

PENGARUH DEPOSISI DEBRIS RUMPUN BAMBU DI JEMBATAN GORONG-GORONG TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR

*Arya Agus Wijaya, Islamy Rusyda, Agustini Ernawati

Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 02-01-2019

Disetujui: 16-01-2019

Kata Kunci:

Deposisi
Debris
Bambu
Jembatan
Muka Air

ABSTRAK

Hujan deras mengguyur Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB) pada tanggal 18 November 2017. Hujan deras tersebut menyebabkan banjir dan aliran debris di hulu Sungai Senange, kecamatan Jerowaru. Kondisi ini menyebabkan erosi samping di sepanjang hulu sungai. Peristiwa erosi ini mengakibatkan banjir bandang dengan sejumlah besar sedimen dan debris bambu. Bambu yang diangkut tertahan di sebuah jembatan gorong-gorong di sungai dan kemudian meluap-luap ke beberapa bagian. Kenaikan muka air terjadi karena akumulasi debris bambu yang tertahan di jembatan. Dalam pandangan teknik sipil hal ini menjadi faktor penting dalam masalah banjir, sehingga perlu dilakukannya penelitian untuk menyelidiki kenaikan muka air yang terjadi akibat debris bambu yang tertahan di jembatan gorong-gorong. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Universitas Muhammadiyah Mataram dengan menggunakan flume untuk simulasi keadaan dilapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah debris rumpun bambu yang tertahan di jembatan tergantung dari jumlah debris bambu yang dihanyutkan. Presentase debris yang dihanyutkan dengan hasil 92 % tertahan dan 8 % lolos. Kenaikan muka air akan semakin besar dengan bertambahnya jumlah debris bambu yang tertahan, sehingga mempengaruhi kenaikan muka air di hulu jembatan. *Loss Koefisien* yang terjadi semakin tinggi sehingga volume debris semakin banyak yang lolos.

ABSTRACT

Heavy rain flushed East Lombok, West Nusa Tenggara (NTB) on November 18, 2017. The heavy rain caused flooding and debris flow upstream of the Senange River, Jerowaru sub-district. This condition causes side erosion along the headwaters of the river. This erosion event caused flash floods with large amounts of sediment and bamboo debris. The bamboo that is transported is held up on a culvert bridge in the river and then overflows to several parts. The increase in water level occurs due to accumulation of bamboo debris that is stuck on the bridge. In the view of civil engineering, this has become an important factor in the problem of flooding, so research is needed to investigate the rise in water levels that occur due to bamboo debris that is stuck on the culvert bridge. This research was conducted at the Hydraulic Laboratory of the University of Muhammadiyah Mataram by using a flume for field conditions simulation.

The results showed that the amount of bamboo debris that was stuck on the bridge depends on the amount of bamboo debris that was washed away. The percentage of debris debris that was washed away with the results of 92% held and 8% passed. The increase in water level will be even greater with the increase in the amount of bamboo debris that are retained, thereby affecting the rise in water level upstream of the bridge. Loss coefficient that occurs higher and higher so that the volume of debris passes.

A. LATAR BELAKANG

Nusa Tenggara Barat (NTB) adalah sebuah provinsi di Indonesia dengan luas wilayah 20.153,15 km². Sesuai dengan namanya, provinsi ini meliputi bagian barat Kepulauan Nusa Tenggara. Dua pulau terbesar di Provinsi ini adalah Lombok yang terletak di barat dan Sumbawa yang terletak di timur. Secara geografis terletak pada 115 Lintang selatan dengan batas wilayahnya di sebelah Barat berbatasan dengan Selat Lombok, Provinsi Bali, sebelah Timur dengan Selat Sape, Provinsi Nusa Tenggara Timur, sebelah Utara dengan Laut Jawa dan

Laut Flores dan sebelah Selatan dengan Samudra Indonesia Sungai-sungai di NTB dikelompokkan ke dalam dua wilayah sungai yaitu Lombok yang terdiri dari 197 wilayah sungai dan Sumbawa 555 wilayah sungai dengan curah hujan tertinggi yaitu pada bulan November 504 mm NTB Dalam Angka, 2017).

Jerowaru merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Lombok Timur Nusa Tenggara Barat dengan luas wilayah 142,78 km². Kecamatan Jerowaru memiliki iklim tropis dengan musim kemarau yang

kering dan musim hujan yang cukup tinggi disepanjang tahun. Jumlah hari hujan per bulan berkisar antara 1 hingga 21 hari dengan curah hujan berkisar antara 18 hingga 858 mm, membuat kecamatan Jerowaru rentan terhadap banjir (Jerowaru dalam angka 2017). Dampak negatif dari banjir ini sangat banyak salah satunya dapat merusak berbagai jenis infrastruktur seperti jembatan. Hujan deras mengguyur Kecamatan Jerowaru pada tanggal 18 November 2017, menyebabkan banjir dan aliran debris di hulu Sungai Senange, Kecamatan Jerowaru. Kondisi ini menyebabkan banjir bandang yang membawa bambu dari hulu sungai.

Sedimen adalah partikel organik dan anorganik yang terakumulasi secara bebas. Sedangkan debris merupakan potongan atau puing-puing yang terbawa oleh banjir, dalam hal ini yaitu bambu. Bambu yang terbawa banjir tersebut sebagian ada yang tertahan oleh jembatan di sungai dan sebagian lagi meluap melalui tepi sungai pada beberapa bagian hal ini menyebabkan pengurangan kapasitas sungai disekitar kumpulan debris bambu pada jembatan dan peningkatan gaya lateral yang bekerja pada jembatan. Kumpulan debris bambu di jembatan seperti jembatan Senange menimbulkan kenaikan permukaan air (*backwater rise*) di hulu jembatan. Jembatan Senange merupakan jembatan gorong-gorong (*A multiple culvert bridge*). Kumpulan debris bambu pada jembatan telah menjadi problem baru dan isu yang penting dalam penanggulangan dan pengendalian bencana banjir, yang dimana lebar sungai dilapangan 30 M dan perkiraan panjang bambu yang tertahan 15 M sehingga penulis tertarik untuk melakukan eksperimen di Laboratorium Hidrolika dengan lebar 30 cm dan panjang bambu 15 cm dengan batang rumpun bambu yang bervariasi yaitu berbatang 1,2,3, dan 4.

B. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus penelitian ini adalah jembatan Kecamatan Jerowaru desa Senange Kabupaten Lombok Timur seperti disajikan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi studi kasus penelitian

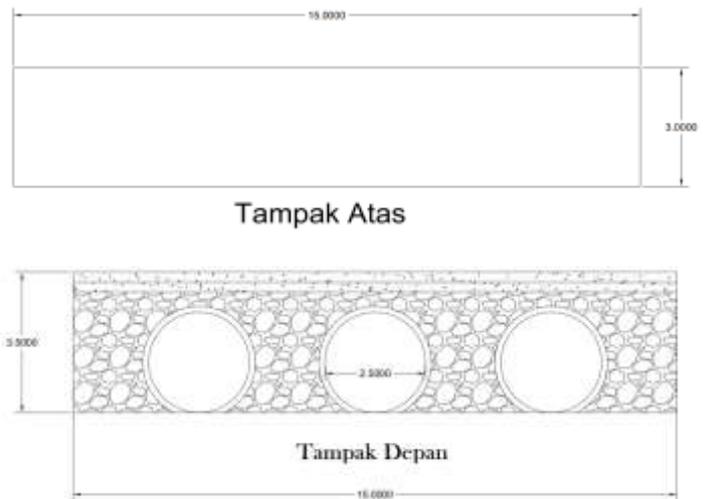
2. Tahapan Persiapan

a. Survey Lokasi

Survey lokasi dilakukan pada tanggal 10 April 2018 di desa Senange Kecamatan Jerowaru Kabupaten Lombok Timur. Berikut adalah hasil penelusuran survey lokasi di lapangan yang disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 2. Jembatan di lapangan



Gambar 3. Sketsa jembatan di lapangan

Selain itu data-data yang diperoleh adalah:

1. Dimensi jembatan di lapangan:
 - a. Panjang 15 m
 - b. Lebar 3 m
 - c. Tinggi 3,5 m
 - d. Diameter jembatan gorong-gorong 2,5 m
2. Penyekalaan data lapangan

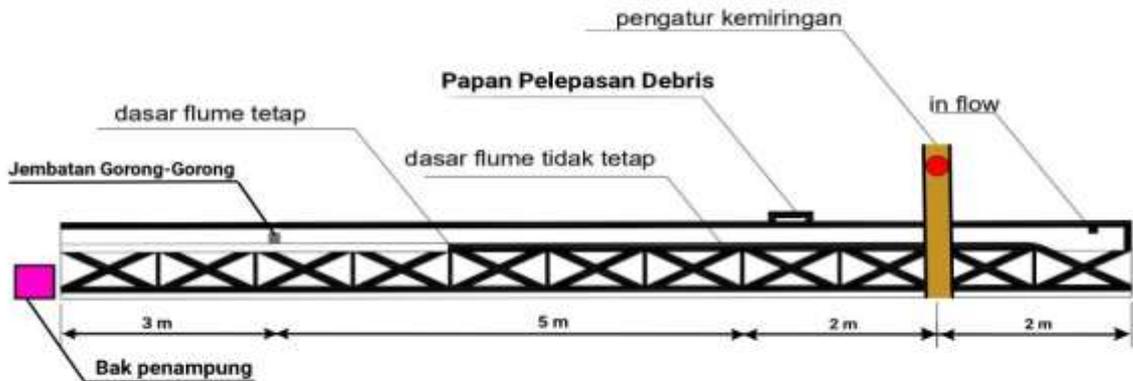
Untuk model jembatan di laboratorium dapat digunakan skala 1:50 dimana 1 cm di laboratorium dan 50 cm di lapangan, sehingga dapat dilihat sebagai berikut.

 - a. Panjang 15 m = 30 cm
 - b. Lebar 3 m = 6 cm
 - c. Tinggi 3,5 m = 7 cm
 - d. Diameter jembatan gorong-gorong 2,5 m = 5 cm
3. Dimensi dasar sungai:
 - a. Lebar 15 m
 - b. Kemiringan sungai ($I=0,01$)

b. Model Hidrolika

Eksperimen ini direncanakan menggunakan *flume* di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. *Flume* tersebut berbentuk persegi empat (**Gambar 4.**) yang kedua sisi

dan dasarnya terbuat dari acrylic. *Flume* ini memiliki panjang 12 m, lebar 30 cm dan tinggi 40 cm. Dasar flum ini terdiri dari dua jenis, yaitu:



Gambar 4. Sketsa tampak samping *flume*

1) Dasar tetap

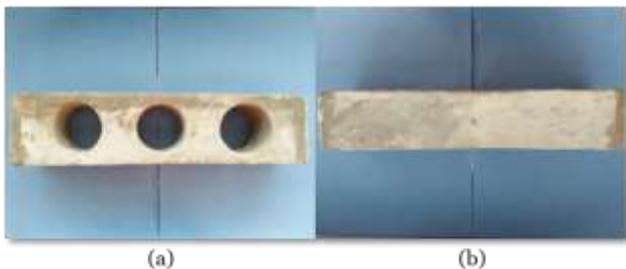
Dasar tetap yaitu pasir yang di lem pada permukaan papan. Proses ini dilakukan dalam waktu 4 hari dan 1 hari untuk proses pemasangannya. Pemasangan ini dilakukan dari jarak 7 m dari hulu ke hilir *flume*.

2) Dasar tidak tetap

Dasar tidak tetap yaitu pasir yang ditumpahkan di atas flume dari jarak 2 m sampai 7 m dari hulu flume dan di padatkan hingga mencapai ketinggian 15 cm. proses ini dilakukan selama 2 hari. Pasir yang digunakan ialah pasir yang di ambil dari lokasi penelitian.

3) Model Jembatan

Model jembatan yang digunakan adalah model jembatan gorong-gorong (Jembatan Senange, Kecamatan Jerowaru Kabupaten Lombok Timur). Jembatan ini dibuat dari mortar dan dipinishing dengan menggunakan pasta semen untuk melindungi jembatan agar air yang mengalir tidak masuk ke pori-pori jembatan. Pemasangan jembatan ini dilakukan pada jarak 9,5 m dari hulu *flume*.



Gambar 5. Model Jembatan; (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas

4) Model debris

Model debris yang digunakan adalah rumpun bambu. Sampel rumpun Bambu yang digunakan

diberikan nomer berdasarkan jumlah batang masing-masing berjumlah 4 batang dan panjang 15 cm.



Gambar 6. Model debris

5) Boks penyusunan dan saringan bambu

Box penyusunan bambu ini terbuat dari papan dengan ukuran 40 cm x 30 cm (memiliki kemiringan 45°) berfungsi sebagai tempat penyusunan bambu yang akan di hanyutkan. Saringan bambu terbuat dari kayu dengan ukuran 40 cm x 30 cm, dipasangkan kawat sebagai saringan sedimen yang lolos dari jembatan.



