Analisa Pola Aliran Pada *Steel Liner Conduit Dry Dam*

YUDHI YUDISTIRAWAN[1], ALKAUTSAR SAKTI NABILA[1], TRI SIGIT PURWANTO[1]

[1]PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN , INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL BANDUNG

Emai: yudhiyudistirawan@gmail.com

Received 05 09 2021 **|** *Revised* 10 09 2021 **|** *Accepted* 13 09 2021

ABSTRAK

Dry dam berfungsi mengontrol banjir dengan mengalirkan air sungai ke bangunan conduit. Conduit berupa struktur beton bertulang K300 berpenampang persegi dengan ketebalan struktur 1 m baik dinding, lantai maupun atap yang diberikan lapis anti abrasi (steel liner). Komponen yang berpotensi mengalami kavitasi adalah lapisan anti abrasi, sehingga perlu dilakukan kajian potensi terjadinya kavitasi pada lapisan anti abrasi di conduit dry dam. Kajian yang dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk mensimulasikan aliran di sepanjang conduit. Analisa flow simulation pada segmen 32 menghasilkan nilai tekanan relatif sebesar -52208,42 Pa, kecepatan air 23,581 m/s dan tegangan geser di permukaan sebesar 448,66 Pa pada debit banjir 50 tahunan. Dengan hasil simulasi tersebut dapat disimpulkan tidak terjadi kavitasi pada lantai conduit. Tekanan negatif yang terjadi cukup besar pada segmen 32.
***Kata kunci**: Lapisan anti abrasi, Simulasi, Kavitasi.*

ABSTRACT

Dry Dam functions to control flooding by flowing river water to the conduit. Conduit in the form of K300 reinforced concrete structure with 1m thick on walls, floors and roofs which given anti-abrasion layer (steel liner). The component that may have cavitation is the anti-abrasion layer, so it must to study cavitation potential in the anti-abrasion layer on dry dam. Study will be using SolidWorks software to simulate airflow throughout the conduit. Flow Simulation Analysis at the segment 32 given -52208.42 Pa relative pressure, 23.581 m/s water velocity and 448.66 Pa , shear stress at the surface on 50 years flood discharge. Simulation results conclude that there is no cavitation on the conduit floor. The negative pressure that occurs is quite large in segment 32.
***Keywords**: Anti abrasion layer, Simulation, Cavitation.*

1. PENDAHULUAN

Dry dam atau bendungan kering adalah bangunan bendung yang dibangun untuk mengontrol banjir dengan membiarkan aliran sungai mengalir dengan bebas selama kondisi normal. *Conduit* atau Bangunan pengelak adalah sebuah bangunan yang berfungsi untuk mengalihkan aliran air sementara dalam pekerjaan bangunan bendungan. Bangunan pengelak merupakan struktur vital yang perlu direncanakan secara matang baik konstruksi maupun pelaksanaannya. Kondisi lingkungan proyek yang beragam akan menjadi permasalahan yang rumit ketika proses pekerjaan berjalan, oleh karena itu banyak aspek yang perlu dipertimbangkan agar pelaksanaan pekerjaan berjalan lancar dan tepat waktu. Conduit berupa struktur beton bertulang K300 berpenampang persegi dengan ketebalan struktur 1 m baik dinding, lantai maupun atap. Di bagian dalam penampang diberikan lapisan anti abrasi (steel liner) yang berfungsi untuk mencegah tergerusnya lapisan beton selama usia gunanya. Data Teknis conduit ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Teknis Conduit dan Steel Liner

Conduit	
Tipe	: Persegi
Struktur	: Beton bertulang K300
Dimensi	: 4.2m x 4.2m (2 jalur)
Kemiringan dasar saluran	: 0.01 dan 0.286 (1:3.5)
Panjang	: 397.7 m
Lapisan Anti Abrasi	
Tebal	: 10 mm
Material	: ASTM A36

