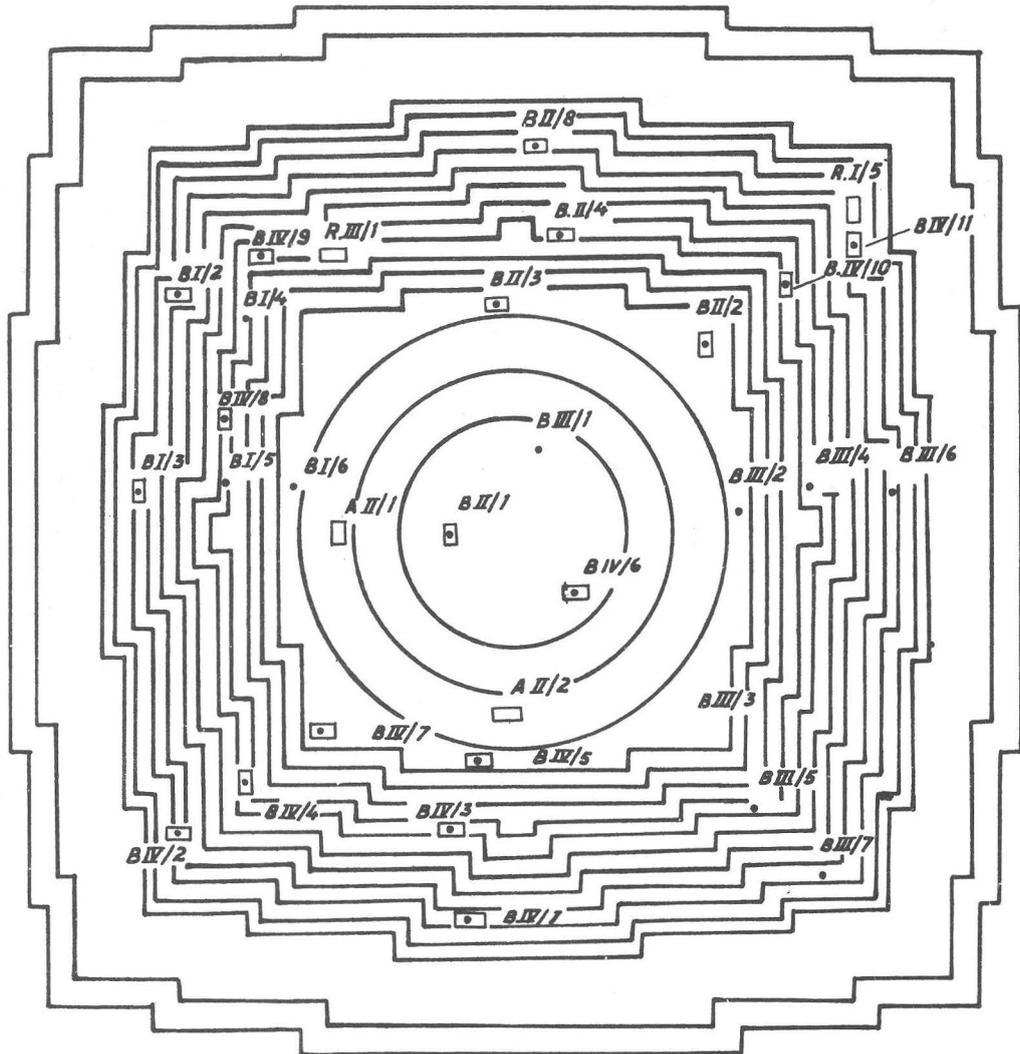
### LAMPIRAN-LAMPIRAN :

- Lampiran 1: Penampang bongkaran, skala 1:40
- Lampiran 2: Struktur dan Ketebalan Tanah-Dasar
- Lampiran 3: Kolom Pemboran

**PETA-PETA** (lampiran I, II, III, IV, V)



Gb. 1. Peta Djawa Tengah dengan lokasi Borobudur.



**PETA LOKASI PEMBONGKARAN, DENGAN ATAU  
TANPA DIKUTI PEMBORAN  
SKALA 1:800.**

*Keterangan*



*Pembongkaran tanpa pemboran.*



*Pembongkaran dengan pemboran.*



*Pembongkaran dengan pemboran,  
penampang detail bongkaran belum dimuat.*

Gb. 2. Peta lokasi Bongkaran dan Pemboran.

## Bab I: PENDAHULUAN

Pada tanggal 13 Agustus sampai dengan tanggal 5 September 1969 telah dilakukan pemboran tanah dibadan Tjandi Borobudur pada kwadran IV atau kwadran Barat-Daja. Pemboran ini merupakan pemboran tahap terachir dalam rangka penelitian tanah-dasar tjandi tersebut.

Pemboran dilakukan seluruhnja sebanjak 11 (sebelas) titik, jaitu 7 (tudjuh) titik pada kwadran Barat-Daja, 2 (dua) titik pada kwadran Barat-Laut sebagai pemboran ulangan, dan 2 (dua) titik lagi di kwadran Timur-Laut jang djuga merupakan pemboran ulangan. Pemboran pada umumnya meliputi tingkat Rupadatu I, Rupadatu III, Arupadatu I, dan tingkat Arupadatu IV. Kedalaman pemboran berkisar sekitar 10 hingga 25 meter, sehingga kedalaman seluruhnja mentjapai 200 (duaratus) meter. Bila dilihat dari pemboran pertama jang dilakukan sedjak tahun 1966 maka keseluruhannja telah dilakukan pemboran di 42 (empatpuluh dua) titik dengan mentjapai kedalaman total 377 (tigaratus tudjuh puluh tudjuh) meter. Perintjian dari lokasi dan kedalaman pemboran dapat dilihat pada tabel 1.

Dengan selesainja, pemboran tahap terachir ini maka telah dapat dilihat setjara menjeluruh dan umum akan penjebaran dan ketebalan matjam-matjam tanah jang mendjadi tanah-dasar atau tanah-fundasi Tjandi Borobudur. Pada umumnya apa jang didapat dari hasil pembahasan penelitian tanah-dasar jang lalu tidak mengalami banjak perubahan, meskipun ada sedikit kelainan.

Pembahasan terperintji mengenai keadaan tanah-dasar tjandi, keadaan tanah-urug dan tanah-asli beserta ulasan mengenai sifat fisik dan mekanikanja dapat dibatja pada Bab II. Pada bab tersebut djuga akan didjumpai gambaran keadaan ketebalan dan letak batu bangunan tjandi; hal tersebut dapat dilakukan atas dasar pembongkaran pada titik-titik jang akan dilakukan pemboran dan mendahului pemboran itu sendiri.

Keterangan-keterangan jang berupa gambar-gambar, grafik, penampang-penampang, dan lain-lain jang bersifat visuil dapat dilihat pada lampiran. Lampiran 1 memuat keadaan batu bangunan tjandi dilihat dari hasil pembongkaran. Gambar-gambar disusun setjara tingkat demi tingkat, jaitu tingkat Rupadatu I, Rupadatu III, Arupadatu I dan Arupadatu IV. Lampiran 2 menundjukkan gambar-gambar jang berhubungan dengan tanah-dasar tjandi, misalnja penampang stereografis, peta kontur tanah-dasar, peta ketebalan horison-horison tanah. Dan lampiran 3 memperlihatkan kolom-kolom pemboran tahun 1969 dibuat setjara lengkap.

Tabel 1 : Lokasi dan kedalaman pemboran :

No.	Tahun	Kode	Lokasi	Kedalaman (N.) Djumlah
1.	1966	B I/1	Kaki tjandi — NW	8.50
2.		B I/2	Rupadatu I — NW	9.50
3.		B I/3	Rupadatu I — W	3.50
4.		B I/4	Rupadatu III — NW	0.50
5.		B I/5	Rupadatu III — W	0.00
6.		B I/6	Arupadatu I — W	12.00
7.		B I/7	Kaki Tjandi N	13.00
8.		B I/8	Kaki Tjandi W	13.00
9.		B I/9	Arupadatu IV — W	1.00
				61 M.
10.	1967	B II/1	Arupadatu IV — W	20.00
11.		B II/2	Arupadatu I — NE	16.00
12.		B II/3	Arupadatu I — N	15.00
13.		B II/4	Rupadatu III — N	15.00
14.		B II/5	Kaki Tjandi NE	15.00
15.		B II/6	Kaki Tjandi E	10.00
16.		B II/7	Kaki Tjandi SE	15.00
17.		B II/8	Rupadatu N	10.00
				116 M.
18.	1968	B III/1	Arupadatu IV — N	12.50
19.		B III/2	Arupadatu I — E	15.00
20.		B III/3	Arupadatu I — SE	21.00
21.		B III/4	Rupadatu III — E	10.00
22.		B III/5	Rupadatu III — SE	16.00
23.		B III/6	Rupadatu I — E	10.00
24.		B III/7	Rupadatu I — SE	12.50
25.		B III/8	Kaki tjandi S	15.00
26.		B III/9	Kaki tjandi SW	15.00
27.		B III/10	Halaman atas	5.00
28.		B III/11	Halaman Pasanggrahan	15.00
29.		B III/12	Kaki bukit N	10.00
30.		B III/13	Kaki bukit S	10.00
31.		B III/14	Bukit Pemakaman	10.00
				177 M.
32.	1969	B IV/1	Rupadatu I — S	15.00
33.		B IV/2	Rupadatu I — SW	15.00
34.		B IV/3	Rupadatu III — S	20.00
35.		B IV/4	Rupadatu III — SW	20.00
36.		B IV/5	Arupadatu I — S	25.00
37.		B IV/6	Arupadatu IV — SE	25.00
38.		B IV/7	Arupadatu I — SW	25.00
39.		B IV/8	Rupadatu III — W	15.00

40.	B	IV/9	Rupadatu III — NW	15.00
41.	B	IV/10	Rupadatu III — NE	15.00
42.	B	IV/11	Rupadatu I — NE	10.00
				<hr/>
				200 M.

---

Keterangan: Kode B I — pemboran inti tahap I tahun 1966

Kode B II — pemboran inti tahap II tahun 1967

Kode B III — pemboran inti tahap III tahun 1968

Kode B IV — pemboran inti tahap IV tahun 1969

Djumlah kedalaman seluruhnja  $61.00 + 116 + 177 + 200 \text{ M} = 554 \text{ M}$ .

Semua pemboran berada diatas muka air tanah.

## Bab II: TANAH — DASAR

### II. 1. Umum

Sesuai dengan penelitian-penelitian tanah-dasar pada tahapan terdahulu, maka diketahui bahwa bangunan tjandi Borobudur berintikan bukit jang terdiri dari tanah dan batuan. Tanah atau batuan dimana tjandi Borobudur tersebut didirikan selandjutnja dinamakan tanah-dasar atau tanah-fundasi, karena seluruh bangunan tjandi diletakkan diatasnja.

Tanah-dasar ini dapat dibagi mendjadi 2 (dua) golongan besar, jaitu 1) *tanah-urug* dan 2) *tanah-asli*, jaitu tanah jang membentuk bukit-asli. Golongan jang kedua selandjutnja dapat dibagi lagi dalam beberapa horison. Pembahasan dan pemerian setjara terperintji mengenai penjebaran dan ketebalan tanah-dasar dapat diikuti pada pembahasan berikut nanti.

Penelitian tanah-dasar kesemuanja dilakukan berdasar tanah/batuan jang terambil oleh pemboran inti. Seluruh pemboran tidak sampai pada muka-air tanah jang memang terletak agak dalam. Matjam tanah/batuan dan urutan-urutan perlapisan dari tanah-dasar dapat disimpulkan seperti jang tertjantum pada tabel 2.

### II. 2. Petrografi dan Struktur tanah-dasar

#### II.2.1 Tanah-urug

Jang diartikan dengan tanah-urug adalah tanah jang ditambahkan diatas bukit-asli sebagai pengisi dan pembentuk morfologi jang sesuai bagi bangunan tjandi, dan pula selandjutnja berfungsi sebagai tanah-fundasi bagi bangunan tersebut. Tanah tersebut dapat diinterpretasikan sebagai tanah-urug karena tidak homogen, bersifat tjampuran antara tanah, kadang-kadang pasir, dengan berangkal dan djuga dengan petjahan-petjahan batuan (andesit) jang disangkakan berasal dari petjahan batuan bangunan tjandi itu sendiri.

Tanah-urug terdapat dibawah lantai selasar dan djuga dibelakang dinding tjandi, terdiri dari lempungpasiran atau pasir, berwarna tjoklat tua kehitam-hitaman atau tjampuran dengan tanah berwarna kuning. Tanah-urug ini kadang-kadang bersifat tidak lekat dan tidak kenjal, tetapi kadang-kadang bersifat lekat dan kenjal, tergantung pada tekstur dan kadar airnja. Permeabilitasnja umumnja sedang, tetapi kadang-kadang dapat besar tergantung pada komposisi batuannja.

Ketebalan tanah-urug tidak sama antara satu tempat dengan tempat jang lain; ketebalan ini djuga tidak sama meskipun terletak pada lantai jang sama. Ketebalan jang terketjil tertjatat 0,5 M dan jang terbesar adalah 8,5 M. Jang terachir ini terdapat pada lokasi B III/5, jaitu dibawah lantai Rupadatu III — SE.

Tabel 2: Bagan perlapisan tanah-dasar Tjandi Borobudur:

Golongan		Tebal (M.)	Keterangan litologi
Urug		0.5 — 8.5	Lempungpasiran, pasir, berwarna tjoklat tua, sering mengandung fragmen-fragmen andesit runtjing atau membulat $\varnothing 2 - 6$ cM.
Tanah - asli	Horison A	1.5 — 13.5	Lempungpasiran atau pasirlempungan, berwarna tjoklat tua sampai kehitam-hitaman, agak lekat dan agak kenjal. Kadang-kadang gembur.
	Horison B	0.5 — 3.5	Lempungpasiran berwarna tjoklat kemerah-merahan atau tjoklat kuning (merahbata), agak lekat dan kenjal.
	Horison C	>13.5	Pasir tufa berbutir sedang, berwarna kuning keputih-putihan tidak lekat dan tidak kenjal. Mengandung batuan beku.

Umumnja tanah-urug berfungsi sebagai tanah-fundasi dan terletak tepat dibawah susunan batu bangunan tjandi: Pada banjak tempat tanah-urug jang terletak tepat dibawah bangunan tjandi ini terdiri dari pasir lepas dengan banjak mengandung petjahan-petjahan batu andesit jang bersudut (angular), vesikuler dan berukuran 2 — 6 cM. Sifat petrografi petjahan batuan ini sama dengan batuan jang digunakan untuk bangunan tjandi itu sendiri. Bila demikian halnja, maka tanah-urug akan mempunjai permeabilitas jang sangat besar.

Didalam tanah-urug kadang-kadang ditemukan berangkal andesit membulat dengan diameter sekitar 6 — 10 cM. Tidak djarang pula bahwa keadaan ini bertjampur dengan pasir dan petjahan andesit bersudut seperti jang tersebut diatas.

Kearah bawah, umumnja tanah-urug terdiri dari tanah bersifat lempungpasiran atau pasirlempungan, berwarna tjoklat tua atau kehitam-hitaman. Apabila demikian halnja maka akan sangat sukar untuk membedakan dengan tanah dari horison — A. Sering pemisahan antara tanah-urug dengan horison — A dilakukan pada batas bawah berangkal jang terletak paling bawah bila berangkal ini diketemukan.

Tanah-urug ini disangkakan ditimbunkan pada waktu pembuatan tjandi dan bukan hasil penimbunan jang diadakan pada waktu pamugaran oleh Th. van Erp pada tahun 1907 — 1911. Alasan pemikiran tersebut adalah bahwa selama pembongkaran jang diadakan guna persiapan pemboran inti terlihat bahwa hampir pada semua tempat batu bangunan tjandi mengalami perubahan letak asal, baik pada tingkat Rupadatu, ataupun pada tingkat Arupadatu. Batu-asli bangunan tjandi masih terlihat miring, melesak, atau melengkung kedudukannja. Kebanjakan dari lantai selasar asli terlihat melesak pada arah pusat tjandi, chususnja pada dasar dari dinding dalam. Hal ini djelas menandakan bahwa tanah, chususnja tanah-urug telah melesak kebawah karena tidak kuat menahan beban bangunan tjandi. Rata-rata untuk tiap tingkat telah tertjatat melesak antara 30 — 50 cM. Bila ada 7 (tudjuh) tingkat untuk seluruh tjandi Borobudur, maka tjandi telah melesak paling tidak antara 2 — 3,50 meter.

Tidak terlihat adanja tanda-tanda bahwa batu-batu asli bangunan tjandi telah pernah dibongkar dan diletakkan pada kedudukan jang lebih baik. Rupa-rupanja pembangunan kembali oleh van Erp lebih ditudjukan untuk membuat lantai selasar horisontal dan kedap air dengan djalan menutupi lantai-lantai jang telah mengalami gangguan letak asal tadi dengan lapisan beton dan batu-rai.

Melihat pada penampang-penampang jang dibuat melalui badan tjandi dan melalui bukit-bukit disekitarnja besar kemungkinannja bahwa jang diurug bukan sadja bukit dimana bangunan tjandi didirikan, tetapi djuga sisi utara, timur dan selatan bukit tersebut.

## II.2.2. Tanah-asli

Jang disebut dengan tanah-asli adalah tanah jang membentuk bukit-asli. Pada kebanyakan tempat bukit-asli ini ditutupi dengan tanah-urug guna keperluan pembangunan tjandi Borobudur. Dari hasil pemboran inti selandjutnja tanah-asli dapat dibagi lagi dalam tiga bagian, menurut profil pelapukannya. Pembagian ini dapat dibuat mengingat bahwa tiap-tiap bagiannya dapat dipisahkan dengan agak njata dan mempunjai sifat fisika dan mekanika jang berbeda pula. Tanah-asli dibagi dalam : horison — A, horison — B dan horison — C. Hampir pada seluruh pemboran jang dilakukan, ketiga horison tersebut selalu diketemukan, dengan ketebalan jang berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat jang lain. Pembahasan masing-masing horison adalah sebagai berikut :

### II.2.2.1. Horison — A

Terdiri dari tanah jang bertekstur lempungpasiran atau pasirlempungan, berwarna tjoklat tua sampai kehitam-hitaman. Komponen-komponen pasir terdiri dari mineral-mineral felspar, piroksen, amfibol dan mineral bidjih. Komponen pasir rata-rata berukuran 0,5 mM. Tanah horison — A umumnya bersifat tidak lekat sampai agak lekat, tidak kenjal hingga agak kenjal tergantung pada tekstur dan kadar air jang dikandungnja. Kadang-kadang bersifat gembur. Perbandingan komponen-komponen klastiknya adalah sebagai berikut: lempung 10 %, lanau 35 % dan pasir 45 %.