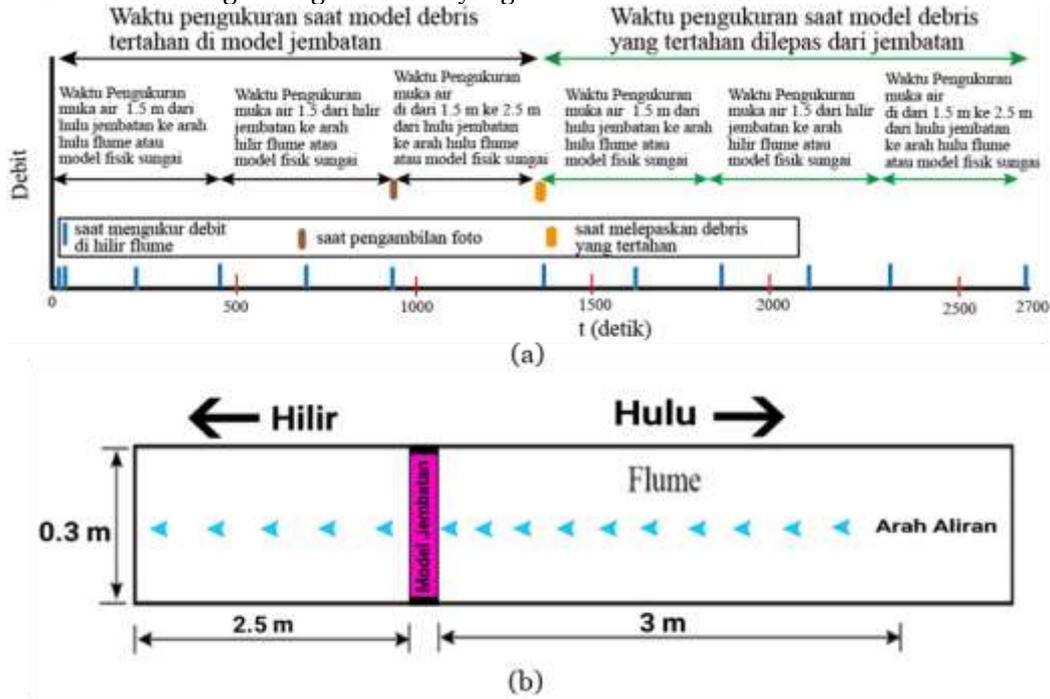
Gambar 7. Perlengkapan Penelitian; (a) Boks Bambu ukuran 40 cm x 30 cm, (b) Saringan ukuran 40 cm x 30 cm

c. Pelaksanaan Eksperimen

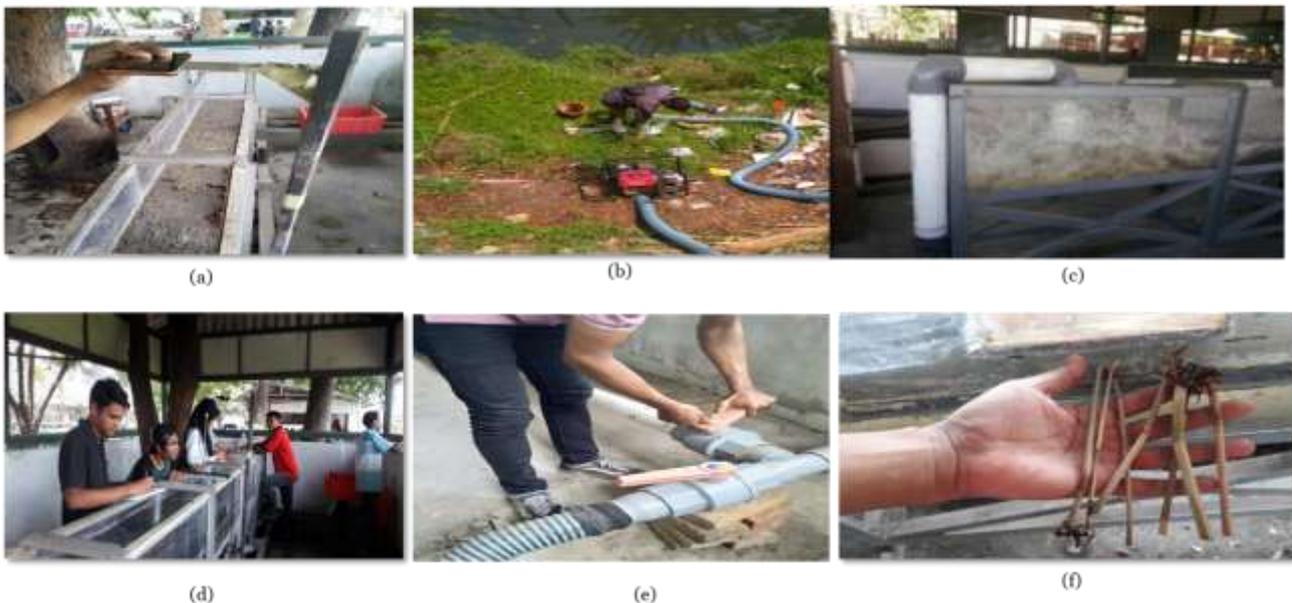
Beberapa tahap pelaksanaan eksperimen disajikan pada **Gambar 8** sampai dengan **Gambar 9** dibawah ini.

Pengukuran tinggi muka air akan dilakukan pada arah memanjang dan melintang dengan menggunakan *point gage*. Pengukuran arah memanjang dilakukan pada bagian tengah flume atau model fisik melalui dua tahap. Pertama, sepanjang 1.5 meter dari hilir jembatan ke arah hilir flume atau model fisik sungai dengan ukuran yang

telah ditentukan. Kedua sepanjang 2.5 m dari hulu jembatan ke arah hulu flume atau model fisik sungai dengan ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 8. Arah x dan y waktu dan arah pengukuran; (a) waktu pengukuran debit dan muka air, (b) arah pengukuran



Gambar 9. (a) Penempatan posisi kamera; (b) menghidupkan pompa; (c) mulai penelitian (d) pengukuran permukaan air; (e) mengatur muka air; (f) menjatuhkan debris bambu