Perlu dilakukan simulasi aliran dengan metode Computational Fluids Dynamics (CFD) untuk memeriksa potensi-potensi yang dapat membahayakan operasional conduit. Simulasi Computational Fluids Dynamics (CFD) memberikan informasi berupa data apabila terjadi perubahan parameter pada aliran air yang menyebabkan terjadinya fenomena seperti kevitasi atau gaya angkat akibat tekanan negatif dari aliran air di sepanjang conduit. Simulasi Computational Fluids Dynamics (CFD) dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks agar parameter operasi berupa kecepatan aliran, tekanan dan tegangan geser permukaan yang terjadi dapat diketahui.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahapan Proses Penelitian

Proses yang dilakukan pada penelitian ini mulai dari mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan *Steel Liner*, *Conduit* dan *Dry Dam*. Data dari hasil penelitian di lapangan menjadi acuan untuk membuat model 3D menggunakan *software Solidworks*. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis flow simulation pada steel liner menggunakan software Solidworks,
pembuatan feometri seluruh komponen bendungan. Analisis yang dilakukan meliputi tekanan, tekanan relatif, kecepatan air, tegangan geser pada steel liner dan volume fraction of water. Data-data yang dihasilkan dari analisis flow analisis sebelumnya akan disimpulkan dan menjadi parameter untuk penelitian selanjutnya.

2.2. Data Penelitian Lapangan

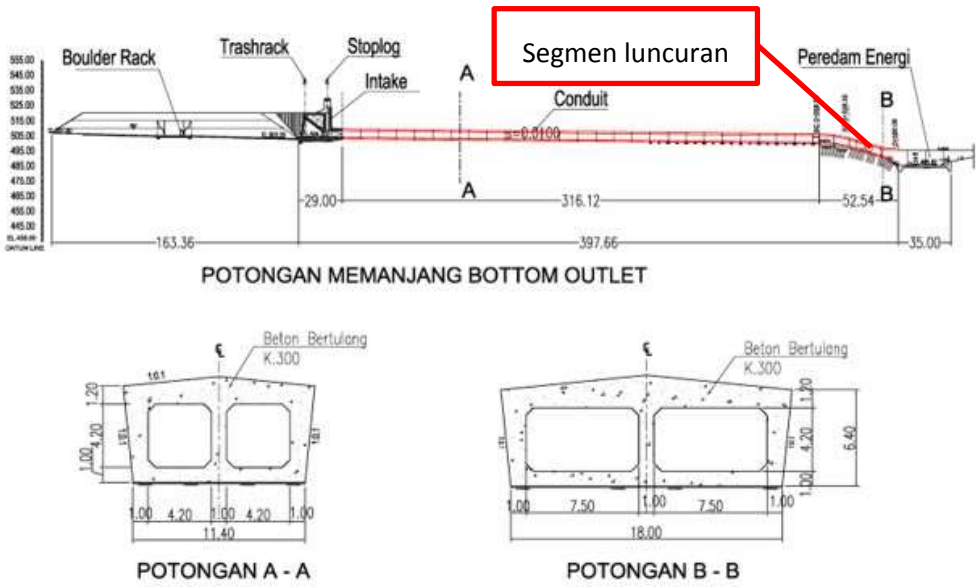
Data-data yang didapat dari lapangan ditampilkan pada Tabel 2. Data tersebut digunakan untuk membuat model dari dry dam, conduit, steel liner dan redaman energi. Data tersebut juga digunakai sebagai parameter masukan pada analisis flow simulation.

Tabel 2. Pengamatan Data

Conduit		
Debit rencana pengelak	:	debit banjir kala ulang 25 tahun
Debit inflow, Q_{25}	:	330.72 m^3/det
Debit outflow, Q_{25}	:	330.72 m^3/det
Debit rencana bottom outlet	:	debit banjir kala ulang 50 tahun
Debit outflow, Q_{50}	:	254 m^3/det
Debit Normal, Q	:	6,5 m^3/det
Elevasi inlet	:	+504,20 m
Elevasi outlet	:	+480.32 m
Panjang Total	:	800 m
Conduit		
Tipe	:	persegi
Struktur	:	beton bertulang K300
Dimensi	:	4.2m x 4.2m (2 jalur)
Kemiringan dasar saluran	:	0.01 dan 0.286 (1:3.5)
Panjang	:	397.7 m
Steel Liner		
Tebal	:	10 mm
Material	:	ASTM A36
Peredam Energi		
Tipe	:	Stilling Basin USBR Tipe III
Struktur	:	Beton Bertulang K300
Dimensi	:	16 m (lebar), 35 m (panjang), 5,5 m (dalam)

2.3 Dimensi

Gambar 1 menampilkan gambar teknik keseluruhan dari dry dam dan bangunan pelengkap.



