

Analisis Kinerja Kantong Lumpur (*Sandtrap*) Daerah Irigasi Sragi

Pipit Skriptianata Putra Pranida^{1*}, Dionisius Bramiana Dewantoro¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Email*: pipitsputra@untagsmg.ac.id

Diterima Mei 2024; Disetujui Mei 2024; Dipublikasi Juni 2024

Abstract. *This research is intended to calculate the effectiveness of the plan design on existing conditions. The research was conducted in the Sragi Irrigation Area which is located in Brondong Village, Kesesi District, Pekalongan Regency, Central Java Province. This research began by conducting a literature study and field study, then data collection was carried out. From this data collection, Primary Data was obtained (data obtained from survey results in the field in the form of sandtrap dimensions, normal flow, flushing flow and sediment diameter related to the existing condition of the DI Sragi Mud Bag) and Secondary Data (technical data in the form of technical drawings and effectiveness evaluation results existing conditions obtained from PT. Aditya Engineering Consultant regarding the Mud Bag work plan). Based on these two data, an analysis of the existing conditions and design of the Mud Bag can be carried out by testing using Calculation of the effectiveness of the Mud Bag channel according to existing conditions, Calculation of the maximum discharge capacity of the Bronfong Weir Intake gate, Analysis of the condition of the front channel (intake gate - Mud Bag), and Calculation of typical channels. DI Mudbag plan. Sraggi. The next step is to evaluate the effectiveness of the mud bag, analyze the existing conditions and analyze the design plan. The results of this research show that based on the results of the analysis of the capacity of the intake gate, Brondong Dam is still capable of carrying discharge from the draining operation, where the flow capacity of the intake gate ($5.82 \text{ m}^3/\text{s}$) is greater than the drainage discharge requirement ($5.52 \text{ m}^3/\text{s}$). The simulation results of the initial sandtrap design show that in general the sandtrap can deposit sediment with a flow velocity parameter of less than 0.4 m/s . However, at 30 m upstream of the sandtrap, there is still a flow velocity of more than 0.4 m/s with a shear force of more than 0.6 N/m^2 , which results in the deposition process being less effective. The simulation results of the initial Sandtrap design show that in general the flow velocity that occurs during flushing is more than 1.5 m/s with a flow shear force of more than 10 N/m^2 . However, downstream of the sandtrap there is a decrease in flow velocity and shear force of up to 2 N/m^2 which can reduce the effectiveness of flushing.*

Keywords: *sandtrap, normal flow, flushing flow, sediment diameter, intake, deposition*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung efektivitas desain rencana terhadap kondisi eksistingnya. Penelitian dilakukan di Daerah Irigasi Sragi yang terletak di Desa Brondong, Kecamatan Kesesi, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dimulai dengan melakukan Studi Literatur dan Studi Lapangan kemudian dilakukan Pengumpulan Data. Dari pengumpulan data tersebut didapatkan Data Primer (data yang didapatkan dari hasil survey di lapangan berupa dimensi sandtrap, aliran normal, aliran pembilasan dan diameter sedimen terkait kondisi eksisting Kantong Lumpur DI Sragi) dan Data Sekunder (data teknis yang berupa gambar

teknis dan hasil evaluasi efektivitas kondisi eksisting yang didapatkan dari PT. Aditya Engineering Consultant terkait rencana pekerjaan Kantong Lumpur). Berdasarkan kedua data tersebut dapat dilakukan Analisa kondisi eksisting dan desain Kantong Lumpur dengan pengujian menggunakan Perhitungan efektivitas saluran Kantong Lumpur sesuai kondisi eksisting, Perhitungan kapasitas debit maksimal pintu Intake Bendung Brondong, Analisa kondisi saluran muka (pintu pengambilan – Kantong Lumpur), dan Perhitungan tipikal saluran rencana Kantong Lumpur DI. Sragi. Langkah selanjutnya dilakukan evaluasi Efektivitas Kantong Lumpur, Analisa Kondisi Eksisting dan Analisa Desain Rencana. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil analisa kapasitas pintu pengambilan (Intake) Bendung Brondong masih mampu mengalirkan debit operasi pengurasan dimana kapasitas pengaliran pintu pengambilan (5.82 m³/dt) lebih besar dari kebutuhan debit pengurasan (5.52 m³/dt). Hasil simulasi Sandtrap desain awal menunjukkan bahwa secara umum sandtrap sudah dapat mengendapkan sedimen dengan parameter kecepatan aliran kurang dari 0,4 m/s. Meskipun begitu pada 30 m bagian hulu sandtrap masih terjadi kecepatan aliran lebih dari 0,4 m/s dengan gaya geser lebih dari 0,6 N/m² yang mengakibatkan proses pengendapan kurang efektif. Hasil simulasi Sandtrap desain awal menunjukkan bahwa secara umum kecepatan aliran yang terjadi pada saat pembilasan lebih dari 1,5 m/s dengan gaya geser aliran lebih dari 10 N/m². Tetapi pada bagian hilir sandtrap terjadi penurunan kecepatan dan gaya geser aliran hingga 2 N/m² yang dapat menurunkan efektifitas pembilasan.

Kata kunci : *sandtrap*, aliran normal, aliran pembilasan, diameter sedimen, intake, pengendapan

1 Pendahuluan

Pemerintah Indonesia saat ini terus berupaya untuk mencapai sasaran swa-sembada pangan nasional, guna mengurangi ketergantungan penyediaan stok pangan nasional yang selama ini masih bergantung pada impor pangan dari negara lain. Dengan prasarana irigasi yang dapat berfungsi secara efektif dan efisien, maka potensi sumber air secara optimal untuk kepentingan sektor pertanian dapat diwujudkan. Untuk menyukseskan hal tersebut, maka Kementerian PUPR melalui Direktorat Jenderal SDA telah menyetujui program rehabilitasi, revitalisasi dan peningkatan prasarana dan sarana jaringan irigasi, dalam Wilayah Sungai Pemali Juana, yang telah diusulkan oleh BBWS Pemali Juana. Adapun salah satu usulannya mencakup kegiatan Rehabilitasi Daerah Irigasi Sragi dan ditetapkan dalam DIPA Tahun 2021-2022.

Banyaknya sedimen yang ikut masuk bersamaan dengan debit air di pengambilan (*Intake*) Bendung menyebabkan tingginya tingkat pengendapan sedimen di Saluran Kantong Lumpur DI. Sragi sepanjang 450 meter. Kondisi tersebut mengakibatkan berkurangnya kapasitas tampungan air, serta dapat berdampak terhadap bangunan syphon yang berada di hilirnya, apabila terjadi penebalan sedimen secara ekstrim dalam waktu yang singkat.