Ketebalan horison — A berkisar sekitar 1,5 — 13,5 meter. (Masing-masing terdapat antara lain pada B IV/10 dan B III/3). Horison ini merupakan hasil pelapukan jang landjut dengan warnanya jang hitam dan tanpa mengandung fragmen-fragmen batuan segar. Permeabilitas horison ini tertjatat sangat besar djika dibandingkan dengan permeabilitas horison-horison jang lain.

Kearah bawah, tanah dari horison — A setjara berangsur-angsur berubah ke horison — B.

### II.2.2.2. Horison — B

Horison ini dapat dibedakan dengan horison — A oleh warnanya jang merahbata, atau merah ketjoklat-tjoklatan, atau merah kekuning-kuningan. Tanah/batuannya bertekstur lempungpasiran, sering masih menundjukkan mineral-mineral asal dengan djalan, misalnja berupa noktah-noktah putih sebagai hasil pelapukan felspar, bintik-bintik tjoklat tua dari pelapukan mineral bidjih. Dalam horison — B djuga sering terdapat relik-relik batuan segar jang berbentuk butiran ketjil berdiameter 5 mM.

Tanah dari horison ini pada umumnya mempunjai sifat agak lekat, kenjal dan mempunjai konsistensi agak keras. Dari analisa butiran terlihat bahwa komponen lempung dari horison ini adalah jang terbesar diantara horison-horison jang lain: lempung 31 %, lanau 44 %, pasir 23 %.

Horison — B mempunjai ketebalan jang terketjil, jaitu antara 0,5 — 3,5 meter. (Masing-masing pada B IV/11 dan B IV/6). Permeabilitasnya ketjil dan hampir kedap air (impermeable). Horison ini merupakan transisi antara horison — A jang mengalami pelapukan dan pelarutan jang kuat, dan horison — C jang ada dibawahnja dan umumnya terdiri dari batuan jang segar atau jang menundjukkan intensitas pelapukan jang reliefnja ketjil.

### II.2.2.3. Horison — C

Terdiri dari batupasir tufa berbutir sedang, berwarna kuning keputih-putihan. Umumnja bersifat tidak lekat dan tidak kenjal, dengan sifat konsistensi sangat gembur. Untuk batupasir tufa jang agak lapuk mempunjai sifat jang agak lekat dan agak kenjal dengan konsistensi gembur. Perbandingan komponen-komponen kelastisnya adalah sebagai berikut: lempung 26 %, lanau 51 %, pasir 20 %. Dari komponen-komponen jang berukuran pasiran dapat dikenal adanya mineral-mineral felspar, piroksen, amfibol dan mineral bidjih. Pada beberapa pemboran inti mengandung pula batuan jang keras, mungkin merupakan komponen braksi volkanis dalam batupasir tufa.

Permeabilitas tanah/batuan horison — C pada umumnya tjukup besar. Perbandingan permeabilitas dari tanah-urug, horison — A, horison — B dan horison — C dapat dilihat pada lampiran 3 mengenai kolom pemboran.

Dengan diketemukannya batuan jang segar dalam horison — C, maka dapat dianggap bahwa horison ini merupakan batuan-dasar (bed rock) dari seluruh bukit dimana tjandi Borobudur didirikan. Selama ini pemboran selalu diusahakan untuk mentjapai tanah-dasar ini. Batas bawahnja tidak diketahui, maka dengan demikian ketebalannjapun tidak diketahui, tetapi pasti lebih besar dari 13,5 meter.

Peta ketebalan dari horison — A, horison — B dan horison — C dapat dilihat pada lampiran 2.

### II. 3. Bentuk tanah-dasar

#### II.3.1. Bentuk tanah-urug

Bentuk tanah-urug sangat ditentukan oleh bentuk bagian bawah dari susunan batu bangunan tjandi dan bentuk dari tanah-asli, chususnya bentuk dari permukaan horison — A, jaitu mengingat bahwa tanah-urug terletak diantara susunan batu bangunan tjandi dan horison — A.

Dari pembongkaran-pembongkaran jang diadakan pada bangunan tjandi dilokasi pemboran dapat diketahui bahwa tebal dari susunan batu tersebut tidaklah sama antara satu tempat dengan jang lain ; ketebalan tersebut djuga tidak sama meskipun terletak pada tingkat jang sama. Namun demikian ada pula terlihat keseragaman umum dari ketebalan susunan batu untuk tiap tingkat jaitu : *tingkat Rupadatu I* tebal rata-rata 2,30 meter, minimum 1,02 M maximum 3,24 M. (bagian NW) ; *tingkat Rupadatu III* tebal rata-rata 2,95 meter, min. 2,75 M — max. 3,15 M ; *tingkat Arupadatu I* memperlihatkan hal agak menarik, jaitu bahwa pada arah Barat Utara, Timur dan Selatan pada umumnya tebal (2,80 — 2,95 M), sedangkan pada arah-arah jang menjudut seperti Barat-Laut, Timur-Laut dan Tenggara umumnya mempunjai susunan batu jang agak tipis (0,65 — 0,08 M) ketjuali pada arah Barat-Daja (2,50 M) ; untuk *tingkat Arupadatu II* dari dua penggalian memperlihatkan ketebalan susunan batu jang tipis (0,94 — 1,00 M) dan untuk tingkat *Arupadatu IV* umumnya setebal rata-rata 1,66 M dengan minimum 1,50 M. dan maximum 1,80 M.

Berikut ini tabel ketebalan susunan batu bangunan tjandi menurut lokasinja (tabel 3 dan tabel 4).

Tabel 3: Ichtisar Tabel rata-rata susunan batu bangunan tjandi Borobudur

Tingkat	Tebal Min.	Tebal Max.	Tebal Rata-rata (M)
Rupadatu I	1.02	3.24	2.30
Rupadatu III	2.75	3.15	2.95
Arupadatu I	0.65	2.95	—
Arupadatu	1.50	1.80	1.60

Tabel 4: Tabel susunan batu bangunan tjandi Borobudur dan tanah-urug:

Lokasi	No. Kode pem-boran	Tebal (M) susunan batu	Tebal tanah-urug
Rupadatu I — W	B I/3	2.34	0.5
Rupadatu I — NW	B I/2	1.02	0.5
Rupadatu I — NW	—	3.24	?
Rupadatu I — N	B II/8	2.30	1.0
Rupadatu I — NE	B I/5	2.62	5.0
Rupadatu I — NE	B IV/11	2.50	?
Rupadatu I — E	B III/6	2.00	1.0
Rupadatu I — SE	B III/7	2.35	7.0
Rupadatu I — S	B IV/1	2.70	3.0

Rupadatu	I — SE	B IV/2	2.30	2.5
Rupadatu	III — W	B I/5	?	0.5
Rupadatu	III — W	B IV/8	3.00	—
Rupadatu	III — NW	B I/4	?	0.5
Rupadatu	III — NW	B IV/9	2.77	4.0
Rupadatu	III — N	B II/4	3.00	5.0 (?)
Rupadatu	III — NE	B IV/10	3.00	2.5
Rupadatu	III — E	B III/4	2.90	2.5
Rupadatu	III — SE	B III/5	3.10	8.5
Rupadatu	III — S	B IV/3	3.15	6.5
Rupadatu	III/4 SW	B IV/4	2.75	6.5
Arupadatu	I — W	B I/6	2.84	6.0
Arupadatu	I — N	B II/3	?	2.5
Arupadatu	I — NE	B II/2	0.65	2.5
Arupadatu	I — E	B III/2	2.80	4.5
Arupadatu	I — SE	B III/3	0.80	7.0
Arupadatu	I — S	B IV/5	2.95	4.0
Arupadatu	I — SW	B IV/7	2.50	5.5
Arupadatu	II — W	A II/1	1.0	?
Arupadatu	II — S	A II/2	0.94	2.0
Arupadatu	IV — W	B II/1	1.80	5.5
Arupadatu	IV — N	B III/1	1.50	5.0
Arupadatu	IV — SE	B IV/6	1.70	7.0

Keterangan: angka yang tertantum dalam tabel susunan batu tjandi tidak termasuk tebal dari lapisan pengisi.

Bentuk bawah dari susunan batu bangunan tjandi setjara ideal dapat dilihat pada peta penampang terlampir (lampiran I dan II). Dari penampang-penampang tersebut terlihat bahwa bentuk bagian bawah dari batu bangunan tjandi tidak dapat direkonstruksikan dengan baik karena titik-titik pengamatan untuk tudjuan tersebut masih kurang banyak djumlahnja. Dari hasil rekonstruksi dapat pula dilihat bahwa ada perbedaan-perbedaan ketjil didalamnja, misalnja mengenai ketebalan lantai-lantai selasar. Djuga lekukan-lekukan detail dari batu bangunan tjandi tidak dapat digambarkan dengan tepat.

Bentuk bagian bawah dari susunan batu bangunan tjandi ini dengan sendirinja djuga merupakan bentuk atas dari tanah-urug, sedangkan bentuk bawahnja akan mengikuti bentuk bagian atas dari tanah-asli, jaitu berbentuk kubah.

Tebal tanah-urug berkisar sekitar 0,5 — 8,5 meter. Pada umumnja diarah tenggara (SE) tanah-urug mempunjai ketebalan yang lebih besar djika dibandingkan dengan tempat-tempat yang lain, misalnja: dibawah tingkat Rupadatu I — SE mentjapai 7 M,  
 Rupadatu III — SE 8,5 M  
 Arupadatu I — SE 7 M  
 Arupadatu IV — SE 7 M.

Hal ini ada hubungannja dengan bentuk dan posisi dari bangunan tjandi terhadap bukit-asli dimana tjandi Borobudur didirikan. Daftar ketebalan tanah-urug pada tiap tempat pemboran dapat dilihat pada tabel 4.

### II.3.2. Bentuk bukit-asli

Permukaan bukit-asli berbentuk kubah dengan puntjak tertinggi kira-kira 16 meter dihitung dari permukaan halaman tjandi. Puntjak dari pada bukit ini tidak tepat pada titik pusat bangunan tjandi tetapi agak menggeser sedikit kearah NE. Kaki bukit pada ketinggian yang sama dengan halaman tjandi mempunjai bentuk agak melondjong kearah Timur-Barat dan posisi dasar bangunan

tjandi terhadap kaki bukit-asli terletak sedikit menggeser kearah selatannya. Dengan demikian sebagian dari dasar bangunan tjandi jaitu bagian selatannya terletak pada tanah-urug.

Lereng bukit-asli pada sisi Utara dan Selatan agak lebih terdjil djika dibandingkan dengan sisi-sisi jang lain. Mengingat akan posisi bangunan tjandi terhadap bukit-asli dan mengingat pula pada sudut kemiringan lereng jang berbeda, maka dapatlah dipahami bahwa pada sisi Tenggara didapati tanah-urug jang lebih tebal daripada tempat-tempat jang lain.

Bentuk bukit-asli dan penampangnya dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran III. Dalam lampiran jang disebut terakhir ini bukit-asli disebut dengan «Bukit — B». Bukit ini dikelilingi dengan tanah-urug sampai mempunjai ukuran bukit jang sekarang dimana terletak tjandi Borobudur.

Disamping «Bukit — B», jaitu bukit, dimana tjandi Borobudur didirikan, pada arah Barat-Laut dan Tenggara masih terdapat dua buah bukit lagi. Masing-masing adalah bukit dimana terletak pasanggrahan dan bukit dimana terletak makam. Selanjutnya dalam penampang pada lampiran III bukit-bukit tersebut diberi nama «Bukit — A» dan «Bukit — C». Seperti dikatakan diatas, bukit A — B — C terletak berdjajar dengan arah Barat-Laut—Tenggara (NW—SE). Permukaan «Bukit — A» sangat datar. Pemboran ditempat ini jaitu B III/10 tidak menemui baik tanah-urug maupun horison — A. Dari hal-hal tersebut dapat diperkirakan bahwa «Bukit — A» telah terpotong puntjaknya karena sengadja diratakan untuk sesuatu keperluan, besar kemungkinannya untuk keperluan pembuatan biara jang disangkakan ada pada tempat pasanggrahan jang sekarang. Disamping itu sebagian tanahnya dapat pula digunakan untuk mengurug «Bukit — B» sehingga bentuknya sesuai untuk pembangunan tjandi. Bagian puntjak «Bukit — A» jang terpantjang ditaksir setinggi 10 meter.

Penampang membudjur melalui bukit A — B — C dapat dilihat pada peta lampiran III «Peta Bukit Borobudur dan Penampang». Dari penampang tersebut dan dari peta-peta jang lain tampak pula bahwa bentuk horison-horison A, B dan C kurang lebih mengikuti konfigurasi dari bentuk bukit-asli, meskipun dengan perbedaan-perbedaan sedikit, misalnja dalam hal ketinggianja. ketinggian horison — A kira-kira 16 meter diatas bidang halaman tjandi, sedangkan horison — C adalah 12,5 meter.

Bukit-bukit A, B dan C bila dilihat dari keseluruhan daerah Borobudur hanja merupakan bukit-bukit ketjil jang tersembul diatas dataran jang tjukup luas. Dataran jang terletak antara Borobudur dan perbukitan Menoreh sebagian besar merupakan dataran luapan dari sungai Sileng jang umumnya mengalir dari arah Barat ke Timur untuk kemudian bermuara disungai Progo. Sedangkan dataran jang terhampar disebelah Utara dan Timur Borobudur sebagian besar merupakan endapan lahar hasil kegiatan gunung Merapi dan sebagian jang lain merupakan dataran luapan, mungkin dari sungai Progo lama. Pada kedua dataran jang melingkari bukit Borobudur masih dapat diikuti sisa-sisa aliran sungai lama jang kesemuannya bermuarakan sungai Sileng ataupun sungai Progo. Disekitar bekas aliran lama ini sering ditemukan teras-teras lama. Sketsa dari aliran lama disekitar tjandi Borobudur dapat dilihat dalam peta topografi dari daerah Borobudur dan sekitarnya, lampiran IV.

#### II.4. Sifat fisika dan mekanika tanah

Dibawah ini dibahas setjara umum mengenai sifat fisika dan mekanika tanah dari beberapa hasil pemboran inti baik dari pemboran-pemboran jang terdahulu. Data-data analisa mekanika tanah dari pemboran tahap IV dapat dilihat dalam lampiran khusus. Dalam pembahasan sekarang jang diutamakan adalah mengenai natural water content, porositas, kekuatantekan, dan sudut gesekan dalam. Pembahasan akan digolong-golongkan menurut horisonnya. Sifat-sifat tersebut diatas dapat dilihat setjara skematis dalam tabel 5.

Tabel 5. Beberapa sifat fisika dan mekanika tanah batuan Borobudur:

		Urug	Hor. A	Hor. B	Hor. C
Wn (%)	Minimum	42.31	35.50	32.20	31.82
	Maximum	63.50	66.76	52.10	52.13
	Rata-rata	39.75	45.96	38.39	40.65

Ip (%)	Minimum	17.69	17.12	22.83	14.68
	Maximum	36.19	38.76	43.05	44.31
	Rata-rata	32.04	26.15	33.50	28.21
n (%)	Minimum	55.75	54.71	46.92	48.21
	Maximum	63.34	64.99	57.95	58.54
	Rata-rata	57.91	60.19	51.56	53.88
qu (kg/out)	Minimum	0.23	0.58	0.37	0.45
	Maximum	3.15	2.28	5.83	4.60
	Rata-rata	1.47	1.13	2.98	1.66
Ø°	Minimum	9	8.5	9	0
	Maximum	23	23.3	30	20.5
	Rata-rata	16.3	14.3	21.1	13.6

#### II.4.1 Tanah-urug

Menunjukkan kadar air yang sedang jika dibandingkan dengan horison-horison yang lain, yaitu rata-rata sebesar 39,75%. Meskipun demikian mempunyai index plastisitas yang cukup besar (32,04%). Porositas tanah-urug inipun pada umumnya besar yaitu rata-rata 57,91%. Hal ini dapat dipahami karena pada banyak tempat komposisi tanah-urug terdiri dari pasir bersama-sama dengan petjaman andesit. Akibatnya adalah bahwa juga permeabilitasnya pun besar. Besar butirannya pada  $D_{60}$  jatuh pada lanau ataupun pasir. Kekuatan tekannya mempunyai harga rata-rata yang sedang (1,47 kg/cm<sup>2</sup>) tetapi mempunyai harga maximum yang cukup tinggi yaitu 3,15 kg/cm<sup>2</sup>. Begitu pula sudut geseran dalamnya menunjukkan harga rata-rata yang agak tinggi jika dibandingkan dengan horison-horison yang lain, yaitu sebesar 16,3°.

#### II.4.2 Horison — A

Kadar air dari horison ini menunjukkan angka yang terbesar (45,96%), sedangkan index plastisitasnya justru yang terkecil (26,15%). Hal ini dapat terjadi bila tanah ini bersifat gembur dan berporositas tinggi pula (60,19%). Angka porositas horison — A menunjukkan angka yang tertinggi jika dibandingkan dengan angka porositas dari horison yang lain. Sifat gembur dari horison ini terlihat pula dari kekuatan tekanan dan sudut geseran dalam yang relatif rendah, yaitu masing-masing sebesar 1,13 kg/cm<sup>2</sup> dan 14,3°.

#### II.4.3 Horison — B

Horison ini mempunyai kadar air yang terendah (38,39%) porositas yang terendah pula (51,56%) tetapi menunjukkan index plastisitas yang terbesar (33,50%). Hal ini sesuai dengan sifatnya yang agak lekat dan agak kenjal. Ukuran butirannya kebanyakan jatuh pada ukuran lanau untuk  $D_{60}$ . Permeabilitasnya menunjukkan harga yang terkecil dan hampir bersifat impermeable. Sifat kenjalnya diperlihatkan dengan besarnya kekuatan tekan dan sudut geseran dalam, yaitu masing-masing sebesar 2,98 kg/cm<sup>2</sup> dan 21,1°. Kedua harga ini merupakan harga yang terbesar diantara horison yang ada.

#### II.4.4 Horison — C

Kadar airnya sedang (40,65%) tetapi mempunyai index plastisitas dengan perbedaan yang menjolok antara minimum dan maximum yaitu min. 14,68% dan max. 44,31%. Memang pada beberapa tempat horison — C dapat mempunyai sifat agak lekat sedangkan ditempat yang lain dapat bersifat agak gembur dan agak lepas. Porositasnya rata-rata sedang jika dibandingkan dengan horison yang ada (53,88%).

