



PENGUJIAN TERHADAP KEKUATAN DAN PELAPUKAN BETON DENGAN PENGUKURAN KEKERASAN DAN KARBONASI *DAM CONCRETE FACE DAN SPILLWAY* PADA BENDUNGAN CIRATA

Novi Andhi Setyo Purwono^{1*}, Lilis Tiyani², Altho Sagara³, Multilawati Nasution⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik , Universitas Teknologi Yogyakarta

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik , Politeknik Negeri Jakarta

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik , Universitas Katolik Parahyangan

⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik , Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding Author, Email : novi_andhisp@yahoo.com

ABSTRAK

Bendungan merupakan salah satu sarana multifungsi yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Guna menjaga dan meningkatkan jaminan keamanan bendungan dan pengoperasiannya maka diperlukan pemeriksaan teliti (assesment) melalui penerapan metodologi test/pengujian yang memadai. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat pelapukan dan kekuatan struktur beton concrete face dan spillway sejak dini guna menghindari kerusakan atau kerugian yang lebih besar dikemudian hari. Pekerjaan pengukuran dengan melakukan pengukuran/pengujian kekuatan beton secara langsung (non destructive – direct test) melalui uji tekan permukaan beton. Hasil dari pengujian hammer test dan karbonasi yang dilakukan di area concrete faced dan pharaphet adalah kuat tekan beton rata-rata pada dam concrete faced adalah sebesar 343 kg/cm², rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,5 mm. Kuat tekan beton rata-rata pada dam pharaphet adalah sebesar 391 kg/cm², rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 1 mm. Pengujian non-destructive adalah pengujian dengan schmidt hammer. Hasil pengujian ini adalah kuat tekan beton rata-rata pada spillway inlet adalah sebesar 378 kg/cm², rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,83 mm. Kuat tekan beton rata-rata pada outlet spillway adalah sebesar 271 kg/cm², rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,55 mm. Kuat tekan beton rata-rata pada bottom spillway outlet adalah sebesar 243 kg/cm², rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,55 mm.

Kata Kunci : Bendungan, Concrete face, Spillway, Kuat tekan, Karbonasi.

ABSTRACT

DAMS serve as one of the multipurpose tools that play an important role in human life. To maintain and improve the security of both the dam and its operation requires careful examination through application of adequate testing methods. The purpose of this study is to know the level of expansion and the strength of concrete face and spillway concrete structures early on to avoid greater damage or loss later on. The scope and concrete face and concrete structure spillway it's done a direct concrete power test (non destructive – direct test) through test pressure on the concrete surface. The results of testing the hammer test and carbonation that carried out in the concrete faced area and pharaphet is the powerful concrete press on the average dam concrete faced is at 343 kg/cm², the carbonated concrete's thick average of 0,5 mm. The average concrete pressure on the dam pharaphet is 391 kg/cm², the carbonated concrete average of 1 mm. Testing non-destructive is testing with schmidt hammer. The results of this test are the compressive strength average concrete on the spillway inlet are 378 kg/cm², the carbonated concrete average of 0,83 mm. The compressive strength average concrete on the spillway outlet is 271 kg/cm², the thick average carbonated concrete is 0,55 mm. The compressive strength average concrete at the bottom of the spillway outlet is 243 kg/cm², the thick average carbonated concrete is 0,55 mm.

Keywords : Dams, Concrete face, Spillway, Compressive strenght, Carbonation.

PENDAHULUAN

Bendungan cirata adalah bendungan jenis urugan batu dengan lapisan kedap air di hulu (*concrete face rock fill dam*) yang memiliki sistem 4 pintu saluran pelimpah dengan diameter 10 m, panjang saluran 500 m dan mempunyai kapasitas $260 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan elevasi 220 meter. Waduk cirata telah beroperasi lebih dari 25 tahun sebagai lahan terbuka. Waduk Cirata dengan kapasitas tampungan air sebesar kurang lebih 1.973 juta m^3 pada elevasi normal selain untuk tujuan utama sebagai pembangkitan energi listrik, sesuai kebijakan pemerintah juga difungsikan untuk budidaya perairan antara lain: perikanan, sarana transportasi air, Lahan surutan dan lain lain, mulai dari area waduk itu sendiri sampai dengan daerah sabuk hijau (*green belt*) hingga ke daerah Citarum Hulu yang telah semakin berkembang sesuai perkembangan sosial ekonomi kependudukan. Guna menjaga dan meningkatkan jaminan keamanan bendungan dan pengoperasiannya maka diperlukan pemeriksaan teliti (*assesment*) melalui penerapan metodologi *test*/pengujian yang memadai.

