

## EVALUASI KEAMANAN DAM JATILUHUR BERBASIS INDEKS RESIKO

### *Evaluation of Jatiluhur Dam Safety Based on Risk Index Tools*

Avazbek Ishbaev, Nora H. Pandjaitan, Erizal

Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 —avazbekishbaev@gmail.com

**Abstract.** *The dams have very important roles to agricultural activities. Especially, West Java with 240,000 hectares of agricultural land, needs a good dam structure that can be used sustainably. Jatiluhur dam in Purwakarta, West Java is one of big dams in Indonesia which has important rules not only for Purwakarta but also for Jakarta, Karawang and Bekasi residents. A study and observation about safety and dam stability is needed to prevent any damage. The purpose of this research were to identify parameters that influenced dam safety and to evaluate dam reliability based on index tools. Analysis was done using risk index tools. The result showed that the condition of the dam of Jatiluhur is still satisfied with indicators, "Idam"-750. The total index risk was 127.22 and the safety factor was 83.04 out of 100. Therefore, Jatiluhur dam could be classified as safe and no need for particular treatments. Jatiluhur dam can be operated in normal condition or abnormal condition with periodic monitoring.*

Keywords: *dam safety, evaluation, Jatiluhur Dam, risk index tools*

(Diterima: 18-08-2014; Disetujui: 07-12-2014)

### 1. Pendahuluan

Bendungan merupakan bangunan yang dibangun dengan tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan irigasi (Pradana 2005). Namun, saat ini bendungan memiliki multifungsi, antara lain sebagai sumber daya energi listrik, persediaan air bersih sarana rekreasi dan kontrol banjir (Wirustyastuko & Nugroho 2013). Beberapa *dam* juga memiliki bagian yang disebut pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan. Bendungan harus dipantau untuk keselamatan penduduk yang tinggal di bagian hilir bendungan dan mencegah kerusakan lingkungan.

Instrumen geoteknik umumnya dipasang untuk memantau kinerja bendungan secara berkala. Kemungkinan adanya resiko bendungan runtuh akibat letusan gunung berapi, gempa, banjir, dan tanah longsor harus dipertimbangkan dengan cermat (Hadihardjaja 2006). Standar kualitas yang tinggi dari desain, konstruksi, pemantauan dan keahlian harus dipenuhi untuk meminimalkan resiko yang dapat terjadi. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengevaluasi peringkat keamanan dam berbasis indeks resiko.

Indeks resiko merupakan metode yang digunakan untuk membuat skala prioritas pemeliharaan, perbaikan dan evaluasi tanggul yang memiliki keterbatasan pada instrumentasi, kondisi saat dibangun, dan riwayat performa (Otani 2014). Hasil dari penelitian digunakan untuk keperluan konsultan, kontraktor, dan manajer operasional bendungan dalam melaksanakan tugas-tugas inspeksi dan evaluasi keamanan bendungan. Selain itu, diharapkan hasil penelitian ini juga dapat berfungsi sebagai masukan untuk pemerintah

pusat dan pemerintah daerah dalam menyusun rencana anggaran untuk pemeliharaan, perbaikan dan evaluasi dam. Tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan dam dan mengevaluasi keamanan dam Jatiluhur berdasarkan indeks resiko.

### 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Februari hingga Mei 2014. Kegiatan ini dilakukan di Perum Jasa Tirta II Bendungan Jatiluhur yang terletak di kota Purwakarta, Jawa Barat.

Selama penelitian, alat yang digunakan antara lain meteran, instrumentasi geoteknik dan parameter seismisitas, kamera digital, alat tulis, dan seperangkat komputer yang dilengkapi dengan *Autocad*, *Microsoft Word*, dan *Microsoft Excel*. Bahan penelitian yang digunakan antara lain berupa data primer, peta topografi dan peta zona gempa Indonesia 2010.

#### 2.1. Tahapan dan Metode Indeks Resiko

Metode yang digunakan untuk menentukan tingkat keamanan bendungan yaitu menggunakan metode indeks resiko. Metode ini memerlukan beberapa parameter untuk menganalisis bendungan dan hasilnya berupa bobot / nilai (*score*) yang kemudian diurutkan berdasarkan peringkat prioritas (*priority rank*) tingkat risikonya. Parameter-parameter tersebut diambil dari data bendungan-bendungan besar dan berdasarkan tabel bobot (*score*) yang telah dikembangkan oleh Andersen et al. (2001), dan dimodifikasi dalam tulisan ini untuk Indonesia. Untuk melakukan analisis ini di-

perlu penggabungan dari semua parameter bendungan tersebut. Untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter tersebut, digunakan 6 prosedur pendekatan sebagai berikut:

a. Menentukan Faktor Kerawanan Total

Faktor kerawanan total didefinisikan sebagai kemampuan bendungan untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh alam atau kepekaan bendungan terhadap bencana alam dan faktor ini dapat dihitung dengan persamaan berikut (Andersen et al. 2001):

$$V = \frac{(I_1+I_2+I_3+I_4)}{4} \times \frac{(E_1+E_2)}{2} \times \frac{(D_1+D_2)}{2} \quad (1)$$

dimana:

- V = Faktor kerawanan total
- I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>, I<sub>4</sub> = bobot faktor intrinsik pengaruh tinggi, tipe pondasi dan kapasitas waduk bendungan.
- E<sub>1</sub>E<sub>2</sub> = bobot faktor eksternal yaitu umur dan kegempaan
- D<sub>1</sub>D<sub>2</sub> = bobot faktor kecukupan kapasitas pe limpah dan stabilitas

Untuk setiap faktor-faktor intrinsik, eskternal, dan kecukupan dimasukkan angka bobotnya masing-masing. Nilai maksimum faktor kerawanan total ini adalah 1000, dengan syarat bobot dari setiap faktor adalah 10.

b. Menentukan Faktor Intrinsik

Faktor intrinsik merupakan kondisi awal dari fisik bendungan tipe urugan. Kondisi awal yang dimaksud adalah kondisi pada saat bendungan baru selesai dibangun, atau saat kondisi dan data fisik bendungan masih sesuai dengan desain dan belum mengalami kegagalan (*failure*). Kondisi awal tersebut terdiri atas tinggi bendungan, tipe bendungan, tipe pondasi dan kapasitas waduk. Klasifikasi tinggi bendungan, tipe bendungan, tipe pondasi dan kapasitas waduk dan bobotnya diberi nilai dengan rentang 1 – 10 pada formulir pengecekan dam.

c. Menentukan Faktor Eksternal

Faktor eskternal adalah faktor pengaruh terhadap bendungan di luar kondisi fisik bendungan, atau dengan kata lain faktor eksternal ini merupakan faktor luar yang berpengaruh terhadap kondisi fisik bendungan yang tentunya akan berpengaruh terhadap tingkat kerawanan total bendungan tersebut. Faktor eskternal ini terdiri atas 2 faktor, yaitu pengaruh umur bendungan (*age of dam*) dan kegempaan (*seismic*). Penilaian bobot untuk pengaruh umur bendungan dan kegempaan diberi nilai dengan rentang 1 – 10 pada formulir pengecekan dam.

d. Menentukan Faktor Kecukupan

Dalam analisis tersebut akan diperhitungkan dua kondisi, yaitu kondisi yang diketahui dan kondisi yang diperkirakan sesuai dengan pengamatan si peninjau. Parameter-parameter tersebut antara lain kecukupan kapasitas pelimpah (*spillway adequacy*) dan kecukupan faktor keamanan terhadap keruntuhan ler-

eng (*mass movement factor of safety*). Kapasitas pelimpah merupakan faktor yang berpengaruh besar pada bendungan. Penentuan bobotnya dari Kecukupan kapasitas pelimpah (D<sub>1</sub>) juga diisi dengan rentang 1 – 10 pada formulir pengecekan dam.

e. Menentukan Tingkat Kepentingan Awal

Faktor tingkat kepentingan awal bendungan (*importance of dam*) merupakan hasil perkalian antara bobot faktor kerawanan total (*vulnerability*) dengan bobot faktor bencana (Hazard). Faktor tingkat kepentingan bendungan (Importance of dam = I<sub>dam</sub>) dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut ini (Andersen et al. 2001):

$$I_{dam} = V \times H \quad (2)$$

Sesuai dengan bagan alir analisis metode indeks risiko, maka tingkat kepentingan dalam inventarisasi bendungan (*importance of dam*) dapat diperoleh untuk suatu bendungan yang akan ditinjau.

f. Menentukan Nilai Indeks Resiko Total

Indeks resiko total yang merupakan nilai untuk menentukan apakah bendungan berfungsi dengan baik, diperoleh dari kombinasi nilai bobot kondisi lapangan (CF<sub>j</sub>) dengan faktor kepentingan relatif. Indeks resiko total dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Andersen et al. 2001).