Kekuatan tekannjapun sedang, jaitu  $1,66 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan sudut geseran dalamnja menundjukkan harga minimum dan maximum jang menjolok: min.  $0^\circ$  dan max.  $20,5^\circ$ . Harga rata-ratanja menundjukkan angka  $13,6^\circ$ .

Besar kekuatan tekan minimum untuk tanah-urug adalah  $0,23 \text{ kg/cm}^2$  sebenarnja ini hanja mampu untuk mendukung batu bangunan tjandi setinggi  $1,15 - 1,43$  meter bila berat-djenis batu tersebut adalah antara 1,6 dan 2. Tetapi dibanjak tempat tinggi batu jang harus didukung oleh tanah-urug melebihi ketinggian tersebut diatas. Bahkan kebanjakan tebal batu dinding tjandi dengan pagar langkan mentjapai lebih dari 8 meter. Djuga dipusat tjandi ketebalan batu jang harus didukung oleh tanah-urug melebihi 15 M. Hal ini menjebabkan adanja deformasi-deformasi pada tanah-urug. Ketebalan batu tjandi sebesar 8 atau 15 meter akan dapat didukung oleh tanah-urug bila mempunjai kekuatan tekan minimum sebesar masing-masing  $1,28 - 1,60 \text{ kg/cm}^2$  atau  $2,4 - 3,00 \text{ kg/cm}^2$  tergantung kepada berat-djenis batu bangunan tjandi. Deformasi tanah-urug atau mungkin djuga terdjadi pada horison jang lain, akan menjebabkan pula deformasi dari letak batu bangunan tjandi. Hal tersebut dapat dilihat dengan djelas pada dasar tiap dinding tjandi jang bersentuhan dengan tanah-urug. Dinding tjandi banjak jang terlihat melesak kebawah dan dengan sendirinja menjebabkan melengkungnja lantai selasar sebelah dalam (disebelah pusat tjandi). Perhatikan penampang-penampang bongkaran dan penampang-penampang pemboran pada naskah dan peta terlampir. Keadaan melesak tersebut diatas tidak hanja terdjadi pada tingkat Rupidatu seperti diduga semula, tetapi djuga terdjadi pada tingkat Arupidatu. Hal ini dapat dipahami bila diingat, bahwa harga  $q_u$  untuk tanah-urug ditingkat Arupidatu djuga rendah, jaitu  $0,88 \text{ kg/cm}^2$  hingga  $1,65 \text{ kg/cm}^2$ .

Disamping kekuatan tekan jang agak rendah dibeberapa tempat, djuga konsolidasi dari tanah-urug dan horison-horison jang lain menundjukkan kemampuan perubahan void ratio jang agak besar oleh beban jang diderita olehnja.

Pemboran inti jang dilakukan telah diperlengkapi dengan pengamatan permeabilitas lapangan pada beberapa matjam tanah dan horison. Hal ini dapat dilakukan baik dengan djalan mengukur pada permukaan langsung, ataupun harus digali lebih dahulu untuk mendapatkan horison jang dikehendaki. Pengamatan permeabilitas ini dilakukan berdasarkan perembesan air dalam tanah melalui tabung berdiameter 10 cM dan tinggi 10 cM. Hasil pengamatan tersebut umumnja memperlihatkan bahwa tanah horison — A mempunjai permeabilitas terbesar, menjusul kemudian horison — C, dan jang mempunjai permeabilitas terketjil adalah horison — B. (Perhatikan grafik permeabilitas lampiran 3). Horison — B dengan demikian merupakan tanah/batuan jang hampir impermeabel atau setidak-tidaknja sangat sukar ditembus air. Permeabilitas jang ketjil dari horison — B menjebabkan air jang telah lolos merembes melalui tanah-urug dan horison — A, selandjutnja akan tertahan oleh horison — B jang impermeabel, dan akan melandjutkan perdjalannja mengikuti permukaan horison — B kearah luar. Apabila bentuk permukaannja membentuk lekukan, seperti jang didapat di lereng selatan bukit-asli («Bukit — B»), maka horison — A dapat mengandung kadar air jang tjukup besar. Djuga dari sifat impermeabel dari horison — B ini dibeberapa tempat mengakibatkan bahwa kadar air dari tanah jang terletak diatasnja (horison — A) pada umumnja lebih besar dari kadar air di horison — B sendiri. Semua air jang dikandung oleh segala matjam tanah tersebut diatas terdapat dalam zone «aeration» dan terletak diatas zone saturasi (zone kenjang). Besar kemungkinannja air tersebut adalah air kapiler.

### Bab III: LAIN-LAIN

#### III.1. Batu bangunan tjandi

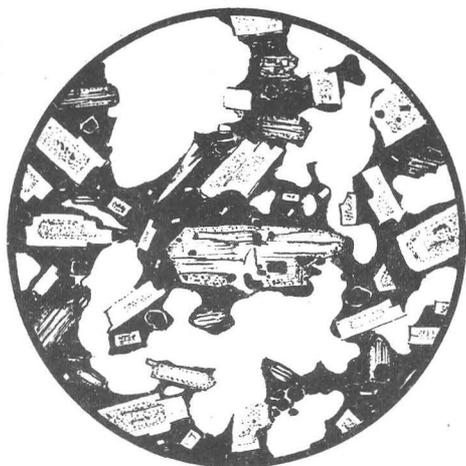
Dari beberapa buah batu jang berasal dari bangunan tjandi telah diteliti setjara petrografis dibawah mikroskop polarisasi. Umumnja batuan menundjukkan struktur vesikuler dengan rongga-rongga jang halus berbentuk tak teratur. Bidang batas rongga umumnja berbentuk lengkung. Djumlah rongga (porositas) kira-kira 32% — 46%. Antara satu rongga dengan rongga jang lain sering tidak berhubungan. Dengan demikian permeabilitasnja tidak sebanding dengan porositasnja.

Batuan berwarna abu-abu. Masa padat batuan bertekstur porfiris dengan fenokris plagioklas dan piroksen, dan matrix katja dengan kristal-kristal kriptoklas. Dengan demikian batuan dapat disebut dengan andesit-piroksen jang vetrofiris (Gb. 3). Analisa petrografis dan mineralogis beberapa batuan bangunan tjandi Borobudur dapat dilihat pada tabel 6.

Pertjobaan kekuatan tekan telah pula dilakukan di Balai Penelitian Bahan di Bandung. Umumnja batuan-batuan jang ditjoba itu menundjukkan kekuatan tekan jang relatif rendah djika dibandingkan dengan kekuatan tekan dari rata-rata batuan sedjenis, jaitu andesit. Jang menjebakkan rendahnja kekuatan tekan batuan tersebut adalah bahwa matrix batuan tjandi Borobudur sebagian terdiri dari masa katja jang rapuh dan porositasnja jang sangat besar.

Tabel 6: Analisa mineralogi batuan bangunan tjandi Borobudur (persen)

	A	B	C
Rongga	46.61	38.42	32.34
Masa padat	53.29	61.58	67.66
Masa padat :			
Mineral	63.55	31.01	55.43
Matrix (katja)	36.45	68.99	44.57
Mineral :			
Plagioklas (An54 — An72)	79.88	65.03	75.91
Piroksen	14.07	26.91	17.57
Mineral bidjih	6.05	8.06	6.52



0 1 2 mm



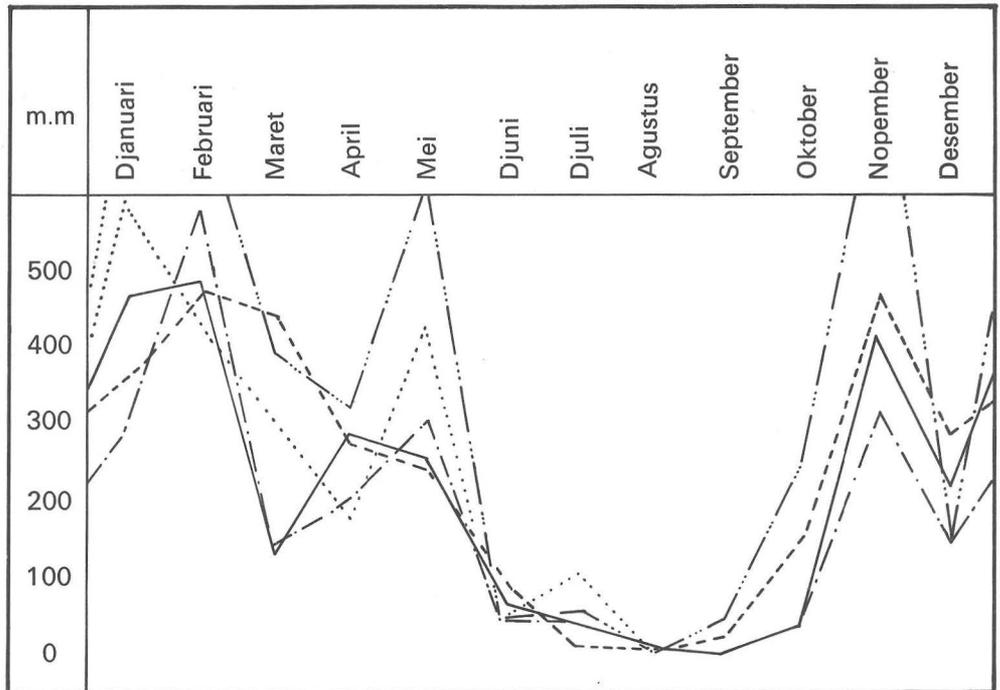
0 1 2 mm



0 1 2 mm

Gb. 3. Berbagai andesit-piroksen dari batu tjandi Borobudur. Perhatikan fenokris plagioklas dan piroksen, masa dasar katja (hitam) dan rongga/pori (putih). // Nikol.

GRAFIK TJURAH HUDJAN DAERAH BOROBUDUR DAN SEKITARNJA (1960)  
 (Gamb. 4)



- Magelang (380 m.)
- Borobudur (247 m.)
- · - · Mendut (247 m.)
- ..... Kalibawang (165 m.)
- - - - Tempel (350 m.)

Kekuatan tekan terketijl tertjatat 111 kg/cm<sup>2</sup> dan terbesar adalah 281 Kg/cm<sup>2</sup>. Berat djenis batuan antara 1,6 dan 2,0. Pada umumnja batuan dengan berat djenis jang lebih besar menundjukkan kekuatan tekan jang lebih besar pula (tabel 7).

Tabel 7: Hubungan berat djenis dan kekuatan tekan batuan tjandi Borobudur (x)

Tjontoh	Berat djenis		Rendaman (djam)	Kekuatan tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
	basah	kering		
S1	1.61		20	149
S2	1.950		20	118
S3	1.864		20	120.2
S4	1.858		20	138.6
S1		1.460		114
S2		1.870		111
S3		2.023		234
S4		1.905		—

x) Pendjelasan terperinci dari pertjobaan ini lihat lampiran 3.

Batuan ini menundjukkan porositas jang tinggi. Hal ini menjebabkan bahwa batuan dapat lebih lama menahan air didalamnja, misalnja air jang berasal dari hudjan, dari kelembaban udara, dan dari rembesan-rembesan dari dalam inti tjandi. Air ini akan lebih lama dapat tertahan dalam batuan bila batuan tersebut terletak di tempat-tempat jang terlindung dari panas matahari atau dari hembusan angin. Tempat-tempat tersebut dengan sendirinja tidak tetap tempatnja tetapi tergantung pada djurus peredaran matahari dari waktu ke waktu dan dari bulan ke bulan. Tjurah hudjan terbesar untuk daerah Borobudur dan sekitarnja didapat antara bulan Nopember dan Mei sedangkan musim kering terdjadi antara bulan Djuni dan Oktober. (Perhatikan Gb. 4). Pada bulan-bulan musim penghudjan dinding tjandi jang menghadap keutara akan selalu terhinder dari tjahaja matahari, dengan demikian dapat diharapkan bahwa waktu itu batuan tjandi pada sisi tersebut akan ada dalam keadaan jang selalu lembab dan kelembabannja akan merupakan kelembaban jang tertinggi dari seluruh sisi tjandi. Kelembaban tersebut selandjutnja akan mempertjepat tumbuhnja lumut, dan dengan sendirinja akan mempertjepat pula djalannja proses pelapukan jang disebabkan oleh asam lumut. Oleh proses pelapukan ini kerusakan terhadap relief tjandi tak dapat ditjegah lagi. Proses perusakan akan berdjalan setjara perlahan-lahan tetapi kemudian dapat diikuti dengan kerusakan jang mendadak, misalnja sebagai, hasil pelapukan mengulit-bawang. Proses pelapukan jang berdjalan perlahan-lahan akan terdjadi terus menerus. Hasil jang dapat dilihat adanya endapan garam pada permukaan batuan, chususnja pada tjelah-tjelah retakan-retakan. Mungkin pula dapat terdjadi bahwa pertumbuhan garam dalam rongga atau tjelah dapat memberi tekanan jang tjukup besar untuk memetjah batuan dan membentuk retakan jang lebih besar dan merontokkan batuan sama sekali. Usaha untuk mengurangi ladjunja proses pelapukan ini hendaknja diarahkan untuk mengurangi kelembaban pada batuan. Misalnja dengan membuat kedap air sebanjak mungkin tjelah-tjelah antara batu-batu tjandi, chususnja dari air jang merembes dari tanah inti tjandi, menjalurkan air hudjan untuk setjepat mungkin meninggalkan bangunan tjandi. Disamping itu usaha-usaha pemusnahan lumut setjara periodik perlu dilaksanakan.

### III.2. Air - tanah

Penelitian air-tanah didasarkan atas pengamatan pada beberapa sumur jang terdapat disekitar tjandi Borobudur dan analisa-analisa airnja. Maksudnja adalah untuk mendapatkan gambaran

akan redjim air-tanah ditempat tersebut dan kemungkinan untuk memanfaatkannya guna keperluan pamugaran ataupun untuk keperluan sehari-hari di pasanggrahan.

Disekitar tjandi banjak didapati sumur. Umumnya sumur-sumur tersebut agak dalam airnya, dengan minimum kedalaman tertjatat 3,66 meter dan maximum 13,93 meter. Lokasi sumur dan kedalamannya dapat dilihat pada lampiran III (dalam kantong) jaitu «Peta Borobudur dan Penampang». Keadaan air pada sumur-sumur tersebut tjukup baik untuk keperluan air minum, hanja rupa-rupannya mempunjai debit jang sangat ketjil, chususnja pada sumur jang terletak pada sebelah selatan bukit. Besar kemungkinannya sumur jang terletak disebelah utara bukit akan mempunjai debit jang lebih baik. Penelitian akan redjim air-tanah ditempat ini perlu dilakukan mengingat akan pentingnja air disini baik untuk kepentingan pamugaran ataupun untuk keperluan pasanggrahan.

Mengingat pada kedalaman sumur-sumur diatas, dapat diperkirakan bahwa kedalaman muka-airtanah di kompleks tjandi adalah sekitar 20 — 25 meter dibawah permukaan halaman tjandi. Dengan demikian air-tanah setjara langsung tidak mempengaruhi pada kerusakan-kerusakan jang terdjadi pada bangunan tjandi. Kelembaban jang terdapat pada tanah dibawah tjandi dapat disebabkan oleh air kapiler. Zone jang benar-benar kering hanja merupakan daerah jang tipis sadja dibawah permukaan tanah.

Analisa air-sumur jang diambil dari dua sumur dikomplex tjandi dapat dilihat pada lamp. 3. Analisa dilakukan oleh Lembaga Kesehatan Teknik di Bandung.

Daerah Borobudur djuga didapati mata-air dengan debit jang agak besar, misalnja Sileng ( $\pm 2$  KM sebelah Tenggara tjandi), Pawon ( $\pm 2$  KM sebelah Timur) dan Ngradjeg ( $\pm 6$  KM sebelah Timur tjandi, pada tepi djalan antara Borobudur dan Muntilan). Untuk keperluan pamugaran, air dari mata air tersebut dapat digunakan (lampiran V).

### III.3. Bahan baku bangunan

Bahan baku bangunan jang diperlukan guna keperluan pamugaran antara lain adalah: pasir, kerikil, kapur dan semen. Untuk keperluan tersebut belum diadakan inventarisasi dan penelitian jang intensif, baik mengenai mutu bahan jang akan digunakan maupun mengenai djumlah reserve jang dibutuhkan. Meskipun demikian, dari pengamatan sepintas akan disarankan untuk menggunakan atau mengadakan penelitian lebih dahulu dari pasir dan kerikil jang dihasilkan oleh endapan lahar dingin dari gunung Merapi jang mengalir melalui sungai Pabelan atau Blongkeng — Muntilan. Endapan pasir dan kerikil ditempat ini dikirakan tjukup besar dan sering mendapat supply baru dari kegiatan gunung Merapi (lampiran V).

Untuk bahan baku kapur dikirakan tidak ada kesukaran mengingat bahwa didaerah Djogjakarta sebelah Barat, jaitu daerah Wates tersedia tjukup gamping dan banjak pula industri pembakaran gamping didaerah tersebut. Meskipun demikian penelitian setempat mengenai pengadaan kapur perlu dilakukan.

Semen jang dipakai untuk keperluan, perlu pula diteliti. Dikirakan akan lebih baik menggunakan semen Gresik karena mempunjai kadar alkali jang ketjil, dan diproduksi didalam negeri. Kekuatan beton dengan menggunakan bahan-bahan tersebut diatas masih perlu diteliti untuk dapat dipertanggung-djawabkan dalam pelaksanaan nanti.

## Bab IV: RINGKASAN dan SARAN

### IV.1. Struktur tanah-dasar

Tanah-dasar terdiri dari empat horison, jaitu tanah-urug horison — A, B, dan horison — C. *Tanah-urug* terdiri dari pasir, pasir-lempungan umumnja mengandung petjahan andesit runtjing atau kerakal membundar andesit. Porositasnja dan permeabilitasnja besar. Ketebalan tanah-urug tidak tertentu, antara 0,5 — 8,5 meter. Horison-horison A, B, dan C termasuk dalam *tanah-asli* jaitu tanah jang membentuk bukit-asli. Pembagian horison tersebut menurut kepada intensitas pelapukan. Ketiga horison tersebut mempunjai ketebalan jang berbeda. Horison — A merupakan bagian tanah-asli jang mengalami pelapukan paling intensif. Ketebalannja antara 1,5 — 13,5 meter, dengan permeabilitas jang sangat besar. Jang tertipis adalah horison — B, jaitu antara 0,5 — 3,5 meter. Horison — C merupakan batuan-dasar (bed rock) terdiri dari pasir tufa jang mengandung batuan baku, mungkin komponen dari brekki volkanis. Ketebalannja lebih besar dari 13,5 meter.