Daerah Irigasi Sragi merupakan salah satu jaringan irigasi yang berada di wilayah sungai Pemali-Comal yang secara administratif berada di daerah Kabupaten Pemalang dan Kabupaten Pekalongan. Daerah Irigasi Sragi, oleh Pemerintah Kolonial Belanda mulai



dikerjakan pada tahun 1891 diawali dengan pembangunan Bendung Brondong yang berada di Sungai Paingan, sedangkan pembangunan selanjutnya dibangun Bangunan Bendung Gerak – Gembiro di Sungai Sragi. Daerah Irigasi Sragi saat ini belum dapat memperoleh air irigasi secara merata dalam jumlah yang cukup dan waktu yang tepat. Hal ini disebabkan antara lain karena kondisi jaringan utama mengalami penurunan kapasitasnya akibat terjadinya sedimentasi di dasar saluran, sehingga alokasi air tidak sesuai dengan perencanaan.

Bangunan pengambilan (*Intake*) adalah suatu bangunan pada bendung yang berfungsi sebagai penyadap aliran sungai, mengatur pemasukan air dan sedimen serta menghindarkan sedimen dasar sungai dan sampah masuk ke intake. Pada umumnya, bangunan *intake* terletak di bagian sisi bendung, di tembok pangkal dan merupakan satu kesatuan dengan bangunan pembilas (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013). Irigasi adalah satu kesatuan saluran dan bangunan yang diperlukan untuk pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya. Secara hirarki jaringan irigasi dibagi menjadi jaringan utama, jaringan sekunder dan jaringan tersier. Jaringan utama meliputi bangunan, saluran primer dan saluran sekunder (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013). Saluran Irigasi berawal dari *intake* sampai badan air yang dipakai untuk menerima air yang sudah atau bekas dipakai dan kelebihan air yang ada pada daerah irigasi. Umumnya pengaliran air irigasi menggunakan saluran terbuka yang mempunyai permukaan air bebas. Cara pengaliran ini digolongkan sebagai sistem gravitasi, dimana air mengalir karena ada perbedaan tinggi permukaan air antara kedua ujung saluran (Mohamad Bagus Ansori, 2018). Kantong lumpur merupakan salah satu jaringan irigasi yang berfungsi untuk mengendapkan dan meminimalkan sedimen yang masuk agar sedimen yang mengganggu daerah irigasi tetap tertahan di kantong lumpur. Kinerja kantong lumpur dipengaruhi oleh karakter sedimen yang masuk, debit, dan dimensi bangunan kantong lumpur itu sendiri (Istiarto, 2014).

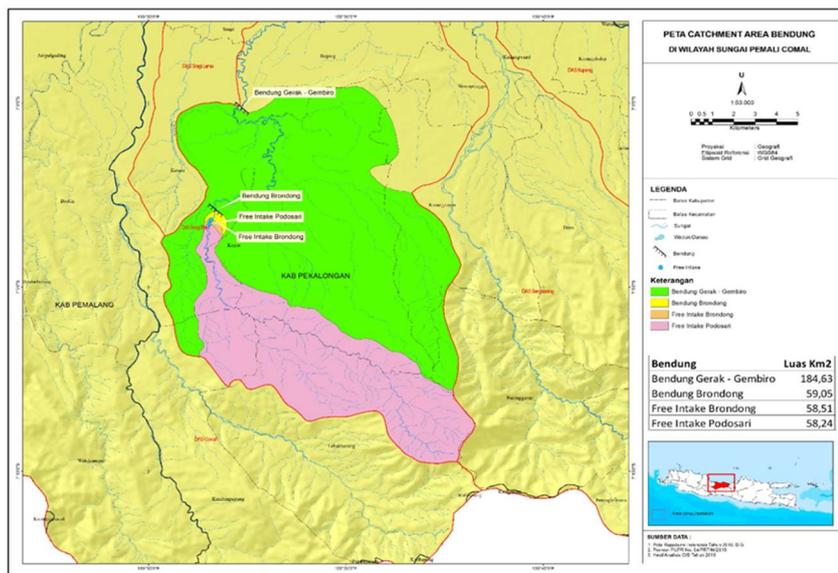
Kantong lumpur mengendapkan fraksi-fraksi sedimen yang lebih besar dari fraksi pasir halus tetapi masih termasuk pasir halus dengan diameter butir berukuran 0.088 mm dan biasanya ditempatkan persis di sebelah hilir pengambilan. Bahan-bahan yang lebih halus tidak dapat ditangkap dalam kantong lumpur biasa dan harus diangkut melalui aringan saluran ke sawah-sawah. Bahan yang telah mengendap di dalam kantong kemudian dibersihkan secara berkala. Pembersihan ini biasanya dilakukan dengan menggunakan aliran air yang deras untuk menghanyutkan bahan endapan tersebut kembali ke sungai (Mohamad Bagus Ansori, 2018).

Tujuan penelitian ini adalah memperhitungkan efektifitas desain rencana terhadap kondisi eksistingnya melalui Analisis Kinerja Saluran Kantong Lumpur (*Sandtrap*) Daerah Irigasi Sragi. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai Analisis Kinerja terhadap efektifitas Saluran Kantong Lumpur DI. Sragi. Pada pembahasan Analisis Kinerja ini hanya mempergunakan debit air normal tanpa memperhitungkan kondisi debit banjir dan debit minimum.