$$IR_j = RI_j \times (10 - CF_j)/10 \quad (3)$$

$$IR_{tot} = \sum IR_j \quad (4)$$

$$N_{aman} = [(I_{dam} - IR_{tot})/I_{dam}] \times 10 \quad (5)$$

dimana,

- CF<sub>j</sub> : bobot kondisi lapangan ke j;
- RI<sub>j</sub> : faktor kepentingan relatif kondisi fisik ke j;
- IR<sub>j</sub> : indeks faktor penentu utama total kondisi fisik hasil inspeksi;
- IR<sub>tot</sub> : indeks resiko total;
- I<sub>dam</sub> : faktor tingkat kepentingan awal;
- N<sub>aman</sub> : nilai keamanan bendungan (bernilai 0-100), klasifikasi bendungan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Teknis Bendungan Jatiluhur

Bendungan Jatiluhur terletak di Desa Jatiluhur, Kecamatan Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. Bendungan ini dikelolha oleh Perum Jasa Tirta II dan dibangun dari tahun 1957 s/d 1967. Waduk Jatiluhur berada pada DAS Citarum di Kabupaten Purwakarta. Waduk Jatiluhur dibangun untuk mencukupi kebutuhan bahan pangan nasional yaitu beras disamping penyediaan air baku untuk berbagai kepentingan bagi Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta serta pengendalian banjir. Waduk ini merupakan danau buatan yang mempunyai daya tampung air yang terbesar di Indonesia lebih kurang 3 milyar m<sup>3</sup> dan

merupakan asset nasional yang strategis dan telah terbukti manfaatnya selama 35 tahun terutama dalam menunjang ketahanan pangan nasional. Data teknis dan data hidrologi hasil observasi selama di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data hidrologi waduk bendungan Juanda

Data hidrologi	Keterangan
Anak Sungai	Cisomang, Cilalawi
Induk Sungai	Citarum
Luas Daerah Aliran Sungai (km <sup>2</sup> )	4,500
Curah hujan tahunan (mm)	2,040
Curah hujan desain (mm)	3,290
Debit desain pengelak (m <sup>3</sup> /dt)	1,500

Tabel 2. Data teknis waduk Bendungan Juanda

Data Waduk:	Keterangan
Elevasi MAB (m)	+ 111,60
Elevasi MAN (m)	+ 107,00
Elevasi MAM (m)	+ 87,50
Volume MAB (juta m <sup>3</sup> )	2,893,000
Volume MAN (juta m <sup>3</sup> )	2,556
Volume mati (juta m <sup>3</sup> )	960
Volume efektif (juta m <sup>3</sup> )	1,790

#### a. Inspeksi Lapangan

Bendungan Jatiluhur terdiri atas beberapa bendungan yaitu bendungan utama, bendungan pembantu (*saddle dam*) Ubrug, Ciganea dan Pasir Gombang. Bendungan ini dikelola oleh Perum Jasa Tirta II, untuk pemeliharaan dan pengawasan bendungan yang cukup luas dan menyeluruh dengan kepadatan penduduk sekitarnya yang begitu besar, serta memerlukan tenaga ahli dan petugas lapangan yang terampil.

Bendungan utama merupakan bendungan urugan batu dengan inti kedap air tanah liat miring (*Rockfill Inclined Clay Core*). Memiliki tinggi maksimum 105 m dari pondasi terdalam dan panjang 1.220 m. Volume timbunan sebesar 9,1 juta m<sup>3</sup>. Tubuh bendungan berdiri di atas lapisan *sand stone* dan *clay stone*. Batu penutup pada lereng udik adalah batuan beku jenis andesit yang ada di sekitar bendungan. Kemiringan lereng udik 1V:1,35H hingga 1V:1,5H. Kemiringan lereng hilir 1V:1,35H dengan lereng yang berada di bawah elevasi +90 m dpl ditutup menggunakan random material dengan kemiringan 1V:4H. Elevasi banjir maksimum pada +111,6 m dpl dengan kapasitas pelimpah 3.000 m<sup>3</sup>/s.

#### b. Puncak Bendungan Utama

Pada saat inspeksi lapangan, muka air waduk terletak pada elevasi +107,67 m sedangkan muka air normal terletak pada elevasi +107,00 m. Pengamatan visual puncak bendungan dilakukan pada tiga segmen,

yaitu *lining* kiri, *lining* kanan dan bagian tengah bendungan. Berdasarkan hasil pengamatan visual, secara umum puncak bendungan (pada ketiga segmen) dalam kondisi baik dan normal. Tanah ambles dan liang binatang tidak ditemukan di puncak bendungan.