Bentuk horison — A, B, dan C pada umumnja mengikuti bentuk bukit-asli.

### IV.2 Bentuk tanah-dasar

Bentuk tanah-urug sangat ditentukan oleh bentuk bagian bawah dari susunan bangunan tjandi dan bentuk dari tanah-asli, chususnja bentuk permukaan horison — A jang berupa kubah.

Bentuk bukit-asli dibawah tjandi Borobudur berbentuk kubah dengan dasar berbentuk bulat agak melondjong kerah Timur-Barat. Tinggi bukit-asli adalah 16 meter diatas dataran halaman tjandi. Titik pusat bukit terletak agak menggeser sedikit kearah NE djika dibandingkan dengan posisi pusat tjandi.

Bukit ini merupakan salah satu dari tiga bukit jang terdapat dalam kompleks tjandi dan terletak ditengah. Kedua bukit jang lain adalah bukit dimana terletak pasanggrahan dan jang lain adalah bukit dimana terletak makam.

### IV.3. Deformasi bangunan tjandi

Gangguan letak asli dari bangunan tjandi berupa amblesan dan kemiringan. *Amblesan* umumnja terdjadi pada bagian tengah tjandi dan pada bagian dasar dari pagar-langkan sehingga lantai selasar umumnja melesak pada bagian diarah pusat tjandi. Keadaan ini dapat dilihat pada hasil bongkaran sebelum pemboran inti dilakukan. Kemiringan dinding tjandi/dinding pagar - langkan dikirakan berasal dari komponen horisontal akibat amblesan/tekanan vertikal dari beban. Hal ini sangat njata terdjadi pada dinding tingkat Rupadatu I, II dan III jang mempunjai sudut kemiringan jang besar jaitu antara 25° — 43°. Kemiringan sering diikuti dengan pelengkungan

dinding tjandi; kemungkinan ini terjadi karena bangunan tjandi terdiri dari susunan batu-batu tjandi jang lepas satu dengan jang lain tanpa pengikat. Apabila terdapat pengikat jang berupa ikatan ekor-burung, maka ikatan tersebut sering patah.

Bila tiap tingkat dari tjandi Borobudur telah melesak antara 30 dan 50 cm sedangkan pada tjandi Borobudur terdapat 7 (tudjuh) tingkat, maka paling tidak tjandi tersebut telah melesak sedalam 2 hingga 3,50 meter. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut dengan intensif untuk dapat mengembalikan posisi tjandi sesuai dengan kedudukannya jang benar bila hal tersebut dikehendaki.

#### **IV.4. Pelapukan pada batu tjandi**

Pelapukan pada batu bangunan tjandi terjadi hampir pada semua bagian tjandi disebabkan terutama oleh kegiatan lumut dan mungkin sebagian ketjil oleh kegiatan air hujan, kelembaban udara, atau air rembesan. Porositas jang besar dari batuan tjandi sangat mempermudah tertahannya air pada permukaan batuan dan dengan demikian memungkinkan tumbuhnya lumut. Pelapukan telah menjebabkan sebagian ketjil mineral felspar dan piroksen berubah menjadi mineral lempung dan klorit. Oleh peredaran matahari pelapukan akan lebih intensif pada dinding tjandi jang menghadap ke Utara. Usaha untuk mengurangi lajunja proses pelapukan pada prinsipnya diusahakan untuk mengurangi kelembaban batu tjandi, misalnja dengan membuat kedap air sebanyak mungkin tjelah-tjelah antara batu-batu tjandi, menjalurkan air hujan untuk setjepat-tjepatnya meninggalkan bangunan tjandi. Usaha pemusnahan lumut setjara periodik perlu dilaksanakan dengan djalan apapun, baik dengan djalan menjikatnja ataupun dengan pembasmian dengan obat-obatan.

#### **IV.5. Air-tanah**

Air-tanah dikomplex tjandi terdapat kira-kira 20 — 25 meter dibawah permukaan halaman tjandi. Air-tanah ini adalah air-tanah biasa. Diperkirakan mempunyai debit jang ketjil dan fluktuasi jang besar. Untuk pengadaan air guna keperluan pamugaran, disamping air-tanah biasa ini dengan demikian masih perlu diusahakan mendapatkan air dari tempat jang lebih dalam, misalnja dari air-artesis atau semiartesis. Keadaan kedua matjam air tersebut belum dapat diketahui dengan pasti. Pemboran pertjobaan perlu diadakan.

Disamping menggunakan air-tanah atau air - artesis untuk pamugaran perlu dipikirkan pemakaian air dari sumber. Sumber air disekitar Borobudur dengan debit jang tjukup besar adalah : Ngradjeg (6 KM), Pawon (2 KM), dan Sileng (2 KM). Perhatikan peta terlampir.

#### **IV.6. Bahan baku bangunan**

Penelitian khusus mengenai bahan baku bangunan seperti: pasir, kerikil, berangkal, kapur dan semen perlu dilakukan dengan segera. Pasir, kerikil, dan berangkal dikirakan dapat diambilkan dari sungai Pabelan atau Blongkeng di Muntilan mengingat djarak transport jang tjukup dekat dan reserve jang tjukup pula. Pertjobaan laboratorium terhadap bahan baku tersebut untuk pembuatan beton perlu pula diadakan. Begitu pula komposisi kimia dari bahan baku jang akan digunakan harus diteliti dengan baik untuk mendjaga djangan sampai terjadi kegagalan dalam konstruksi beton dalam masa jang akan datang.

## Analisa air sumur Borobudur

	A (mg/1)	B (mg/1)
Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	5.7	5.4
NH <sub>4</sub>	—	—
NH <sub>3</sub> proteid	—	—
NO <sub>2</sub> "	—	—
NO <sub>3</sub> "	—	—
Derajat kesadahan (D°)	3.8	6.0
Ca	14.3	27.4
Mg	7.7	9.1
Fe	seangin	0.25
Mn	0.0	seangin
HCO <sub>3</sub> "	116.5	167.1
CO <sub>2</sub>	24.6	32.1
CO <sub>2</sub> agresif	19.6	20.1
O <sub>2</sub>	—	—
SiO <sub>2</sub>	—	—
SO <sub>4</sub>	4.3	9.4
P'	—	—
Cl.'	15.7	20.6
pH	6.5	6.5
Warna (skala Pt — Co)	7.5	10 Koll
Derajat kekeruhan (mg/1 SiO <sub>2</sub> )	1.0	1.8
Daja hantar listrik (micromhos)	136	238
Logam berat	negatif	negatif

A: Air sumur disebelah Selatan bukit

B: Air sumur disebelah Barat bukit

**PERTJABAAN KEKUATAN TEKAN BATU BANGUNAN TJANDI BOROBUDUR**

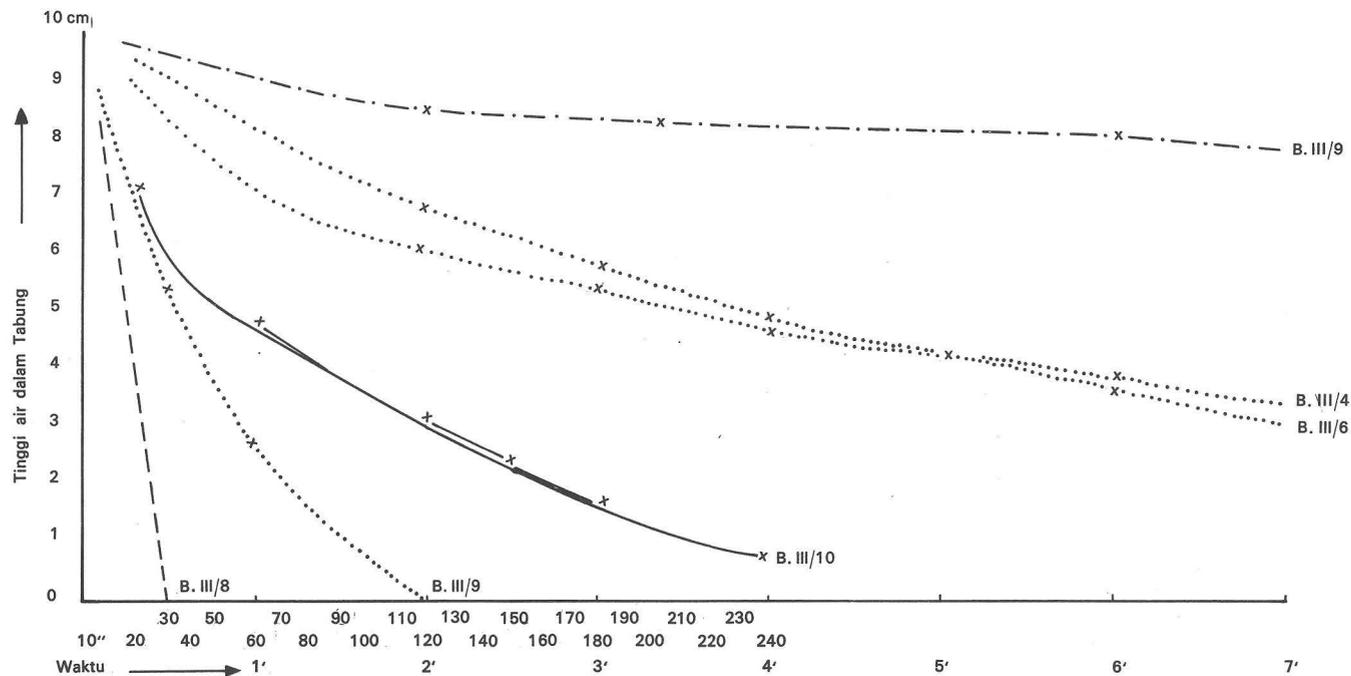
Sample	Basah/ Kering	Dimensi cm	Berat kg	Dike- ringkan oC Djam	Eks- ika- tor Djam	Berat kg	Dike- ringkan oC Djam	Eks- ika- tor Djam	Berat kg	Ren- dam Djam	Berat kg	
S <sub>1</sub>	Basah	10,3 10,2 10,2 9,8 10,2 10,1 10,3 10,1 10 10,2 10 9,9	1,61	117° 2°	20	1,604	105° 1	1	1,605	20	1,818	14,9 ton 0,2 ton/sekon
S <sub>2</sub>	Basah	10,2 10,1 10 10,1 10,2 10,1 10,1 10,1 10,1 10,2 10,4 10,4 10,5 10,4 10,3	1,950	117° 2	20	1,914	105° 1	1	1,916	20	2,112	11,80ton 0,2 ton/sekon
S <sub>3</sub>	Basah	8,8 8,9 8,9 8,9 8,9 10,3 10,3 10,4 10,4 10,4 8,9 8,9 8,9 8,9 8,8	1,864	117° 2	20	1,855	105° 1	1	1,858	20	1,970	12,02ton 0,2 ton/sekon
S <sub>4</sub>	Basah	10,1 10 9,9 10,4 10,3 10,5 10,5 10 10,3 10,1 10,2 10,2 10,4 10 10,2	1,858	117° 2	20	1,832	105° 1	1	1,832	20	2,038	13,86ton 0,2 ton/sekon
S <sub>1</sub>	Kering	9,7 10,1 10,3 10 10,4 10,2 9 10 10 9,7 10,2 10,2	1,46	117° 2	20	1,438	105° 1	1	1,436	—	—	11,4 ton 0,16ton/sekon
S <sub>2</sub>	Kering	10 10,2 10,3 10,2 10,2 9,6 9,5 9,4 9,5 9,5 10,3 10,4 10,5 10,6 10,15	1,870	117° 2	20	1,795	105° 1	1	1,795	—	—	11,1 ton 0,2 ton/sekon
S <sub>3</sub>	Kering	10,5 10,5 10,4 10,3 10,2 10,2 10,3 10,2 10,2 10,1 10 10 10 9,9 9,9	2,023	117° 2	20	2,020	105° 1	1	2,010	—	—	28,1 ton 0,2 ton/sekon
S <sub>4</sub>	Kering	10,5 10,4 10,6	1,905	117°	20	1,890	105° 1	1	1,891	—	—	23,4 ton 0,2 ton/sekon

KETERANGAN: S<sub>1</sub> batuan tingkat II — bidang 19  
S<sub>2</sub> batuan tingkat III — bidang 25

S<sub>3</sub> batuan tingkat I — bidang 27  
S<sub>4</sub> batuan kaki tjandi — bidang 26

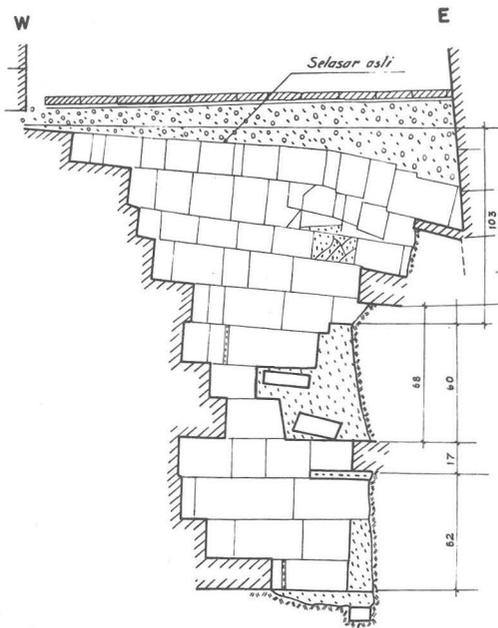
# GRAFIX PERMEABILITAS TANAH TJANDI BOROBUDUR

(BERDASARKAN PEREMBASAN AIR DALAM TABUNG  $\phi$  10 CM DAN H=10 CM)

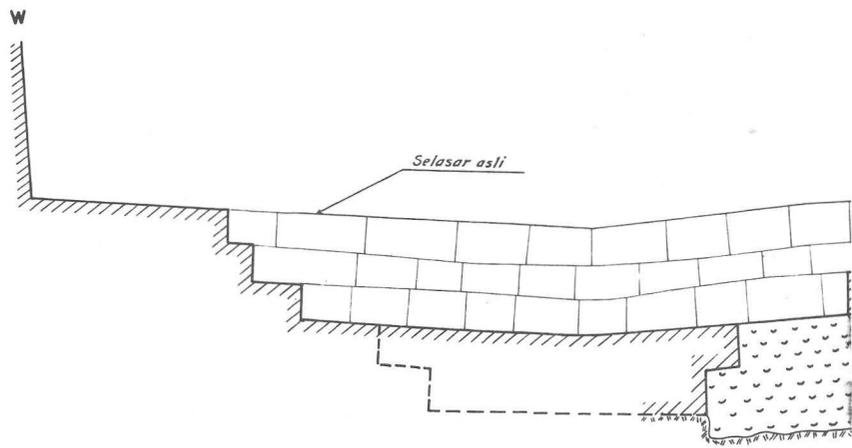


- Keterangan
- ..... Tanah Urug
  - Horizon -A
  - - - - - Horizon -B
  - Horizon -C

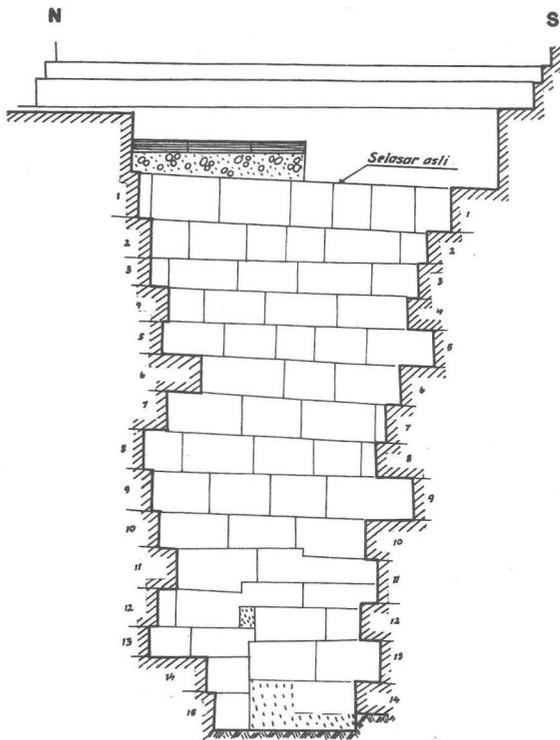
**Lampiran 1**  
**PENAMPANG-PENAMPANG BONGKARAN**  
**Skala 1 : 40**



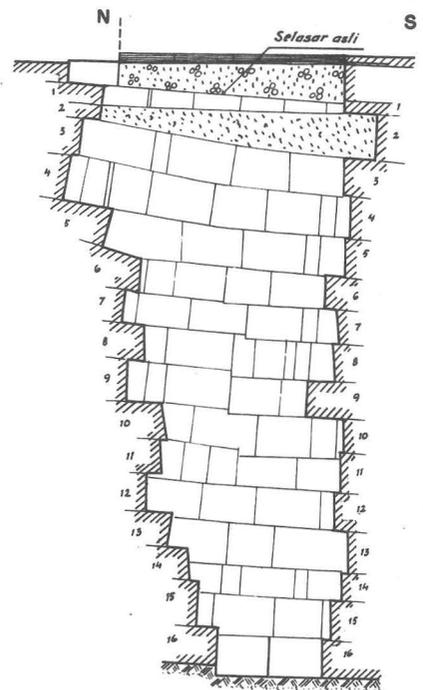
B I / 3



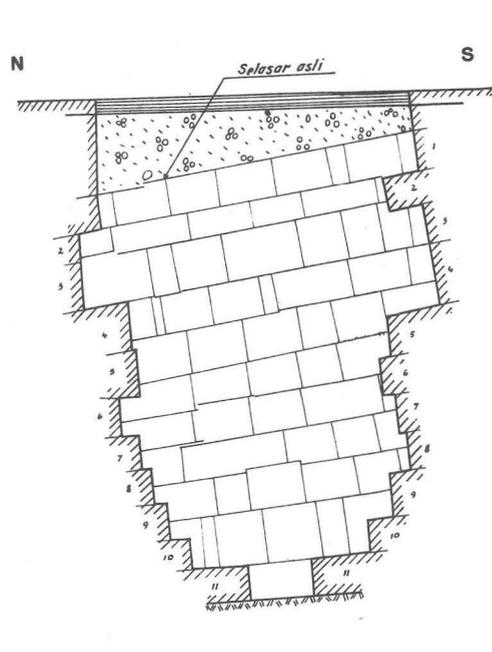
RUPADATU I-W (B I/2)



