



JURNAL FORUM MEKANIKA

Volume 6 - Nomor 1

Mei 2017

ISSN : 2356-1491

SISTEM DRAINASE ALIRAN BAWAH TANAH UNTUK DAERAH RAWAN LONGSOR (STUDI KASUS SUB DAS SUNGAI CIKAPUNDUNG, BANDUNG)

ENDAH LESTARI

PERBANDINGAN BIAYA DAN DURASI PELAKSANAAN PEKERJAAN BEKISTING MULTIPLEKS DAN BATAKO PADA PEKERJAAN PILE CAP PROYEK DOUBLE – DOUBLE TRACK STASIUN MANGGARAI

HASTANTO SM; GILANG YULIANTO

ANALISIS KEAMANAN STRUKTUR BENDUNGAN DAN UNDERGROUND POWER HOUSE PLTA CIRATA JAWA BARAT

INDAH HANDAYASARI; IRMA SEPRIYANNA; NANDA YOGI SETIYANTO

STABILISASI TANAH RAWA MENGGUNAKAN LIMBAH GERGAJI KAYU DAN SERBUK LIMBAH BOTOL KACA TERHADAP PENINGKATAN NILAI CBR

IRMA WIRANTINA KUSTANTRIKA

EFISIENSI PENGGANTIAN PIPA PENSTOCK PLTA SIMAN DENGAN METODE WELDED LAP JOINT

RANTI HIDAYAWANTI

IDENTIFIKASI PENYEBAB RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG TINGGI HUNUIAN

(STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN CONDOTEL DAN APARTEMEN BHUVANA RESORT CIAWI, BOGOR)

RETNA KRISTIANA; HERMAWAN PRASETYO

PERILAKU BANGUNAN STRUKTUR BETON BERKOLOM MIRING TERHADAP GAYA GEMPA LATERAL

MUHAMMAD SOFYAN; RR. MEKAR AGENG KINASTI; ABDUL ROKHMAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN)

JURNAL FORUM MEKANIKA

VOL. 6 NO. 1

HAL. 1 - 60

JAKARTA, MEI 2017

ISSN : 2356-1491

ANALISIS KEAMANAN STRUKTUR BENDUNGAN DAN UNDERGROUND POWER HOUSE PLTA CIRATA JAWA BARAT

INDAH HANDAYASARI

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : indah.handayasari@sttpln.ac.id

IRMA SEPRIYANNA

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : irma.sepriyanna@sttpln.ac.id

NANDA YOGI SETIYANTO

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : 4nandayogi@gmail.com

Abstrak

PT PJB BPWC sebagai pengelola bangunan-bangunan penting di PLTA Cirata seperti bendungan, pusat pengendali bendungan, bangunan pelimpah, power house, bukit-bukit tumpu dan lain-lain, dalam pengoperasiannya memerlukan pemantauan untuk mengetahui perubahan dan perilaku dari bangunan yang dipantau tersebut. Pemantauan dilakukan dengan cara mengamati lokasi-lokasi tertentu secara rutin dan berkesinambungan melalui bantuan alat/instrumen maupun secara visual. PLTA Cirata memasang sekitar 20 jenis instrumentasi di bendungan dan underground power house yang digunakan untuk memantau tingkat keamanan struktur bangunan PLTA Cirata. Kegiatan pemantauan dan pemeliharaan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui secara dini gejala pergerakan dan perubahan-perubahan yang dapat membahayakan struktur bendungan, bangunan utama lainnya, maupun terhadap hal-hal yang dapat mengancam keselamatan jiwa manusia sehingga dapat dilakukan tindakan preventif guna menghindari kerusakan dan atau kerugian yang lebih besar. Berdasarkan pengukuran kelima instrumentasi seepage, inclinometer, piezometer, jointmeter, dan crackmeter menunjukkan hasil yang berada pada rentang nilai dibawah batas desain sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi keamanan struktur bendungan dan underground power house PLTA Cirata masih aman.

Kata Kunci : Struktur, Bendungan, Power House, Instrumen.

Abstract

PT PJB BPWC as the manager of important buildings in the Cirata hydro power plant such as dams, dam control centers, spillway buildings, power houses, hillbones and others, in its operation requires monitoring to know the changes and behavior of the monitored buildings. Monitoring is done by observing certain locations regularly and continuously through the aid of tools / instruments or visually. PLTA Cirata installed about 20 types of instrumentation in the dam and underground power house which is used to monitor the security level of Cirata hydropower building structure. Monitoring and maintenance activities are intended to identify early symptoms of movement and changes that could endanger dam structures, other major structures, as well as to things that could threaten the safety of the human psyche so that preventive action can be taken to avoid further damage or loss big. Based on the fifth measurement of seepage instrumentation, inclinometer, piezometer, jointmeter, and crackmeter showed results that are in the range of values below the design boundary so it can be concluded that the safety conditions of the dam structure and underground power house PLTA Cirata are still safe.

Keywords: Structure, Dams, Power House, Instruments.

I. Pendahuluan

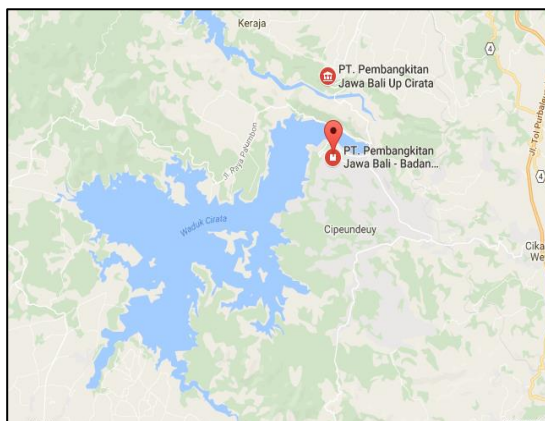
PLTA Cirata merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Air terbesar di Indonesia dengan jumlah daya listrik yang dihasilkan sebesar 1008 MW. Dalam pelaksanaan operasinya PLTA Cirata

mengandalkan energi potensial dan energi kinetik dari air Sungai Citarum yang ditampung di dalam Waduk Cirata. Air Sungai Citarum dibendung oleh Bendungan Cirata yang kemudian airnya digunakan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi listrik. Bendungan Cirata merupakan

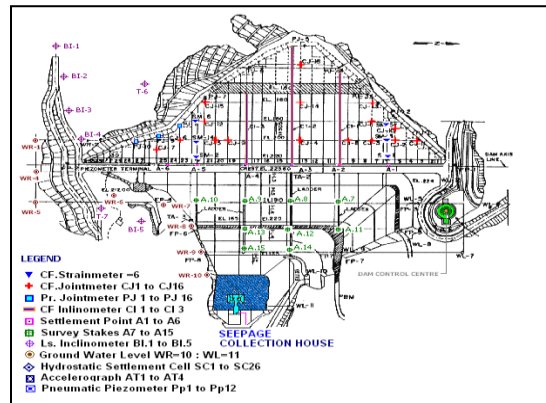
bendungan tertinggi di Indonesia dengan tipe *Concrete Face Rockfill Dam (CFRD)* yang memiliki ketinggian 126,5 m; panjang puncak 451,5 m dan lebar puncak 15 m (sumber: *Laporan OP PLTA Cirata, 2016*).

Selain memiliki bendungan, PLTA Cirata juga memiliki *underground power house* dimana fungsinya adalah untuk menyimpan semua mesin dan peralatan pembangkit tenaga listrik yang letaknya berada dibawah Bukit Cantayan Desa Cijati, Kecamatan Maniis, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Mengingat besarnya manfaat dari PLTA Cirata sebagai objek penghasil listrik nasional maka pemeliharaan (*maintenance*) merupakan hal yang wajib dilakukan untuk menjaga keberlangsungan operasi dan keamanan PLTA Cirata. Kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) tersebut dimaksudkan untuk mengetahui secara dini gejala pergerakan dan perubahan-perubahan yang dapat membahayakan struktur bendungan, bangunan utama lainnya, maupun terhadap hal-hal yang dapat mengancam keselamatan jiwa manusia sehingga dapat dilakukan tindakan *preventif* guna menghindari kerusakan dan atau kerugian yang lebih besar. Oleh karena itu pada saat pembangunan sampai selesai tahun 1988 PLTA Cirata memasang sekitar 20 jenis instrumentasi di bendungan dan *underground power house* yang digunakan untuk memantau tingkat keamanan struktur bangunan PLTA Cirata (sumber: *Laporan OP PLTA Cirata, 2016*).