Berdasarkan hasil inspeksi dilapangan, terlihat retak memanjang di permukaan dekat lining hilir dengan dimensi retakan sepanjang ± 116 meter dan di sekitar patok geser C14 dengan kedalaman ± 12 cm lebar ± 3 cm. Selain itu, terdapat rumput liar yang tumbuh di sepanjang *lining* puncak bendungan sehingga lubang drainase tersumbat. Daerah yang tergenang di sekitar patok geser ST61 dan aspal yang bergelombang/lendutan juga berpotensi tergenang air pada saat hujan.

Perlu dilakukan upaya perbaikan pada retak memanjang dan pemantauan terhadap aspal yang bergelombang agar anomali tersebut tidak semakin meluas. Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu pengisian material pada gejala retak memanjang, pengaspalan ulang di daerah yang bergelombang dan memperbanyak frekuensi babadan rumput di *lining* udik dan *lining* hilir bendungan.

Berdasarkan hasil pemantauan deformasi vertikal yang terjadi pada bendungan di puncak hingga kaki bendungan, ditemukan deformasi vertikal di daerah puncak, lereng dan kaki bendungan. Namun, deformasi vertikal pada kaki bendungan masih cukup kecil dibandingkan pada puncak dan lereng bendungan Jatiluhur. Diperlukan upaya pemantauan dan evaluasi secara terus menerus.

#### c. Lereng Udik dan Hilir, Ebatmen Kiri dan Kanan Bendungan Utama

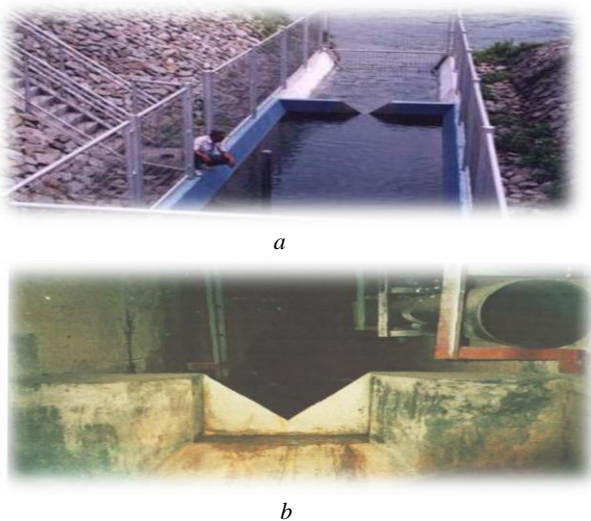
Daerah kontak urugan dan ebatmen kanan di bagian udik tampak normal. Beberapa rumput liar tumbuh di tanah asli ebatmen kanan. Kondisi lereng hilir secara umum cukup baik, dan di sekitar areal urugan lereng hilir tidak terdapat gejala deformasi, longsor maupun rembesan yang terkonsentrasi. Namun, ditemukan adanya rembesan di kaki lereng sebelah kiri bangunan pembangkit listrik sepanjang kurang lebih 200 m. Berdasarkan hasil penyelidikan, bocoran tersebut berasal dari bukit tumpuan kiri bagian hilir (mata air) yang ternyata sifat kekuatan airnya berbeda dengan air waduk.

#### d. Pembangkit Tenaga Listrik dan Pelimpah Morning Glory

Secara umum kondisi bangunan ini cukup baik dan tidak nampak gejala kerusakan struktur. Bocoran yang teramat pada bangunan ini, baik di dalam maupun di bagian luar terowongan berasal dari bocoran batuan dasar. Kondisi bangunan pelimpah secara umum normal, dan tidak terlihat adanya gejala kerusakan struktur. Namun, dari hasil pengamatan perilaku kondisi struktur bangunan, masih terjadi pergerakan vertikal ke bawah dan lapisan *morning glory* bagian dalam sudah terkelupas.

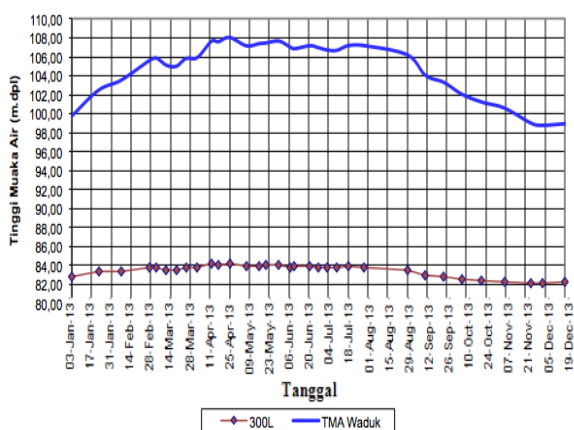
e. *Evaluasi Hasil Pemantauan Instrumentasi Bendungan Jatiluhur*