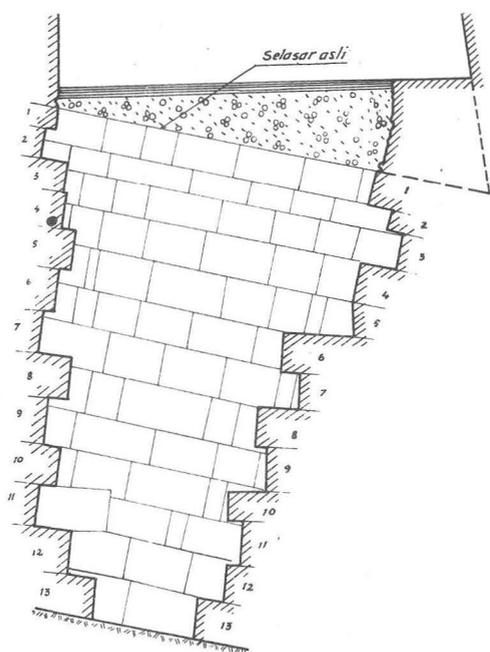
RUPADATU III (R III/1)



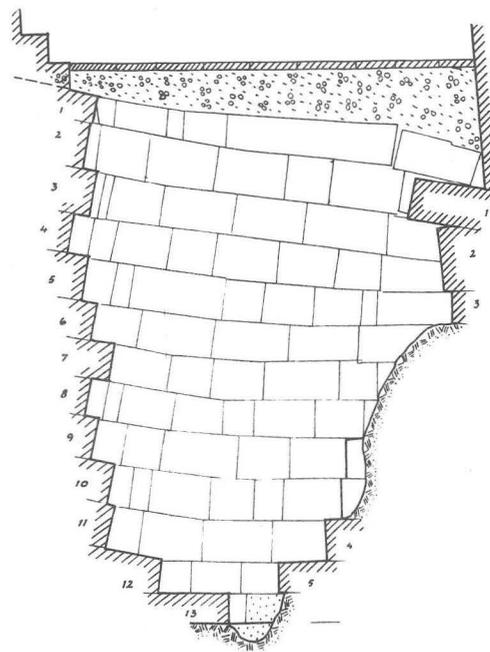
RUPADATU III - N (B II/4)



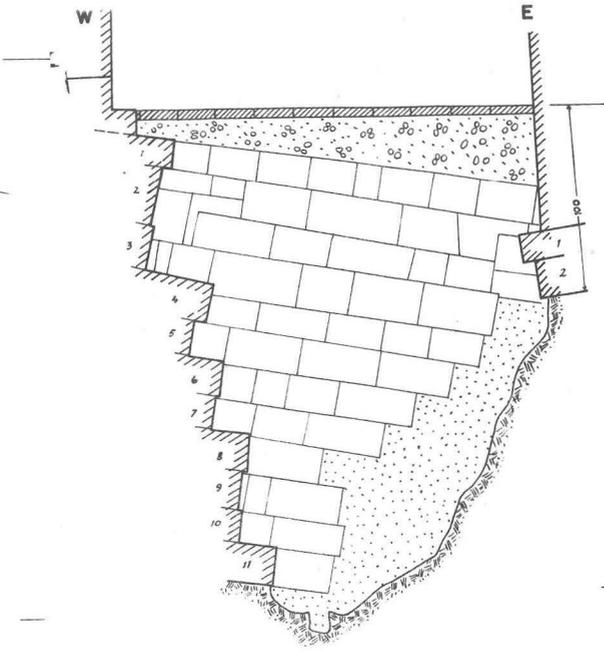
RUPADATU I - N ( B II/8 )



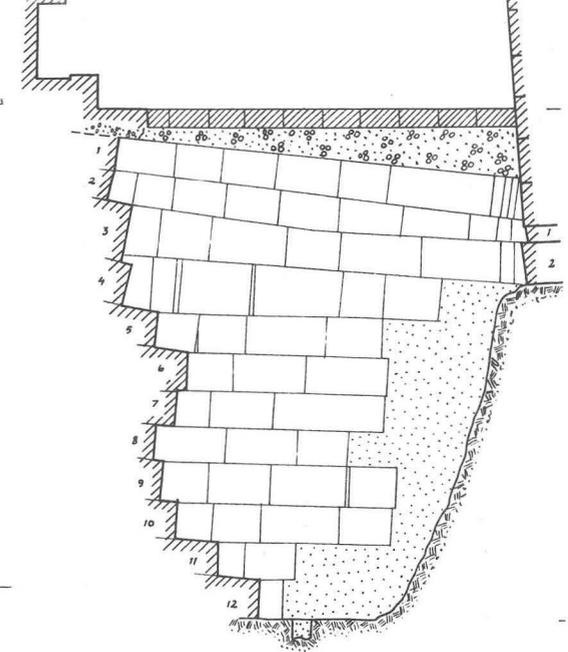
RUPADATU I - SE ( RI/5 )



RUPADATU I - S ( B IV/1 )

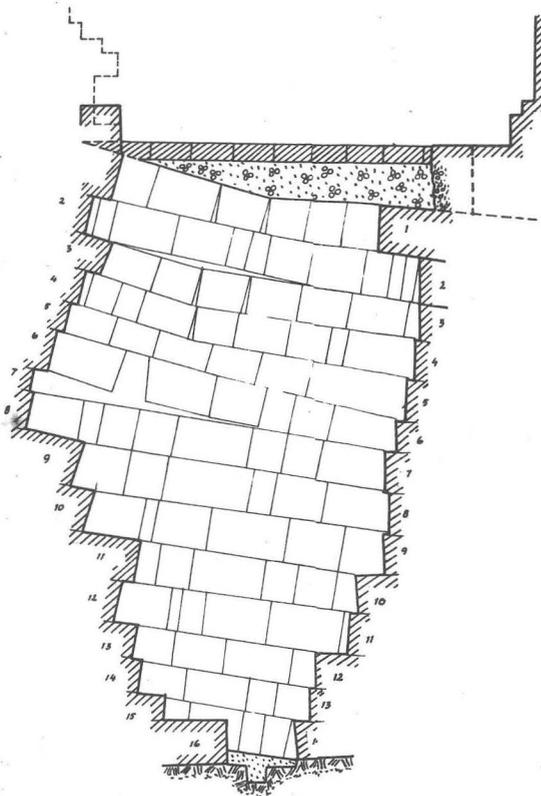


RUPADATU I - SW ( B IV/2 )

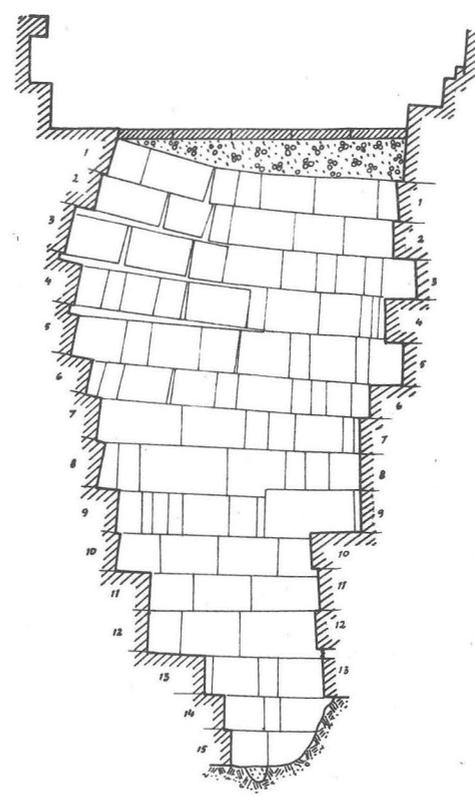


RUPADATU I - NE ( B IV/11 )

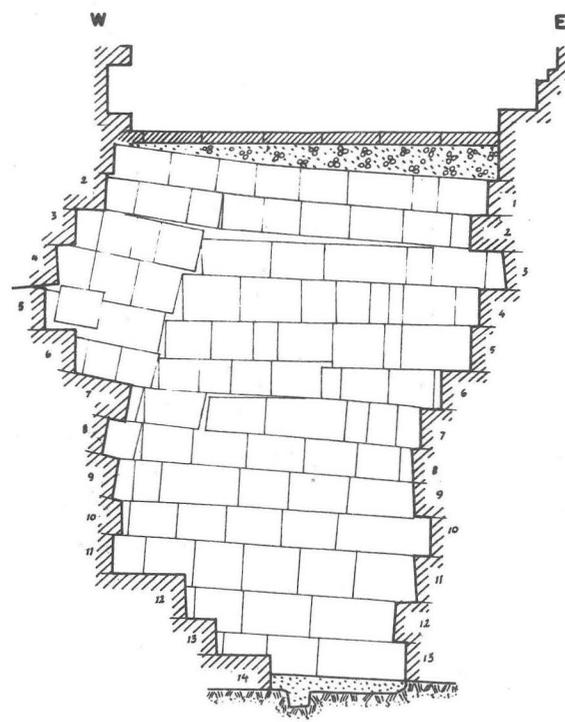
PENAMPANG BONGKARAN KEARAH PUSAT TJANDI  
TINGKAT RUPADATU I



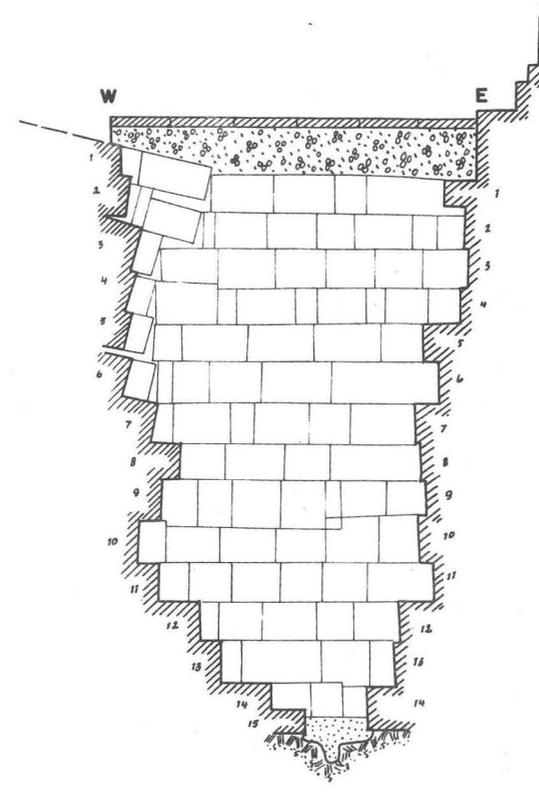
RUPADATU III - NE ( B IV/10 )



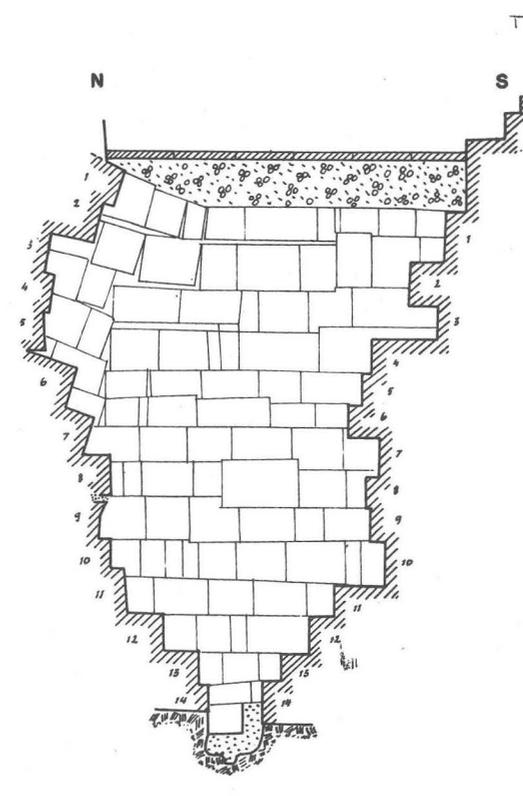
RUPADATU III - S ( B IV/3 )



RUPADATU III - SW ( B IV/4 )

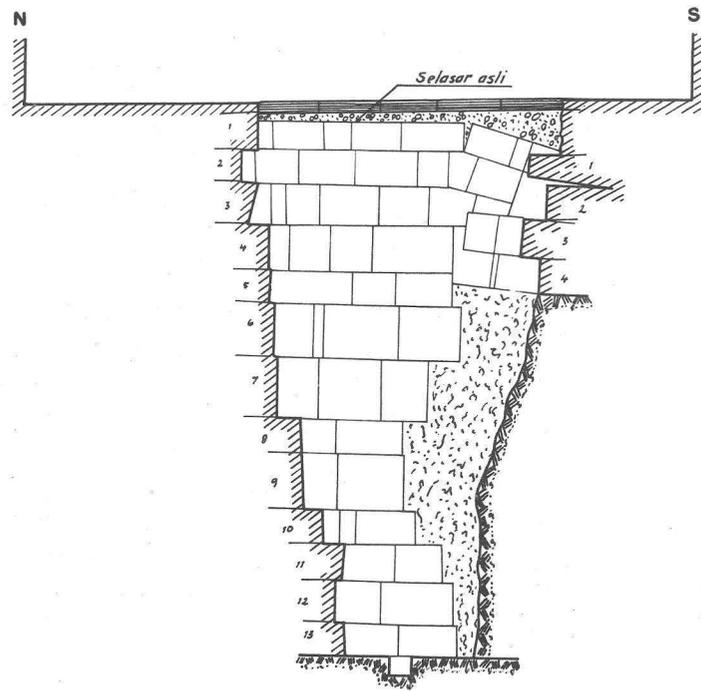


RUPADATU III - W ( B IV/8 )

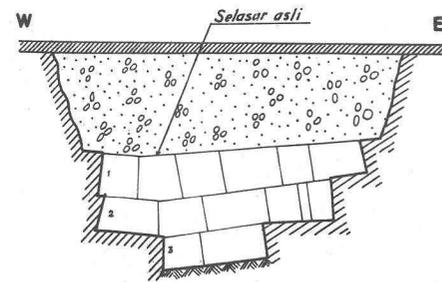


RUPADATU III - NW ( B IV/9 )

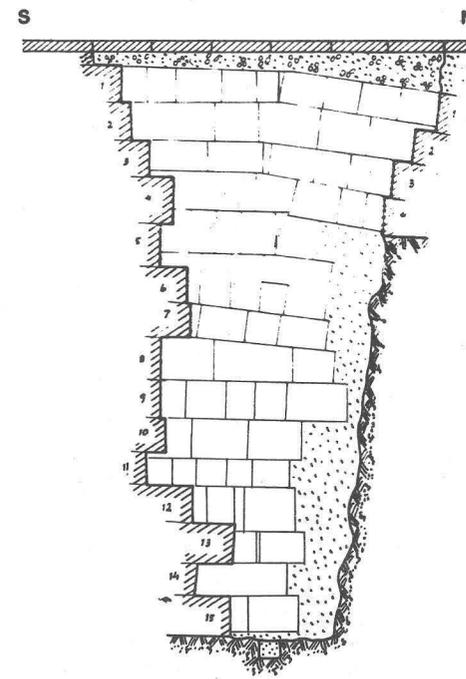
PENAMPANG BONGKARAN KEARAH PUSAT TJANDI  
TINGKAT RUPADATU III



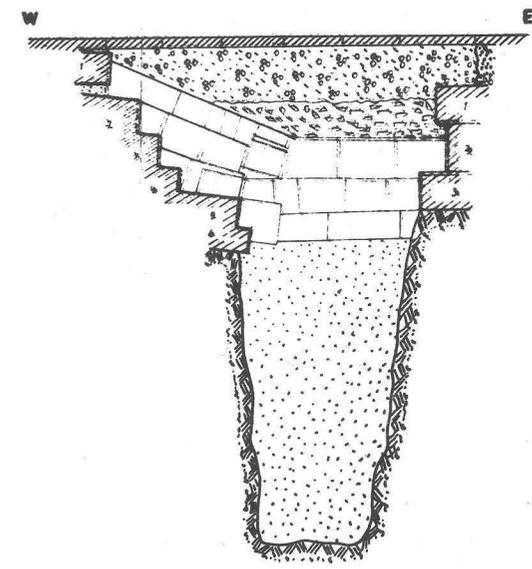
ARUPADATU I (B II/3)



ARUPADATU I-NE (B II/2)

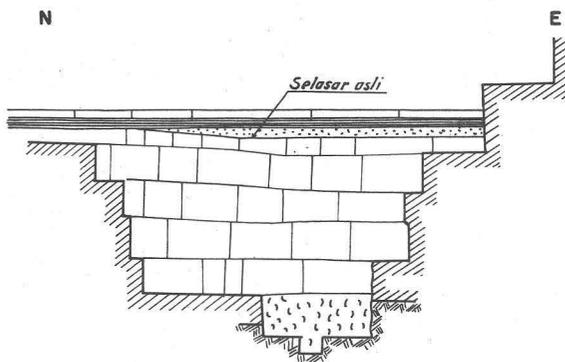


ARUPADATU I-S (B IV/5)

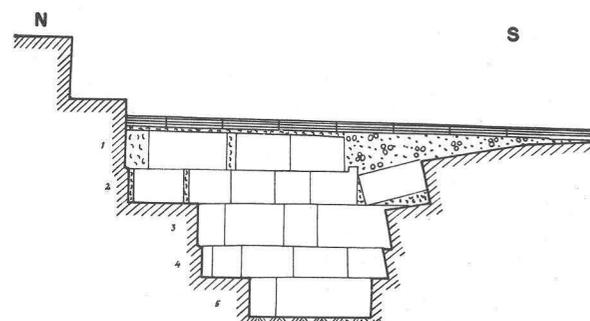


ARUPADATU I-SW (B IV/7)