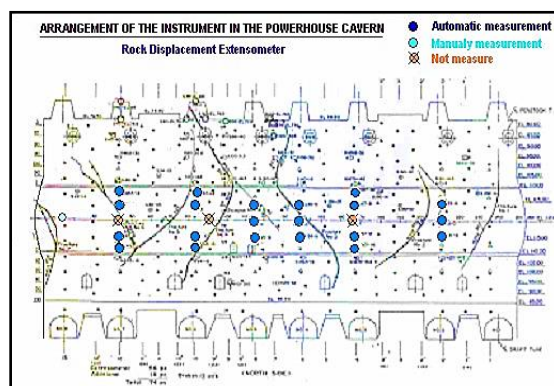
Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu diidentifikasi keamanan struktur bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata melalui analisis data hasil pemeriksaan instrumentasi yang digunakan sebagai alat pemantau keamanan struktur bangunan PLTA Cirata (*seepage, inclinometer, piezometer, jointmeter* dan *crackmeter*).



Gambar 1. Lokasi PLTA Cirata



Gambar 2. Letak Instrumen Pada Bendungan PLTA Cirata



Gambar 3. Letak Instrumen Pada *Underground Power House* PLTA Cirata

Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- Mengidentifikasi dan mengevaluasi hasil data pengukuran instrumen-instrumen pemantau keamanan bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata.
- Mengetahui tindak lanjut dari hasil pemantauan keamanan bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata sebagai upaya pengamanan masyarakat.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Lokasi penelitian pada PT Pembangkitan Jawa Bali Badan Pengelola Waduk Cirata (PT PJB BPWC)
- Pengukuran keamanan struktur bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata menggunakan data hasil pengukuran instrumen *Seepage, Inclinometer, Piezometer, Jointmeter*, dan *Crackmeter*.

II. Landasan Teori

Instrumentasi

a. *Seepage*

Seepage merupakan saluran yang digunakan untuk mengukur debit air rembesan dan dipasang di sebelah hilir dari bendungan. Air rembesan yang timbul di sumur pelepas tekan dikumpulkan di dalam suatu saluran dan diukur debitnya (Soedibyo,1993). Debit air rembesan bendungan dipantau pada bangunan *seepage* melalui instrumen V-Notch Thompson. Data Hasil pengamatan direpresentasikan dalam bentuk grafik kolerasi dengan parameter data pengamatan lain yang dimungkinkan mempengaruhi besaran debit rembesan seperti fluktuasi muka air waduk dan intensitas curah hujan.

b. *Inclinometer*

Inclinometer adalah alat yang digunakan untuk memantau gerakan horizontal dan penurunan tegak dari bendungan (Soedibyo,1993). *inclinometer* memiliki dua komponen yaitu casing *inclinometer* dan sistem pengukuran *Inclinometer*. Casing *inclinometer* merupakan pipa akses yang digunakan untuk memasukkan alat ke dalam lapisan tanah saat dilakukan pengukuran. Alur dalam casing mengontrol orientasi sensor *inclinometer* dan memberikan gambaran tentang kondisi tanah yang diukur. Casing *inclinometer* biasanya dipasang di lubang hasil pengeboran, ditanam di parit (*Inclinometer Horizontal*), dipasang dipermukaan beton atau melekat pada struktur.

c. *Piezometer*

Piezometer adalah alat pengukur tegangan air pori (*Pore pressure gauges*) yang digunakan untuk memantau tegangan air pori dan gaya tekan ke atas yang bekerja pada bendungan (Soedibyo,1993).

d. *Jointmeter*

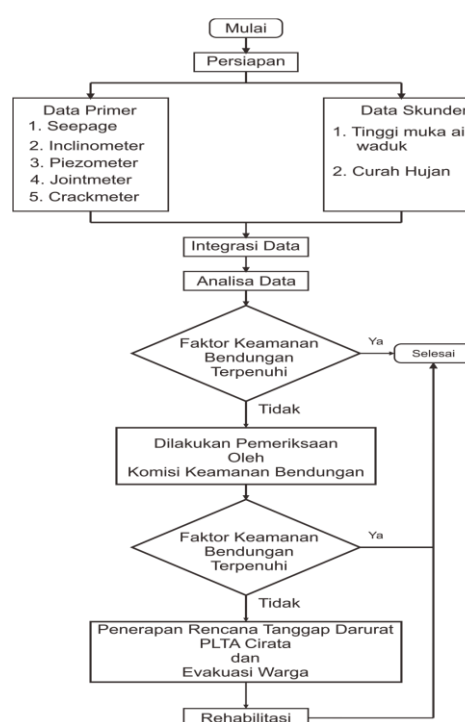
Jointmeter adalah alat yang digunakan untuk memantau segmen-segmen sambungan dan gerakan relatif horizontal dan vertikal antara blok satu dengan blok lainnya dan sepanjang blok sebelum dan selama sementasi berlangsung. Alat ini dipasang di tiap-tiap sambungan transversal dan sambungan memanjang di antara blok-blok beton di beberapa tempat tertentu seperti sambungan pada bendungan dan spillway.

e. *Creckmeter*

Creckmeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur pergerakan di permukaan *underground power house caver* yang diindikasikan dengan adanya retakan.

Pemeriksaan Keamanan Struktur Bendungan dan *Underground Powre House* PLTA Cirata

Pengukuran keamanan struktur bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata oleh PT. PJB BPWC dilaksanakan untuk menjamin keamanan operasional bendungan, kelestarian fungsi waduk dan keandalan operasi unit pembangkit PLTA Cirata, yang dikelola oleh PT. PJB UP Cirata. Pola operasi waduk Cirata mengikuti pola operasi waduk kaskade seri Citarum yang telah ditetapkan sesuai aturan/regulasi yang berlaku untuk memenuhi target yang ditetapkan. Adapun diagram alir pelaksanaan pengukuran keamanan struktur Bendungan dan *Underground Power House* PLTA Cirata dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Diagram Alir Pelaksanaan Pengukuran Keamanan Struktur Bendungan dan *Underground Power House* PLTA Cirata

III. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian dengan pengumpulan data pada masing-masing instrumen keamanan struktur bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata serta melakukan analisis dan evaluasi terhadap hasil identifikasi yang dilakukan. Adapun kebutuhan data sebagai berikut :

Data primer :

1. Data debit rembesan pada saluran *seepage*.
2. Grafik pergerakan tanah pada pembacaan instrumen *Inclinometer*.
3. Data pembacaan *piezometer*
4. Data regangan Bendungan PLTA Cirata dari hasil pemantauan instrumen *jointmeter*.

5. Data retakan *Underground Power House* PLTA Cirata dari hasil pemantauan instrumen *crackmeter*.

Data sekunder :

1. Data curah hujan rata-rata harian dari stasiun hidrologi cirata.
2. Tinggi muka air waduk Cirata.

IV. Analisis Dan Pembahasan

Data Pengukuran Rembesan, Tinggi Muka Air, dan Tinggi Muka Air Waduk Cirata

Berikut ini data hasil rembesan tubuh Bendungan PLTA Cirata, kondisi tinggi muka air Waduk Cirata, dan curah hujan PLTA Cirata pada periode pemantauan Mei 2016 sampai dengan April 2017 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

- a. Tabel rembesan tubuh bendungan PLTA Cirata bulan Mei 2016 sampai April 2017.