Balai Keamanan Bendung, Ditjen Sumber Daya Air tahun 2003 mengungkapkan bahwa pada Bendungan Ir. Juanda (Jatiluhur) terpasang 6 jenis instrumen, yaitu *piezometer* (20 buah tipe radio *telemac*, 25 buah tipe *Casagrande*, 51 buah tipe *vibrating wire*, 4 buah tipe *hydraulic*), sumur observasi (22 buah OW), patok geser (123 buah), *strong motion accelerometer* (3 buah), inklinometer (3 buah) dan *settlement apparatus* (5 buah *teleniveau*) pada pondasi dan tubuh bendungan. Evaluasi instrumen bendungan dilakukan dengan menggunakan data pemantauan terhadap deformasi vertikal (patok geser), deformasi horizontal (patok geser), perubahan tekanan air pori (pisometer) dan bocoran (*V-notch*).



Gambar 1. (a) Bentuk dan penampang V-notch bendungan sebelah kiri dan (b) kanan

f. *Tekanan Air Pori*



Gambar 2. Tekanan air pori pada piezometer 300L dan TMA WADUK Tahun 2013

Bendung merupakan bangunan yang selalu berhubungan dengan air (Harseno & Daryanto 2008). Untuk mengetahui rembesan pada bendung, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu menggunakan *piezometer*. Hasil pemantauan tekanan air pori Januari sampai dengan Desember 2013 menunjukkan tekanan

air pori pada *piezometer* yang terpasang di beberapa titik di bendungan utama masih memberikan respon terhadap perubahan Tinggi Muka Air (TMA) waduk dan masih dalam batas normal serta tidak ditemukan adanya anomali yang ekstrim. Pemantauan tekanan air pori Bendungan Jatiluhur menggunakan *piezometer* tipe elektrik dan tipe *cassagrande* (pipa terbuka). Gambar 2 menunjukkan hubungan antara tekanan air pori dan Tinggi Muka Air (TMA) waduk hasil pembacaan instrumen *electric piezometer* yang ada di bendungan utama.

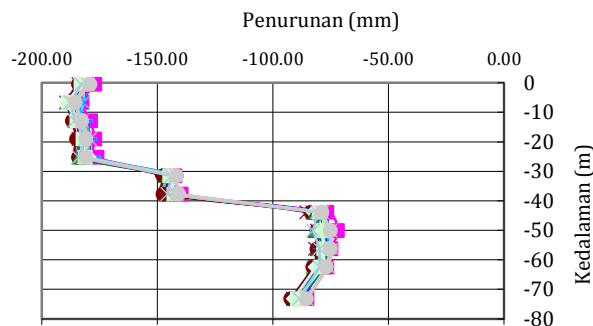
g. *Rembesan Air*

Untuk mengetahui kestabilan bendung, dilakukan pengukuran debit bocoran dengan menggunakan *V-notch* yang dipasang pada daerah kaki bendungan sebelah kiri (*V-notch L*) dan sebelah kanan (*V-notch R*). Pada *V-notch* sebelah kiri, debit rembesan yang terpantau terukur maksimum sebesar 2,523 L/detik terjadi pada bulan Maret dan April 2013. Debit minimum yang terukur sebesar 1,236 L/det terjadi pada bulan Mei-Desember 2013. Pada *V-notch* sebelah kanan, debit rembesan yang terukur tidak menunjukkan korelasi dengan TMA waduk. Pada alat pengukur rembesan V- Notch kanan tercatat debit maksimum sebesar 9,068 L/det terjadi pada tanggal 24 Desember 2013, sedangkan debit minimum sebesar 0,015 L/det terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret dan April 2013. Penampakan *V-notch* yang ada di bendungan Jatiluhur disajikan pada Gambar 1.

Seluruh hasil perhitungan parameter kemudian direkap dan disajikan pada Tabel 3 dalam bentuk analisis stabilitas pengaruh gempa.

h. *Deformasi Vertikal*

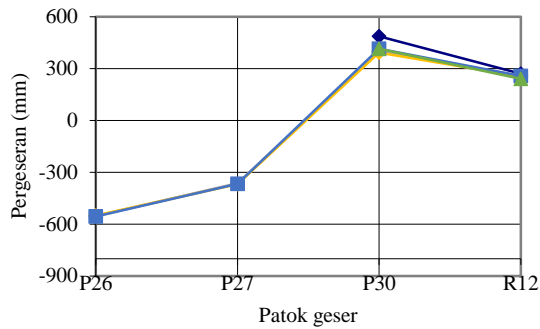
Hasil pemantauan deformasi vertikal menunjukkan telah terjadi penurunan kumulatif sebesar 72 mm sampai dengan 189 mm dibandingkan dengan *initial* Tahun 2001. Terjadi penurunan sebesar 1 mm sampai dengan 7 mm dibandingkan dengan tahun 2012. Gambar 3 memperlihatkan pergerakan vertikal tubuh bendungan yang terukur pada lubang bor IC260L.