Maksud dari kegiatan ini adalah melakukan pemeriksaan teliti melalui *test*/pengujian terhadap *concrete face* dan *spillway inlet* yang dimasukkan sebagai pengujian terhadap kekuatan dan pelapukan beton. Tujuan dari kegiatan ini adalah mengetahui tingkat pelapukan dan kekuatan struktur beton *concrete face* dan *spillway* sejak dini guna menghindari kerusakan atau kerugian yang lebih besar dikemudian hari.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penentuan titik pengukuran tes/uji sebanyak 15 *spots* dilakukan dengan mempertimbangkan luas obyek pemeriksaan, volume pekerjaan dan informasi sementara hasil pengamatan terhadap kondisi visual.



Gambar 1. Peta Lokasi Kegiatan

Lingkup Penelitian dan Kuantitas

Lingkup dan jenis pekerjaan dalam kegiatan pengukuran struktur beton *dam concrete face* dan *concrete struktur spillway* ini adalah melakukan pengukuran/pengujian kekuatan beton secara langsung (*non destructive – direct test*) melalui uji tekan permukaan beton.

1) Pengujian *Schmidt Hammer Test*

Melakukan pengukuran/pengujian kekuatan beton secara langsung (*non destructive – direct test*) melalui uji tekan permukaan beton, dengan jumlah dan lokasi pekerjaan sebagai berikut:

- *Spillway Outlet* : 4 Spot
- *Spillway Inlet* : 3 Spot
- *Concrete Face* : 3 Spot
- *Paraphet Wall* : 3 Spot
- *Bottom Outlet* : 2 Spot

2) Pengujian *Neutralization Test*/Karbonasi

Melakukan pengukuran/pengujian tingkat pelapukan beton secara langsung (*Non Destructive – direct test*) melalui pengukuran lapisan terkarbonasi pada permukaan beton dengan jumlah dan lokasi pekerjaan sebagai berikut:

- *Spillway Outlet* : 4 Spot
- *Spillway Inlet* : 3 Spot
- *Concrete Face* : 3 Spot
- *Paraphet Wall* : 3 Spot
- *Bottom Outlet* : 2 Spot

Pengujian Kekerasan Beton (*Schmidt Hammer Test*)

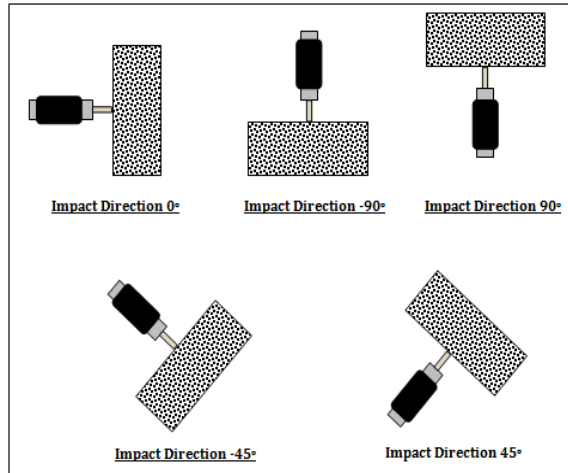
Metoda pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban impak (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan memberikan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan dan juga setelah dikalibrasi dapat memberikan indikasi nilai kuat tekan permukaan benda uji beton.

Jenis *hammer* yang umum dipakai untuk pengujian ini adalah jenis *Schmidt rebound hammer*. Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton struktur. Karena kesederhanaannya, pengujian dengan menggunakan alat ini dapat dilakukan dengan cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Meskipun demikian, alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalkan keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Sehingga diperlukan pengambilan beberapa kali pembacaan di sekitar lokasi pengukuran, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan. Umumnya, untuk mendapatkan data yang baik, dilakukan pengambilan antara 9 sampai 20 kali pembacaan untuk setiap daerah pengujian seluas maksimum 300 mm² (jarak antara dua lokasi pengukuran tidak boleh kurang dari 20 mm).