Tabel 1 Rembesan Tubuh Bendungan PLTA

Bulan	Debit (Liter/Detik)											
	Mei-16	Jun-16	Jul-16	Agust-16	Sep-16	Ok-16	Nop-16	Des-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17
1	1.82	3.40	4.40	1.50	0.90	6.90	6.90	1.10	0.80	0.80	0.90	3.02
2	1.40	3.90	4.40	1.50	0.90	6.90	6.90	1.10	0.80	0.80	0.90	3.02
3	1.40	3.90	4.40	1.50	0.90	6.90	6.90	1.10	0.80	0.80	0.90	3.02
4	1.40	3.90	4.40	1.50	0.90	6.90	6.90	1.10	0.80	0.80	0.90	3.02
5	1.40	3.40	1.80	1.80	0.90	6.90	6.90	1.10	0.80	1.00	3.00	3.00
6	1.40	1.80	1.80	1.80	0.90	6.90	6.90	5.00	0.80	3.40	-	2.20
7	4.40	1.80	1.80	0.430	6.90	3.90	3.40	0.80	3.40	-	4.40	-
8	4.40	18.90	1.80	1.30	77.80	6.90	1.80	0.80	2.50	-	4.40	-
9	4.40	7.70	1.80	1.10	1.10	6.90	3.90	1.80	0.60	2.50	-	4.40
10	5.00	5.00	1.80	1.30	6.90	15.30	3.90	1.80	0.60	2.50	-	3.40
11	5.00	5.00	1.30	1.30	6.90	15.30	3.90	1.80	0.60	2.20	-	3.40
12	4.40	4.40	1.30	1.30	2.50	15.30	3.90	1.80	0.80	5.60	3.40	-
13	4.40	3.40	1.30	1.30	2.50	15.30	3.90	1.80	0.80	6.20	3.90	2.20
14	4.40	3.40	1.40	1.40	21.70	15.30	13.10	2.20	0.80	5.60	3.90	2.20
15	3.40	3.40	1.40	0.80	18.90	15.30	13.10	2.20	0.80	4.40	3.40	2.50
16	3.40	3.90	1.40	0.80	10.10	15.30	13.10	2.20	0.50	3.90	3.40	4.30
17	4.40	3.90	1.40	0.80	6.90	3.00	13.10	2.20	0.50	6.90	1.70	4.40
18	4.40	31.20	1.20	0.80	6.20	3.00	13.10	2.20	0.50	5.60	8.40	5.60
19	4.40	14.10	1.20	0.80	3.90	3.00	13.10	2.20	0.50	5.00	6.90	4.40
20	4.40	6.20	1.30	1.00	4.40	3.00	13.10	2.20	0.50	6.20	4.40	4.40
21	4.40	6.20	1.30	1.00	4.40	3.00	13.10	2.20	0.50	6.20	4.40	4.40
22	4.40	9.30	2.80	0.80	4.40	3.00	15.30	2.20	0.50	6.20	4.40	4.40
23	21.70	3.90	1.40	0.80	4.40	6.90	17.70	2.20	2.50	4.40	4.40	3.00
24	7.70	10.00	6.90	0.80	4.40	6.90	17.70	2.20	2.50	4.40	4.40	3.00
25	6.20	10.00	3.90	0.80	4.40	6.90	17.70	2.20	2.50	4.40	4.40	3.00
26	4.70	7.10	3.90	0.80	2.50	6.90	17.70	1.50	2.20	4.40	4.40	3.00
27	4.40	4.40	3.90	0.80	2.50	6.90	17.70	1.50	2.50	11.10	3.00	5.60
28	4.40	5.00	3.00	1.00	6.20	6.90	11.10	1.30	2.20	11.10	3.00	4.40
29	3.40	6.90	1.10	0.80	6.90	6.90	11.10	1.30	2.20	3.00	4.40	3.00
30	3.40	4.40	3.00	0.60	6.90	6.90	11.10	1.30	0.80	3.00	3.40	3.00
31	3.40	2.80	0.80	0.80	6.90	6.90	1.30	0.80	3.00	3.00	3.00	3.00
Rata-rata	1.19	5.51	2.89	0.92	6.48	8.33	12.20	1.90	1.08	4.32	5.11	3.80

Hasil pengukuran rembesan tubuh bendungan PLTA Cirata rembesan yang terjadi pada bulan mei 2016 sampai dengan april 2017 didapatkan rata-rata rembesan antara 1,19 liter/detik sampai 12,26 liter/detik.

- b. Tabel tinggi muka air bendungan PLTA Cirata bulan Mei 2016 sampai April 2017.

Tabel 2. Tinggi Muka Air Waduk Cirata

Bulan	Elevasi (m)											
	Mei-16	Jun-16	Jul-16	Agust-16	Sep-16	Ok-16	Nop-16	Des-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17
1	218.85	219.47	218.10	217.17	215.61	216.87	219.75	218.92	216.88	215.86	217.58	218.20
2	218.94	219.41	218.08	217.01	215.57	217.16	219.73	218.62	217.05	216.08	217.49	218.23
3	218.78	219.36	217.93	216.84	215.53	217.58	219.74	218.42	217.07	216.06	217.54	218.38
4	218.92	219.22	218.29	216.74	215.62	217.84	219.69	218.04	216.92	216.07	217.43	218.41
5	218.91	219.26	218.57	216.66	215.88	218.18	219.49	217.99	217.05	216.09	217.32	218.35
6	218.69	219.43	218.61	216.63	215.79	218.50	219.39	217.62	217.04	216.23	217.64	218.30
7	218.35	219.43	218.62	216.67	215.69	218.76	219.42	217.14	216.88	216.28	217.63	218.28
8	218.24	219.69	218.64	216.65	215.90	219.00	219.23	216.84	216.63	216.28	218.00	218.08
9	218.20	219.80	218.66	216.61	215.99	219.08	219.36	216.46	216.81	216.34	218.23	217.90
10	218.26	219.69	218.64	216.56	215.88	219.38	219.76	216.24	216.62	216.56	218.30	217.86
11	218.39	219.50	218.65	216.48	215.58	219.43	219.78	216.35	216.56	216.63	218.19	217.86
12	218.49	219.36	218.66	216.33	215.13	219.26	219.84	216.71	216.43	216.76	218.13	217.93
13	219.90	219.37	218.65	216.25	214.71	219.27	219.67	216.93	216.15	216.98	218.10	218.19
14	218.64	219.34	218.65	216.36	214.27	219.34	219.62	216.66	215.86	216.90	218.17	218.51
15	218.80	219.33	218.64	216.36	214.49	219.35	219.83	216.52	215.71	216.94	218.36	218.79
16	219.97	219.36	218.64	216.26	214.49	219.40	219.79	216.20	215.69	217.18	218.43	219.06
17	219.90	219.26	218.67	216.11	213.44	219.43	219.79	216.00	215.63	217.58	218.64	219.15
18	218.31	219.26	218.61	216.06	214.75	219.40	219.64	216.08	215.69	217.28	218.45	219.01
19	219.98	219.54	218.80	215.98	214.71	219.52	219.68	216.36	215.60	217.06	218.76	219.17
20	218.45	219.44	218.77	215.90	215.07	219.56	219.61	216.30	215.39	216.93	218.99	219.54
21	218.42	219.25	218.71	215.81	213.21	219.46	219.62	216.23	215.18	216.96	219.05	219.52
22	219.35	219.10	218.58	215.74	215.38	219.52	219.72	216.03	215.30	217.50	218.96	219.45
23	219.57	218.81	218.66	215.61	215.61	219.53	219.87	215.97	215.60	217.53	218.85	219.57
24	219.35	218.43	218.70	215.53	215.94	219.54	219.58	215.98	215.56	217.51	218.78	219.66
25	219.54	218.17	218.87	215.52	216.37	219.59	219.41	216.00	215.48	217.57	218.64	219.68
26	219.65	218.07	218.58	215.53	216.60	219.59	219.20	216.20	215.39	217.76	218.61	219.52
27	219.84	218.04	218.41	215.43	216.58	219.62	219.10	216.40	215.40	218.01	218.68	219.74
28	219.39	217.94	218.05	215.54	216.63	219.66	218.99	215.56	215.45	217.78	218.76	219.76
29	219.96	0.00	217.78	215.58	216.56	219.74	218.74	216.69	215.58	218.75	219.75	219.75
30	219.95	0.00	217.55	215.56	216.56	219.68	218.87	216.69	215.67	218.60	219.74	219.74
31	219.35	217.34	215.63	215.63	215.63	219.75	218.92	216.69	215.73	218.40	218.40	218.40
Awal	216.88	219.47	218.10	217.17	215.61	216.87	219.75	218.92	216.88	215.86	217.58	218.20

Dalam pengukuran tinggi muka air yang dilakukan oleh bidang hidrologi hasil yang digunakan atau dijadikan acuan adalah kondisi pada awal bulan karena konsisi tersebut merupakan kondisi elevasi yang dianggap paling ideal untuk digunakan sebagai acuan pengukuran selama satu bulan kedepan, pada bulan mei 2016 sampai dengan april 2017 hasil pengukuran elevasi tinggi muka air waduk yang didapatkan berada dikisaran 215,61 m sampai dengan 219,75 m.

- c. Tabel curah hujan PLTA Cirata bulan Mei 2016 sampai April 2017.