2 Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

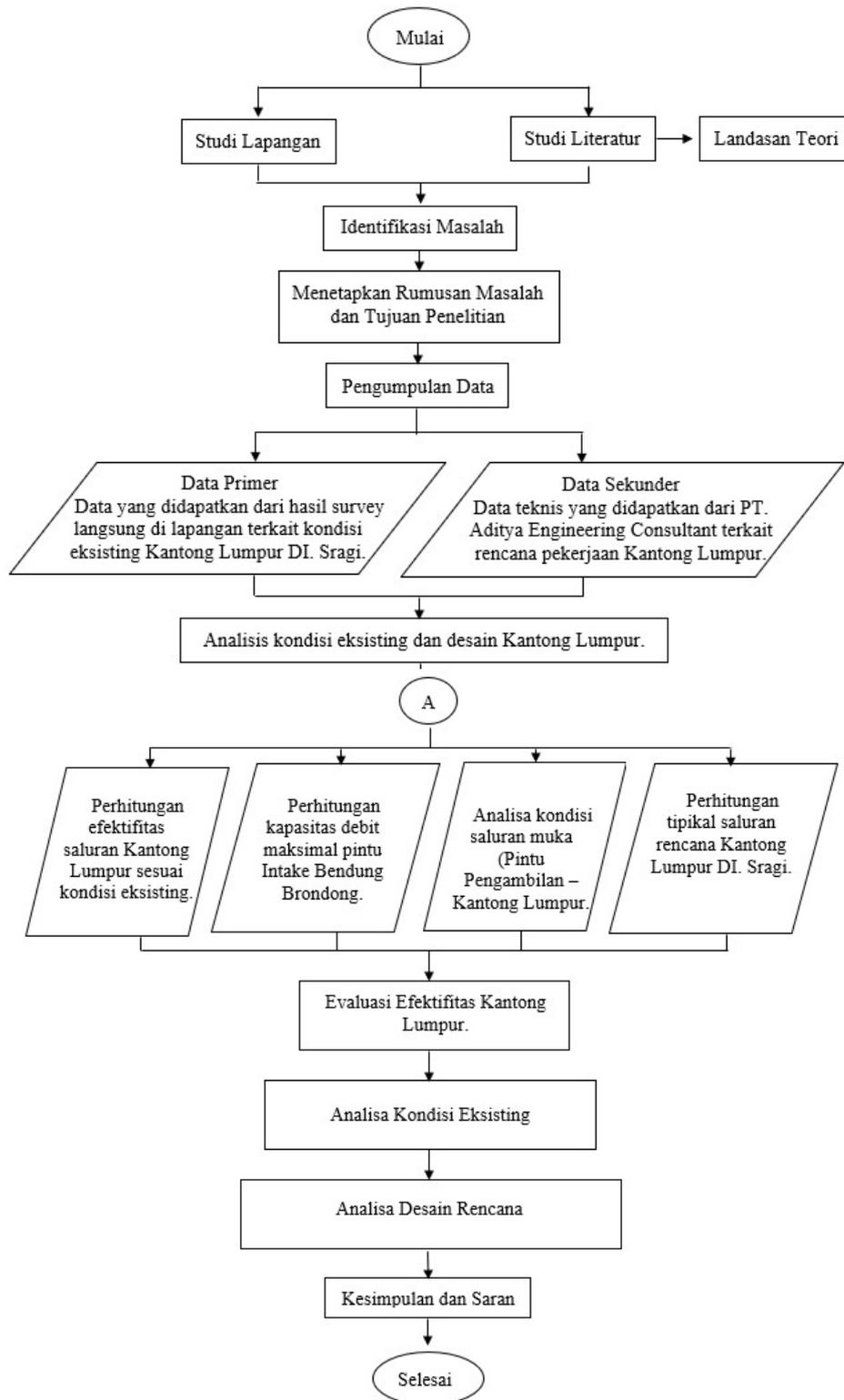
Penelitian ini dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan mulai tanggal 16 Maret sampai dengan 30 Juni 2023. Lokasi penelitian berada di Daerah Irigasi Sragi yang terletak di Desa Brondong, Kecamatan Kesesi, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi pekerjaan tersebut ditunjukkan dengan peta pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Daerah Irigasi Sragi (BBWS Pemali Juana, 2023)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Secara sistematis, langkah – langkah dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian (Dokumen Pribadi, 2023)

2.3 Metode Penelitian

Terdapat 2 (dua) jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud adalah data yang didapatkan langsung dari hasil survey di lapangan. Data yang didapatkan berupa dimensi *sandtrap*, aliran normal, aliran pembilasan dan diameter sedimen. Sedangkan data sekunder adalah gambar teknis dan hasil evaluasi efektifitas kondisi eksisting. Setelah memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian, selanjutnya dilakukan tahap analisis data. Analisis data yang dilakukan antara lain:

a) Analisis Kondisi Eksisting

Analisis Kondisi Eksisting yang digunakan terdiri dari Skenario Pengendapan (Kecepatan Aliran, Arah Aliran, Profil Tinggi Muka Air, Gaya Geser) dan Skenario Pembilasan (Kecepatan Aliran, Arah Aliran, Profil Tinggi Muka Air, Gaya Geser, Froude Number).

b) Analisis Desain Rencana I;

Analisis Desain Rencana I berupa Skenario Pembilasan yang terdiri dari pengujian Kecepatan Aliran, Arah Aliran, Profil Tinggi Muka Air, Gaya Geser, dan Froude Number.

c) Analisis Desain Rencana II;

Analisis Desain Rencana I berupa Skenario Pembilasan yang terdiri dari pengujian Kecepatan Aliran, Arah Aliran, Profil Tinggi Muka Air, Gaya Geser, Froude Number dan Hasil Analisis Desain.

Pengolahan data dan analisis data menjelaskan tahapan dalam pengolahan data dan analisis data yang sesuai dengan pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini. Dalam pengolahan data akan dilakukan dengan menguraikan data melalui tahap pemeriksaan data (*editing*), klasifikasi (*classifying*), verifikasi (*verifying*), analisis (*analyzing*), dan pembuatan kesimpulan (*concluding*).

3 Hasil Penelitian

3.1 Analisis Debit Intake Bendung Brondong

Berdasarkan hasil analisa kapasitas pintu pengambilan (*Intake*) Bendung Brondong masih mampu mengalirkan debit operasi pengurusan dimana kapasitas pengaliran pintu pengambilan ($5.82 \text{ m}^3/\text{dt}$) lebih besar dari kebutuhan debit pengurusan ($5.52 \text{ m}^3/\text{dt}$).