Gambar 2. *Schmidt Hammer Test*

Hasil perhitungan pengujian *hammer* tergantung pada posisi atau arah penempatan alat uji *hammer* pada permukaan elemen struktur. Pada pelaksanaan terdapat tiga cara penempatan alat *hammer* dalam pengambilan data pantulan.



Gambar 3. Metode Penempatan Alat Uji *Hammer*

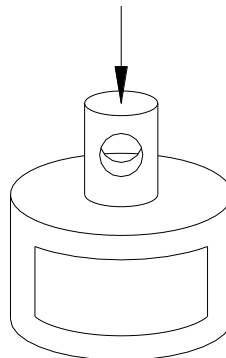
Untuk tahapan dalam pengujian *hammer* ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat.
- 2) Melakukan kalibrasi terlebih dahulu pada alat *hammer test* dengan cara:
 - Memasukan alat, lalu pukulkan torak (*plunger*) kedalam alat kalibrasi.
 - Mencatat besar pukulan atau *rebound* (*r*).
 - Melakukan 1 dan 2 minimal 10 kali.
 - Setelah pemukulan selesai dan didapat nilai *rebound* dari masing-masing pukulan, hitung nilai kalibrasinya.

$$\bar{R} = \frac{\sum_1^N r}{N} \quad AK = \frac{80}{\bar{R}}$$

Keterangan :

- N = Jumlah pukulan
- r = Besar pukulan (*rebound*)
- \bar{R} = Angka *rebound* rata-rata
- AK = Angka kalibrasi



Gambar 4. Alat Kalibrasi *Hammer Test*

- 3) Setelah alat dikalibrasi, tentukan atau pilih beberapa titik (N) pada permukaan beton yang akan diuji, dengan jarak antar tembakan satu dengan yang lainnya ± 2,5 - 10 cm, tergantung dari dimensi struktur atau konstruksi.
- 4) Pada permukaan beton yang diuji dibuat suatu bidang uji titik uji yang berukuran 10 x 10 cm, atau ukuran bidang dapat memberikan minimal 10 kali pukulan (pada pekerjaan ini dilakukan 25 kali pengujian untuk setiap spot).
- 5) Tetapi sebaiknya diambil bidang yang lebih luas, misalnya 15 x15 cm, 20 x 20 cm, sehingga pada setiap bidang atau titik uji dapat dilakukan pemukulan sekitar 10 – 20 pukulan.
- 6) Untuk setiap titik uji diperoleh minimal 10 angka rebound (r) pada pembacaan skala dari setiap pukulan hammer test.
- 7) Dari angka-angka skala tersebut diambil nilai rata-rata (R).

$$R = \frac{\sum_1^N r}{N}$$

Keterangan :

- R = Rebound number
- r = Bacaan Skala
- N = Jumlah Pukulan

- 8) Dari hasil rata-rata (R) kemudian dikalikan dengan angka kalibrasi alat (AK), lalu dikonfirmasi kepada kekuatan tekan (σ_b), sesuai dengan grafik kalibrasi alat dan sudut pukulan.
- 9) Hitung kuat tekan beton rata-rata

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum_1^N (\sigma_b)}{N}$$

- 10) Hitung standard deviasinya

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_{bm} - \sigma_b)^2}{N - 1}}$$

- 11) Hitung kuat tekan beton karakteristik

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (KxS)$$

K = Nilai margin, untuk benda uji atau sampel ≥ 20 buah = 1,645



Gambar 5. Pengujian *Hammer Test* di *Spot Spillway Inlet – Spot 2*

Pengujian Karbonasi

1) Prinsip Uji

Test/uji karbonasi adalah untuk mengetahui tingkat pelapukan (kedalaman terkarbonasi) pada permukaan lapisan beton (*lining concrete*) didasarkan atas proses dimana *karbondioksida* dari atmosfer bereaksi dengan senyawa hidrasi semen (PC) dan mengubahnya menjadi karbonat. Pelaksanaan pengujian dengan melakukan pelubangan *lining concrete* bersamaan dengan menyempatkan larutan *phenolphthalein – ethanol* kedalam lubang.