Tabel 3 Curah Hujan PLTA Cirata

Index	Hujan (mm)											
	Mei-16	Jun-16	Jul-16	Agust-16	Sep-16	Ok-16	Nop-16	Des-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17
1	0.0	0.0	4.00	1.50	0.60	6.90	6.90	0.00	0.00	6.0	11.00	8.57
2	0.0	0.0	0.00	1.50	0.80	6.90	6.90	11.10	0.00	0.0	21.00	7.77
3	0.0	0.0	1.00	1.80	0.80	6.90	6.90	11.10	0.00	0.0	1.00	7.77
4	0.0	0.0	1.30	1.80	1.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.0	0.00	3.44
5	0.0	0.0	1.00	1.80	0.80	0.00	0.00	0.00	19.00	0.0	0.00	3.44
6	41.0	16.5	0.00	1.80	0.80	0.00	0.00	5.00	0.00	36.5	36.50	1.21
7	29.5	23.0	0.00	1.80	0.43	0.00	3.90	3.40	0.00	2.0	18.50	7.53
8	6.0	0.0	0.00	1.30	27.80	0.00	3.90	1.80	0.00	0.0	11.00	1.78
9	17.0	0.0	0.00	1.30	11.10	0.00	3.90	1.80	0.00	3.5	12.00	4.93
10	0.0	0.0	0.00	1.30	6.90	15.30	3.90	1.80	0.00	0.0	1.00	39.77
11	0.0	0.0	15.50	1.30	5.00	0.00	0.00	1.80	0.00	22.5	0.00	37.03
12	5.5	0.0	4.30	1.30	2.50	0.00	0.00	1.80	0.00	20.2	0.00	8.78
13	0.0	0.0	0.00	1.30	2.50	0.00	13.10	1.80	0.00	24.2	0.00	9.07
14	0.0	0.0	0.00	1.40	21.70	0.00	13.10	2.20	0.00	0.0	0.00	1.69
15	4.0	0.0	8.00	0.80	18.90	0.00	13.10	2.20	0.00	9.5	0.00	16.34
16	26.5	8.5	2.50	0.80	10.10	0.00	13.10	2.20	0.00	37.0	7.50	5.60
17	1.5	64.0	4.00	0.80	9.90	3.90	13.10	2.20	0.00	0.0	53.50	13.93
18	0.0	11.0	0.00	0.80	6.20	0.00	13.10	2.20	0.00	0.0	21.00	7.77
19	0.0	0.0	1.50	0.80	3.90	0.00	0.00	2.20	0.00	0.0	1.00	21.93
20	14.0	0.0	0.00	0.80	4.40	0.00	0.00	2.20	0.00	21.0	0.00	7.77
21	15.0	19.5	33.00	1.00	4.40	0.00	0.00	2.20	0.00	12.0	24.50	12.22
22	66.5	11.5	5.0	0.00	0.00	0.00	11.0	2.20	0.00	0.0	0.00	1.69
23	0.0	11.3	0.00	0.80	4.40	0.00	17.70	2.20	0.00	2.5	0.00	3.87
24	32.5	0.0	0.00	0.80	4.40	6.90	0.00	2.20	8.50	14.5	4.00	1.60
25	0.0	0.0	2.5	0.80	4.40	6.90	0.00	2.20	8.50	14.5	4.00	1.60
26	0.0	1.0	0.00	0.80	2.50	0.00	0.00	1.50	0.00	31.5	5.00	1.50
27	10.0	0.0	0.00	0.80	2.50	0.00	0.00	1.50	0.00	31.5	5.00	1.50
28	0.0	0.00	0.00	1.00	6.20	0.00	11.10	1.30	4.00	4.00	0.00	1.60
29	0.0	0.0	0.00	0.60	0.00	0.00	11.10	1.30	4.00	4.00	0.00	1.60
30	15.0	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	11.10	1.30	4.00	4.00	0.00	1.60
31	46.0	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	11.10	1.30	4.00	4.00	11.50	23.60
Jumlah	460	218.0	127.10	34.80	180.13	52.90	168.10	70.00	46.00	202.40	237.00	300.80

Data Pengukuran Tekanan Air Pori pada Kaki Bendungan Cirata dengan Piezometer

Rekapitulasi data pengukuran *Stand Pipe Piezometer* (SPP) dan *Vibrating Wire Piezometer* (VWP) pada hilir Bendungan Cirata Mei 2016 sampai dengan April 2017 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Database Pengukuran Piezometer Mei 2016 s.d April 2017

Tanggal	Elevasi		
	SPP1	SPP3	VWP
02-May-16	110.96	110.86	110.86
06-Jun-16	111.063	110.878	110.92
25-Jul-16	111.053	110.908	110.97
15-Ags-16	110.963	110.858	110.95
05-Sep-16	110.963	110.878	110.97
31-Oct-16	111.053	110.938	111.07
01-Nov-16	111.113	110.978	111.06
05-Dec-16	108.913	110.978	111.06
04-Jan-17	110.973	110.848	111.04
20-Feb-17	111.033	111.678	111.15
21-Mar-17	111.063	112.578	111.15
3-Apr-17	111.003	110.878	111.19

Dari hasil pengukuran piezometer pada bulan Mei 2016 sampai April 2017 didapatkan nilai elevasi stand pipe piezometer 1 antara 108,913 m samapai 111,113 m, stand pipe piezometer 3 antara 110,848 m sampai 112,578 m, dan vibrating wire piezometer antara 110,86 m sampai 111,19 m.

Data Pengukuran Displacement Pada Bendungan dan Spillway PLTA Cirata dengan Jointmeter

Rekapitulasi data pengukuran *Jointmeter* pada Dam Crest dan spillway Bendungan Cirata Juni 2016 sampai dengan April 2017 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

- a. Tabel pengukuran jointmeter titik DC-1 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 5. Pengukuran Jointmeter Titik DC-1

Tanggal	DC - 1					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	7.730	3.750	21.080	-7.370	-1.180	13.410
12-Jul-16	7.700	3.820	21.080	-7.400	-1.110	13.410
02-Agust-16	7.710	3.810	21.070	-7.390	-1.120	13.400
05-Sep-16	7.750	3.900	21.100	-7.350	-1.030	13.430
04-Okt-16	7.750	3.810	21.080	-7.350	-1.120	13.410
04-Nop-16	7.730	3.790	21.080	-7.370	-1.140	13.410
22-Dec-16	7.700	3.800	21.110	-7.400	-1.130	13.440
03-Jan-17	7.690	3.840	21.060	-7.410	-1.090	13.390
1-peb-17	7.740	3.720	21.070	-7.360	-1.210	13.400
02-Mar-17	7.590	3.720	21.070	-7.510	-1.210	13.400
03-Apr-17	7.720	3.880	21.080	-7.380	-1.050	13.410

Hasil pengukuran jointmeter titik DC-1 pada bulan juni 2016 sampai dengan april 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B -7,510 mm, C-D -1,210 mm, Z 13,440 mm.

- b. Tabel pengukuran jointmeter titik DC-2 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 6 Pengukuran Jointmeter Titik DC-2

Tanggal	DC - 2					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	5.240	2.150	8.540	-0.010	0.010	-1.340
12-Jul-16	5.220	2.190	8.510	-0.030	-2.870	-1.370
02-Agust-16	5.150	2.180	8.510	-0.100	-2.880	-1.370
05-Sep-16	5.150	2.170	8.500	-0.100	-2.890	-1.380
04-Okt-16	5.190	2.190	8.510	-0.060	-2.870	-1.370
04-Nop-16	5.180	2.180	8.560	-0.070	-2.880	-1.320
22-Dec-16	5.250	2.200	8.500	0.000	-2.860	-1.380
03-Jan-17	5.210	2.200	8.620	-0.040	-2.860	-1.260
1-peb-17	5.250	2.120	8.520	0.000	-2.940	-1.360
02-Mar-17	5.250	2.150	8.520	0.000	-2.910	-1.360
03-Apr-17	5.220	2.180	8.520	-0.030	-2.880	-1.360

Hasil pengukuran jointmeter titik DC-2 pada bulan juni 2016 sampai dengan april 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B -0,1 mm, C-D -2,940 mm, Z -1,380 mm.

- c. Tabel pengukuran jointmeter titik DC-3 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 7. Pengukuran Jointmeter Titik DC-3

Tanggal	DC - 3					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	11.060	11.940	6.610	1.000	-0.080	-3.970
12-Jul-16	11.600	12.800	6.650	1.540	2.080	-3.930
02-Agust-16	11.050	12.050	6.630	0.990	1.330	-3.950
05-Sep-16	11.600	12.200	6.650	1.540	1.480	-3.930
04-Okt-16	11.030	12.980	6.630	0.970	2.260	-3.950
04-Nop-16	11.050	12.960	6.640	0.990	2.240	-3.940
22-Dec-16	11.100	11.700	6.700	1.040	0.980	-3.880
03-Jan-17	11.010	12.150	6.630	0.950	1.430	-3.950
1-peb-17	11.040	11.830	6.630	0.980	1.110	-3.950
02-Mar-17	11.010	11.800	6.630	0.950	1.080	-3.950
03-Apr-17	11.030	12.000	6.630	0.970	1.280	-3.950

Hasil pengukuran jointmeter titik DC-3 pada bulan juni 2016 sampai dengan april 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B 1,540 mm, C-D 2,260 mm, Z -3,970 mm.