Gambar 1. Potongan memanjang dan melintang Bottom Outlet

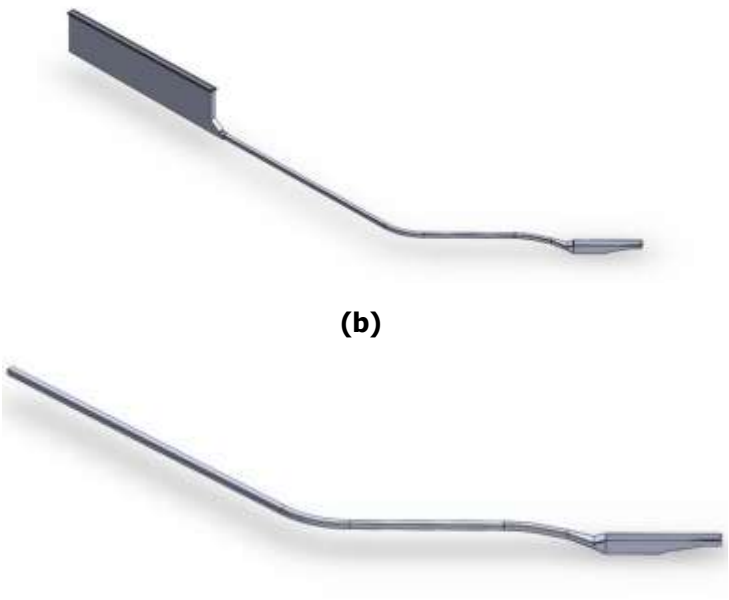
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahapan Analisa Flow Simulation

Langkah pertama dari analisa flow simulation adalah pemodelan 3D. Pemodelan 3D merupakan tahapan untuk menciptakan sebuat model yang mewakili objek sebenarnya secara 3 dimensi. Model ini hanya di buat satu channel untuk mewakili channel lainnya. Model ini di buat dengan skala 1:1.

Pemodelan ini dibuat 3D jenis konfigurasi yaitu model conduit dengan peredam energi, model conduit tanpa peredam energi dan model conduit dengan peredam energi tanpa bendungan. Ketiga model konfigurasi ditampilkan pada Gambar 2.

(a)



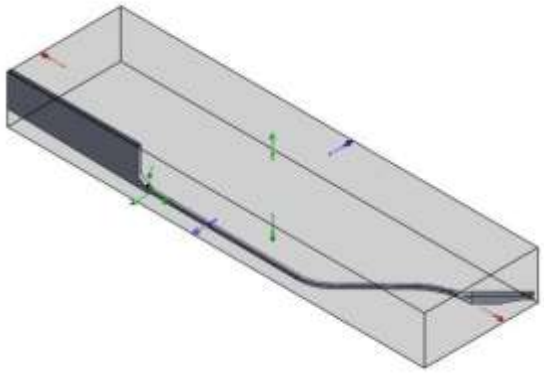
(b)

(c)

Gambar 2. Model 3D conduit (a) dengan peredam energi (b) tanpa peredam energi (c) dengan peredam energi tanpa bendungan

Langkah selanjutnya adalah menentukan data parameter. Data-data yang perlu ditentukan pada tahap ini adalah sistem satuan, tipe analisis, jenis fluida, kondisi dinding dan initials conditions.

Setelah data-data parameter ditentukan Langkah selanjutnya adalah menentukan computational domain dan boundary domain. Computational domain adalah tahapan yang menentukan bagian yang akan dianalisa oleh software. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 3, bagian yang akan dianalisa adalah bagian dalam dari balok dan software tidak akan menganalisa bagian di luar balok.