Gambar 3. Pergerakan vertikal Bendungan Jatiluhur pada lubang bor IC260L

i. *Deformasi Horizontal*

Pengukuran gerakan horizontal dilakukan dengan alat ukur sudut dan jarak. Gambar 4 menunjukkan foto lokasi pengukuran dan pelaksanaan pengukuran gerakan horizontal tubuh bendungan Jatiluhur.



Gambar 4. Deformasi horizontal bendungan Jatiluhur pada patok geser P26 dan P30

j. Hasil Analisis Stabilitas Pengaruh Gempa

Tabel 3. Percepatan gempa desain bendungan Jatiluhur

Perioda ulang T (tahun)	Peta zona 99-Fukushima		Peta zona 04-Fukushima		Peta zona 04-Joyner	
	Z	aa (g)	Z	aa (g)	Z	aa (g)
	100	1,23	0,191	1,215	0,215	1,15
5000	1,23	0,331	1,215	0,354	1,15	0,322
10000	1,23	0,351	1,215	0,374	1,15	0,343

Tabel 4. Kelas risiko bendungan Jatiluhur

No	Pengaruh risiko	Ukuran	Faktor risiko	Bobot
1	Kapasitas (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2.448	FR <sub>k</sub>	6
2	Tinggi (m)	105,00	FR <sub>t</sub>	6
3	Kebutuhan evakuasi (jumlah orang)	Ekstrim	FR <sub>e</sub>	12
4	Tingkat kerusakan hilir	Ekstrim	FR <sub>h</sub>	12
			FR <sub>tot</sub>	36
			Klasifikasi	Ekstrim (IV)

Tabel 5. Percepatan gempa desain untuk analisis dinamik bendungan Jatiluhur

No	Perioda ulang T (tahun)	aa (g)	K <sub>o</sub> = 0,5*aa (g)	K pada Y/H			
				0,25	0,5	0,75	1,00
1	100	0,191	0,096	0,195	0,162	0,148	0,134
2	5000	0,331	0,166	0,295	0,281	0,257	0,232
3	10000	0,351	0,176	0,358	0,298	0,272	0,246

Tabel 6. Hasil analisis stabilitas pengaruh gempa kondisi steady seepage bendungan

Bagian Bendungan	Fk tanpa gempa	K <sub>y</sub>	T = 100 thn		T = 5000 thn		Deformasi U (m)
			K (100 thn)	FK (FK izin = 1,2)	K (10000 thn)	FK (FK izin = 1)	
1. Udik							
a) Y/H = 1	2,952	0,287	0,134	1,610	0,246	1,124	tidak ada
b) Y/H = 0,75	2,621	0,284	0,148	1,465	0,272	1,075	tidak ada
c) Y/H = 0,5	2,127	0,287	0,162	1,320	0,298	0,950	kecil
d) Y/H = 0,25	1,974	0,293	0,195	1,205	0,358	0,860	kecil
2. Hilir							
a) Y/H = 1	2,914	0,480	0,134	1,980	0,246	1,520	tidak ada
b) Y/H = 0,75	2,615	0,425	0,148	1,720	0,272	1,350	tidak ada
c) Y/H = 0,5	2,411	0,442	0,162	1,680	0,298	1,282	tidak ada
d) Y/H = 0,25	2,154	0,472	0,195	1,540	0,358	1,210	tidak ada

k. Perhitungan Faktor Penentu Utama dari Data Inventarisasi Bendungan Jatiluhur

Faktor kerawanan total (V) didefinisikan sebagai kemampuan bendungan untuk menahan kerusakan

yang diakibatkan oleh alam atau kepekaan bendungan terhadap bencana alam. Dengan menggunakan data umum Bendungan (Tabel 7) dan Persamaan (1), diperoleh nilai V sebesar 75. Faktor tingkat kepentingan awal Bendungan dalam inventarisasi

bendungan ( $I_{dam}$ ) Jatiluhur merupakan hasil perkalian antara bobot faktor kerawanan total ( $V$ ) dengan bobot faktor bencana. Dengan menggunakan persamaan (2), diperoleh nilai ( $I_{dam}$ ) sebesar 750.