- d. Tabel pengukuran jointmeter titik SC-1 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 8. Pengukuran Jointmeter Titik SC-1

Tanggal	SC - 1					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	10.190	13.710		-4.810	4.410	
12-Jul-16	10.180	13.620		-4.820	4.320	
02-Agust-16	10.200	13.640		-4.800	4.340	
05-Sep-16	10.190	13.740		-4.810	4.440	
04-Okt-16	10.130	13.660	18.720	-4.870	4.360	
04-Nop-16	10.190	13.600	18.730	-4.810	4.300	3.04
22-Dec-16	10.180	13.730	18.750	-4.820	4.430	3.02
03-Jan-17	10.160	14.800	18.730	-4.840	5.500	3.04
1-peb-17	10.190	13.610	18.190	-4.810	4.310	3.58
02-Mar-17	10.200	13.540	18.730	-4.800	4.240	3.040
03-Apr-17	10.200	13.620	18.730	-4.800	4.320	3.040

Hasil pengukuran jointmeter titik SC-1 pada bulan Juni 2016 sampai dengan April 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B -4,870 mm, C-D 5,500 mm, Z 3,58 mm.

- e. Tabel pengukuran jointmeter titik SC-2 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 9. Pengukuran Jointmeter Titik SC-2

Tanggal	SC - 2					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	14.330	14.380		-0.190	0.110	
12-Jul-16	14.350	14.470		-0.170	0.200	
02-Agust-16	14.400	14.460		-0.120	0.190	
05-Sep-16	14.350	14.190		-0.170	-0.080	
04-Okt-16	14.350	14.520	14.950	-0.170	0.250	
04-Nop-16	14.320	14.450	14.950	-0.200	0.180	0.00
22-Des-16	14.330	14.470	15.650	-0.190	0.200	-0.70
03-Jan-17	14.350	14.510	15.950	-0.170	0.240	-1.00
1-peb-17	14.340	14.430	14.950	-0.180	0.160	0.00
02-Mar-17	14.350	14.470	14.950	-0.170	0.200	0.000
03-Apr-17	14.350	14.450	14.930	-0.170	0.180	0.020

Hasil pengukuran jointmeter titik SC-2 pada bulan juni 2016 sampai dengan April 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B -0,190 mm, C-D 0,240 mm, Z -1,00 mm.

- f. Tabel pengukuran jointmeter titik SC-3 bulan Juni 2016 sampai April 2017.

Tabel 10. Pengukuran Jointmeter Titik SC-3

Tanggal	SC - 3					
	Pengukuran			Pergerakan		
	A-B	C-D	Z	A-B	C-D	Z
07-Jun-16	20.940	12.730		5.130	-0.200	
12-Jul-16	20.850	13.830		5.040	0.900	
02-Agust-16	20.820	13.910		5.010	0.980	
05-Sep-16	20.170	13.290		4.360	0.360	
04-Okt-16	20.830	13.130	17.320	5.020	0.200	
04-Nop-16	20.930	13.600	17.730	5.120	0.670	-0.72
22-Des-16	21.180	13.090	17.310	5.370	0.160	-0.30
03-Jan-17	21.750	13.290	17.380	5.940	0.360	-0.37
1-peb-17	21.120	13.080	17.320	5.310	0.150	-0.31
02-Mar-17	21.860	12.750	17.290	6.050	-0.180	-0.280
03-Apr-17	20.790	12.820	17.370	4.980	-0.110	-0.360

Hasil pengukuran jointmeter titik SC-3 pada bulan juni 2016 sampai dengan april 2017 pergerakan terbesar pada sumbu A-B 6,050 mm, C-D 0,980 mm, Z 0,72 mm.

Data Pengukuran Retakan pada Underground Power House PLTA Cirata dengan Crackmeter

Rekapitulasi data pengukuran Crackmeter pada underground power house PLTA Cirata Februari 2017 sampai dengan April 2017 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

- a. Tabel pengukuran crackmeter manual bulan bebruari 2017.

Tabel 11. Pengukuran Crackmeter Manual Bulan Februari 2017

PENGUKURAN CRACK METER MANUAL UNDERGROUND POWER HOUSE PLTA CIRATA BULAN FEBRUARI 2017						
NO	TANGGAL	LOKASI	HORIZONTAL		VERTICAL	KETERANGAN
			(+)	(-)		
1	9 FEBRUARI 2017	C-124-0	0.0	0.1	-	
2		C-130-0	0.1	0.0	-	
3		N-133-3	0.0	0.0	-	
4		N-147-6	1.1	0.0	-	
5		N-149-8	0.0	0.0	-	
6		S-176-8	0.0	0.2	-	
7		S-214-8	0.0	0.5	-	
8		S-222-2	0.0	0.5	-	
9		C-224-0	0.1	0.0	-	
10		S-236-1	0.0	0.0	-	
11		S-245-1				

Hasil pengukuran crackmeter manual pada bulan Februari 2017 didapatkan nilai retakan sebesar 0,0 sampai 1,1 mm

- b. Tabel pengukuran crackmeter manual bulan maret 2017.

Tabel 12. Pengukuran Crackmeter Manual Bulan Maret 2017

PENGUKURAN CRACK METER MANUAL UNDERGROUND POWER HOUSE PLTA CIRATA BULAN MARET 2017						
NO	TANGGAL	LOKASI	HORIZONTAL		VERTICAL	KETERANGAN
			(+)	(-)		
1	23 Maret 2017	C-124-0	0.0	0.1	-	Peralatan yang dibawa
2		C-130-0	0.1	0.1	-	pada pengukuran selanjutnya
3		N-133-3	0.0	0.0	-	1. Spidol permanen
4		N-147-6	1.1	0.0	-	2. Ploxx
5		N-149-8	0.0	0.0	-	3. Senter 2 buah
6		S-176-8	0.0	0.0	-	4. HT
7		S-214-8	0.0	0.5	-	5. Tabel crackmeter baru
8		S-222-2	0.0	0.5	-	
9		C-224-0	0.0	0.2	-	
10		S-236-1	0.0	0.0	-	
11		S-245-1	0.0	0.1	-	

Hasil pengukuran crackmeter manual pada bulan maret 2017 didapatkan nilai retakan sebesar 0,0 sampai 1,1 mm.

- c. Tabel pengukuran crackmeter semi-otomatis PLTA Cirata.

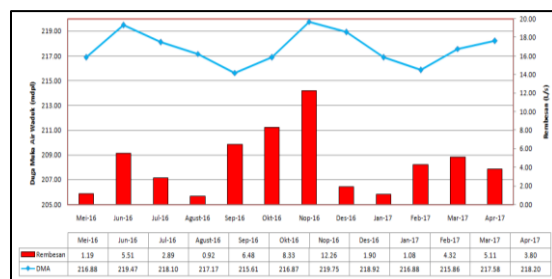
Tabel 13. Pengukuran Crackmeter Semi-otomatis PLTA Cirata

HASIL CRACKMETER SEMI-OTOMATIS UNDERGROUND POWER HOUSE PLTA CIRATA					
NO	Grup Sensor	Status	Nilai (mm)	Lokasi	Keterangan
1	STD29M-STD52M	Max	0.322	N52-10	16 Maret 2017
		Min	-0.363	S29-10	16 Maret 2017
2	STD77M-STD94	Max	0.205	N88-04	16 Maret 2017
		Min	0.000	S77-12	09 Februari 2017
3	STD99M-STD129M	Max	0.372	N111-06	09 Februari 2017
		Min	-0.015	C113-0(1)	16 Maret 2017
4	STD175M-STD176M	Max	0.004	N175-01	09 Februari 2017
		Min	-0.201	N176-01	16 Maret 2017
5	STD211M-STD225M	Max	0.000	N211-02	16 Maret 2017
		Min	-0.372	C225-00	16 Maret 2017
6	STD233M-STD245M	Max	0.225	C239-00	09 Februari 2017
		Min	-0.520	N236-08	16 Maret 2017
Desain Max 3.00 mm		Max	0.372		
		Min	-0.520		
		Rata-rata	0.446		

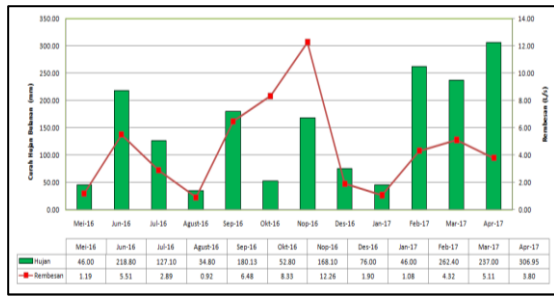
Hasil pengukuran crackmeter semi-otomatis PLTA Cirata retakan rata-rata sebesar 0,446 mm.

Hasil Pengukuran Rembesan Bendungan PLTA Cirata

Dari hasil pengukuran rembesan Bendungan PLTA Cirata yang didapatkan selanjutnya data tersebut dikolerasikan dengan data tinggi muka air waduk dan curah hujan di PLTA Cirata. Kolerasi rembesan Bendungan Cirata dengan tinggi muka air dan curah hujan pada PLTA cirata periode bulan Mei 2016 sampai dengan April 2017 dapat direpresenrasikan pada grafik dibawah ini.