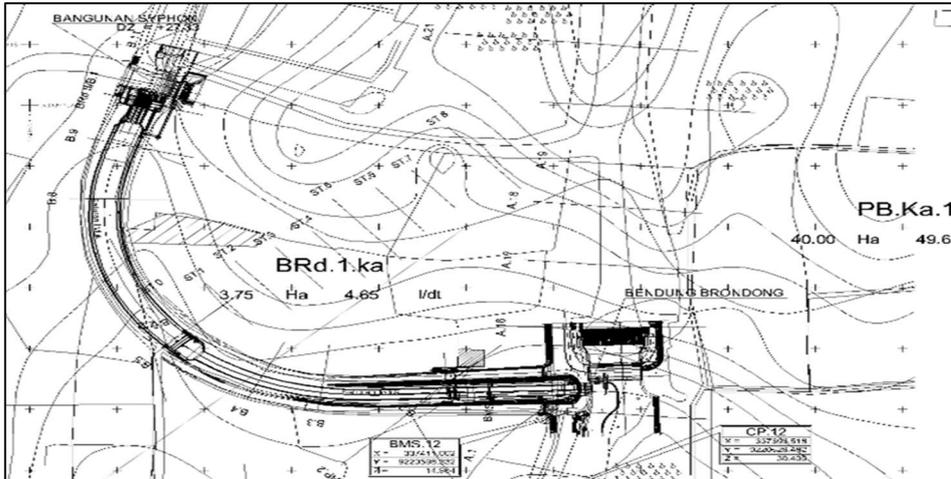
Tabel 1. Evaluasi Pintu Pengambilan

No	Koefisien Debit	Tinggi Bukaannya	Lebar Total Pintu		Debit ke Saluran	Keterangan	Elevasi
	u	a (m)	b (m)	$\sqrt{2gZ}$	Q' (m ³ /s)		
1	0.85	0	4.40	1.41	0.00	Ambang Pintu	26.44
2	0.85	0.10	4.40	1.41	0.53		26.54
3	0.85	0.20	4.40	1.41	1.06		26.64
4	0.85	0.30	4.40	1.41	1.59		26.74
5	0.85	0.40	4.40	1.41	2.12		26.84
6	0.85	0.50	4.40	1.41	2.64		26.94
7	0.85	0.60	4.40	1.41	3.17		27.4
8	0.85	0.70	4.40	1.41	3.7		27.14
9	0.85	0.80	4.40	1.41	4.23		27.24
10	0.85	0.90	4.40	1.41	4.76		27.34
11	0.85	1.00	4.40	1.41	5.29		27.44
12	0.85	1.10	4.40	1.41	5.82	Top Bukaannya	27.54

Tabel 2. Analisa Saluran Muka (Pintu Pengambilan - Kantong Lumpur)

Properties	value
Qn (M ³ /dt)	4601.35
Qd (M ³ /dt)	5.52
B Saluran (m)	15.00
h (m)	0.9
m	0.00
n	0.02
so	0.00
A	13.50
P	16.8
(A/P) ^{2/3}	86
s ^{1/2}	0.01
v (m/s)	0.41
Q (m ³ /s)	5.52
Q' (m ³ /s)	5.52
Kontrol	0.00
Fr	0.14
Hf	0.01

Gambar teknis Bendung Brondong dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar teknis dapat dilihat bahwa Bendung Brondong merupakan bendung tetap dengan pintu *intake* irigasi berada di sebelah kiri yang dilengkapi dengan *sandtrap*. Untuk mengantisipasi adanya sedimentasi di pintu *intake*, bendung brondong juga dilengkapi dengan 2 (dua) pintu pembilas di bagian hilirnya.



Gambar 3. Gambar Situasi Bendung dan Sandtrap Bendung

3.2 Analisis Debit Intake Bendung Brondong

3.2.1 Data Perencanaan *Sandtrap*

Sandtrap Bendung Brondong yang akan dikaji memiliki data *perencanaan* awal sebagai berikut :

- a) Dimensi *Sandtrap*
 - Panjang *sandtrap* : 210 m
 - Panjang saluran *feeder* : 225 m
 - Lebar *sandtrap* : 15 m
- b) Aliran Normal
 - Debit normal (Q_n) : 4.85 m³/dt
 - Kecepatan normal (V_n) : 0.40 m/dt
 - Kemiringan normal (I_n) : 0.0000538
 - Tinggi normal : 0.97 m
- c) Aliran Pembilasan
 - Debit pembilasan (Q_d) : 5.82 m³/dt (120% Q_n)
 - Kecepatan pembilasan (V_s) : 1.50 m/dt
 - Kemiringan pembilasan (I_s) : 0.004
 - Tinggi air pembilasan : 0.28 m
 - Bilangan *Froude* : 0.91 (subkritis)
- d) Diameter Sedimen
 - Diameter sedimen pengendapan : lebih besar dari 0.08 mm
 - Diameter sedimen pembilasan : lebih kecil dari 10 mm

Tabel 3 Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen Menurut American Geophysical Union (AGU)

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range (mm)	Nama
4096 - 2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2 - 1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048 - 1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4 - 1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024 - 512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8 - 1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512 - 256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16 - 1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256 - 128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32 - 1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128 - 64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64 - 1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)
64 - 32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128 - 1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silt</i>)
32 - 16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256 - 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse Clay</i>)
16 - 8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8 - 4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024 - 1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4 - 2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048 - 1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2 - 1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		
1 - 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

Klasifikasi ukuran butiran yang digunakan oleh para ahli hidraulika menurut AGU (American Geophysical Union) adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Material sedimen yang mempunyai penyebaran kecil dan mempunyai ukuran yang dianggap sama dalam sebuah fraksi sering dinamakan sebagai material uniform (seragam), sedangkan material sedimen yang mempunyai penyebaran besar dinamakan sebagai material non uniform (tidak seragam).

3.2.2 Evaluasi Efektivitas Sandtrap

a) Analisa Kondisi Eksisting (Skenario Permodelan)

Untuk mengetahui efektifitas desain awal bangunan sandtrap Bendung Brondong, baik dalam fungsi mengendapkan maupun pada saat pembilasan sedimen, maka dilakukan permodelan numerik untuk mensimulasikan fenomena yang mungkin terjadi pada bangunan sandtrap tersebut. Permodelan numerik dilakukan

menggunakan *software* Delft 3D Flow dengan skenario seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Skenario Permodelan Analisa Kondisi Eksisting Sandtrap
(Dokumen Pribadi, 2023)

Skenario	Kondisi Model	Tujuan Simulasi
Pengendapan	<ul style="list-style-type: none">Geometri sediment trap rencanaDebit inflow 4.85 m³/s (<i>boundary</i> hulu)TMA hilir +25.32 m (<i>boundary</i> hilir)	Menganalisis efektifitas pengendapan sedimen
Pembilasan	<ul style="list-style-type: none">Geometri sediment trap rencanaDebit inflow 5.82 m³/s (<i>boundary</i> hulu)TMA hilir + 24,66 m (<i>boundary</i> hilir)	Menganalisis efektifitas pembilasan sedimen