Gambar 3. Menentukan computational domain

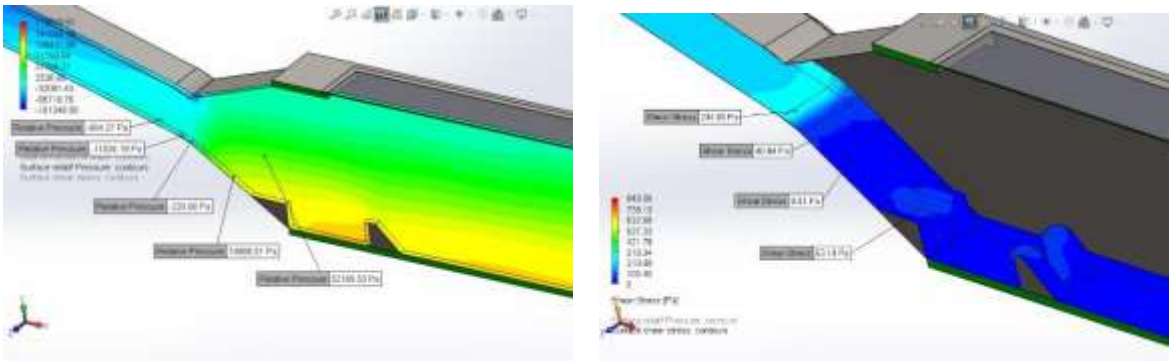
Boundary domain adalah tahapan yang menentukan batas-batas yang akan dianalisis oleh software. Kondisi batas disesuaikan dengan keadaan di lapangan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Menentukan boundary conditions

Bagian atas bendungan ditentukan sebagai environment pressure dengan tekanan 1 atm atau 101326 Pa dan fluida udara karena kondisi sebenarnya adalah tekanan lingkungan. Bagian punggung bendungan ditentukan Input Inlet Volume Flow karena yang akan masuk pada sistem adalah debit air dari sungai yang akan dibendung terlebih dahulu lalu dialirkan menuju conduit. Input Inlet Volume Flow akan divariasikan berdasarkan debit dari data lapangan yaitu debit dengan aliran normal atau Q_{normal} sebesar 6,5 m^3/s dan debit aliran banjir atau Q_{50} sebesar 254 m^3/s. Batas konidisi yang ditentukan pada bagian peredam energi hanya tekanan lingkungan karena pada kondisi sebenarnya bagian peredam energi berhubungan langsung dengan tekanan lingkungan.
Tahapan terakhir dalam menjalankan flow simulation adalah running. Setelah parameter-parameter ditentukan maka secara otomatis, software akan melakukan *meshing* sebelum melakukan kalkulasi.

3.3. Hasil Analisis Flow Simulation

Masing-masing model conduit dilakukan analisis dengan variasi debit normal dan juga debit banjir. Dari flow simulation model conduit dengan peredam energi pada debit normal terdapat tekanan negatif pada segmen luncuran sebesar -11034,19 Pa dan tegangan geser permukaan maksimal pada segmen luncuran sebesar 234,83 Pa. Hasil flow simulation dari model conduit dengan peredam energi ditampilkan pada Gambar 5.



(a) **(b)**

Gambar 5. (a) Tekanan relatif pada Model 1 (b) Tegangan geser pada Model 1

Selanjutnya hasil flow simulation keseluruhan dari ketiga model dan variasi debit ditampilkan pada Tabel 3. Tekanan relatif dan tegangan geser paling besar terjadi pada flow simulation model conduit dengan peredam energi tanpa bendungan.

Tabel 3. Hasil Analisa Flow Simulation

No.	Model	Input debit	Tekanan relatif (P_r)	Kecepatan Air (v)
1	Model *conduit* dengan Peredam energi	6,5 $\frac{m3}{s}$	-11034,19 Pa	18,23 m/s
		254 $\frac{m3}{s}$	-52208,42 Pa	23,581 m/s
2	Model *conduit* tanpa bendungan	6,5 $\frac{m3}{s}$	-5721,07 Pa	11,257 m/s
		254 $\frac{m3}{s}$	-7069,64 Pa	11,935 m/s
3	Model *conduit* dengan peredam energi tanpa bendungan	6,5 $\frac{m3}{s}$	-2203,58 Pa	16,279 m/s
		254 $\frac{m3}{s}$	-41402,71 Pa	16,581 m/s

Dari hasil simulasi tersebut diperoleh tekanan negatif minimum sebesar -52208,42 Pa, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan kavitasi yang mungkin terjadi. Prediksi terjadinya kavitasi dapat diperoleh dengan menggunakan indeks kavitasi dalam persamaan 1 dan 2

(Sutopo, 2016).

$$\sigma = \frac{Ppv^{0}-02/}{2} \quad \text{..... (1)}$$

$$P_0 = P_a + P_g \quad \text{..... (2)}$$

Dimana P_0 adalah ambient pressure (kPa), P_v adalah tekanan uap air (kPa), ρ adalah massa jenis air (kg/m3), Pa adalah tekanan atmosfir (101 kPa) dan Pg adalah tekanan setempat (kPa).

Tabel 4. Perhitungan Indeks Kavitasi

Kondisi	Indeks Kavitasi
Debit Normal	1,37
Debit Banjir	0,72

Batasan terjadinya kavitasi adalah indeks kavitasi sebesar 0,2. Hasil dari perhitungan indeks kavitasi yang ditampilkan pada Tabel 4 menunjukkan tidak terjadinya kavitasi pada seluruh bagian conduit. Batasan indeks kavitasi ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Critical Cavitation Index (Falvey Henry T, 1990)

Level	Cavitation Number	Damage Risk
1	$\sigma > 0{,}2$	No cavitation damage
2	$\sigma < 0{,}2$	Possible cavitation damage
3	$0{,}1 < \sigma < 0{,}2$	The aeration system is necessary
4	$\sigma < 0{,}1$	Spillway should be designed again

4. KESIMPULAN

Potensi adanya kavitasi di seluruh conduit terjadi pada segmen luncuran. Debit normal menghasilkan tekanan negatif sebesar -11034,19 Pa, sedangkan untuk debit banjir 50 tahunan menghasilkan tekanan negatif sebesar -52208,42 Pa. Indeks kavitasi dari tekanan negatif yang dihasilkan adalah 0,72 dimana indeks tersebut tidak kurang dari batas indeks yang menunjukkan terjadinya kavitasi yaitu 0,2. Sehingga dapat disimpulkan tidak terjadi kavitasi di sepanjang conduit.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan tekanan negatif yang terjadi cukup besar, dimana hal tersebut dapat menghasilkan tarikan pada steel liner. Sehingga perlu dilakukan kajian analisa tegangan yang terjadi pada steel liner untuk memeriksa apakah terjadi tegangan yang berlebihan pada material conduit.

DAFTAR PUSTAKA

Dassault Systèmes SolidWorks. (2012). SolidWorks Flow Simulation 2012.

Azo Material. (2020, September). Diambil kembali dari Azo Material Web site: www.azom.com

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. (1999, Juli). Panduan perencanaan Bendungan Urugan. Desain Pondasi dan Tubuh Bendungan, 3.

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. (1999, Juli). Panduan Perencanaan Bendungan Urugan. Desain Bangunan Pelengkap, 4.

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. (1999, Juli). Panduan Perencanaan Bendungan Urugan. Pekerjaan Hidromekanik, Instrumentasi dan Bangunan Pelengkap, 5.

DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH. (2003, Maret). Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan.

Matsson, J. E. (2019). An Instroduction to Solidworks Flow Simulation 2019. United State of America: SDC publication.

PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI. (2016). Perencanaan Bangunan Utama (Bendung). Diklat Teknis Perencanaan Irigasi, Modul 08.

The American Society of Mechanical Engineers. (2005). Pipeline Transportation Systems For Liquid, Hydrocarbons and Other Liquids.