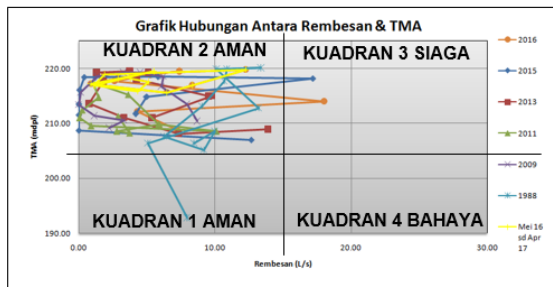


Gambar 5. Hubungan Antara Nilai Rembesan dan Tinggi



Gambar 6. Hubungan Antara Nilai Rembesan dan Curah Hujan PLTA Cirata

Dari Grafik Hubungan Antara Nilai Rembesan dan Tinggi Muka Air Bendungan PLTA Cirata dapat diperoleh informasi bahwa debit rembesan tidak dipengaruhi oleh tinggi muka air waduk, debit rembesan bendungan lebih dipengaruhi oleh curah hujan seperti yang terdapat pada Grafik Hubungan Antara Nilai Rembesan dan Curah Hujan PLTA Cirata.

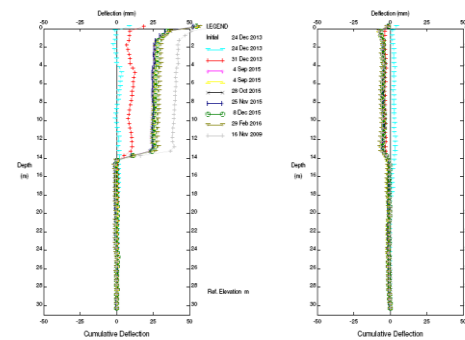


Gambar 7. Histerisis Perbandingan Rembesan Terhadap Tinggi Muka Air

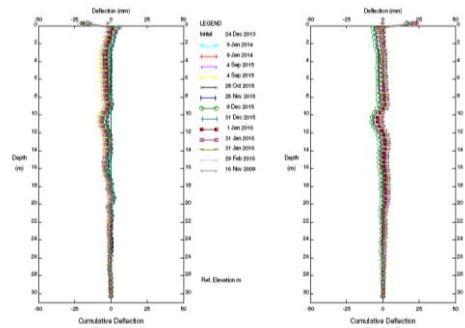
Pada gambar 7 dapat diketahui bahwa dari Tahun 1988 sampai April 2017 keadaan rembesan masih dalam keadaan aman dan 2 titik pernah menunjukkan rembesan dalam keadaan siaga. Pengamatan visual kondisi air rembesan pada saluran *seepage* masih dalam keadaan bersih dan tidak ada partikel dari bendungan yang terbawa oleh air rembesan. Dari hasil pengukuran diatas menunjukkan bahwa debit rembesan bendungan yang terjadi sebagian besar berasal dari air hujan yang terinfiltrasi kedalam tubuh bendungan dan merembes kedalam *seepage collection*. Selain itu dilihat dari Grafik Histerisis Rembesan Terhadap Tinggi Muka Air dapat disimpulkan bahwa rembesan bendungan selama ini dari Tahun 1988 sampai dengan April 2017 masih dalam kondisi aman karena masih dalam kisaran kuadran 1 sampai 3 yang artinya masih dalam kondisi normal. Secara visual, air rembesan bendungan jernih, tidak membawa material bawaan, dan tidak berbau. Hal ini menunjukkan tidak terjadi gerusan atau erosi buluh (*piping*) di dalam tubuh bendungan.

Hasil Pengukuran Gerakan Tanah pada Bukit Tumpu Kanan PLTA Cirata

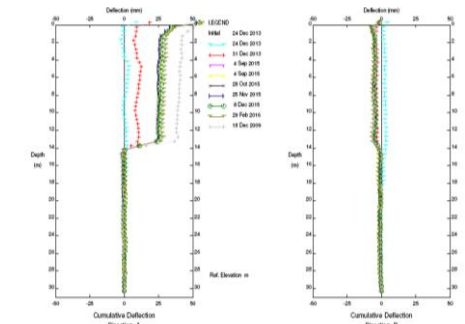
Hasil pengukuran *inclinometer* diolah menjadi grafik yang menunjukkan besarnya pergeseran tanah dan posisi kedalaman pergeseran. Konversi hasil pengukuran *inclinometer* dapat dilihat pada grafik Hasil Pengukuran *Inclinometer* DI-01 Bulan Februari. Dari Gambar 8 didapat pergerakan pada tanah di titik DI-01 terjadi pada kedalaman 2 sampai 14 m sebesar 39,03 mm. Dari grafik pada gambar 9 diketahui pergerakan tanah pada titik DI-02 masih normal. Dari grafik pada gambar 10 didapat pergerakan pada tanah di titik DI-01 terjadi pada kedalaman 2 sampai 14 m sebesar 39,005 mm. Dari grafik pada gambar 11 diketahui pergerakan tanah pada titik DI-02 masih normal.



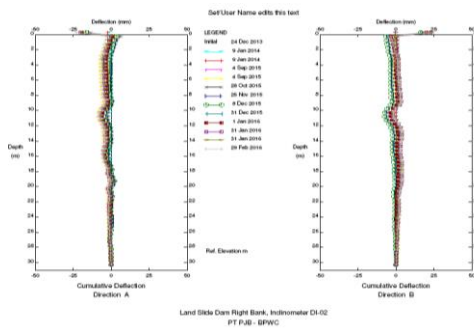
Gambar 8. Hasil Pengukuran *Inclinometer* DI-01 Bulan Februari



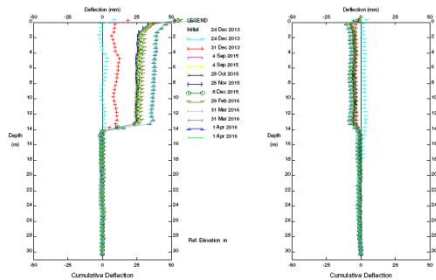
Gambar 9. Hasil Pengukuran *Inclinometer* DI-02 Bulan Februari



Gambar 10. Hasil Pengukuran *Inclinometer* DI-01 Bulan Maret

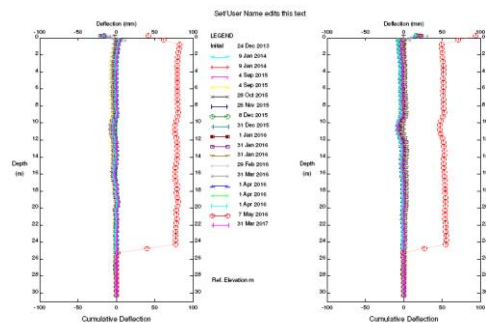


Gambar 11. Hasil Pengukuran Inclinator DI-02 Bulan Maret



Gambar 12. Hasil Pengukuran Inclinator DI-01 Bulan April

Dari grafik pada gambar 12 didapat pergerakan pada tanah di titik DI-01 terjadi pada kedalaman 2 sampai 14 m sebesar 39,701 mm.



Gambar 13. Hasil Pengukuran Inclinator DI-02 Bulan April

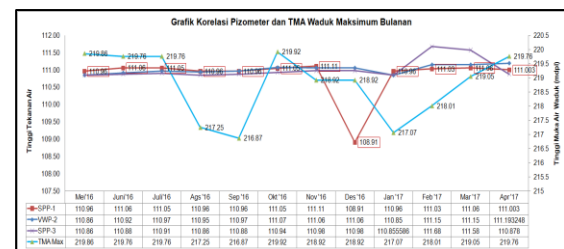
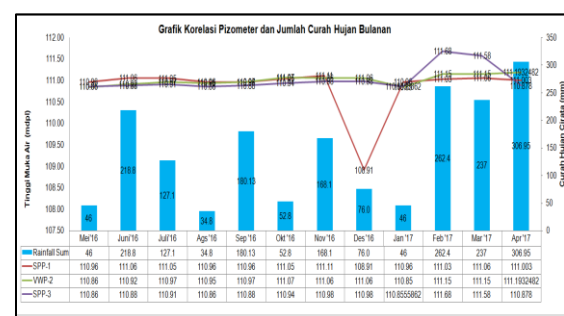
Dari grafik diatas diketahui pergerakan tanah pada titik DI-02 masih normal.