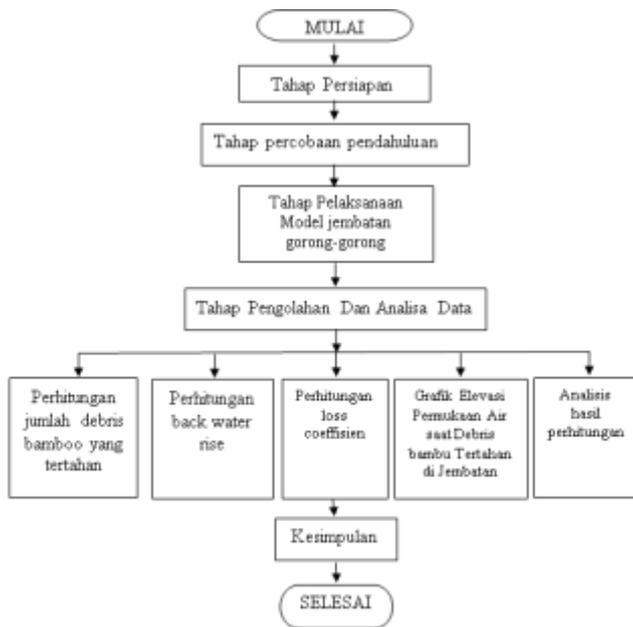
Setelah rumpun bambu menyentuh jembatan segera dilakukan pengukuran kedalaman air di hulu jembatan pada jarak $y = 15$ cm, pada jarak 0,2.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 cm. lalu, Pengukuran debit dan kedalaman air jembatan dilakukan kembali di bagian hilir jembatan pada $y=15$ cm, dngan jarak 2.5, 5, 10, 15, 20, 25,

30, 35, 40, 55, 60, 70 sampai dengan 230 cm dan Pengukuran debit dan kedalaman air dilakukan kembali di bagian hulu jembatan pada jarak 70,80, 90, 100, sampai dengan 730 cm.

Pengukuran kedalaman air di hulu jembatan dilakukan kembali pada jarak 2.7, 1.25, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 60, dan 70 cm. serta dihilir jembatan pada jarak 0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 55, 60, dan 70 cm. Setelah itu menghitung jumlah rumpun bamboo yang mencapai akhir hilir, dan tertahan di jembatan.

3. Bagan Alir Penelitian

Tahapan alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 10** dibawah ini. Setelah dilakukan tahap eksperimen, maka dilanjutkan dengan tahap analisis untuk mengetahui koefisien loss, *back water rise* dan jumlah debris bamboo yang tertahan.



Gambar 10. Bagan alir penelitian

4. Aliran Debris

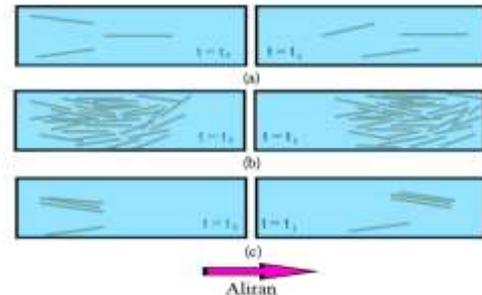
Aliran debris tergantung pada kondisi morfologi sungai, debit aliran, ketersediaan debris dan karakteristik debris. Menurut Diehl (1997) parameter penting untuk aliran debris meliputi:

- 1) Rasio panjang debris dan lebar sungai;
- 2) Rasio diameter debris dan kedalaman air sungai dan;
- 3) Orientasi debris terhadap arah aliran sungai.

Braudrick and Grant (2001) mengasumsikan bahwa batas ambang debris mulai bergerak adalah saat dia berpindah sejauh setengah dari panjangnya. Kedalaman aliran sebesar diameter pangkal kayu tersebut di tambah panjang akar dari pangkal kayu tersebut merupakan kondisi batas yang memungkinkan debris (kayu) dapat mengapung (Diehl, 1997). Aliran debris (kayu) merupakan fungsi dari sudut kayu terhadap arah aliran, ada atau tidaknya akar, massa jenis kayu dan diameter kayu. Batas ambang aliran debris(kayu) tidak dipengaruhi oleh panjangnya bila ukurannya lebih kecil dari lebar sungai (Braudrick and Grant, 2001). Tetapi rasio panjang debris (kayu) terhadap lebar sungai kemungkinan mempengaruhi stabilitas debris (kayu) di sepanjang jaringan sungai (Bocchiola et al., 2008).

5. Tipe Aliran Debris (Kayu)

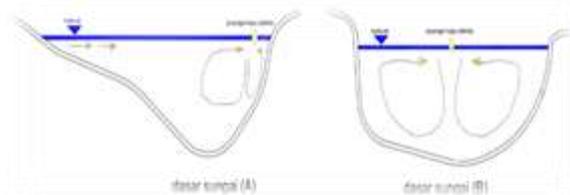
Braudrick et al. (1997) membagi tipe aliran debris menjadi tiga yaitu tidak padat, semi padat dan padat terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 11. Tipe aliran debris, (a) Tidak padat, (b) padat dan (c) semi padat

6. Tipe Aliran Debris (Kayu)

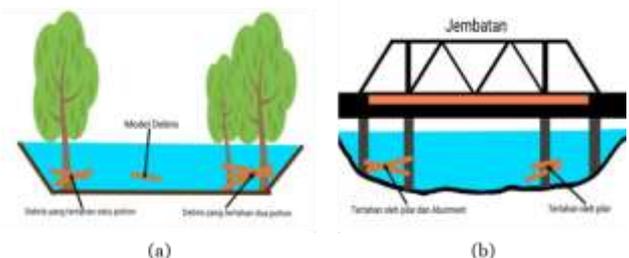
Aliran debris (Kayu) umumnya berkonsentrasi pada zona konvergensi yang terlihat pada gambar dibawah ini, yaitu pada kedalaman air yang paling besar di suatu sungai (Diehl, 1997).



Gambar 12. Pola aliran pada penampang sungai; (a) melengkung dan (b) cenderung lurus

7. Deposisi Debris (Kayu)

Bocchiola et al. (2008) membagi deposisi debris (kayu) menjadi dua yaitu debris yang tertahan oleh satu pohon dan debris yang tertahan oleh dua pohon (**Gambar 13a**). Bagian jembatan seperti pilar, dek dan abutment (**Gambar 13b**) juga dapat menahan debris (Diehl, 1997; Schmocker and Hager, 2011) (Rusyda et al., 2014b).