Dari permodelan tersebut dapat diketahui fenomena hidraulik antara lain: kecepatan aliran, arah aliran, profil tinggi muka air, dan gaya geser. Fenomena hidrolis yang dihasilkan dari model tersebut dapat digunakan untuk menilai apakah bangunan sandtrap tersebut sudah cukup efektif, baik dalam fungsi mengendapkan maupun pada saat pembilasan sedimen. Jika dari hasil analisa ini diketahui sedimen trap kurang efektif baik dalam pengendapan maupun pembilasan sedimen, maka perlu dilakukan perbaikan desain.

b) Analisa Kondisi Pengendapan

Kecepatan Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil kecepatan aliran pada kondisi pengendapan. Kecepatan aliran yang terjadi di sepanjang sandtrap secara umum kurang dari 0,4 m/s dan semakin ke hilir semakin kecil hingga 0,2 m/s. Kecepatan di sandtrap bagian paling hulu masih terjadi kecepatan aliran yang lebih besar dari 0,4 m/s. Kondisi ini bisa terjadi karena belum sempurnanya redaman aliran dari saluran feeder. Pada lokasi dengan kecepatan lebih besar dari 0,4 m/s, sedimen akan terbawa aliran sehingga tidak terjadi proses sedimentasi (pengendapan).

Arah Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil pola aliran pada kondisi pengendapan. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa arah aliran pada hulu sandtrap dominan terjadi di sebelah kiri alur dengan arah menyusur dinding saluran. Pada bagian tengah sandtrap arah aliran mulai merata antara kiri, tengah, dan kanan. Sedangkan pada bagian hilir sandtrap aliran mulai merata antara kiri, tengah dan kanan. Arah aliran

yang tidak merata dapat menyebabkan proses pengendapan sedimen di sandtrap juga tidak akan begitu efektif.

Profil Tinggi Muka Air

Dari hasil permodelan diperoleh profil tinggi muka air pada kondisi pengendapan. Profil tinggi muka air saat pengendapan menunjukkan nilai kemiringan muka air yang hampir datar. Muka air berada pada elevasi +26,45 m dengan kedalaman aliran yang terjadi lebih dari kedalaman air rencana (0,92 m). Elevasi muka air yang terjadi di *sandtrap* saat pengaliran debit normal mengikuti elevasi pelimpah yang menuju siphon +26,03 m.

Gaya Geser

Dari hasil permodelan diperoleh profil gaya geser pada kondisi pengendapan. Dari hasil simulasi diketahui pola gaya geser di *sandtrap* sebagai berikut:

- Bagian hilir: nilai gaya geser kurang dari $0,2 \text{ N/m}^2$;
- Bagian tengah: nilai gaya geser berada diantara $0,2 - 0,6 \text{ N/m}^2$;
- Bagian hulu: nilai gaya geser lebih besar dari $0,6 \text{ N/m}^2$.

Berdasarkan diameter rencana sedimen yang akan diendapkan sebesar lebih dari $0,08 \text{ mm}$ ($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$), maka menurut grafik hubungan antara diameter material dengan gaya geser kritis, dapat diketahui karakter pengendapan sedimen di *sandtrap* sebagai berikut:

- Bagian hilir: dengan nilai gaya geser kurang dari $0,2 \text{ N/m}^2$, maka pada bagian ini sedimen dengan diameter lebih kecil $0,08 \text{ mm}$ masih akan dapat diendapkan dengan baik sesuai rencana;
- Bagian tengah: dengan nilai gaya geser berada diantara $0,2 - 0,6 \text{ N/m}^2$, maka material sedimen yang akan terendap pada bagian ini sedimen dengan diameter $0,08 \text{ mm}$ masih akan terendap pada sebagian alur namun semakin ke hulu material yang akan terendap hanya material yang lebih besar dari 1 mm ;
- Bagian hulu: dengan nilai gaya geser lebih besar dari $0,6 \text{ N/m}^2$, maka material sedimen yang dapat terendap hanya material yang lebih besar dari 1 mm .

Dari hasil simulasi ini dapat diketahui bahwa pengendapan material sedimen paling optimal berada pada setengah alur *sandtrap* bagian hilir dengan karakteristik sedimen semakin ke hilir semakin halus.

Profil Tinggi Muka Air

Dari hasil permodelan diperoleh profil tinggi muka air pada kondisi pengendapan seperti pada Gambar 8.27. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa rata-rata kedalaman air pada saluran sandtrap saat pembilasan sedimen sebesar 27,5 cm. Pada lokasi penyempitan terjadi kontraksi aliran yang menyebabkan kenaikan tinggi muka air.

Gaya Geser

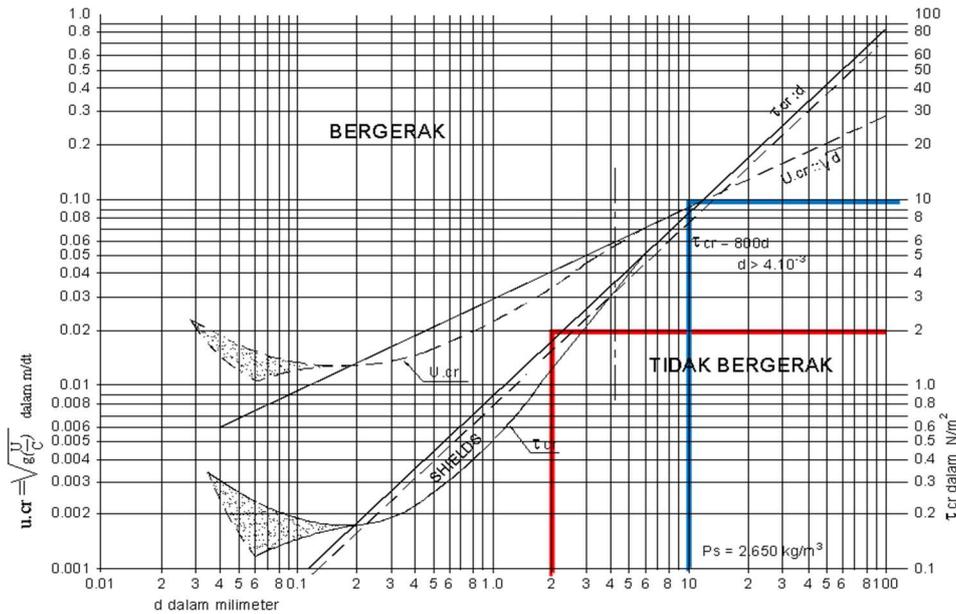
Dari hasil permodelan diperoleh profil gaya geser pada kondisi pengendapan. Dari hasil simulasi diketahui pola gaya geser di sandtrap sebagai berikut:

- Bagian hulu: nilai gaya geser lebih besar dari 10 N/m².
- Bagian hilir: nilai gaya geser sekitar 2 N/m².