Kedalaman terkarbonasi ditentukan dengan perubahan karakteristik warna *merah muda* yang menunjukkan lapisan yang tidak mengalami karbonasi. Metoda pengujian ini untuk menentukan indikasi bahwa beton telah terkarbonasi dengan larutan *Phenophthalein* sebagai indikator.

Pengaruh karbonasi pada beton dapat diketahui dengan cara menyempatkan larutan *phenophthalein* pada hasil *core drill*. Pengaruh *phenophthalein* pada beton adalah sebagai berikut.

- Larutan *phenophthalein* pada beton berwarna merah, apabila Ph beton lebih besar dari pada 8 (bersifat basa) dan beton belum terkarbonasi.
- Larutan *phenophthalein* pada beton tidak berwarna, apabila Ph beton lebih kecil dari 8 (bersifat asam) sehingga beton telah terkarbonasi.

2) Peralatan Uji

- Larutan *Phenophthalein* (C₂₀H₁₄O)
- Botol penyemprot (*sprayer*)

3) Pelaksanaan uji

- Setiap permukaan beton yang akan diperiksa di-*chip* dahulu
- Ukuran permukaan yang akan di-*chip* kurang lebih seluas 2,0 x 2,0 cm².
- Larutan *Phenophthalein* yang disemprotkan pada bagian beton yang telah di *chipping* atau pada benda uji beton inti (*core-drill*), kemudian diamati pengaruh karbonasi.

Gambar 6. Pengujian Karbonasi di *Spot Spillway Inlet – Spot 1*Gambar 7. Pengujian Karbonasi di *Spot Spillway Inlet – Spot 2*

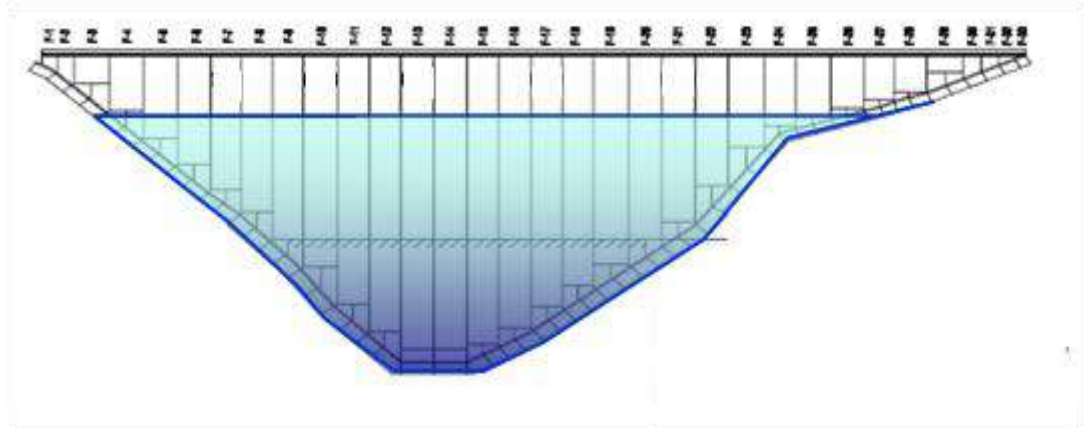
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dam Concrete Faced

1) Lokasi titik uji dan kuantitas

Pengujian *dam concrete faced* dilakukan sebanyak 3 spot *face slab* (dilakukan pada elevasi 220 – 224) dan *pharaphet* 3 spot dengan rincian sebagai berikut:

- *Face slab* no. CF - 8
- *Face slab* no. CF - 15
- *Face slab* no. CF - 21
- *Pharaphet* no PF - 8
- *Pharaphet* no PF - 15
- *Pharaphet* no PF – 21



Gambar 8. Lokasi Titik Uji pada *Dam Concrete Face*

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Gambar 9. Jumlah Titik Uji pada setiap *Spot*

Keterangan:

No. 1 s/d No. 25: Titik Uji *schmidt hammer*

No. (1 – 5 – 13 – 21 – 25): Titik uji karbonasi

2) Hasil pengamatan visual

Berdasarkan pengamatan visual, kondisi beton pada muka bendungan masih dalam keadaan baik. Permukaan beton terlihat sedikit kasar namun tidak ditemukan kondisi beton yang keropos. Keretakan pada beton juga tidak ditemukan. Permukaan dinding beton mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap pada penampang yang dominan bersentuhan dengan air. Pada bagian *paraphet* ditemukan sedikit retak rambut, secara umum kondisi beton tersebut masih dalam keadaan baik.