Berdasarkan grafik pengukuran inclinometer diatas dapat bahwa pada instrumen DI-01 yang terletak di belakang pos satpam Bendungan Cirata, diketahui terjadi pergeseran pada Bulan Februari di kedalaman 2 - 14 meter yang bergeser sepanjang 39,03 mm, bulan Maret bergeser depanjang sekitar 39,005 mm, dan april bergeser sepanjang 39,701 mm. Meskipun dalam pemeriksaan secara visual tidak terlihat kerusakan struktural atau tanda terjadinya pergerakan tanah namun hal tersebut harus tetap menjadi perhatian PT PJB BPWC. Untuk titik pantau DI-02 yang terletak di atas patok BML, pada pengukuran bulan pebruari dan maret

terpantau normal, atau tidak terjadi pergerakan. Pemantauan inclinometer DRB secara keseluruhan terpantau normal.

Pembahasan Pengukuran Tekanan Air Pori pada Kaki Bendungan Cirata

Dari hasil pengukuran *piezometer* pada Bendungan PLTA Cirata yang didapatkan selanjutnya data tersebut dianalisa untuk mengetahui tren tekanan air pori dari Tahun 2016 serta dikolerasikan dengan data tinggi muka air waduk dan curah hujan di PLTA Cirata. Kolerasi *piezometer* dengan tinggi muka air waduk dan curah hujan pada PLTA cirata periode bulan Mei 2016 sampai dengan April 2017 dapat disajikan pada grafik dibawah ini.



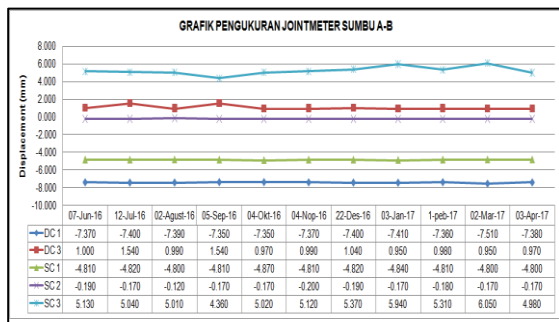
Gambar 12. Hubungan Antara Nilai Piezometer dan Tinggi Muka Air Bendungan PLTA Cirata

Berdasarkan grafik Hubungan Antara Nilai *Piezometer* dan Tinggi Muka Air Bendungan PLTA Cirata menunjukkan bahwa grafik pengukuran *piezometer* tidak terjadi perbedaan yang jauh karena perbedaan tinggi muka air.

Dari hasil pengukuran, diketahui bahwa elevasi muka air tanah pada SPP dan VWP tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi kedua alat instrument tersebut beroperasi dengan baik. Kemudian dari Kolerasi *piezometer* dan TMA serta Kolerasi *piezometer* dan Curah Hujan menunjukkan kondisi grouting masih dalam kondisi baik. Dimana tekanan air pori tidak terpengaruh dengan turun naiknya tinggi muka air Waduk Cirata. Jika terjadi perubahan tekanan air pori yang diamati di hilir mendekati tekanan air yang diamati di hulu dan atau tekanan air di hilir tiba-tiba menyesuaikan dengan perubahan elevasi muka air waduk, maka dapat diindikasikan telah terjadi jalan bocoran di antara pondasi dan timbunan.

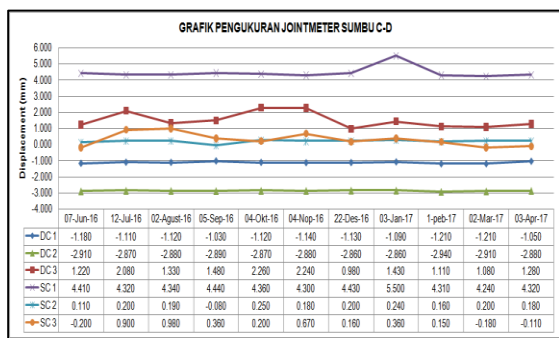
Hasil Pengukuran Displacement Pada Bendungan dan Spillway PLTA Cirata

Dari hasil pengukuran *jointmeter* pada Dam Crest dan Spillway PLTA Cirata yang didapatkan hasilnya diolah menjadi grafik tren displacemen yang terjadi pada Bendungan Cirata. Hasil tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



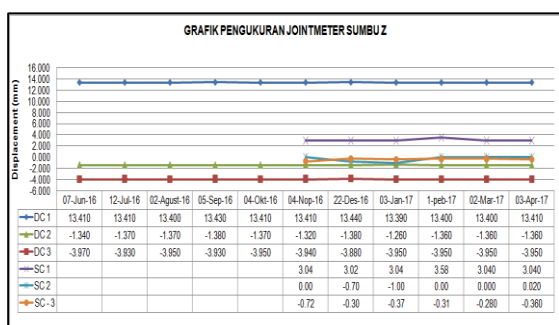
Gambar 13. Grafik Pengukuran Jointmeter Sumbu A-B

Pergerakan bendungan pada sumbu A-B atau arah ke depan dan belakang tidak terlalu besar hal tersebut dapat dilihat pada grafik yang tidak terjadi perubahan titik yang drastis.



Gambar 14. Grafik Pengukuran Jointmeter Sumbu C-D

Pergerakan bendungan pada sumbu C-D atau arah ke kanan dan kiri tidak terlalu besar hal tersebut dapat dilihat pada grafik yang tidak terjadi perubahan titik yang drastis.



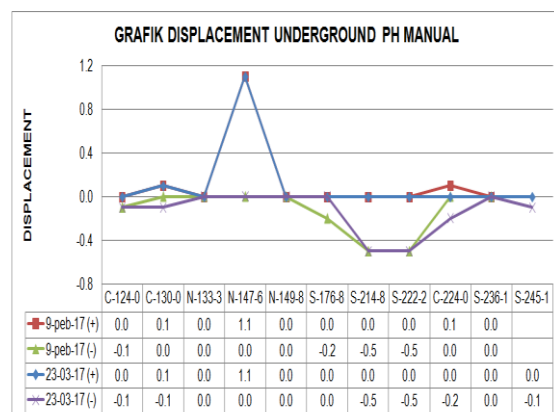
Gambar 15. Pengukuran Jointmeter Sumbu Z

Pergerakan bendungan pada sumbu Z atau arah ke atas dan bawah tidak terlalu besar hal tersebut dapat dilihat pada grafik yang tidak terjadi perubahan titik yang drastis. Jointmeter pengukur sumbu Z sempat beberapa bulan mengalami keruakan sehingga ada pengukuran yang kosong. Hasil pengukuran instrumen *jointmeter* pada lokasi puncak dam (*Dam Crest*) mengindikasikan keadaan perilaku struktur tubuh bendungan masih normal. Angka *displacement* terbesar yang terjadi pada titik pemantauan DC-1 Axis Z sebesar 13,44 mm, mengalami kenaikan dari hasil pengukuran sebelumnya namun masih berada di bawah batas angka *displacement* maksimum desain, yaitu sebesar 13,52 mm. untuk titik-titik lainnya tidak terjadi pergerakan yang signifikan pada puncak bendungan (*Dam Crest*). Untuk pergerakan tubuh bangunan *Spillway* periode Juli 2016 sampai dengan April 2016 memperlihatkan perilaku fluktuatif, tetapi untuk keseluruhan tidak terjadi pergerakan yang signifikan pada bangunan *Spillway*. *Displacement* maksimum sebesar 6,050 milimeter yang terjadi pada titik SC-03 sumbu A-B. Angka tersebut masih berada dibawah batas angka *displacement* maksimum desain, yaitu sebesar 13,52 mm. Kemudian dari pemeriksaan visual juga tidak ditemukan kerusakan struktural.

Pembahasan Pengukuran Retakan pada Underground Power House PLTA Cirata

Dari hasil pengukuran *crackmeter* pada *underground power house* PLTA Cirata yang didapatkan hasilnya diolah menjadi grafik *crackmeter* yang terjadi pada *underground power house* PLTA Cirata. Hasil tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

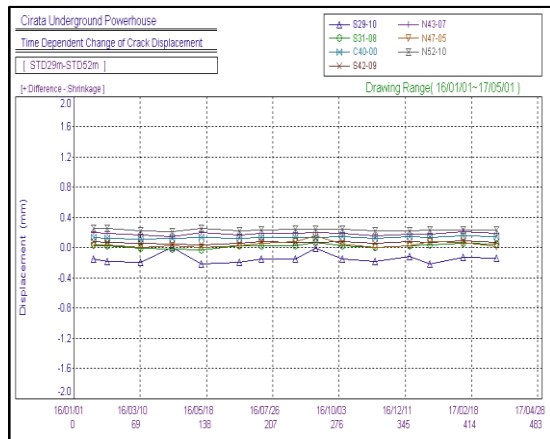
- a. Grafik displacement *underground power house manual*



Gambar 16. Pengukuran Crackmeter Manual Underground PH Manual

Pengukuran *crackmeter manual* pada *underground power house* berkisar antara 0 sampai 1,1 mm.