Gambar 13. Skema pepohonan da jembatan yang menahan debris (kayu); (a) debris yang tertahan oleh pepohonan; (b) debris yang tertahan oleh tiang dan abutment jembatan

8. Kenaikan Muka Air di Hulu Jembatan

Persamaan untuk menghitung kenaikan muka air di hulu jembatan yang menahan debris (kayu) (Rusyda et al. 2014b) sebagai berikut:

$$\Delta h_{ud}^j = h_u^j - h_d^j \quad (1)$$

$$\Delta h_u^{jn} = h_u^j - h_u^n \quad (2)$$

dimana; h_u^j : kedalaman air di hulu jembatan (ada debris); h_d^j : kedalaman air di hilir jembatan (ada debris di hulu jembatan); h_u^n : kedalaman air di hulu jembatan (tanpa debris di hulu jembatan) dan h_d^n : kedalaman air di hulu jembatan (tanpa debris)

9. Loss koefisien dan Keseimbangan Gaya

Kehilangan tinggi tekanan akibat di Jembatan yang menahan debris saat banjir di sungai dapat disebut juga 'loss koefisien' (Rusyda et al 2014a). Persamaan untuk menghitung 'loss koefisien' adalah sebagai berikut:

$$f_d^j \equiv \Delta E_{ud}^j / \left((v_d^j)^2 / 2g \right) \quad (3)$$

dimana:

$$\Delta E_{ud}^j \equiv \left\{ \frac{(v_u^j)^2}{2g} + h_u^j \right\} - \left\{ \frac{(v_d^j)^2}{2g} + h_d^j \right\} \quad (4)$$

$$v_u^j = q / h_u^j \quad (5)$$

$$v_d^j = q / h_d^j \quad (6)$$

Keterangan: f_d^j : loss koefisien karena adanya debris, v_u^j : kecepatan di hulu akibat debris, v_d^j : kecepatan di hilir karena adanya debris, ΔE_{ud}^j : kehilangan energi antara hulu dan hilir karena adanya debris, dan q : debit perunit lebar

9. Debit

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu (Asdak, Chay. 2007). Satuan debit adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = AxV \quad (7)$$

Dimana, Q: Debit aliran (m^3/s); A: Luas penampang (m^2); V: Kecepatan (m/s)

untuk mencari nilai V atau kecepatan menggunakan rumus manning sebagai berikut:

$$V = 1/n R^{2/3} I^{1/2} \quad (8)$$

Dimana. n: Koefisien Manning; R = Jari-Jari Hidraulik, I = Kemiringan Sungai

Untuk mencari debit di laboratorium, maka menggunakan rumus:

$$Q = \frac{\text{Berat Air (kg)}}{\text{Lamanya Pengukuran (s)} \times \text{Lebar Flume (m)}} \times \text{Berat Jenis air (kg/m}^3\text{)} \quad (9)$$

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Debit Percobaan Laboratorium

Perhitungan debit laboratorium menggunakan persamaan (9), dimana lebar flume 0.3 m dan berat jenis air 1000 kg/m^3 . Setiap percobaan dilakukan sebanyak 10 kali kemudia merata-ratakannya untuk mendapat

nilai debit rata-rata percobaan pengukuran debit. Berikut adalah nilai debit rata-rata hasil percobaan (Tabel 1).

Tabel 1
Debit rata-rata hasil percobaan

No	Data Eksperimen	Jumlah Debit (m^3/s)	Jumlah Data	Debit Rata-Rata (m^3/s)
1	Eksperimen 1	1522,448	10	152,245
2	Eksperimen 2	1544,180	10	154,418
3	Eksperimen 3	1544,925	10	154,493
4	Eksperimen 4	1477,196	10	147,720
5	Eksperimen 5	1523,702	10	152,370
6	Eksperimen 6	1500,375	10	150,038
7	Eksperimen 7	1518,775	10	151,878
8	Eksperimen 8	1493,725	10	149,373
9	Eksperimen 9	1514,956	10	151,496
10	Eksperimen 10	1531,276	10	153,128

2. Perhitungan Debit Lapangan

Perhitungan debit lapangan menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8).

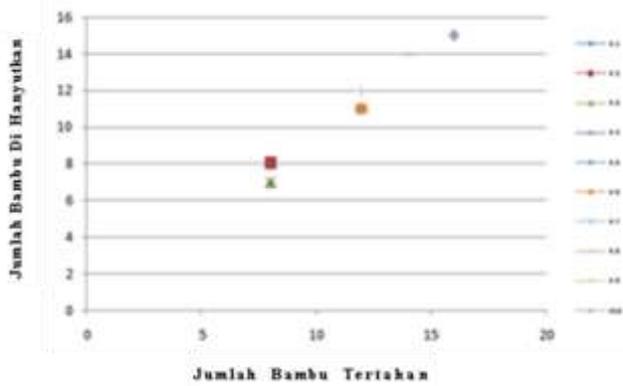
$$A = 15 \times 3,5 = 52,5 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{1}{0,050} \times 2,386^{\frac{2}{3}} \times 0,01^{\frac{1}{2}} = 3,571 \text{ m/s}$$

$$Q = 52,5 \times 3,571 = 187,477 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Jumlah debris bamboo yang tertahan

Debris bambu yang dimaksud adalah debris rumpun bambu yang tertahan pada jembatan. Grafik dibawah ini memberikan gambaran jumlah debris bambu yang di hanyutkan dengan jumlah debris rumpun bambu yang tertahan.



Gambar 14. Jumlah bambu yang di hanyutkan terhadap yang tertahan

Berdasarkan grafik yang diperoleh, dapat dilihat bahwa:

- Jumlah debris rumpun bambu yang tertahan dan dihanyutkan pada eksperimen 1 dan 2 jumlahnya sama, begitu pula dengan eksperimen 3 dan 4, 5, 6 dan 7, kemudian 8 dan 9 sehingga gambar di grafik terlihat saling tindih, dan hanya eksperimen 10 yang jumlahnya tidak sama.
- Jumlah debris bambu yang tertahan di jembatan tidak stabil dari eksperimen 1 sampai 10, karena hal tersebut