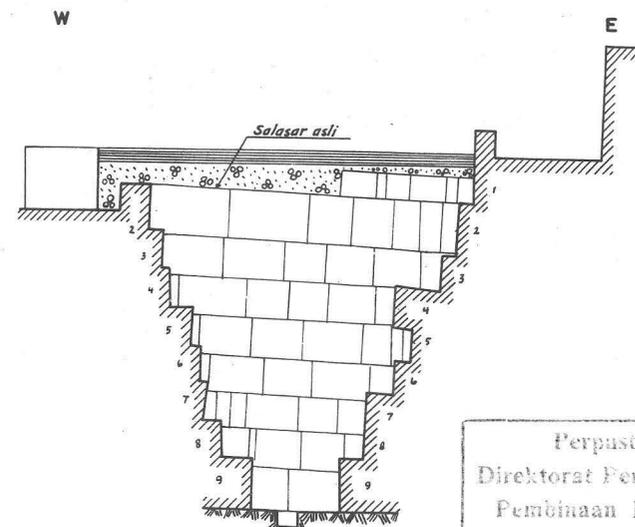
PENAMPANG BONGKARAN KEARAH PUSAT TJANDI  
TINGKAT ARUPADATU I



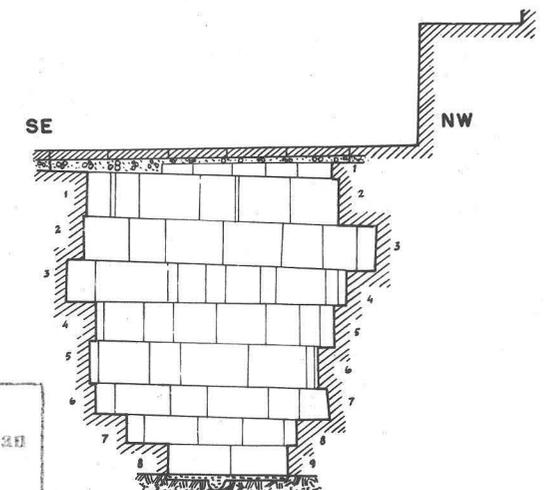
ARUPADATU II-W (A II/1)



ARUPADATU II-S (A II/2)



ARUPADATU IV-W (B II/1)



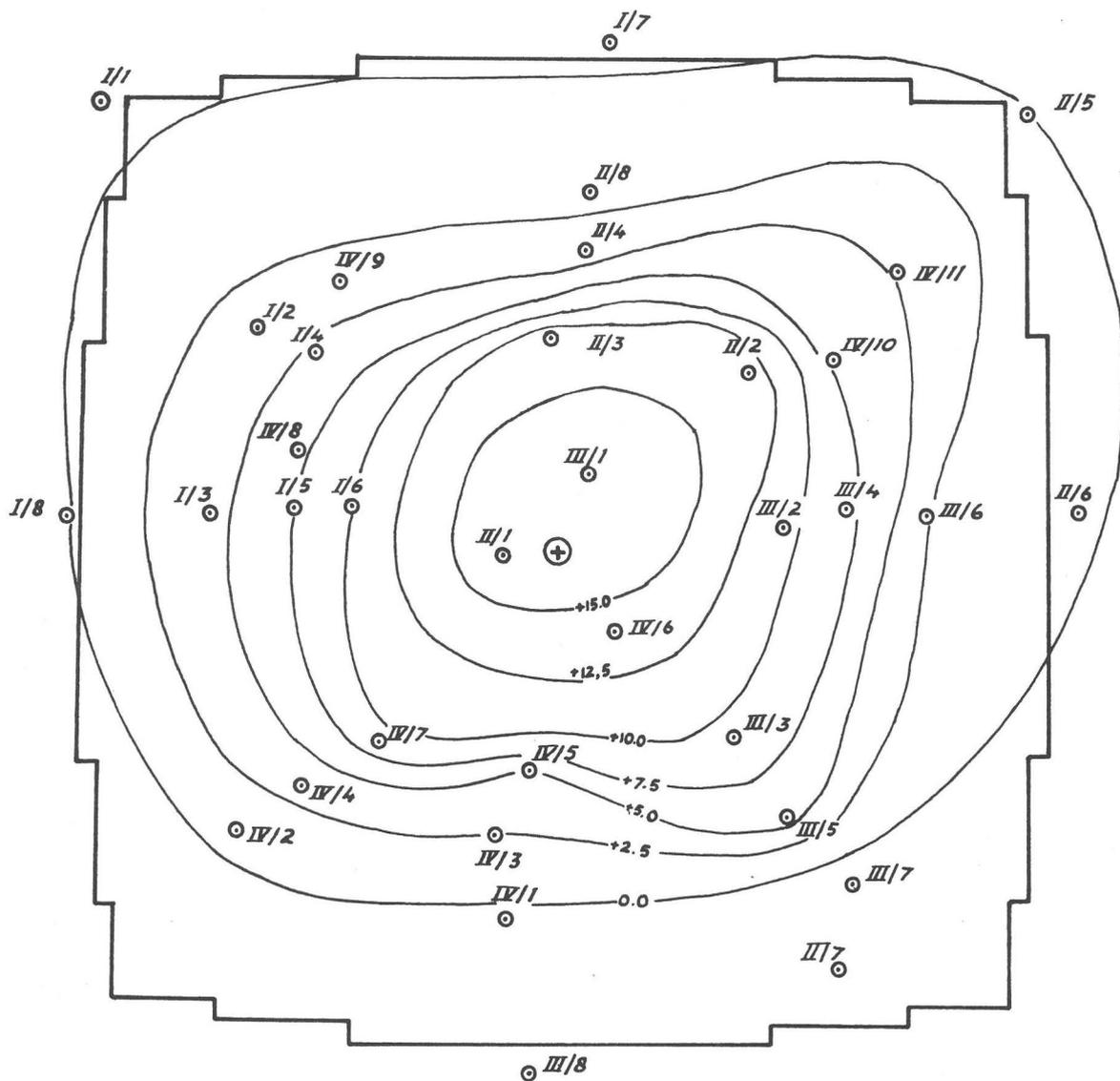
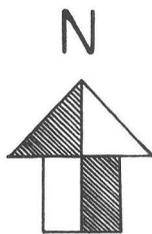
ARUPADATU IV-SE (B IV/6)

Perpustakaan  
Direktorat Perlindungan dan  
Pembinaan Peninggalan  
Sejarah dan Purbakala

PENAMPANG BONGKARAN KEARAH PUSAT TJANDI  
TINGKAT ARUPADATU II

PENAMPANG BONGKARAN KEARAH PUSAT TJANDI  
TINGKAT ARUPADATU IV

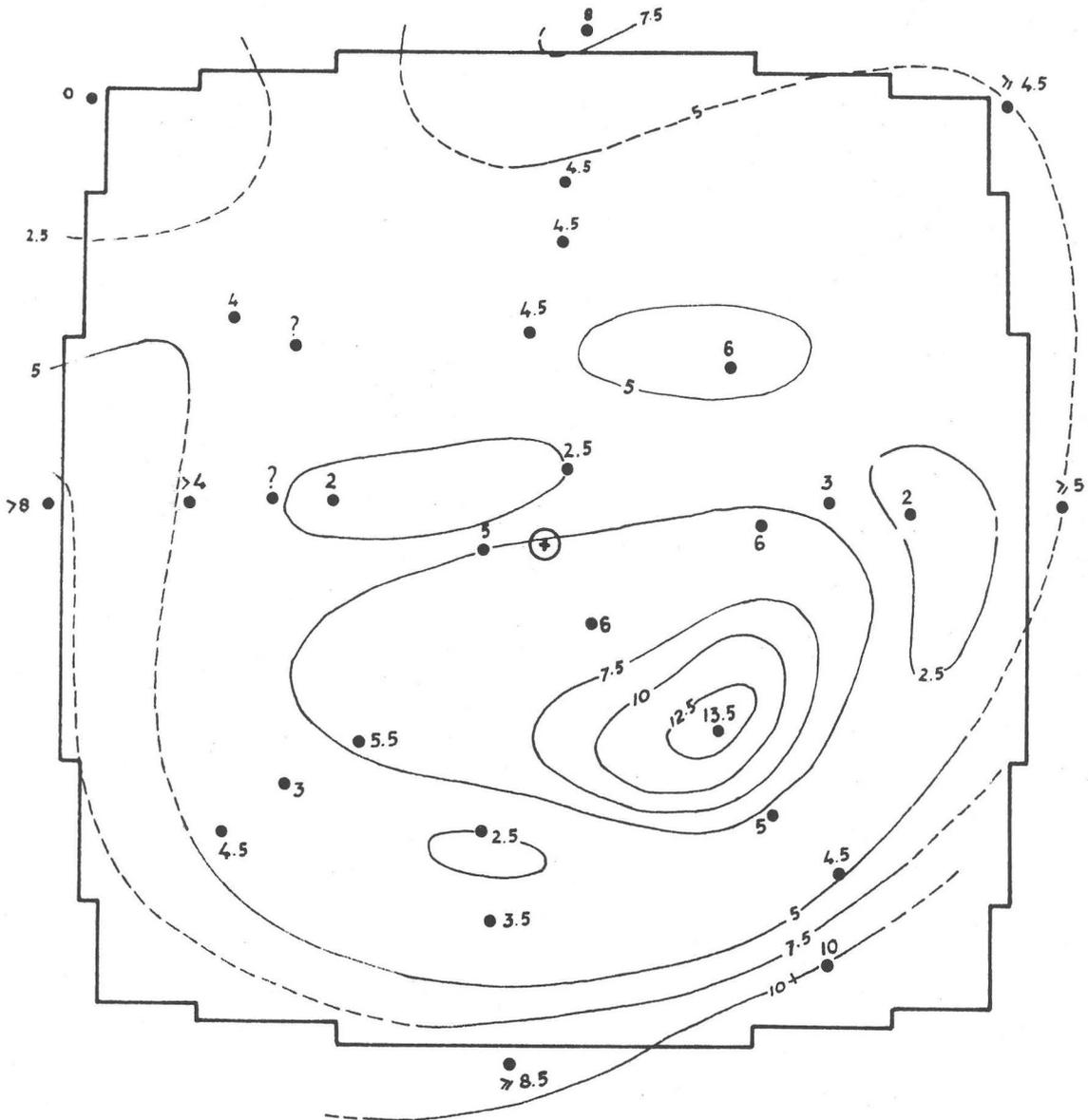
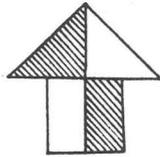
**Lampiran 2**  
**STUKTUR DAN KETEBALAN TANAH-DASAR**



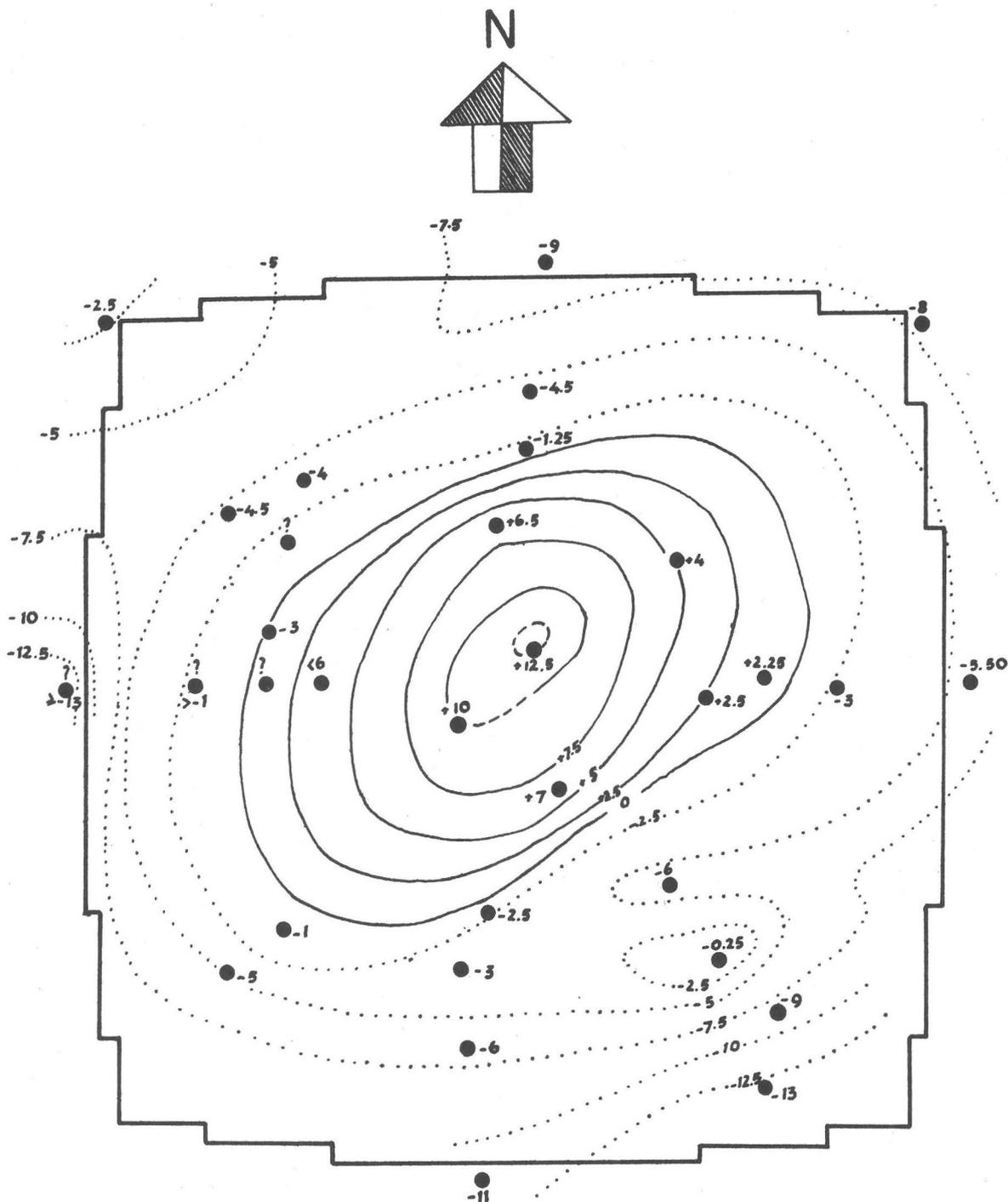
PETA KETINGGIAN BUKIT-ASLI DIBAWAH TJANDI BOROBUDUR  
BEDA TINGGI GARIS KONTUR 2.5 M.

Perpustakaan  
Direktorat Perlindungan dan  
Pembinaan Peninggalan  
Sejarah dan Purbakala

N



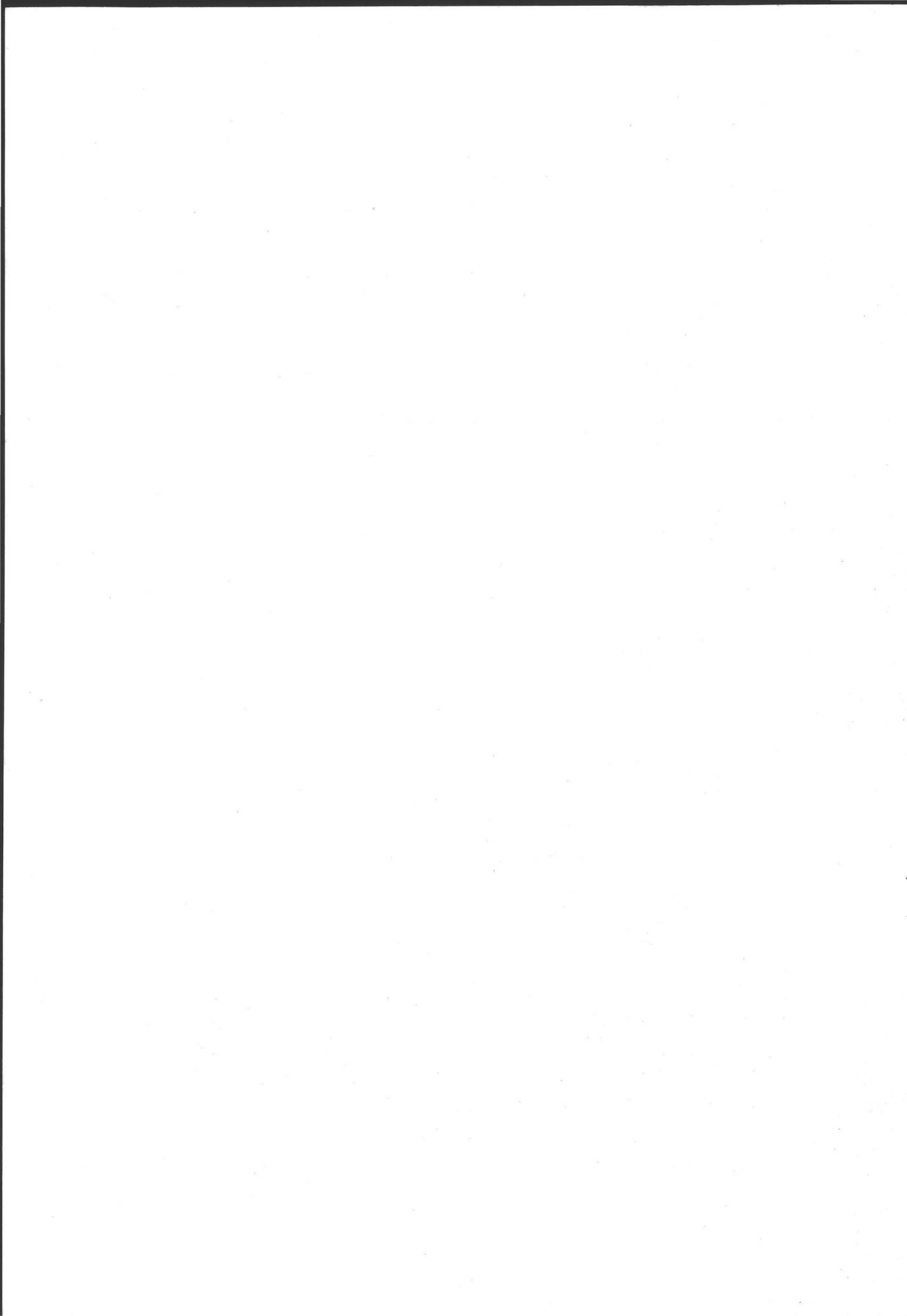
PETA KETEBALAN HORIZON A  
BEDA TINGGI GARIS KONTUR 2.5 M.



————— } *Garis kontur*  $\frac{\text{diatas}}{\text{dibawah}}$  *halaman Tjandi*  
 .....