Tabel 7. Data umum bendungan

Parameter Bendungan	Nilai	Parameter Bobot	Bobot *
Faktor intrinsik (kondisi awal) (I)			
Tinggi (m)	105	I <sub>1</sub>	10
Tipe	UB	I <sub>2</sub>	4
Tipe Pondasi	Batu (BT)	I <sub>3</sub>	1
Kapasitas Waduk (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2448	I <sub>4</sub>	10
Faktor eksternal (E)			
Umur (tahun)	47	E <sub>1</sub>	4
Kegempaan	D	E <sub>2</sub>	8
Faktor kecukupan (D)			
Pelimpah	KP5	D <sub>1</sub>	2
Stabilitas Bendungan	FK5	D <sub>2</sub>	2
Faktor bencana (H)			
Kelas resiko	T	H <sub>1</sub>	10

\*berdasarkan referensi Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan

### 3.2. Menentukan Kondisi Inspeksi (Condition Function)

Inspeksi atau peninjauan di lapangan (*on-site inspection*) dilakukan untuk mendapatkan data kondisi fisik bendungan yang sebenarnya, berkaitan dengan tinjauan terhadap faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya ke empat bentuk kegagalan atau *failure* (Najooan & Soetijono 2002). Hasil pengamatan kondisi inspeksi disajikan pada Tabel 8.

### 3.3. Perhitungan Indeks Resiko Total

Indeks resiko total merupakan nilai untuk menentukan apakah bendungan berfungsi dengan baik (Dept. PU 2000). Nilai ini diperoleh dari kombinasi nilai bobot kondisi lapangan (CF<sub>i</sub>) dengan faktor kepentingan relatif. Dengan menggunakan Persamaan (3) sampai (5), diperoleh nilai akhir berupa nilai keamanan ( $N_{aman}$ ) sebesar 83.04. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi  $N_{aman}$  yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 menggambarkan empat kategori tingkat keamanan bendung. Dengan nilai  $N_{aman}$  hasil perhitungan sebesar 83.04, Bendungan Jatiluhur termasuk dalam kondisi memuaskan. Kondisi ini merupakan kondisi yang paling baik dan tidak perlu adanya penanganan khusus. Bendungan mampu beroperasi pada beban biasa maupun beban biasa. Hal yang perlu dilakukan yaitu *monitoring* secara rutin untuk mencegah terjadinya hal yang tidak diinginkan seperti timbul retakan atau longsoran di hilir bendung.

Tabel 8. Hasil parameter fisik di lapangan (bendungan Jatiluhur)

Bendungan:	Kabupaten:	Tanggal: 12/05/2014	
Jatiluhur	Purwakarta	Elev. air waduk +107.67 m	$I_{dam}$
SWS: Citarum	Provinsi: Jawa Barat	Elev.air normal: +107,00 m	750,00
No	Parameter inspeksi	Parameter	Nilai bobot*
1	Penghalang pada saluran pelimpah.	CF1	9
2	Tinggi jagaan	CF2	9
3	Penghalang pada saluran pengeluaran di bagian bawah bendungan	CF3	9
4	Erosi ( <i>erosion</i> ) pada saluran pelimpah	CF4	9
5	Material pelindung permukaan bendungan	CF5	8
6	Erosi buluh ( <i>piping</i> ) pada tubuh bendungan tipe urugan	CF6	7
7	Erosi buluh pada fondasi bendungan tipe urugan.	CF7	8
8	Longsoran pada bendungan tipe urugan	CF8	7.5
9	Longsoran pada bendungan dan fondasinya	CF9	8

\* - berdasarkan referensi Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan

Tabel 9. Parameter P [M<sub>i</sub>| F] dan P[C<sub>j</sub>| M<sub>i</sub>] untuk penilaian keamanan bendungan Jatiluhur

Bendungan: Jatiluhur(04) SWS: Citarum		Kabupaten: Purwakarta Propinsi: Jawa Barat Tanggal: 7/05/2014		Elev. air waduk: + 107.67 m Elev.air normal: +107,00 m		
No	Bentuk Kegagalan	Prob. Kegagalan P [C <sub>j</sub>   M <sub>i</sub> ]	Prob. Kondisi fisik P [ M <sub>i</sub>   F ]	Indeks penentu relatif R <sub>li</sub>	Bobot CF <sub>i</sub>	IR <sub>i</sub> = R <sub>li</sub> (10 - CF <sub>i</sub> )/10 *
1	Limpasan (1)	0,49	0,3	110,25	9	11.03
			0,1	36,75	9	3.68
			0,8	220,50	9	22.05
2	Erosi permukaan (2)	0,09	0,7	47,25	9	4,73
			0,3	20,25	8	4,05
3	Erosi buluh (3)	0,32	0,7	168,00	7	50,40
			0,3	72,00	8	14.4
4	Stabilitas lereng (4)	0,10	0,5	37,50	7.5	9.38
			0,5	37,50	8	7.5

Keterangan: R<sub>i</sub> adalah faktor penentu relatif ; IR<sub>i</sub> adalah indeks risiko ke-i,

\* - berdasarkan referensi Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan

Tabel 10. Klasifikasi kondisi keamanan bendungan

No	Nilai keamanan (N <sub>aman</sub> )	Klasifikasi	Kriteria		Tindakan yang diperlukan
			Kondisi beban biasa (normal)	Kondisi beban luar biasa	
1	>75	Memuaskan	Aman	Aman terhadap banjir desain dan gempa desain	Tidak diperlukan tindak lanjut.
2	65-75	Cukup	Aman	Kemungkinan kurang aman terhadap banjir desain dan gempa desain	Diperlukan analisis untuk memastikan dapat tidaknya waduk beroperasi seperti biasa.
3	55-64	Kurang memuaskan	Aman	Kurang aman, kemungkinan adanya kemerosotan mutu bahan. Potensi kurang aman pada kondisi beban luar biasa	Diperlukan studi dan investigasi lebih lanjut untuk memastikan parameter desain, peralatan dan perilaku bendungan. Dapat beroperasi seperti biasa, namun kewaspadaan harus ditingkatkan.
4	<55	Tidak baik / tidak memuaskan	Tidak aman	Tidak aman	Diperlukan tindakan segera untuk memecahkan persoalan; penghentian sementara operasi waduk atau pembatasan operasi waduk.

dungan masih aman dan dapat beroperasi pada kondisi beban biasa maupun beban luar biasa.

#### 4. Kesimpulan

Penentuan nilai indeks resiko untuk menentukan tingkat keamanan Bendungan Jatiluhur sudah selesai dilakukan. Seluruh data dan parameter yang dibutuhkan dalam menghitung indeks resiko sudah didapatkan. Hasil perhitungan, diperoleh nilai faktor tingkat kepentingan awal (*I<sub>dam</sub>*), indeks resiko total (*IR<sub>tot</sub>*) dan nilai keamanan (*N<sub>aman</sub>*) berturut-turut sebesar 750, 127.22, dan 83.04. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat keamanan Bendungan Jatiluhur termasuk dalam kategori memuaskan dengan nilai *N<sub>aman</sub>* diatas 75. Tidak perlu adanya penanganan khusus pada Bendungan Jatiluhur karena saat ini ben-

#### Daftar Pustaka

- [1] Andersen, G. R., L. E. Chouinard, C. J. Bouvier, W. E. Back, 1999. Ranking procedure on maintenance tasks for monitoring of embankment dams. Journal of Geotechnology and Geoenvironmental Engineering 125 (4), pp. 88-96.
- [2] Balai Keamanan Bendungan, Ditjen Sumber Daya Air, 2003. Pedoman Inspeksi Keamanan Bendungan.
- [3] Departemen Pekerjaan Umu, 2000. Tata Cara Pengendalian Mutu Bendungan Urugan. Pd. T-17-2000-03. Kep Men Pekerjaan Umum No: 08/KPTS/T/2000.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan, 2003. Tingkat keamanan bendungan di Jawa. Volume III: Jawa Barat.

- [5] Hadihardjaja, I. K., 2006. Analisis Keandalan pengoperasian optimal waduk kaskade Citarum untuk pemenuhan kebutuhan air baku. *Jurnal Desain dan Konstruksi* 5(1), pp. 21-35.
- [6] Harseno, E., E. Daryanto, 2008. Tinjauan Tinggi Tekanan Air di Bawah Bendung dengan Turap dan Tanpa Turap pada Tanah Berbutir Halus. *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2 Volume 13*.
- [7] Najoan, T. F., C. Soetijono, 2002. Metode analisis stabilitas lereng statik bendungan tipe urugan seri bangunan Air. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air*. ISBN 979-3197-20-X.
- [8] Otani, K., 2014. Prospek Positif Masa Depan Bendungan. *Wikamagz Edisi 1 Tahun 2014*, pp. 14-19.
- [9] Pradana, H. A., 2012. Analisis Struktur Bendungan Krenceng terhadap Gempa. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [10] Wirustyastuko, D., J. Nugroho, 2013. Analisis wilayah tergenang dan perilaku banjir pada simulasi kegagalan bendung Ciawi. *Jurnal Teknik Sipil* 20(2), pp. 121-132.