Berdasarkan diameter rencana sedimen yang akan dibilas sebesar kurang dari 10 mm ($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$), maka menurut grafik hubungan antara diameter material dengan gaya geser kritis, maka dapat diketahui karakter pembilasan sedimen di sandtrap sebagai berikut:

- Bagian hulu: dengan nilai gaya geser sekitar 10 N/m², maka pada bagian ini material sedimen yang dapat terbilas hanya yang lebih kecil dari 10 mm;
- Bagian hilir: dengan nilai gaya geser sekitar 2 N/m², maka pada bagian ini material sedimen yang dapat terbilas hanya yang lebih kecil dari 2 mm.

Dari hasil simulasi ini dapat diketahui bahwa pembilasan sedimen pada bagian hulu sudah cukup efektif, namun semakin ke hilir daya pembilasannya semakin berkurang terutama pada lokasi sebelum pintu bilas. Kondisi ini dapat terjadi karena ada penurunan kecepatan aliran oleh penyempitan saluran menuju pintu bilas



Gambar 5. Tegangan Geser Kritis dan Kecepatan Geser Kritis Sebagai Fungsi Ukuran Butir Untuk $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ (pasir)

Froude Number

Secara umum aliran pada bangunan sandtrap berupa aliran sub kritis dengan nilai Froude Number kurang dari 1. Terjadi aliran super kritis di beberapa titik saja.

d) Kesimpulan Simulasi Kondisi Eksisting

Simulasi Pengendapan

Hasil simulasi pengendapan menunjukkan bahwa secara umum hasil desain awal sandtrap sudah dapat mengendapkan sedimen dengan parameter kecepatan aliran kurang dari 0,4 m/s. Meskipun begitu pada 30 m bagian hulu sandtrap masih terjadi kecepatan aliran lebih dari 0,4 m/s dengan gaya geser lebih dari 0,6 N/m² yang mengakibatkan proses pengendapan kurang efektif.

Simulasi Pembilasan

Hasil simulasi pembilasan menunjukkan secara umum kecepatan aliran yang terjadi lebih dari 1,5 m/s dengan gaya geser aliran lebih dari 10 N/m². Tetapi pada bagian hilir sandtrap terjadi penurunan kecepatan dan gaya geser aliran yang dapat menurunkan efektivitas pembilasan.

Usulan Perbaikan Desain

Untuk meningkatkan efektifitas fungsi sandtrap, baik untuk pengendapan dan pembilasan, maka perlu dilakukan modifikasi desain, sebagai berikut:

- Untuk menurunkan efek penyempitan dihilir sandtrap sebelum masuk pintu bilas, maka perlu dilakukan modifikasi penyempitan alur menuju pintu bilas, berupa: penyempitan alur dilakukan secara bertahap (gradual) dengan titik pengambilan kemiringan dasar saluran yang curam dimulai dari titik awal penyempitan alur;
- Untuk menghindari konsentrasi aliran ditikungan luar, dibuat dinding bagi di tengah saluran untuk meratakan aliran.

3.3 Analisa Desain Rencana

a. Skenario Permodelan

Untuk mengetahui efektifitas perbaikan desain, maka dilakukan permodelan numerik dengan skenario permodelan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Skenario Permodelan Analisa Desain Awal Sandtrap

Skenario	Kondisi Model	Tujuan Simulasi
Pembilasan Desain Rencana I	<ul style="list-style-type: none">• Geometri penyempitan hilir sandtrap• Debit inflow 5.82 m³/s (<i>boundary</i> hulu)• TMA hilir +25.32 m (<i>boundary</i> hilir)	Menganalisis efektifitas pembilasan sedimen dengan adanya modifikasi penyempitan alur di hilir sandtrap
Pembilasan Desain Rencana II	<ul style="list-style-type: none">• Geometri penyempitan hilir santrap dan penambahan dinding bagi• Debit inflow 5.82 m³/s (<i>boundary</i> hulu)• TMA hilir + 24,66 m (<i>boundary</i> hilir)	Menganalisis efektifitas pembilasan sedimen dengan adanya modifikasi penyempitan alur di hilir sandtrap dan penambahan dinding bagi

b. Analisa Pembilasan Desain Rencana I

Kecepatan Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil kecepatan aliran pada kondisi pembilasan. Kecepatan aliran yang terjadi di sepanjang sandtrap secara umum lebih besar dari 1,5 m/s dan semakin ke hilir semakin kecil hingga 1,25 m/s. Kecepatan di sandtrap bagian paling hilir masih terjadi kecepatan aliran yang kurang dari 1,5 m/s, namun sudah mengalami peningkatan yang signifikan dari kecepatan kondisi desain awal sebesar 0,8 m/s menjadi 1,2 m/s. Pola kecepatan aliran yang terbentuk masih belum merata dan cenderung lebih besar di bagian kiri sehingga akan berpotensi terjadi pengendapan di sebelah kanan.

Arah Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil pola aliran pada kondisi pembilasan. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa arah aliran pada hulu dan tengah sandtrap terbagi merata antara kiri, tengah, dan kanan. Sedangkan pada bagian hilir sandtrap aliran cenderung mengarah ke kiri saluran. Arah aliran yang tidak merata dapat berpengaruh terhadap efektifitas pembilasan di sisi kanan saluran di hilir

Profil Tinggi Muka Air

Dari hasil permodelan diperoleh profil tinggi muka air pada kondisi pembilasan. Rata-rata kedalaman muka air dengan modifikasi penyempitan alur di hilir sandtrap sebesar 27,8 cm. Pada lokasi penyempitan masih terjadi kenaikan muka air. Kemiringan muka air setelah dilakukan modifikasi menjadi 0,0186 dari kondisi awal 0,0174 yang menunjukkan kemiringan aliran semakin besar (semakin curam).