**PETA KETINGGIAN BATUAN-ASLI (HORIZON-C)  
 BEDA TINGGI GARIS KONTUR 2.5 M.**





**Lampiran 3**  
**KOLOM PEMBORAN DAN ANALISA AIR SUMUR**

BOROBUDUR

LEMBAR 29

BOR : IV/1  
 LOKASI : RUPADATU I-S  
 KETINGGIAN : +2.65 M  
 KEDALAMAN : 15 M

Satuan	kelemb	Warna	Keterangan
Urag	1.0	lajuk tua	Lempung pasiran agak lembek - sering agak lekat - sering mengandung fragmen <sup>2</sup> runtuhan batuan andesit Ø 1-5 cm.
	2.0	lajuk hitam atau Abu <sup>2</sup> tua	
Horizon-A	3.0	lajuk tua	Lempung pasiran lempung agak rapuh/gembur lembek. Terdiri dari kutiran <sup>2</sup> halus mineral bijih feldspot dan fragmen batuan.
	4.0	Abu <sup>2</sup>	
	5.0	lajuk tua	
Horizon-B	7.0	lajuk muda	Pasir halus lempungan - lembek - agak lekat dan kenyal.
	8.0	lajuk kuning ber bintik <sup>2</sup> putih dan hitam	
	9.0	lajuk tua	
	10.0	lajuk tua	
Horizon-C	11.0	lajuk kuning kuning/paukik	Luffa bersifat pasir halus, sedang, agak lepar kadang <sup>2</sup> mengandung batuan beku andesitis. Tidak lekat dan tidak kenyal.
	12.0	lajuk tua	
	13.0	lajuk tua	
	14.0	lajuk tua	
	15.0	lajuk tua	
	16.0	lajuk tua	

**BOROBUDUR**

**LEMBAR 30**

**BOR** : IV/2  
**LOKASI** : RUPADATU 1 SW  
**KETINGGIAN** : +305 M  
**KEDALAMAN** : 15 M

Satuan	Tebal	Warna	Keterangan
Urug	10	Joklat tua	Lempung pasir-pasir - agak lekat - me- ngandung kerakal dan pebjahan andesit Ø 1-5 cm.
	20		
Horizon A	30	Abu <sup>2</sup> tua	Lempung pasir-pasir - agak gembur.
	40		
Horizon B	50	Joklat tua- Joklat	Lempung pasir-pasir - agak khat dan lembek.
	60		
	70		
	80		
Horizon C	90	Kuning Kuning/putih	Tuffa bersifat pasir-pasir kadang <sup>2</sup> lempungan agak gembur dan lepas. Relik <sup>2</sup> batuan beku leuca andesit ber- tektur ufemis.
	100		
	110		
	120		
	130		
	140		
	150		
	160		
	170		
	180		

BOROBUDUR

LEMBAR 31

BOR : IV/3  
LOKASI : RUPADATU III-S  
KETINGGIAN : ± 9.00 M  
KEDALAMAN : 15.00 M

Satuan	Titik	Nama	Keterangan	
Urug	0.0			
	1.0			
	2.0			
	3.0	0.0	pasir	Pasir lumpur - pasir menyungung banyak fragmen batuan dan kerakal Ø 1 - 10 cm
	4.0	1.0	pasir tua	
5.0	2.0			
6.0	3.0			
7.0	4.0			
Horizon A	8.0	5.0	pasir tua	Lempung pasir - agak gembur - kadang-kadang lebak dan agak lekat
	9.0	6.0		
	10.0	7.0		
Horizon B	11.0	8.0	pasir tua	Lempung pasir - agak rapat - terdapat butiran pasir feldspat dan butiran mineral bijih
	12.0	9.0		
	13.0	10.0		
Horizon C	14.0	11.0	pasir tua	Tuffa berikat pasir - agak lepas kadang-kadang agak lekat
	15.0	12.0		
	16.0	13.0		
	17.0	14.0		
	18.0	15.0		
	19.0	16.0		
	20.0	17.0		
	21.0	18.0		
	22.0	19.0		
	23.0	20.0		

BOR : IV/4  
 LOKASI : RUPADATU III-SE  
 KETINGGIAN : ± 9.45 M  
 KEDALAMAN : 15.00 M

Satuan	Kelam	Warna	Keterangan
Urug	0.0		
	1.0		
	2.0	ljoklat tua	Pasir pasir-lempungan banjak mengandung fragmen batuan runtujiing dan kerakul Ø 2-10 cm.
	3.0	ljoklat tua	
	4.0		
5.0			
6.0			
Horizon A	7.0	ljoklat tua	Pasir lempungan agak yembur kadang² lembek.
	8.0	abu² tua	
	9.0		
Horizon B	10.0	ljoklat kuning merah bata	Lempung pasiran agak lekat kenjal.
	11.0		
Horizon C	12.0	luning/ljoklat kuning/abu²	Tuffa kersifal pasiran agak lepas sering agak lekat. Pada bagian bawah terdapat batuan beku afanitik (andesit?)
	13.0		
	14.0		
	15.0		
	16.0		
	17.0		
	18.0		
	19.0		
	20.0		
	21.0		

BOROBUDUR

LEMBAR 33

BOR : IV/5  
 LOKASI : ARUPADAFU I-S  
 KETINGGIAN : 9.00 M  
 KEDALAMAN : 25.00 M

Satuan	Kelam	Warna	Keterangan
Urug	0.0		
	1.0	Jakel tua	Pasir lumpung - agak lembek - agak lekat mengandung banyak fragmen* batuan runtuang dan kerakal membulat $\phi$ 2-3 cm.
	2.0		
	3.0		
Horizon A	4.0		
	5.0	Abu tua	
	6.0	Jakel tua	Lempung pasir - agak gembur. Pada bagian bawah bersifat lumpung - lembek dan lekat, berwarna jakel tua.
	7.0	Jakel hitam	
Horizon B	8.0		
	9.0	Jakel kuning	
	10.0	merah bata dg berik pirit hitam	Lempung pasir - agak lekat - kerjal.
	11.0		
Horizon C	12.0		
	13.0		
	14.0	Jakel muda	Tuffis bersifat lempung pasir - agak lepas kadang* agak lekat.
	15.0	kuning/putih	Bagian bawah banyak mengandung batuan beku afanitik berwarna abu* muda agak kuning (leuco andesit?).
	16.0	agak abu?	
	17.0		
	18.0		
	19.0		
	20.0		
	21.0		
	22.0		
	23.0		
	24.0		
	25.0		

**BOROBUDUR**

**LEMBAR 34**

BOR : IV/6  
 LOKASI : ARUPADATU IV-SE  
 KETINGGIAN : +20.84 M  
 KEDALAMAN : 25.00 M

Satuan	Kom	Warna	Keterangan
Urug	0.0		
	1.0		
	2.0		
	3.0	ljeklat tua ljeklat	Pasir-pasir lempungan-agak lekat-kadang <sup>2</sup> agak lepas dengan fragmen <sup>2</sup> batuan andesit runking Ø 2-10 cm.
	4.0		
	5.0		
	6.0		
	7.0		
	8.0		
	9.0		
Horizon A	10.0	Abu <sup>2</sup> Abu <sup>2</sup> tua	Lempung pasiran-agak lembek-agak lekat Kadang <sup>2</sup> bersifat gembur.
	11.0	ljeklat a gak hitam	
	12.0		
	13.0		
Horizon B	14.0	ljeklat muda kuningmerah	Lempung pasiran-agak lekat-agak lejal.
	15.0		
	16.0		
	17.0		
Horizon C	18.0	ljeklat muda kekuningan	Tuffa-bersifat pasiran-agak lepas-agak gembur Kilik <sup>2</sup> batuanbaku-agak berjak (kecuali andesit)
	19.0	kuningagak putih	
	20.0		
	21.0		
	22.0		
	23.0		

BOROBUDUR

LEMBAR 35

BOR : IV/7  
 LOKASI : ARUPADATU 1-SW  
 KETINGGIAN : 14.69 M  
 KEDALAMAN : 25.00 M

Satuan	Kedam	Warna	Keterangan
Urug	0.0		
	1.0		
	2.0	ljaklat ljaklat tua	Pasir lempungan-pasir - agak lekat mengandung banyak fragmen batuan andesit runtjing - Ø 2-10 cm. Djuga fragmen membundar.
	3.0		
	4.0		
Horizon-A	5.0		
	6.0		
	7.0		
	8.0	Abu <sup>2</sup> Abu <sup>2</sup> tua	Lempung pasiran - agak gembur - kadang <sup>2</sup> lembek dan lekat.
	9.0	ljaklat hitam	
Horizon-B	10.0		
	11.0		
	12.0	ljaklat muda merah ber- binlik hitam	Lempung pasiran - agak lekat dan kenjal
	13.0		
	14.0		
Horizon-C	15.0		
	16.0		
	17.0		
	18.0		
	19.0		
	20.0		
	21.0		
	22.0		
	23.0		
	24.0		
25.0			

**BOROBUDUR**

**LEMBAR 36**

BOR : IV/8  
 LOKASI : RUPADATU III-W  
 KETINGGIAN : +9.15 M  
 KEDALAMAN : 15.00 M

Satuan	Kolon	Warna	Keterangan
Urug	0.0		
	1.0	ljoklat	Pasir lempungan agak lekat dengan banyak fragmen batuan andesit runtuang dan kerakal $\phi$ 3 - 8 cm.
	2.0	ljoklat tua	
	3.0		
4.0			
Horizon A	5.0	ljoklat	Lempung pasir - agak gembur kadang <sup>2</sup> agak lekat dan lembek.
	6.0	ljoklat tua	
	7.0	ljoklat hitam	
	8.0		
Horizon B	9.0		Lempung pasir dengan bintik <sup>2</sup> hitam - ego
	10.0	ljoklat muda	
	11.0		
	12.0		
Horizon C	13.0		luffa bersifat pasir - agak lepas dan gembur kadang <sup>2</sup> agak lekat.
	14.0	ljoklat muda ketunggan	
	15.0		
	16.0		

BOROBUDUR

LEMBAR 37

BOR : IV/9  
 LOKASI : RUPADATU III - NW  
 KETINGGIAN : +9.38 M  
 KEDALAMAN : 15.00 M

Satuan	Tinggi	Warna	Keterangan
Urug	0-10	Kuning lajakot tua	Pasir lempungan mengandung fragmen batuan andesit runtuang dan membulat. Ø 1-7 cm.
Horizon A	10-30	lajakot tua lajakot hitam	Lempung pasir - agak lembek - agak lekat kadang genbur.
Horizon B	30-50	Merah bata	Lempung pasir - agak lekat - kental.
Horizon C	50-80	Kuning laket kuning putih	Luffa bersifat pasir - agak genbur - agak kental. Ditemukan tanah sering ditemukannya rekahan batu leuca andesit ukuran berwarna abu-abu muda.

BOROBUDUR

LEMBAR 38

BOR : IV/10  
LOKASI : RUPADATU III-NE  
KETINGGIAN : ± 9,15M  
KEDALAMAN : 1500M

Satuan

Warna

Warna

Keterangan

Urug

10  
20

lajaklat tua  
lajaklat

Pasir lempungan agak lembek agak lekat mengandung fragmen batuan runjing dan kerikal membulat 0,2-0,5 cm.

Horizon A

30  
40

lajaklat hitam  
lajaklat tua

Lempung pasiran agak gembur.

Horizon B

50  
60

lajaklat merah  
lajaklat ungu  
kuning

Lempung pasiran agak lekat kental

Horizon C

70  
80  
90  
100  
110  
120  
130  
140  
150

lajaklat ungu  
kuning  
Kuning/putih  
agak abu<sup>2</sup>

Tuffa bersifat pasiran dengan sedikit batuan beku kuno kalis.

BOROBUDUR

LEMBAR 39

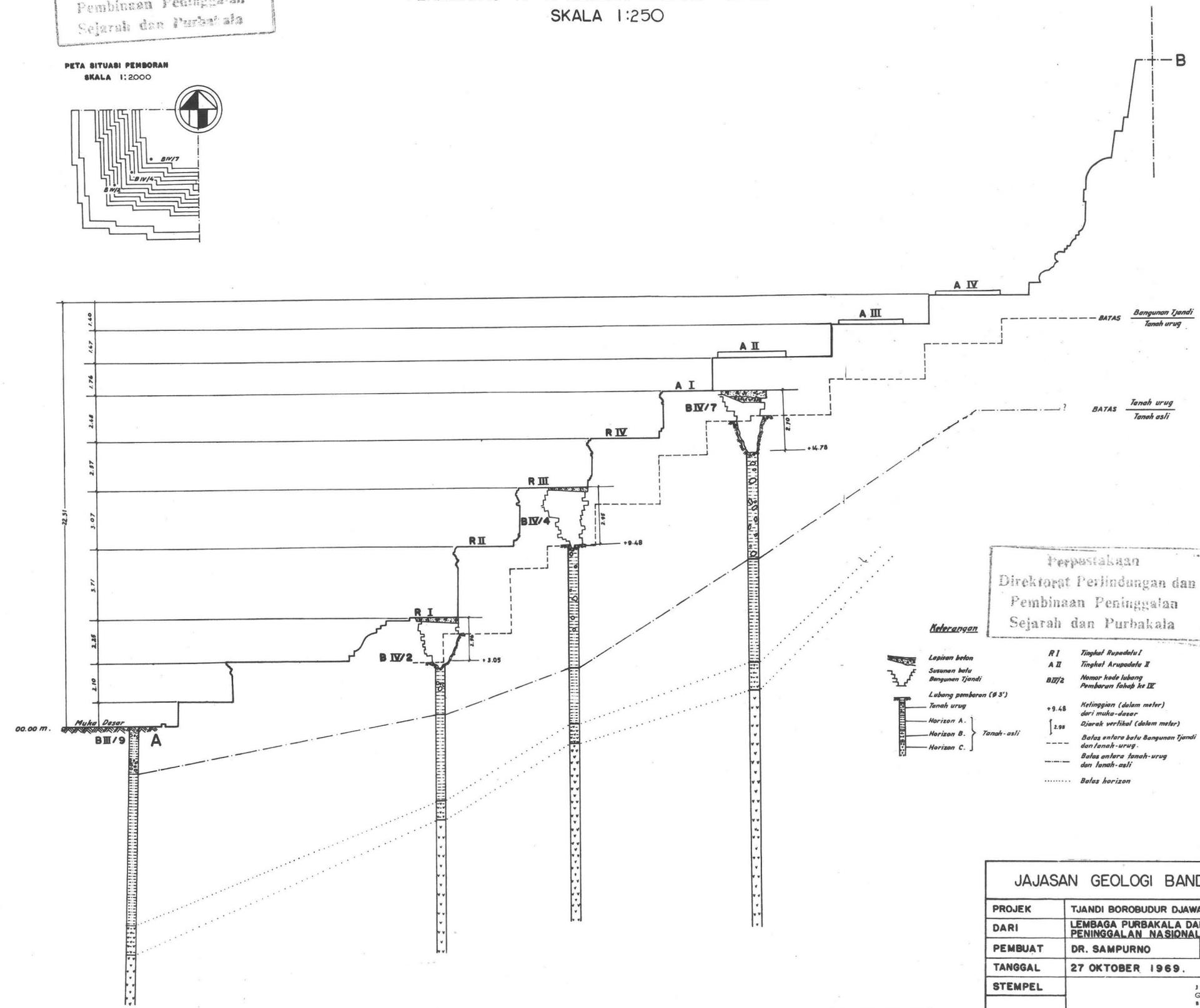
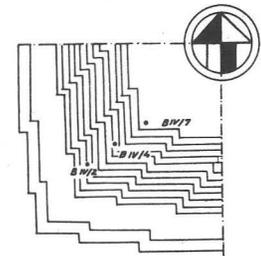
BOR : IV/II  
LOKASI : RUPADATU I-NE  
KETINGGIAN : 2.95 M  
KEDALAMAN : 10.00 M

Satuan	Kolom	Warna	Keterangan
Horizon A	10	Joklat tua	Lempung pasir-an-agak lembek-agak lekat.
Horizon B	10	Merah bata	Lempung pasir-an-agak lekat-kenyal.
	20	x x x	
		x x	
	30	x x x	
		x x	
	40	x x x	
		x x	
	50	x x x	
		x x	
	60	x x x	
		x x	
Horizon C	70	Joklat muda/ kuning	luffa-bersifat pasir-an-agak gembur dan lepas Kadang-agak lekat.
		x x	
	80	x x x	
		x x	
	90	x x x	
		x x	
	100	x x x	
		x x	
	110	x x x	
		x x	
	120	x x x	
		x x	
	130	x x x	
		x x	
	140	x x x	
		x x	
	150	x x x	

Perpustakaan  
 Direktorat Perlindungan dan  
 Pembinaan Peninggalan  
 Sejarah dan Purbakala

TJANDI BOROBUDUR  
 PENAMPANG A - B DENGAN LOBANG PEMBORAN  
 SKALA 1:250

PETA SITUASI PEMBORAN  
 SKALA 1:2000



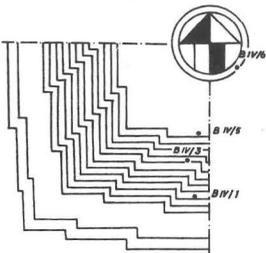
Perpustakaan  
 Direktorat Perlindungan dan  
 Pembinaan Peninggalan  
 Sejarah dan Purbakala

**Legenda**

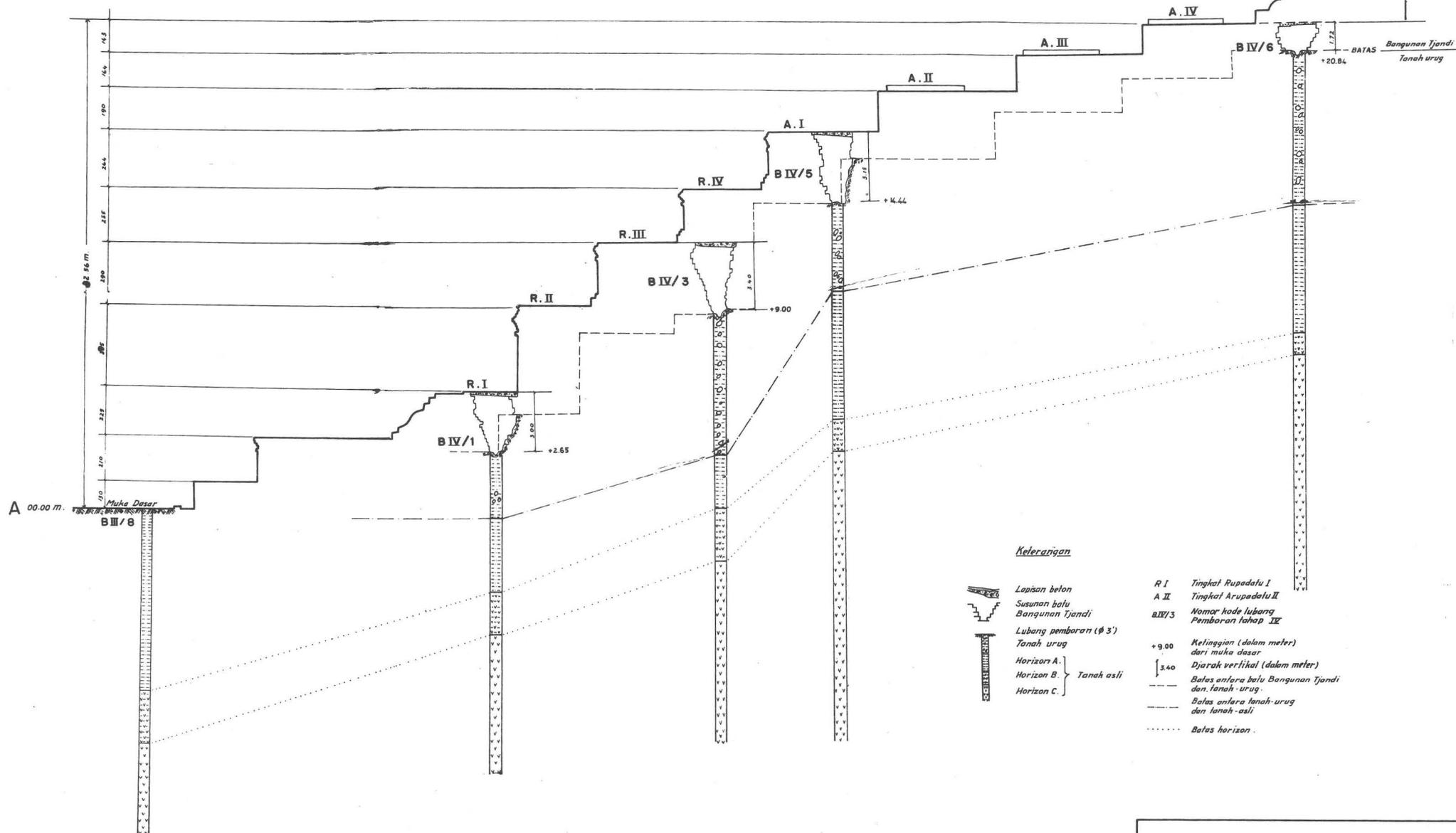
- Lapisan beton
- Susunan batu
- Bangunan Tjandi
- Lobang pembaran (9.3')
- Tanah urug
- Horizon A.
- Horizon B.
- Horizon C.
- R I
- A II
- BIV/2
- +9.48
- 2.98
- Batas antara batu Bangunan Tjandi dan tanah-urug.
- Batas antara tanah-urug dan tanah-asli
- Batas horizon