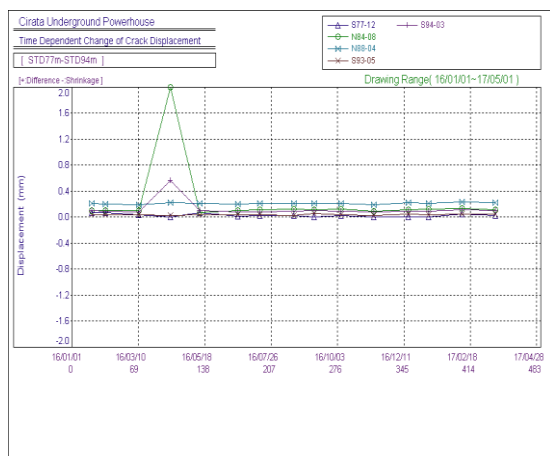
- b. Grafik displacement *underground power house semi-otomatis* STD29M-STD52M.



Gambar 17. Pengukuran *Crackmeter Semi-otomatis* STD29M-STD52M

Pada grafik 4.16 pengukuran *crackmeter semi-otomatis* pada *underground power house* masih dalam keadaan normal.

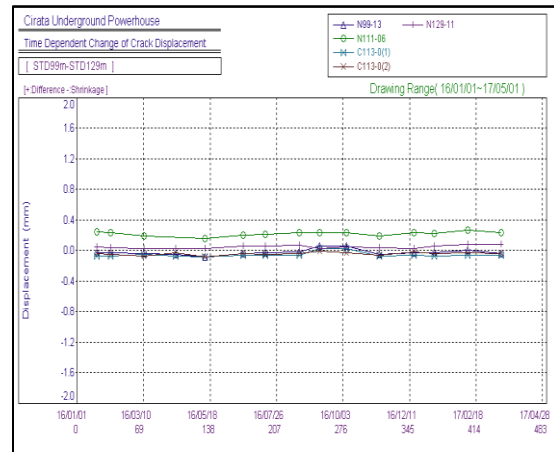
- c. Grafik displacement *underground power house semi-otomatis* STD77M-STD94M.



Gambar 18. Pengukuran *Crackmeter Semi-otomatis* STD77M-STD94M

Pada gambar diatas pengukuran *crackmeter semi-otomatis* pada *underground power house* masih dalam keadaan normal. Meskipun pada sekitar bulan april pengukuran mengalami peningkatan yang signifikan namun hal tersebut kemungkinan merupakan pembacaan alat *crackmeter* karena pada pengukuran bulan selanjutnya keadaan retakan masih normal.

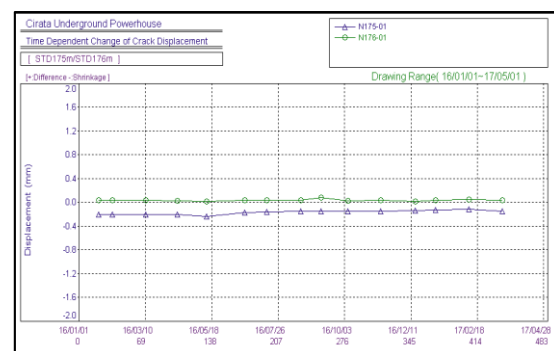
- d. Grafik displacement *underground power house semi-otomatis* STD99M-STD129M.



Gambar 19. Pengukuran *Crackmeter Semi-otomatis* STD99M-STD129M

Pada grafik diatas pengukuran *crackmeter semi-otomatis* pada *underground power house* masih dalam keadaan normal.

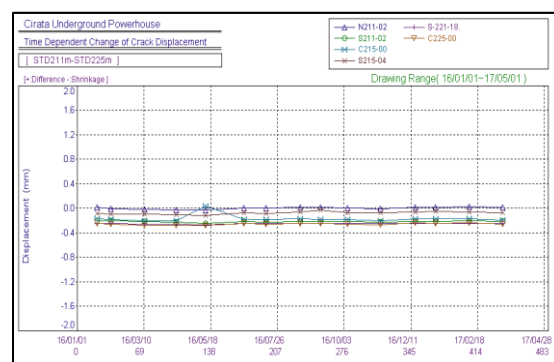
- e. Grafik displacement *underground power house semi-otomatis* STD175M-STD176M.



Gambar 20. Pengukuran *Crackmeter Semi-otomatis* STD175M-STD176M

Pada gambar 20 pengukuran *crackmeter semi-otomatis* pada *underground power house* masih dalam keadaan normal.

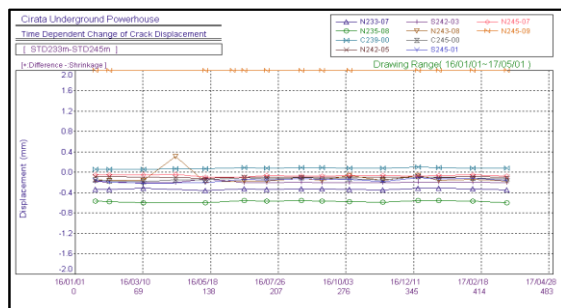
- f. Grafik displacement *underground power house semi-otomatis* STD211M-STD225M.



Gambar 21. Pengukuran *Crackmeter Semi-otomatis* STD211M-STD225M

Pada grafik diatas pengukuran *crackmeter* semi-otomatis pada *underground power house* masih dalam keadaan normal.

g. Grafik displacement *underground power house* semi-otomatis STD233M-STD245M.



Gambar 22. Pengukuran *Crackmeter* Semi-otomatis STD233M-STD245M

Pada gambar 22 pengukuran *crackmeter* semi-otomatis pada *underground power house* masih dalam keadaan normal.

Selama periode Februari 2017 sampai dengan Maret 2017 hasil kondisi normal. Pergerakan berkisar antara 1,1 mm sampai dengan -0,5 mm. Sementara untuk *crackmeter* semi-otomatis pergerakan berkisar antara 0,372 mm sampai dengan -0,520 mm. Kedua pengukuran *crackmeter* tersebut menunjukkan bahwa *displacement* pada *underground power house* PLTA Cirata masih aman karena berada dibawah batas *displacement* desain maksimum yakni sebesar 3,00 mm. pengukuran *crackmeter* manual diketahui fluktuatif namun masih dalam

hasil pengukuran tekanan air porinya masih dalam keadaan aman.

4. Pengukuran *Jointmeter* pada puncak bendungan (*dam crest*) dan *spillway* Bendungan PLTA Cirata menunjukkan *displacement* puncak bendungan terbesar terjadi pada titik pemantauan DC-1 Axis Z sebesar 13,44 mm, untuk pergerakan tubuh bangunan *Spillway displacement* terbesar adalah 6,050 milimeter yang terjadi pada titik SC-03 sumbu A-B. Angka tersebut masih aman karena berada dibawah batas angka *displacement* maksimum desain, yaitu sebesar 13,52 mm.
5. Pengukuran *crackmeter* pada *underground power house* PLTA Cirata Selama periode Februari 2017 sampai dengan Maret 2017 hasil *crackmeter* manual pergerakan retakan fluktuatif namun masih dalam kondisi normal. Pergerakan berkisar antara 1,1 mm sampai dengan -0,5 mm. Sementara untuk *crackmeter* semi-otomatis pergerakan berkisar antara 0,372 mm sampai dengan -0,520 mm. Kedua pengukuran *crackmeter* tersebut masih aman karena berada dibawah batas *displacement* desain maksimum yakni sebesar 3,00 mm.
6. Berdasarkan pengukuran kelima instrumentasi *seepage*, *inclinometer*, *piezometer*, *jointmeter*, dan *crackmeter* tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi keamanan struktur bendungan dan *underground power house* PLTA Cirata masih aman.

Daftar Pustaka

- Anonim (2016). *Laporan OP Bendungan 2016 Semester II*. Bandung Barat: PT PJB BPWC.
- Errhaprilyand, Zhellah. (2016). *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pile Cap pada Pondasi Tower T.74c SUTT 150 kv Sukatani Gobel Incomer*, Laporan Kerja Magang. Sekolah Tinggi Teknik – PLN.
- Firdaus, Firman (2015). *Analisa Keamanan Struktur Tubuh Bendungan Jatigede*. Tugas Akhir: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hasan, Mochamad Bobby (2009, Agustus). *Pengujian dan kalibrasi Alat proteksi Digital Relay Sistem (DRS) Pada Sistem Proteksi Generator Unit 6 Cirata II*, Laporan Kerja Magang. Universitas Komputer Indonesia.
- Rusyana, N., Pradipta, H (2016). *Penerapan Pengukuran Geodesi dan Pemeliharaan Bendungan dan Waduk PLTA Cirata*. Buku Expert : PT. PJB BPWC.
- Soedibyo. (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Kensaku Takeda (2002). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Pradnya Paramita.