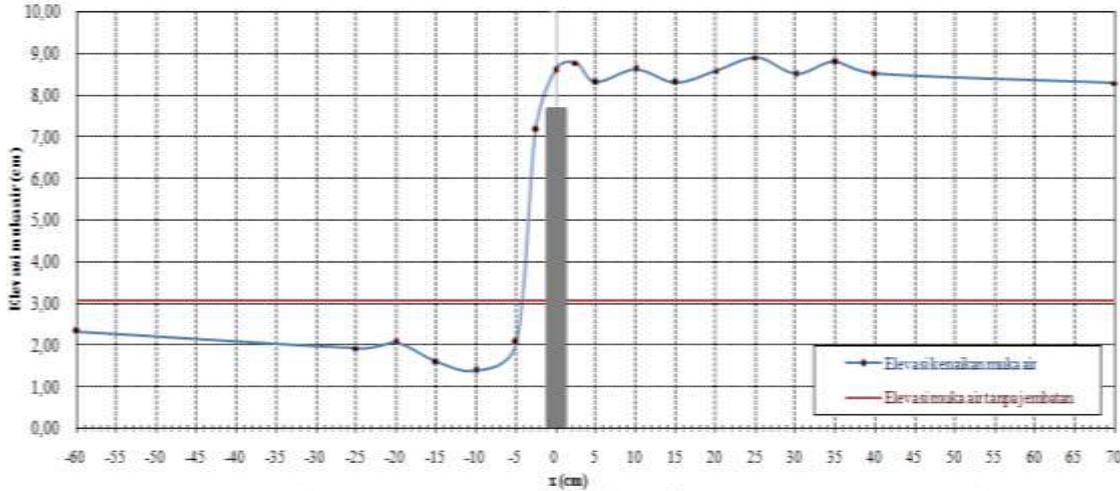
dipengaruhi oleh kombinasi yang digunakan berbeda-beda.

4. Kenaikan Muka Air (*Back Water Rise*)

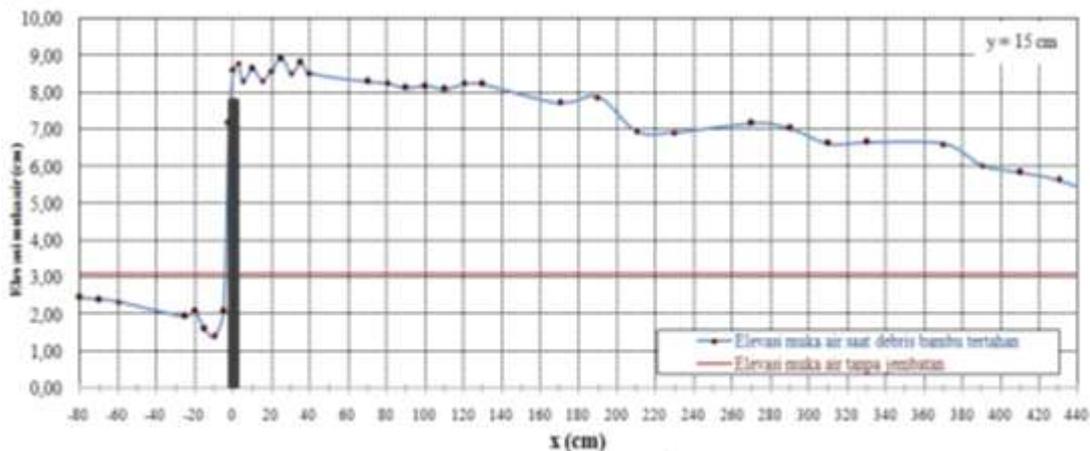
Percobaan kenaikan muka air memiliki perlakuan yang berbeda-beda untuk jumlah rumpun bambu yang dihanyutkan. Setiap percobaan memiliki variasi jumlah rumpun bambu yang dihanyutkan tergantung pada besaran debit rata-ratanya. Berikut adalah hasil pengukuran kenaikan muka air dengan besaran debit rata-rata $154,418 \text{ m}^3/\text{s}$ (eksperimen 2), $147,720 \text{ m}^3/\text{s}$ (eksperimen 4) dan $150,038 \text{ m}^3/\text{s}$ (eksperimen 6).

a. Eksperimen 2 dengan debit $154,418 \text{ m}^3/\text{s}$

Variasi jumlah rumpun bambu yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap kenaikan muka air adalah batang 1 sebanyak 4 batang, batang 2 tidak digunakan, batang 3 sebanyak 4 batang, dan batang 4 tidak digunakan (4-0-4-0). Berikut hasil dari percobaan kenaikan muka air yang dilakukan dengan perlakuan tersebut yang disajikan pada **Gambar 15** sampai dengan **Gambar 17** dibawah ini.



Gambar 15. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak pendek



Gambar 16. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak panjang



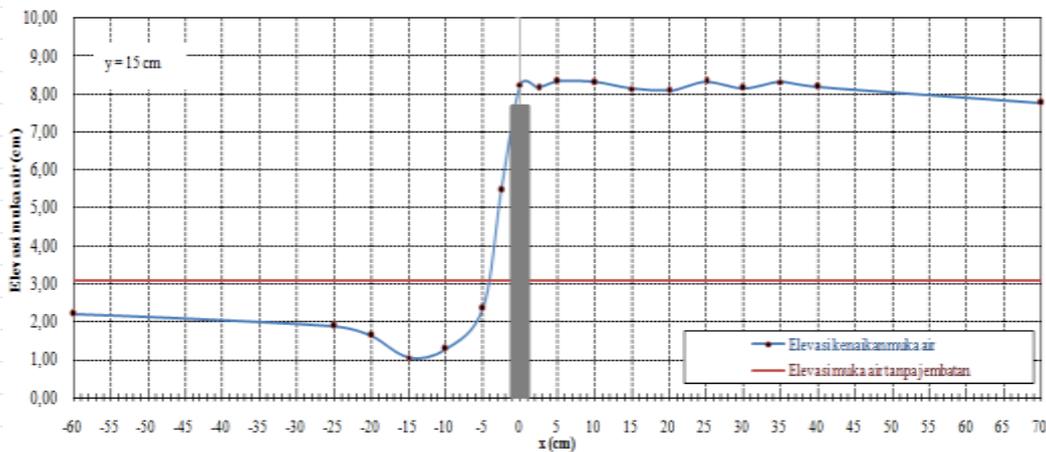
Gambar 17. Kondisi debris bambu yang tertahan di jembatan; (a) tampak atas, (b) tampak hulu, (c) tampak sisi kiri, (d) tampak sisi kanan

Sehingga proses yang terjadi diperlihatkan bahwa:

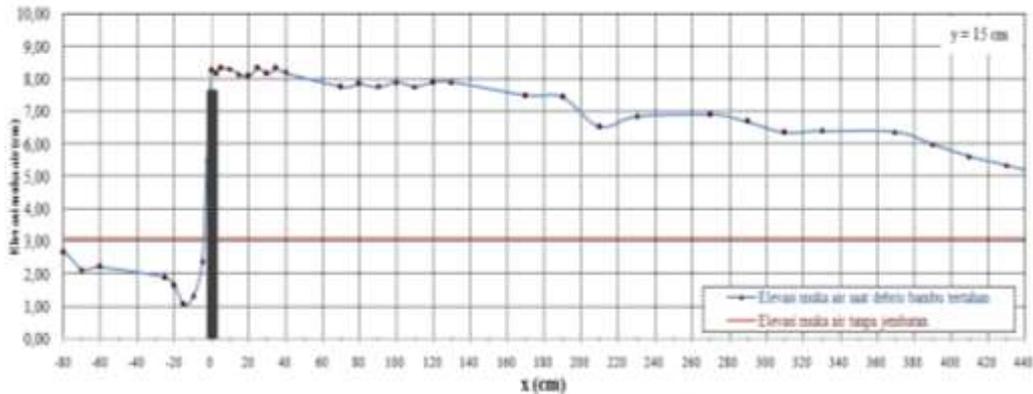
1. Elevasi muka air tertinggi di hulu jembatan mencapai 8,92 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 25 cm dari hulu jembatan;
2. Elevasi muka air terendah di hulu jembatan mencapai 3,62 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 640 cm dari hulu jembatan;
3. Elevasi muka air tertinggi di hilir jembatan mencapai 7,17 cm dari dasar flume dan berada pada jarak sekitar -2,5 cm dari hilir jembatan;
4. Elevasi muka air terendah di hilir jembatan mencapai 1,4 cm dari dasar flume dan berada pada jarak -10 cm dari hilir jembatan.

Variasi jumlah rumpun bambu yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap kenaikan muka air adalah batang 1 sebanyak 2 batang, batang 2 sebanyak 2 batang, batang 3 sebanyak 2 batang, dan batang 4 sebanyak 2 batang (2-2-2-2). Berikut hasil dari percobaan kenaikan muka air yang dilakukan dengan perlakuan tersebut yang disajikan pada **Gambar 18** sampai dengan **Gambar 20** dibawah ini.

b. Eksperimen 4 dengan debit 147,720 m³/s



Gambar 18. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak pendek



Gambar 19. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak panjang



Gambar 20. Kondisi debris bambu yang tertahan di jembatan; (a) tampak atas, (b) tampak hulu, (c) tampak sisi kiri, (d) tampak sisi kanan

Sehingga proses yang terjadi memperlihatkan bahwa:

1. Elevasi muka air tertinggi di hulu jembatan mencapai 8,34 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 25 cm dari hulu jembatan;
2. Elevasi muka air terendah di hulu jembatan mencapai 3,72 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 640 cm dari hulu jembatan;
3. Elevasi muka air tertinggi di hilir jembatan mencapai 3,55 cm dari dasar flume dan berada pada jarak sekitar -230 cm dari hilir jembatan;
4. Elevasi muka air terendah di hilir jembatan mencapai 1,3 cm dari dasar flume dan berada pada jarak -10 cm dari hilir jembatan.

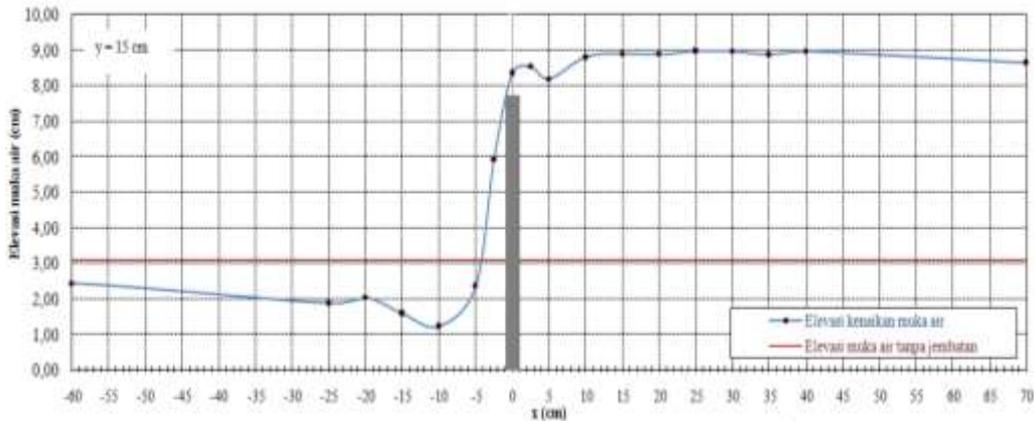
c. Eksperimen 6 dengan debit $150,038 \text{ m}^3/\text{s}$

Variasi jumlah rumpun bambu yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap kenaikan muka air adalah batang 1 sebanyak 2 batang, batang 2 sebanyak 2 batang, batang 3 sebanyak 2 batang, dan batang 4 sebanyak 2 batang (2-2-2-2). Berikut hasil dari

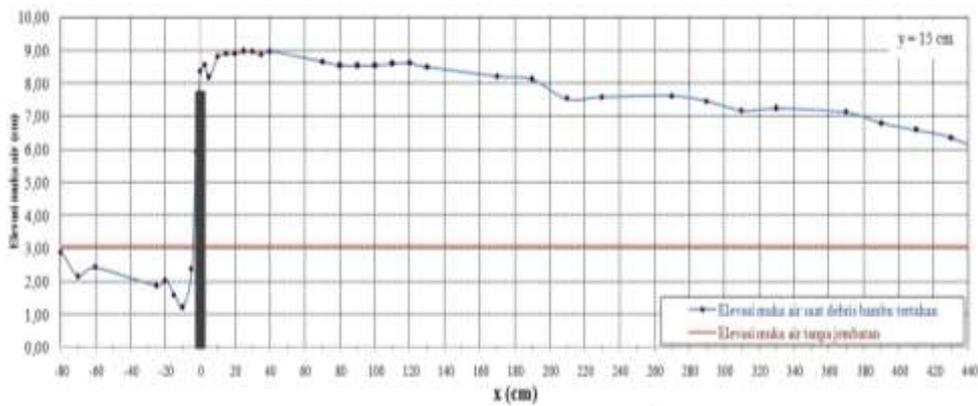
percobaan kenaikan muka air yang dilakukan dengan perlakuan tersebut yang disajikan pada **Gambar 21** sampai dengan **Gambar 23** dibawah ini.