Gambar 10. Pengamatan Visual pada *Concrete Faced* dan *Paraphet*

3) Hasil pengujian dan pengukuran

Berikut dibawah ini adalah hasil dari pengujian *Hammer Test* dan Karbonasi yang dilakukan di area *Pharaphet* dan *Concrete Faced*.

Tabel 1 Data Hasil Analisa Pengukuran *Dam Concrete Faced*

Lokasi : <i>Dam Concrete Faced</i>				
<i>Spots:</i>	CF 8	CF 15	CF 21	Rata-rata
Rata ² Kuat tekan (Kg/cm ²)	278	394	356	343
Rata ² Terkarbonasi (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5

Dari hasil pengujian dan pengukuran di atas, kuat tekan beton rata-rata pada *dam concrete faced* adalah sebesar 343 kg/cm². Rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,5 mm.

Gambar 11. *Chipping* untuk Pengujian Karbonasi di Area *Concrete Face*Tabel 2 Data Hasil Analisa Pengukuran *Dam Pharapet*

Lokasi : <i>Dam Pharapet</i>				
<i>Spots:</i>	PF8	PF 15	PF 21	Rata-rata
Rata ² Kuat tekan (Kg/cm ²)	414	433	356	343
Rata ² Terkarbonasi (mm)	0.6	1.6	0.8	1

Dari hasil pengujian dan pengukuran di atas, kuat tekan beton rata-rata pada *dam pharaphet* adalah sebesar 391 kg/cm². Rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 1 mm dengan nilai minimum sebesar 0.6 mm pada PF 8, dan 1.6 mm pada PF 15.

Gambar 12. Pengujian *Hammer Test* di *Spot Pharaphet –PF 8*

Spillway Concrete Structure

1) Lokasi titik uji dan kuantitas

Pengujian *inlet*, *outlet* dan *bottom spillway* dilakukan sebanyak 9 spot, yaitu 3 spot *inlet spillway* dan 4 pada *outlet spillway* dan 2 pada *bottom spillway*, dengan rincian sebagai berikut:

- *Inlet Spillway* (3 titik) dengan lokasi uji pada dinding *spillway*
- *Outlet Spillway* (4 titik) dengan lokasi uji pada dinding *spillway*
- *Bottom Spillway* (2 titik) dengan lokasi uji pada dinding *spillway*



Gambar 13. *Spillway Inlet*



Gambar 14. *Spillway Outlet*



Gambar 15. *Bottom Outlet*

2) Hasil pengamatan visual

Berdasarkan pengamatan visual, kondisi beton pada *spillway* masih dalam keadaan baik. Permukaan beton terlihat sedikit kasar dan tidak ditemukan kondisi beton yang keropos. Keretakan beton yang terjadi pada *spillway* hanya berupa retak rambut. Permukaan dinding beton mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap pada penampang yang dominan bersentuhan dengan air seperti pada *spillway inlet*.

Hasil Pengujian

Pengujian *non-destructive* adalah pengujian dengan *schmidt hammer*. Pengujian di *inlet spillway* sebanyak 3 spot, dengan hasil seperti dibawah ini :

Tabel 3 Data Hasil Analisis Pengukuran *Inlet Spillway Concrete Structure*

Lokasi: <i>Spillway Inlet</i>				
<i>Spots:</i>	S-1	S-2	S-3	Rata-rata
Rata ² Kuat tekan (Kg/cm ²)	375	413	345	378
Rata ² Terkarbonasi (mm)	1.4	0.6	0.5	0.83

Dari hasil pengujian dan pengukuran di atas, kuat tekan beton rata-rata pada *spillway inlet* adalah sebesar 378 kg/cm². Rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,83 mm.

Gambar 16. Pengujian *Hammer Test* di *Spot Spillway Inlet – Spot 1*Tabel 4 Data Hasil Analisis Pengukuran *Outlet Spillway Concrete Structure*

Lokasi: <i>Spillway Outlet</i>					
<i>Spots:</i>	T1	T2	T3	T4	Rata-rata
Rata ² Kuat tekan (Kg/cm ²)	262	284	263	274	271
Rata ² Terkarbonasi (mm)	0.7	0.5	0.5	0.5	0.55

Dari hasil pengujian dan pengukuran di atas, kuat tekan beton rata-rata pada *outlet spillway* adalah sebesar 271 kg/cm². Rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,55 mm.