JAJASAN GEOLOGI BANDUNG	
PROJEK	TJANDI BOROBUDUR DJAWA - TENGAH
DARI	LEMBAGA PURBAKALA DAN PENINGGALAN NASIONAL
PEMBUAT	DR. SAMPURNO      PARAP: <i>Sak</i>
TANGGAL	27 OKTOBER 1969.
STEMPEL	JAJASAN GEOLOGI BANDUNG

PETA SITUASI PEMBORAN  
SKALA 1:2.000



TJANDI BOROBUDUR  
PENAMPANG A - B DENGAN LUBANG PEMBORAN  
SKALA 1:250

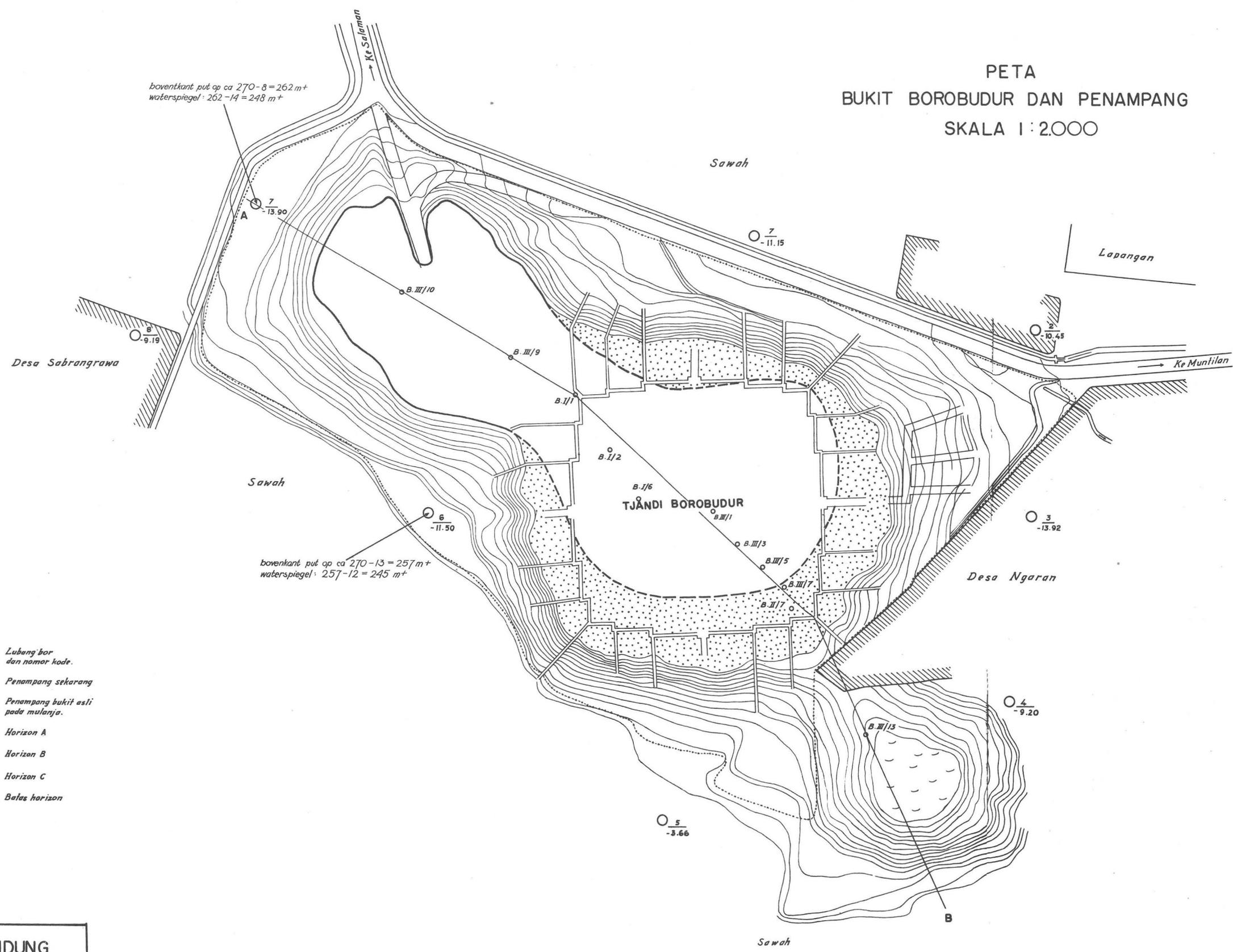


Keterangan

- Lapisan beton
  - Susunan batu Bangunan Tjandi
  - Lubang pemboran (ø 3')
  - Tanah urug
  - Horizon A. } Tanah asli
  - Horizon B. }
  - Horizon C. }
- R I Tingkat Rupadatu I
  - A II Tingkat Arupadatu II
  - B IV/3 Nomor kode lubang Pemboran tahap IV
  - +9.00 Ketinggian (dalam meter) dari muka dasar
  - 3.40 Jarak vertikal (dalam meter)
  - - - Batas antara batu Bangunan Tjandi dan tanah urug.
  - - - Batas antara tanah urug dan tanah asli
  - ..... Batas horizon

JAJASAN GEOLOGI BANDUNG	
PROJEK	TJANDI BOROBUDUR DJAWA - TENGAH
DARI	LEMBAGA PURBAKALA DAN PENINGGALAN NASIONAL
PEMBUT.	DR. SAMPURNO PARAP: 34r
TANGGAL	27 OKTOBER 1969
STEMPEL	JAJASAN GEOLOGI BANDUNG

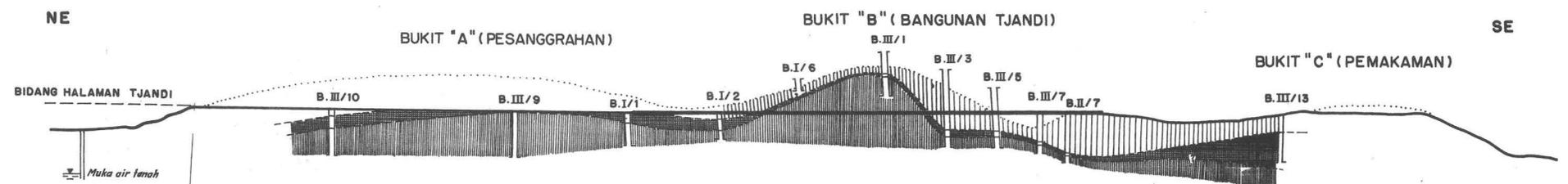
PETA  
 BUKIT BOROBUDUR DAN PENAMPANG  
 SKALA 1 : 2.000



**Keterangan**

- Garis kelinggian  
Beda tinggi 1m.
- Balas pefongan bukit asli  
pada kelinggian tersebut.
- Balas Bangunan Tjandi.
- Pemakaman
- Lubang sumur. No kode  
dan kedalaman, di atas
- A-B Paros penampang.
- B.III Kode lubang bor  
dan nomor kode.
- Tanah urug.
- Lubang bor  
dan nomor kode.
- Penampang sekarang
- Penampang bukit asli  
pada mulanya.
- Horizon A
- Horizon B
- Horizon C
- Balas horizon

JAJASAN GEOLOGI BANDUNG	
PROJEK	TJANDI BOROBUDUR DJAWA-TENGAH
DARI	LEMBAGA PURBAKALA DAS PENINGGALAN NASIONAL
PEMBUAT	DR. SAMPURNO      PARAP: <i>S.M.</i>
TANGGAL	27 OKTOBER 1969
STEMPEL	JAJASAN GEOLOGI BANDUNG





PEMB. LEMB. PET. 7°30' L.S.

a	b	c
e	f	g
i	k	l
o	p	

7°40' L.S.

3°20' 3°40'

Timur dari Djakarta

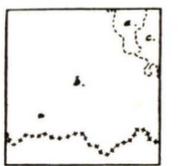
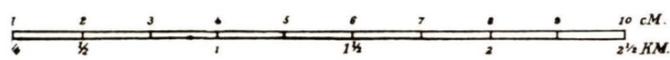
Skala 1:25000



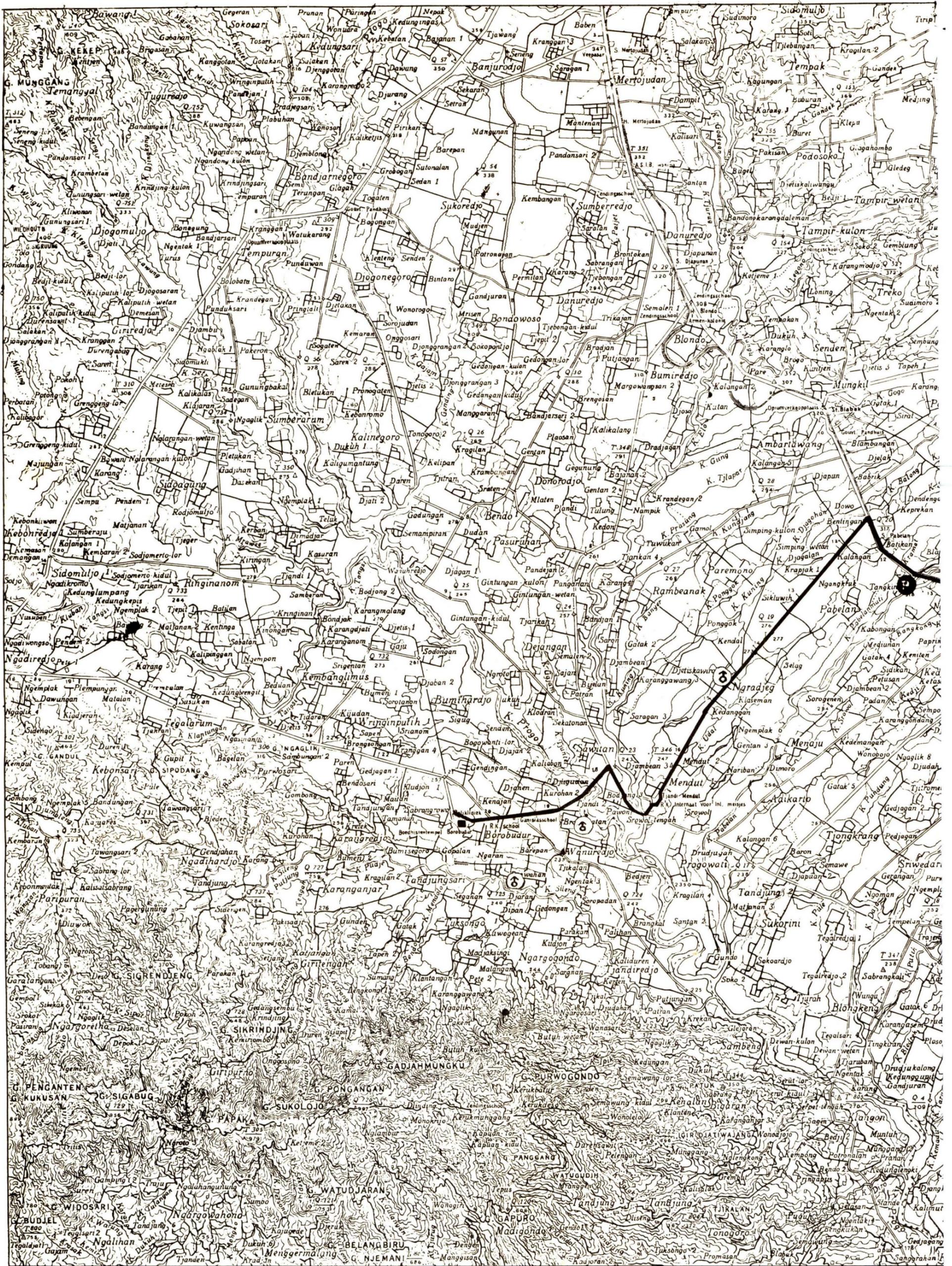


Direktorat Geologi Bandung

Skala 1:25000

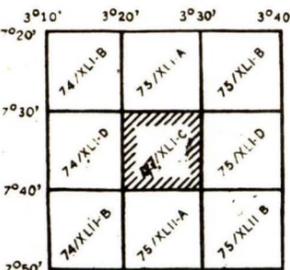
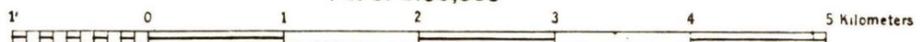


Kab. : Magelang.  
 a. Kawed. : Magelang.  
 b. " : Salaman.  
 c. " : Muntilan.

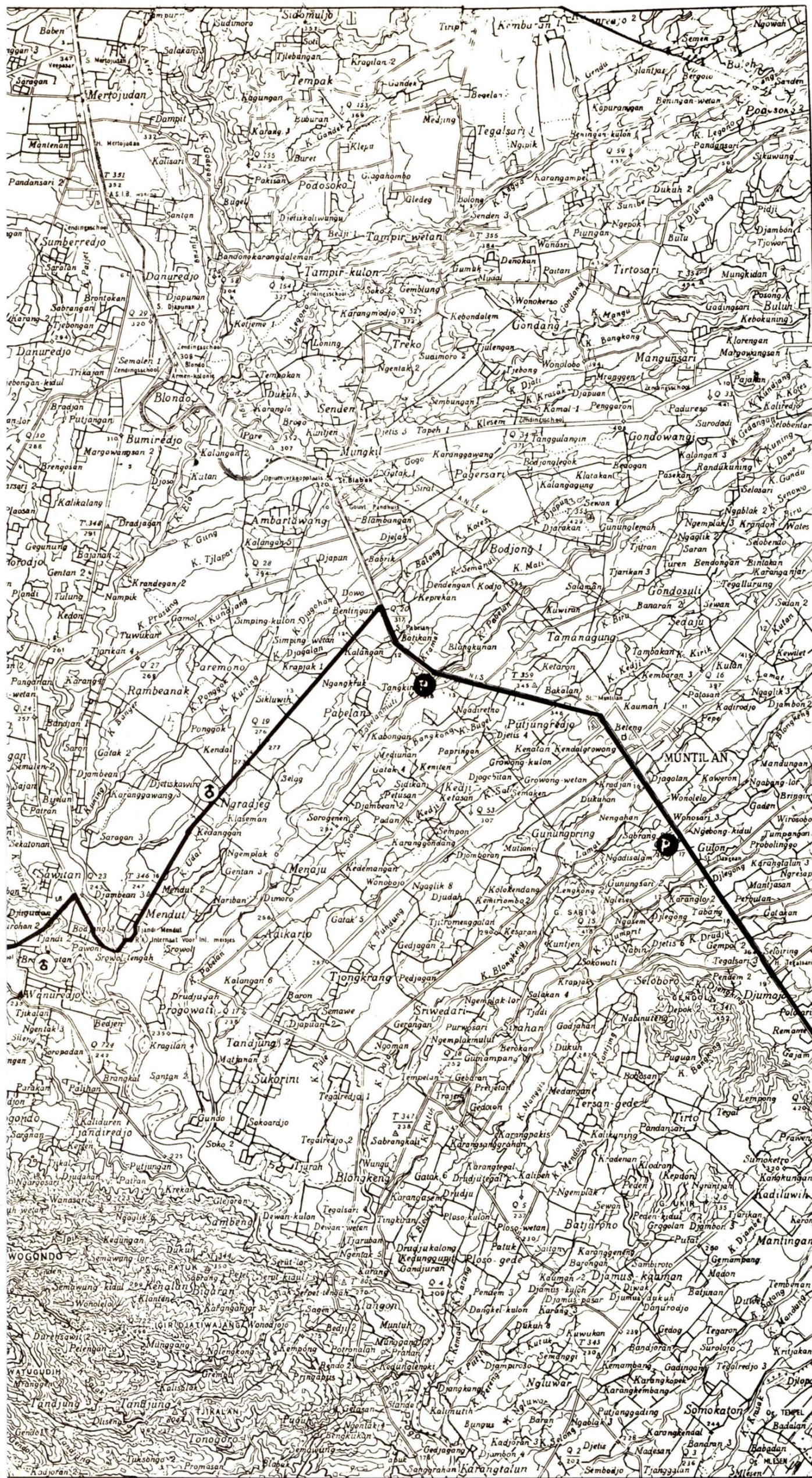


Perpustakaan  
 Direktorat Perencanaan dan  
 Pembinaan Peningkatan  
 Sejarah dan Purbakala

Perb: 1:50,000



- ⑥ mata-air
- Ⓟ endapan pasir/kerikil



Perb: 1:50,000

Djawatan Geologi Bandung



Perpustakaan  
Jenderal

72  
S