Sehingga proses yang terjadi memperlihatkan bahwa:

1. Elevasi muka air tertinggi di hulu jembatan mencapai 8,98 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 25 cm dari hulu jembatan;
2. Elevasi muka air terendah di hulu jembatan mencapai 4,69 cm dari dasar flume dan berada pada jarak 640 cm dari hulu jembatan;
3. Elevasi muka air tertinggi di hilir jembatan mencapai 5,92 cm dari dasar flume dan berada pada jarak sekitar -2,5 cm dari hilir jembatan;
4. Elevasi muka air terendah di hilir jembatan mencapai 1,23 cm dari dasar flume dan berada pada jarak -10 cm dari hilir jembatan



Gambar 21. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak pendek

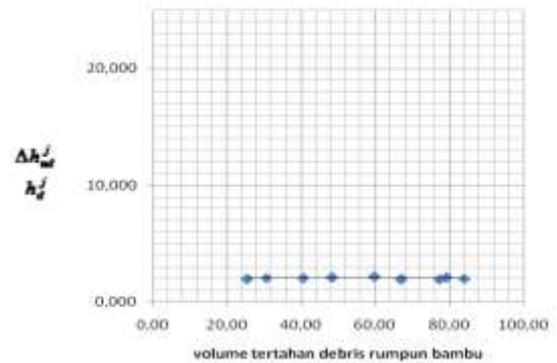


Gambar 22. Elevasi permukaan air pada saat debris bambu tertahan di jembatan dalam jarak panjang



Gambar 23. Kondisi debris bambu yang tertahan di jembatan; (a) tampak atas, (b) tampak hulu, (c) tampak sisi kiri, (d) tampak sisi kanan

Kenaikan muka air di hulu jembatan yang menahan debris dihitung dengan persamaan (1). Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 24**.



Gambar 24. Kenaikan Muka Air terhadap Volume Debris Bambu yang Tertahan

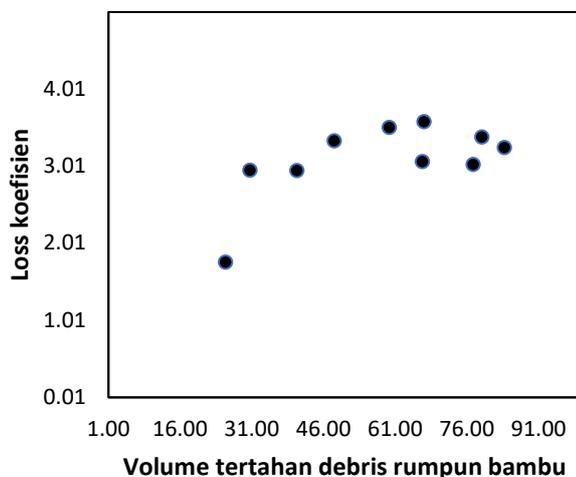
Gambar 24 menunjukkan bahwa kenaikan muka air meningkat dikarenakan jumlah dan volume debris bambu yang tertahan pada jembatan dan perubahan kenaikan muka air ini terlihat stabil, karena tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan drastis

5. Loss Koefisien Bambu

Kehilangan tinggi tekanan akibat di Jembatan yang menahan debris saat banjir di sungai dapat disebut juga 'loss koefisien' (Rusyda et al 2014a). Persamaan untuk menghitung 'loss koefisien' adalah persamaan (3). Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 25**.

Gambar 25 menunjukkan bahwa:

1. Semakin tinggi kehilangan energi yang terjadi maka akan semakin besar volume debris bambu yang tertahan;
2. Volume debris bambu yang tertahan paling sedikit di kisaran 25,50 yaitu pada saat tekanan energi berkisar di angka 1,76 dan;
3. Volume debris bambu yang tertahan paling banyak di angka 83,91 yaitu pada saat tekanan energi berkisar di angka 3,25;
4. Kehilangan tinggi energi yang terjadi dari eksperimen 1 sampai dengan eksperimen 10 berada di antara 0-3,58.



Gambar 25 Loss koefisien terhadap volume debris bambu yang tertahan

C. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Jumlah debris rumpun bambu yang tertahan di jembatan tergantung dari jumlah debris bambu yang dihanyutkan. Presentase debris debris yang dihanyutkan dengan hasil 92 % tertahan dan 8 % lolos;
- b. Kenaikan muka air akan semakin besar dengan bertambahnya jumlah debris bambu yang tertahan, sehingga mempengaruhi kenaikan muka air di hulu jembatan;

- c. *Loss Koefisien* yang terjadi semakin tinggi sehingga volume debris semakin banyak yang lolos.

2. Saran

Penulis berharap kedepannya untuk merencanakan sebuah konstruksi jembatan yang sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga saat terjadinya aliran debris akan mengurangi kenaikan muka air.

D. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Bocchiola D., Rulli M.C. dan Rosso R. (2006). Transport of large woody debris in the presence of obstacles. *Geomorphology*, 76 (1-2), 166-178.
- [2] Bocchiola D., Rulli M.C. dan Rosso R. (2008). A flume experiment on the formation of wood jams in rivers. *Water Resources Research*, 44 (2), W02408.
- [3] Braudrick C.A., Grant G.E., Ishikawa Y. dan Ikeda H. (1997). Dynamics of wood transport in streams: a flume experiment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, 669-683.
- [4] Braudrick C.A. dan Grant G.E. (2001). Transport and deposition of large woody debris in streams: A flume experiment. *Geomorphology*, 41 (4), 263-283.
- [5] Davidson, S.L. MacKenzie L.G. dan Eaton B.C. (2015). Large wood transport and jam formation in a series of flume experiments. *Water Resource Research*, 51, 10065-10077.
- [6] Diehl T.H. (1997). Potential drift accumulation at bridges. *Report FHWA-RD-97-028*, Washington: U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration
- [7] Rusyda M.I., Hashimoto H., Ikematsu S. dan Sakada K. (2013a). Characteristics of woody debris deposition during the Yabe River Flood, Japan: northern Kyushu Flood Disaster in July 2012. *Advances in River Sediment Research*, Ed. Fukuoka S., Nakagawa H., Sumi T. and Zhang H. London: CRC Press, 181
- [8] Rusyda M.I., Hashimoto H. dan Ikematsu S. (2014a). Log jam formation by an obstruction in a river. *River Flow 2014*. Schleis et al. (Eds). Taylor & Francis Group, London
- [9] Rusyda M.I., Kusukubo M., Maricar M.F. Ikematsu S. dan Hashimoto H. (2014b). Woody debris accumulation during the flood event in the nayoshi river tsuwano town japan. *Proceeding of 19th The Asia and Pacific Regional Division of the IAHR, Water Resource Universty, Vietnam*
- [10] Rusyda M.I. (2015) Backwater rise due to log jam at an arched bridge during a flood (A flume experiment), *Proceedings of the 14th International Conference on QiR (Quality in Research)*. 10-13 August 2015. To be published

- [11] Schmocker L. and Hager W.H. (2011). Probability of drift blockage at bridge decks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137 (4), 269-274