Gambar 17. Pengujian *Hammer Test* di *Spillway Outlet – Spot 1*Gambar 18. Pengujian Karbonasi di *Spillway Outlet – Spot 1*Tabel 5 Data Hasil Analisis Pengukuran *Bottom Outlet Spillway Concrete Structure*

Lokasi: <i>Bottom Spillway Outlet</i>			
<i>Spots:</i>	T-1	T-2	Rata-rata
Rata ² Kuat tekan (Kg/cm ²)	238	249	243
Rata ² Terkarbonasi (mm)	0.5	0.5	0.55

Dari hasil pengujian dan pengukuran di atas, kuat tekan beton rata-rata pada *bottom spillway outlet* adalah sebesar 243 kg/cm². Rata-rata tebal beton yang mengalami karbonasi adalah sebesar 0,55 mm.

Gambar 19. Pengujian *Hammer Test* di *Bottom Outlet – Spot 1*Gambar 20. Pengujian Karbonasi di *Bottom Outlet – Spot 2*

KESIMPULAN

Dari pengujian visual secara umum baik terhadap *dam concrete face*, *paraphet*, *spillway inlet*, *spillway outlet*, dan *bottom outlet*, kondisi beton masih dalam keadaan baik. Tidak terdapat retak struktural, keropos, maupun *spalling* pada beton tersebut.

Dari pengujian *hammer test* didapatkan bahwa pada *concrete face*, *paraphet*, *spillway inlet*, *spillway outlet*, *bottom spillway outlet* nilai kuat tekan yang didapatkan dari hasil korelasi *rebound number* pengujian tersebut, masih melebihi nilai kuat tekan desain. Sehingga beton tersebut dari segi kekuatan masih mencukupi atau aman.

Dari pengujian karbonasi yang dilakukan, karbonasi yang terdapat pada *concrete face*, *paraphet*, *spillway inlet*, *spillway outlet*, *bottom spillway outlet* mempunyai nilai karbonasi maksimum yaitu 2 mm. Nilai tersebut masih aman, mengingat batasan dari kedalaman karbonasi maksimum dari beton struktural ada ketebalan *cover* elemen struktur tersebut.

Saran dari kegiatan pengukuran ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan aktual dari beton tersebut, pengujian yang dilakukan harus dilengkapi lagi dengan pengujian lainnya seperti *Core Drill* maupun pengujian UPV. Mengingat hasil dari pengujian *hammer test*, mempunyai hasil bacaan dan korelasi yang kurang baik terhadap nilai kuat tekan beton aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, M., & Frentakoza, D. (2018). *Penyusunan Strategi Disaster Management Sebagai Mitigasi Risiko Bendungan Dalam Pengelolaan Waduk Dan Bendungan Cirata*. Teknisia, 22(2), 383–391
- Badan Standarisasi Nasional. (1997). SNI 03-44301997 *Metode Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton Dengan Alat Uji Palu Beton Type N dan NR*. Jakarta
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, (2003). *Pedoman Inspeksi dan Evaluasi Keamanan Bendungan*, Komisi Keamanan Bendungan.
- Firdaus, Firman (2015). *Analisa Keamanan Struktur Tubuh Bendungan Jatigede*, Tugas Akhir. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Peraturan Menteri PUPR No. 27/PRT/2015 tentang Bendungan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Prastumi dan Aniek Masrevaniah, (2008). *Bangunan Air*, Surabaya : Srikandi
- Rusyana, N., Pradipta, H (2016). *Penerapan Pengukuran Geodesi dan Pemeliharaan Bendungan dan Waduk PLTA Cirata*. Buku Expert: PT. PJB BPWC.
- S. Hannachi and M.N. Guetteche, (2012). *Application of the Combined Method for Evaluating the Compressive Strength of Concrete on Site*. Open Journal of Civil Engineering, pp. 16-2.
- Soediby. (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Kensaku Takeda (2002). *Bendungan Type Uan*. Jakarta: Pradnya Paramita.



*Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*