Gaya Geser

Dari hasil permodelan diperoleh profil gaya geser pada kondisi pembilasan. Dari hasil simulasi diketahui pola gaya geser di sandtrap sebagai berikut:

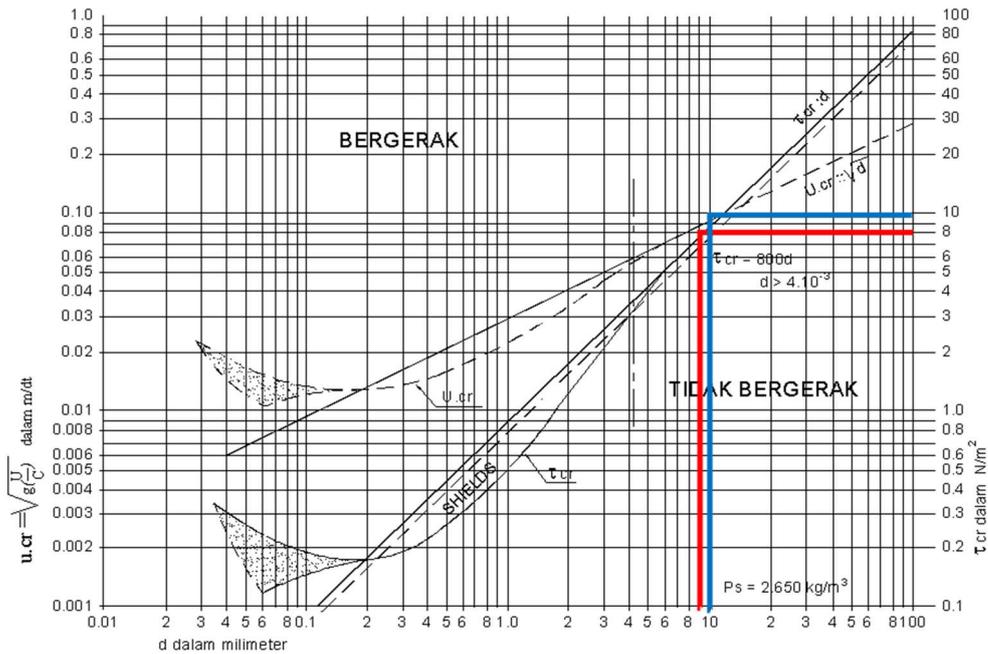
- Bagian hulu: nilai gaya geser lebih besar dari 10 N/m²;
- Bagian hilir: nilai gaya geser berkisar antara 6 – 8 N/m².

Berdasarkan diameter rencana sedimen yang akan dibilas sebesar kurang dari 10 mm ($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$), maka menurut grafik hubungan antara diameter material dengan gaya geser kritis, maka dapat diketahui karakter pembilasa sedimen di sandtrap sebagai berikut:

- Bagian hulu: dengan nilai gaya geser lebih besar dari 10 N/m², maka pada bagian ini material sedimen dengan diameter 10 mm dan lebih kecil akan dapat terbilas dengan baik sesuai dengan rencana;

- Bagian hilir: nilai gaya geser berkisar antara 6 – 8 N/m², maka pada bagian ini material yang dapat terbilas hanya material dengan diameter lebih kecil dari 9 mm.

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa gaya geser yang terjadi hampir di sepanjang sandtrap sebesar lebih dari 10 N/m². Tetapi terjadi penurunan nilai gaya geser menjadi 6 N/m² pada lokasi sebelum pintu bilas. Kejadian ini dikarenakan ada penurunan kecepatan aliran akibat penyempitan saluran menuju pintu bilas.



Gambar 5. Tegangan Geser Kritis dan Kecepatan Geser Kritis Sebagai Fungsi Ukuran Butir Untuk $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ (pasir)

Froude Number

Dari hasil permodelan diperoleh profil nilai Froude Number pada kondisi pembilasan. Secara umum aliran pada bangunan sandtrap berupa aliran sub kritis dengan nilai Froude Number kurang dari 1. Terjadi aliran super kritis di beberapa titik saja.

c. Analisa Skenario Pembilasan Desain Rencana II

Kecepatan Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil kecepatan aliran pada kondisi pembilasan. Kecepatan aliran yang terjadi di sepanjang sandtrap secara umum lebih besar dari 1,5 m/s dan semakin ke hilir semakin kecil hingga 1,2 m/s. Kecepatan di sandtrap bagian paling hilir masih terjadi kecepatan aliran yang kurang dari 1,5 m/s, namun sudah mengalami peningkatan yang signifikan dari kecepatan kondisi desain awal. Pola kecepatan aliran yang terbentuk masih belum merata dan cenderung lebih besar di bagian kiri sehingga akan berpotensi terjadi pengendapan di sebelah kanan.

Arah Aliran

Dari hasil permodelan diperoleh profil pola aliran pada kondisi pembilasan. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa arah aliran pada hulu, tengah, dan hilir sandtrap sudah terbagi merata antara kiri, tengah, dan kanan.

Profil Tinggi Muka Air

Dari hasil permodelan diperoleh profil tinggi muka air pada kondisi pengendapan. Rata-rata kedalaman muka air dengan modifikasi penyempitan alur di hilir sandtrap dan penambahan dinding bagi sebesar 28 cm. Pada lokasi penyempitan masih terjadi kenaikan muka air. Kemiringan muka air setelah dilakukan modifikasi menjadi 0,0184 dari kondisi awal 0,0174 yang menunjukkan kemiringan aliran semakin besar (semakin curam).

Gaya Geser

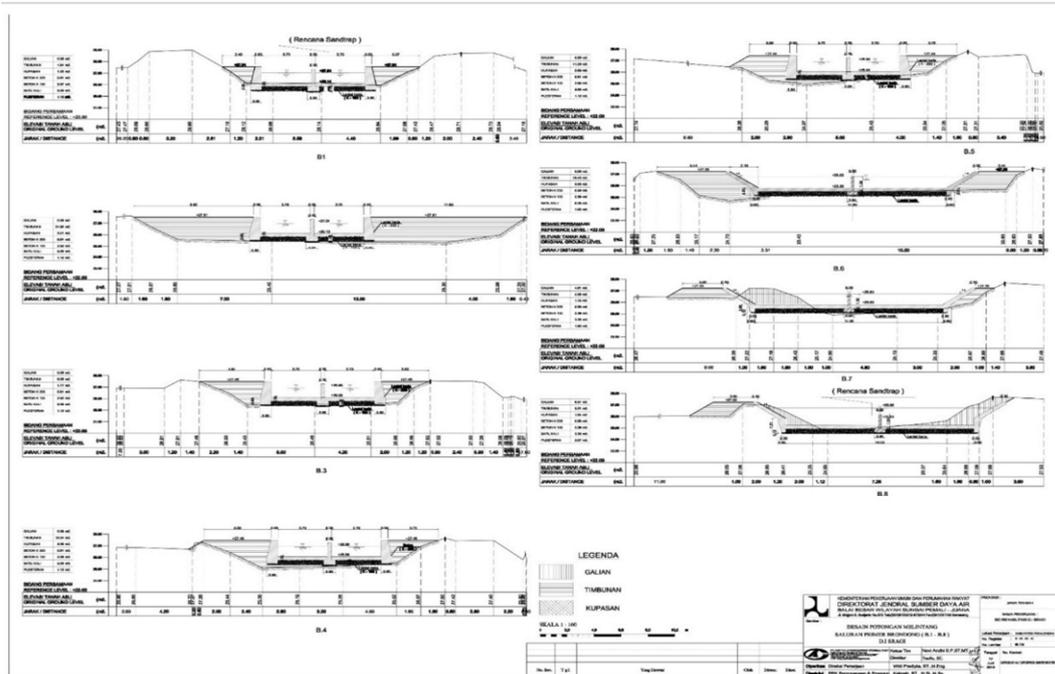
Dari hasil permodelan diperoleh profil gaya geser pada kondisi pembilasan seperti pada Gambar 8.42. Dari hasil simulasi diketahui pola gaya geser di sandtrap sebagai berikut:

- Bagian hulu: nilai gaya geser lebih besar dari 10 N/m²;
- Bagian hilir: nilai gaya geser paling kecil 6 N/m².

Nilai gaya geser yang terjadi pada Seri 2B lebih besar daripada Seri 1B. Dari yang semula 2 N/m² menjadi 6 N/m². apabila dibandingkan dengan Seri 2A, kondisi sebaran gaya geser pada Seri 2B lebih merata. Berdasarkan diameter rencana sedimen yang akan dibilas sebesar kurang dari 10 mm ($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$), maka menurut grafik hubungan antara diameter material dengan gaya geser kritis, maka dapat diketahui karakter pembilasa sedimen di sandtrap sebagai berikut:

- Bagian hulu: dengan nilai gaya geser lebih besar dari 10 N/m², maka pada bagian ini material sedimen dengan diameter 10 mm dan lebih kecil akan dapat terbilas dengan baik sesuai dengan rencana;
- Bagian hilir: nilai gaya geser paling kecil sebesar 6 N/m², maka pada bagian ini material yang dapat terbilas hanya material dengan diameter lebih kecil dari 7 mm.

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa gaya geser yang terjadi hampir di sepanjang sandtrap sebesar lebih dari 10 N/m². Tetapi terjadi penurunan nilai gaya geser menjadi 6 N/m² pada lokasi sebelum pintu bilas. Kejadian ini dikarenakan ada penurunan kecepatan aliran akibat penyempitan saluran menuju pintu bilas.



Gambar 7. Sampel Desain Potongan Melintang Saluran Rencana Sandtrap

4 Kesimpulan

Dari penelitian diatas maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa kapasitas pintu pengambilan (intake) Bendung Brondong masih mampu mengalirkan debit operasi pengurasan dimana kapasitas pengaliran pintu pengambilan ($5.82 \text{ m}^3/\text{dt}$) lebih besar dari kebutuhan debit pengurasan ($5.52 \text{ m}^3/\text{dt}$).
2. Hasil simulasi *Sandtrap* desain awal (Seri 1) menunjukkan bahwa secara umum sandtrap sudah dapat mengendapkan sedimen dengan parameter kecepatan aliran kurang dari $0,4 \text{ m/s}$. Meskipun begitu pada 30 m bagian hulu sandtrap masih terjadi kecepatan aliran lebih dari $0,4 \text{ m/s}$ dengan gaya geser lebih dari $0,6 \text{ N/m}^2$ yang mengakibatkan proses pengendapan kurang efektif.
3. Hasil simulasi Sandtrap desain awal (Seri 1) menunjukkan bahwa secara umum kecepatan aliran yang terjadi pada saat pembilasan lebih dari $1,5 \text{ m/s}$ dengan gaya geser aliran lebih dari 10 N/m^2 . Tetapi pada bagian hilir sandtrap terjadi penurunan kecepatan dan gaya geser aliran hingga 2 N/m^2 yang dapat menurunkan efektifitas pembilasan.
4. Untuk meningkatkan efektifitas fungsi sandtrap, baik untuk pengendapan dan pembilasan, maka perlu dilakukan modifikasi desain, berupa: modifikasi penyempitan alur di hilir sandtrap yang dibuat secara bertahap (gradual) dengan titik pengambilan

kemiringan dasar saluran yang curam dimulai dari titik awal penyempitan alur, serta dengan penambahan dinding bagi di tengah saluran untuk meratakan aliran. Hasil simulasi dengan adanya perbaikan desain tersebut adalah sebagai berikut:

- Modifikasi penyempitan alur menjadi lebih gradual dan posisi kemiringan dasar saluran penguras dimulai dari titik awal penyempitan menghasilkan:
 - Kecepatan aliran pembilasan di hilir sandtrap mengalami peningkatan yang semula 0,8 m/s menjadi 1,2 m/s;
 - Kemiringan muka air di depan pintu pembilas mengalami peningkatan yang semula 0,0174 Menjadi 0,0184;
 - Gaya geser dihilir sandtrap mengalami peningkatan yang semula 2 N/m² menjadi 6 N/m².
- Modifikasi penambahan dinding bagi di tengah sandtrap menghasilkan distribusi kecepatan dan arah aliran yang lebih merata dibandingkan pola aliran pada desain awal.

References

- [1] Budiman Rizki, 2018. *Simulasi Transpor Sedimen Proga di Sekitar Intake Kamijoro*, Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [2] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Standa Peencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi (KP-01)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [3] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (KP-02)*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [4] Hadihardaja, J. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*, Kopertis. Jakarta.
- [5] Istiarto. 2014. Materi Kuliah Transpor Sedimen: Awal Gerak Butir Sedimen. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [6] Analisis Laju Angkutan Sedimen untuk Perencanaan Kantong Lumpur pada D.I. Perkotaan Kabupaten Batubara, Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- [7] Perkasa, Ian Karunia. 2017. Evaluasi Kinerja Kantong Lumpur Dan Saluran Primer Bendung Notog Dalam Melayani Kebutuhan Irigasi, Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [8] Widaryanto, Lilik Hendro. 2017. Evaluasi Kinerja Kantong Lumpur (Studi Kasus Bendung Pendowo dan Pijenan Bantul), Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan)