

PERENCANAAN BENDUNG GERAK DENGAN PINTU AIR (*FLOODGATE*) TIPE *DRUM GATE* UNTUK KONTROL BANJIR PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI BENDUNG WALAHAR KABUPATEN KARAWANG

*Boyke Frahmans*¹

*Budi Santosa*²

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Gunadarma*

¹*boykefrahmana@rocketmail.com*

ABSTRAK

Air merupakan sumber kehidupan dan mengambil peranan yang penting dalam menunjang aktifitas manusia. Perkembangan dan gejala alam yang selalu mengalami dinamika dapat berpengaruh juga terhadap lingkungan sekitar kita. Potensi banjir besar di daerah aliran sungai akan sangat berdampak besar terhadap stabilitas hulu dan hilir bendung. Drum Gate merupakan salah satu solusi untuk mengantisipasi kondisi tersebut. Spillway dengan tipe Drum Gate dapat secara otomatis terbuka pada saat banjir datang dengan kontrol ketinggian level permukaan banjir. Tujuan utama simulasi bendung gerak dengan Drum Gate ini adalah untuk menentukan dimensi persatuan panjang Drum Gate dengan mengambil studi kasus pada bendung walahar. Analisis dilakukan menggunakan perhitungan manual dengan bantuan Microsoft excel dan analisa mekanika untuk bendung Drum Gate menggunakan software solid work. Analisis dilakukan berdasarkan debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun dengan metode FSR Jawa Sumatra. Hasil menunjukkan bahwa persatuan panjang Drum Gate didesain dengan pelat dan kerangka baja berjari-jari 1.5 m, sudut pintu 45° dan tebal pelat 6 mm mampu mengalirkan debit banjir rencana 100 tahunan.

Kata kunci: *Spillway, Drum Gate, Metode FSR Jawa Sumatera*

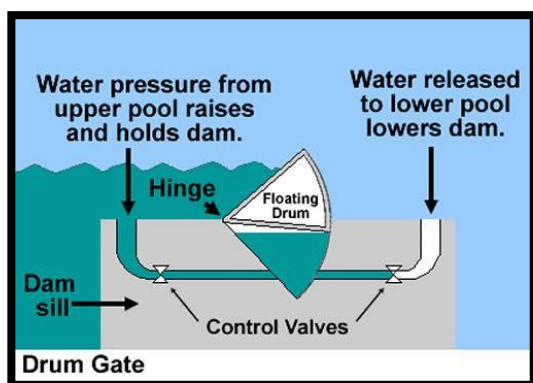
PENDAHULUAN

Perkembangan peradaban manusia selalu diiringi dengan penambahan penduduk. Perluasan lahan untuk pemukiman dan lahan pertanian mengakibatkan semakin meningkatnya penebangan pohon liar di daerah sekitar bendung walahar maupun di daerah hulu bendung. Tahun 2009 pintu air bendung walahar mengalami keruntuhan akibat tergerus oleh derasnya aliran banjir dan tekanan sangat besar yang tidak tersalurkan di hulu bendung. Salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diatas adalah merencanakan bendung gerak yang secara otomatis bisa menyalurkan debit banjir. *Drum*

gate merupakan salah satu bendung gerak yang secara otomatis akan terbuka apabila banjir datang. Mekanisme gerak dari *Drum Gate* dikontrol oleh ketinggian permukaan banjir, jadi dalam keadaan normal *Drum Gate* akan berfungsi sebagai bendung untuk meninggikan permukaan air, namun pada saat banjir datang *Drum Gate* akan berfungsi sebagai pengontrol banjir.

Drum gate didesain dari pelat dan kerangka baja yang kuat terhadap benturan maupun gesekan. Kelebihan *Drum gate* dibandingkan dengan tipe pintu air yang lain adalah tidak memerlukan banyak tenaga operasional yang banyak saat terjadi

banjir sedangkan kekurangannya adalah proses pengerjaan dan pemasangan yang rumit saat di lapangan, engsel dan ruang *floating* pintu akan mudah rusak apabila air sungainya terlalu banyak lumpur (Kenneth Grubb Associates Limited "Gates and Valves in Dams and Barrages" 2015). *Drum Gate* telah banyak digunakan diberbagai negara, seperti Hoover Dam di Arizona Amerika Serikat, Black Canyon Dam, Cresta Dam California dan Friant Dam. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dimensi bendung gerak dengan pintu air tipe *drum gate* untuk kontrol banjir dengan sensor ketinggian air di muka bendung dan menganalisa kekuatan struktur pada *drum gate* dengan menggunakan *software solid works*.



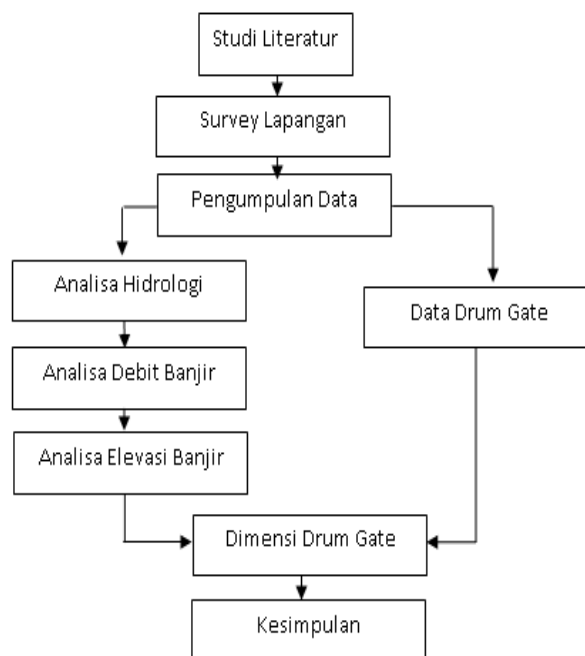
Gambar 1

Skema Pergerakan Drum Gate

Sumber : Scottish and Southern Energy, 2015

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi perencanaan bendung gerak tipe *drum gate* terletak di Desa Walahar Kec. Klari Kab. Karawang, Provinsi Jawa Barat. Bendung walahar ini membendung sungai Citarum pada koordinat 06°22'973" LS dan 107°21'660" BT, dengan *catchment area* seluas 1316.67 km². Data-data yang digunakan dalam perencanaan bendung gerak tipe *drum gate* adalah sebagai berikut : Peta rupa bumi, Data curah hujan, Data debit sungai, data eksisting sungai



Gambar 2

Bagan Alir Sistematika

Sumber: Hasil Analisa, 2015

Gambar 2 menunjukkan bagan alir dari sistematika tugas akhir. Dimulai dari studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang perencanaan bangunan air. Langkah kedua adalah survey lapangan, survey ini bertujuan untuk mengetahui keadaan sungai dan kondisi lokasi, sebagai referensi pendukung untuk perencanaan bendung gerak. Langkah ketiga adalah pengumpulan data, pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan data pendukung untuk perencanaan bendung gerak.

Data-data yang dibutuhkan antara lain adalah data curah hujan, data debit sungai dan data eksisting sungai. Langkah keempat adalah analisa hidrologi untuk perencanaan bendung gerak tipe *drum gate*. Analisa hidrologi meliputi perhitungan hujan rata-rata, perhitungan frekuensi curah hujan, uji distribusi probabilitas dengan uji chi-kuadrat, perhitungan debit maksimum dengan FSR Jawa

Sumatra. langkah kelima adalah perencanaan dimensi *drum gate*, perhitungan yang dilakukan untuk perencanaan bendung gerak tipe *drum gate* adalah perhitungan desain pintu bendung *drum gate*. Yang terakhir adalah analisa gaya horizontal dan vertikal yang bekerja pada *drum gate*, analisa ini bertujuan untuk mengetahui apakah *drum gate* yang kita rencanakan memenuhi persyaratan kekuatan dan memenuhi faktor keamanan yang telah ditentukan.

PEMBAHASAN

Perhitungan Hujan Rata-Rata

Perhitungan hujan rata-rata menggunakan metode rata-rata. Data curah hujan yang ditinjau adalah selama 12 tahun (2003-2014). Curah hujan maksimum yang didapat adalah pada tanggal 1 februari 2003 yaitu dengan nilai 57.17 mm.

Pemilihan Jenis Distribusi

Beberapa jenis statistik sebaran (distribusi), diantaranya yang sering digunakan dalam hidrologi adalah : distribusi gumbel, distribusi log normal, distribusi log-person tipe III, distribusi normal. Jenis distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi Log-Person Tipe III. Nilai C_s adalah 0,402 (C_s tidak sama dengan 0)

Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dihitung menggunakan metode FSR Jawa Sumatera. Pertimbangan penggunaan metode FSR Jawa Sumatera didasarkan pada cakupan DAS yang melebihi 100 km². Analisis

debit banjir puncak rencana dilakukan menggunakan metode FSR Jawa Sumatera, dimana analisa debit dengan periode ulang dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan debit banjir dengan periode ulang seratus tahun (Q_{100}) yang dipakai sebagai dasar perencanaan bendung sebesar 883.2906 m³/det.

Tabel 1
Data Debit Banjir Rencana Metode FSR Jawa Sumatera

No	GF	MAF (m ³ /det)	Q (m ³ /det)
1	5	1.17	96.79953177
2	10	1.37	96.79953177
3	20	1.59	96.79953177
4	50	1.95	96.79953177
5	100	2.27	96.79953177

Elevasi Muka Air Banjir di Hulu Bendung

Hasil analisis elevasi muka air banjir di hulu bendung dilakukan untuk menentukan gaya gaya tekan yang akan bekerja pada bendung. Analisis ketinggian elevasi banjir di hulu bendung dapat dilihat pada Tabel 2. Tinggi air banjir rencana di hilir bendung adalah $h = 1.96$ m dengan debit banjir seratus tahunan sebesar $Q_{100} = 883.2906$ m³/det.

Analisa Dimensi Drum Gate

Drum gate berfungsi sebagai bendung, maka debit yang melalui pintu besarnya adalah 1.554 m³/det. Besarnya tekanan air pada permukaan bendung adalah 196101.9 kN/m².

Prinsip Archimedes dalam Penentuan Dimensi Bendung

Penentuan dimensi bendung menggunakan prinsip hukum

Tabel 2
Perhitungan Tinggi Air di Hulu Bendung

H (m)	B (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	I	K	V (m/det)	Q (m ³ /det)
1	50	50.0008	102	0.490	0.0564	70	10.335	455.2643
1.24	50	62.0012	102.48	0.605	0.0564	70	11.891	533.0873
1.48	50	74.002	102.96	0.718	0.0564	70	13.339	618.6925
1.72	50	86.002	103.44	0.831	0.0564	70	14.698	758.7739
1.96	50	98.003	103.92	0.943	0.0564	70	15.986	883.2906

archimedes, parameter dimensi pintu adalah saat pintu terapung yaitu $w < F_a$.

Tabel 3
Volume Pelat Baja

No	Bidang	Volume (m ³)
1	Pelat baja 1 (pelat bagian depan)	0.007065
2	Pelat baja 2 (pelat bagian atas)	0.009
3	Pelat baja 3 (pelat bagian bawah)	0.009
Total		0.025065

Tabel 4
Volume Kerangka Baja

No	Bidang	Volume (m ³)
1	Kerangka bagian depan	0.000338
2	Kerangka bagian atas	0.00045
3	Kerangka bagian bawah	0.000563
4	Kerangka bagian kanan, tengah dan kiri	0.001148115
Total		0.004794344

Maka volume baja total adalah total volume pelat baja + total volume kerangka baja = $0.001148115 + 0.025065 = 0.029859344 \text{ m}^3$.

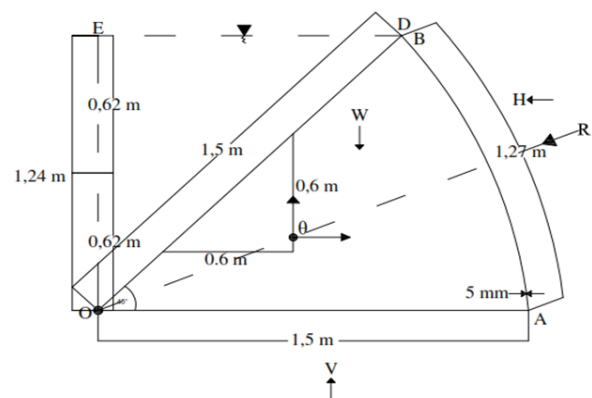
Tabel 5
Berat Drum Gate Terapung

No	Benda	Berat (kg)
1	Baja (w_b)	2297.079
2	Air (F_a)	23354.63
Syarat $w_b < F_a = \text{terapung}$		$2297.079 < 23354.63$
Memenuhi syarat		Ok

Tekanan pada Bidang Lengkung Drum Gate

Gaya horizontal (H) adalah resultante tekanan pada bidang proyeksi dari bidang lengkung AB yaitu bidang OE. gaya horizontal pada drum gate sebesar $9.1 \times 10^3 \text{ N}$. Gaya vertikal (V) adalah berat cairan yang mengisi bidang OED gaya vertikal pada drum gate ini adalah 17.3×10^3

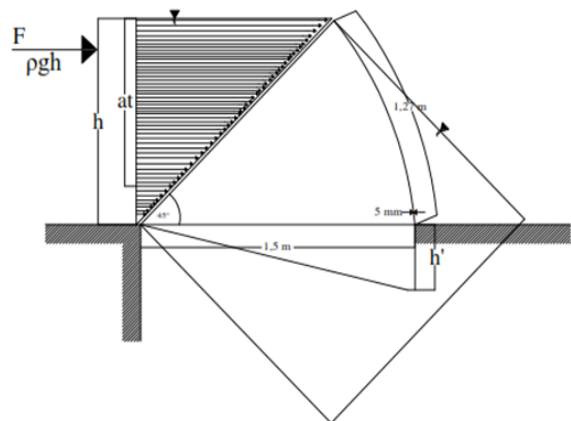
N. Resultante tekanan R adalah 19547.378 N . Bila sudut (θ) adalah sudut antara R dan garis horizontal adalah 0.0091° . Karena bidang AB adalah bagian dari suatu lingkaran, maka R akan bekerja melalui titik pusat (O) dan tidak menimbulkan momen terhadap O. jadi momen yang ada adalah momen yang disebabkan oleh berat dari pintu air. Jadi momen yang diperlukan untuk membuka pintu air adalah sebesar 13520.606 N-m .



Gambar 3
Benda Cair Di Atas Lengkung AB
 Sumber : Hasil Analisa, 2015

Perhitungan Simulasi Penurunan Drum Gate

Simulasi pergerakan drum gate untuk kontrol banjir seperti pada bidang datar miring seperti pada gambar 3.



Gambar 4. Gaya Hidrostatik pada Bidang Miring Drum Gate
 Sumber : Hasil Analisa, 2015

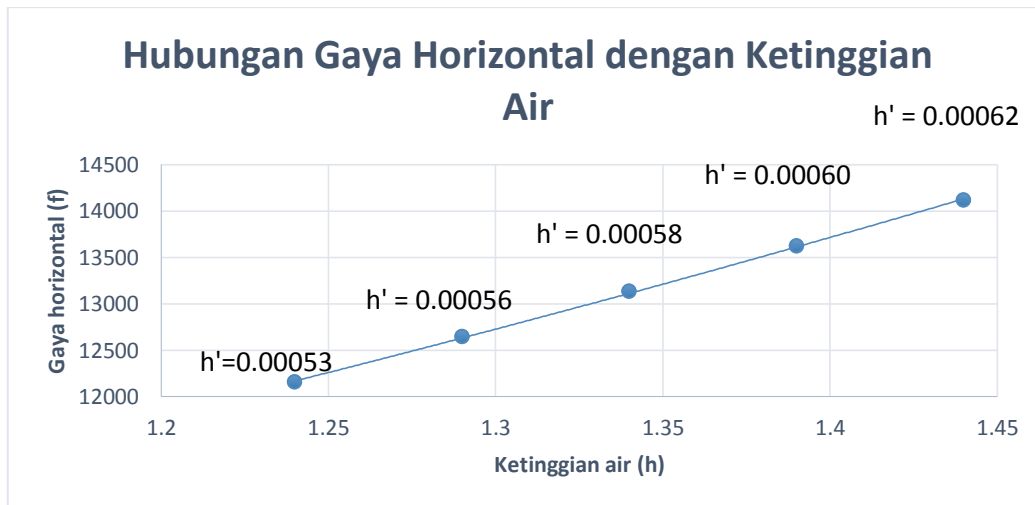
Penurunan (h') *drum gate* saat ketinggian air normal yaitu 1.24 m hasilnya 0.000539 m, ini dikarenakan perencanaan buka tutup pintu menggunakan prinsip archimedes bebas.

Analisa Kekuatan Struktur Drum Gate dengan Solid Works

Cara mengetahui apakah dimensi yang telah didapat memenuhi syarat atau tidak maka dilakukan pengujian dengan *solid works*. Data yang diperlukan untuk pengujian adalah: Gaya horizontal pada *drum gate* 9.1×10^3 N, Gaya vertikal pada *drum gate* 17.3×10^3 N.

Tabel 6
Perhitungan Simulasi Penurunan Drum Gate

No	H (m) + 0.05	Fa (N)	a_x (m)	Berat (kg)	h' (m)
1	1.24	12152	0.70341358	2297.079	0.000539816
2	1.29	12642	0.731777031	2297.079	0.000561583
3	1.34	13132	0.760140482	2297.079	0.000583349
4	1.39	13622	0.788503933	2297.079	0.000605116
5	1.44	14112	0.816867384	2297.079	0.000626883



Gambar 5
Grafik Hubungan Gaya Horizontal dengan Ketinggian Air
Sumber : Hasil Analisa, 2015

Tabel 7
Material Analisis Struktur Drum Gate

Nama Struktur	Material	Berat (kg)	Volume (m ³)
<i>Solid body (cut extrude)</i>	ASTM A36 Steel	2297.079	0.029859344

Tabel 8
Stress pada Struktur Drum gate

Name	Type	Min (N/m ²)	Location (m)	Max (N/m ²)	Location (m)
Stress	Von Mises Stress	405.099	-0.818721	1.14837e+006	-0.925
			0.965988		-0.230029
			-0.4112272		-1.41694

Tabel 9
Displacement pada Struktur Drum Gate

Name	Type	Min (mm)	Location (m)	Max (mm)	Location (m)
Displacement	URES:		-2.075		
	Resultant	0	7.36e+018	0.0129457	-0.547641 - 0.297064
	Displacement		-1.5327		0.0817964

SIMPULAN

Dari hasil analisis dimensi yang telah dilakukan bahwa *Drum Gate* dapat berfungsi untuk mengontrol banjir dengan periode ulang seratus tahun. Berdasarkan analisa mekanika *Drum Gate* telah memenuhi syarat keamanan terhadap *Stress* rangka dan pelat berada diantara 405.1 N/m² dan 96,068.8 N/m², dan terhadap *displacement* baja tidak aman, setelah dilakukan cek dengan *software solid works* pelat baja terlalu tipis. Nilai *displacement* berada diantara 1.295e-002 mm dan 1.187e-002 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 1986. Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan 01. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 1986. Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan 02. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 1986. Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan 03. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 1986. Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan 04. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Hinds, Creager, Justin, Engineering for Dams, John Wiley & Sons. Inc, London 1961. Kodoatic. Robert J, Sugiyanto, Banjir, Pustaka Pelajar, Semarang, 2001.

Kodoatic. Robert J, Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa, Andi, Yogyakarta, 2002.

A Soedrajat s. Ir, Mekanika – Fluida & Hidrolika, Nova, Jakarta, 1986.

Graham, W.J. and R.C.Hilldale, "Spillway Gate Failure or Misoperation: Representative Case Histories," Report DSO-01-01, Bureau of Reclamation, Denver, CO, September 2001.

Pacific Gas & Electric Company,"Investigation of Uncontrolled Operation, Highway Side Drum Gate, Cresta Dam,"Hydro Generation Departement, Analysis Group, July 31, 1997.

Warnock, J.E., "Cavitation Experience of the Bureau of Reclamation," Presented at the Annual Meeting of the American Society of Civil Engineers, 1994.

Judul tabel dan gambar ditulis di tengah, *sentence case*, dengan jarak 1 spasi dari tabel atau gambarnya. Tulisan “Tabel” atau “Gambar” dengan nomornya diletakkan satu baris sendiri. Judul tabel diletakkan di atas tabel (sebelum tabel) dan judul gambar diletakkan di bawah gambar (setelah gambar). Penulisan sumber tabel atau gambar diletakkan di bawah tabel dan gambar (center pada gambar dan sejajar tabel pada tabel dengan huruf 10 pt). Pada gambar, penulisan sumber diletakkan setelah judul gambar dengan jarak 1 spasi. Tulisan dalam tabel 10 pt.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanuma, Ootsubo & Mizutani. (1989). *Nihongo Onseigaku (Fonologi Jepang)*. Tokyo: Kuroshio Shuppan.
- Anonim. (2009). *Cara Mudah Menguasai Microsoft C# 2008*. Yogyakarta: Andi.
- Anonim. (2012). *Stroryboard*. <http://patientmo.files.wordpress.com/>. [10 Juni 2013]
- Anonim. (nd). *Bunyi Bahasa Melayu*. <http://www.tutor.com.my/stpm/fonologi/Fonologi.htm> [1 Mei 2013]