

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



PROGRAM STUDI REKAYASA SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN 2019

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



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

1. Pembimbing I

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN : 0824017501

Tanggal :

2. Pembimbing II

Agustini Ernawati, ST.M.Tech
NIDN : 0810087001

Tanggal :

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram

Ir. Isfanari, ST., MT
NIDN : 0830086701

Ketua Prodi Rekayasa Sipil
Universitas Muhammadiyah Mataram

Titik Wahyuningih, ST., MT
NIDN : 0819097401

**“PENGARUH DEPOSISI DEBRIS RUMPUN BAMBU DI JEMBATAN
GORONG – GORONG TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR”**

Yang Dipersiapkan Dan Disusun Oleh :

Nama : ARYA AGUS WIJAYA

NIM : 41311A0014

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal : 22 Agustus 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan tim penguji :

Susunan Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Eng. M. Islamy Rusyida, ST., MT(Ketua)
2. Titik Wahyuningsih, ST., MT(Anggota 1)
3. Yulia Putri Wijaya, ST., MT(Anggota 2)

Mengetahui :



**Dekan fakultas teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**

Dr. Isfanari, ST., MT
NIDN. 0830086701



**Ketua Program Studi Rekayasa Sipil
Universitas Muhammadiyah Mataram**

TITIK WAHYUNINGSIH, ST., MT
NIDN. 0819097401

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul "*Pengaruh Deposisi Debris Rumpun Bambu Di Jembatan Gorong-Gorong Terhadap Kenaikan Muka Air*" adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil orang lain telah di tulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, Agustus 2019

Pembuat Pernyataan



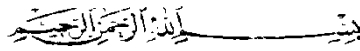
Arya Agus Wijaya

MOTTO

“Biarkan saja setiap kegagalan yang anda dapatkan hari ini dan kemarin dan jadikan kegagalan itu sebagai alat untuk terus melangkah maju kedepan. Sebuah kegagalan memang menyakitkan, tetapi jangan biarkan kegagalan merenggut banyak hal yang akan terjadi dimasa depan anda.”



KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya walaupun yang sebenarnya Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna.

Tugas Akhir ini merupakan bagian dari salah satu kurikulum yang wajib diikuti bagi setiap mahasiswa dalam penyelesaian studi guna memenuhi kewajiban untuk memperoleh derajat kesarjanaan S-1 pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Disamping itu Tugas Akhir ini sangat bermanfaat bagi penyusun karena bisa mengetahui *“Pengaruh Deposisi Debris Rumpun Bambu Di Jembatan Gorong-Gorong Terhadap Kenaikan Muka Air”*.

Sehubungan dengan selesainya skripsi ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs.H. Asyad Abd. Gani, M.Pd selaku rector Universitas Muhammadiyah Mataram;
2. Isfanari, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram;
3. Titik Wahyuningsih, ST. MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram;
4. Dr.Eng.M. Islamy Rusyda, ST.MT selaku Dosen Pembimbing I;
5. Agustini Ernawati, ST., M.Tech selaku Dosen Pembimbing II;
6. Seluruh dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram;

Demikian yang bisa penulis sampaikan. Beribu terimakasih dan maaf penulis sampaikan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Mataram, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aliran Debris	5

2.2 Batas Ambang Aliran Debris	5
2.3 Tipe Aliran Debris	5
2.4 Pola Aliran Debris	6
2.5 Deposisi Debris	7
2.6 Kenaikan Permukaan Air di Hulu Jembatan	7
2.7 Loss Koeffisien Dan Keseimbangan Gaya.....	8
2.8 Debit	8
2.9 Ringkasan Studi Terdahulu Tentang Aliran Debris	10
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Lokasi Studi.....	14
3.2 Bagan Alir Penelitian	14
3.2.1 Tahap Persiapan.....	15
3.2.2 Persiapan Percobaan Pendahuluan	20
3.2.3 Tahap Pelaksanaan Model Jembatan Gorong-Gorong.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Perhitungan Debit Di Laboraturium.....	30
4.2 Perhitungan Debit Di Lapangan	31
4.3 Perhitungan Jumlah Debris Bambu Yang Tertahan	32
4.4 Kenaikan Muka Air (<i>Back Water Rise</i>).....	35
4.5 <i>Loss Koeffisien</i> Bambu.....	60
BAB V PENUTUP	63
6.1 Kesimpulan	63
6.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

2.1	Penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain.....	11
3.1	Daftar Alat Penelitian.....	16
3.2	Daftar Bahan Penelitian.....	17
3.3	Jadwal Eksperimen.....	22
3.4	Jumlah Rumpun Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	29
3.5	Jumlah Rumpun Bambu Yang Lolos.....	29
3.6	Jumlah Rumpun Bambu Yang Di Alirkan.....	29
4.1	Perhitungan Debit Di Laboraturium.....	30
4.2	Debit Rata-Rata Hasil Eksperimen.....	31
4.3	Perhitungan Jumlah Debris Bambu Yang Tertahan.....	32
4.4	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	35
4.5	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	38
4.6	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	40
4.7	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	43
4.8	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	45
4.9	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	48
4.10	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	50
4.11	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	53
4.12	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	55
4.13	Variasi Debris Rumpun Bambu.....	57

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Nama Gambar	Halaman
1.1	Peta Lokasi	4
2.1	Tipe Aliran Debris.....	6
2.2	Pola Aliran Pada Penampang Sungai	6
2.3	Skema Pepohonan dan Jembatan Yang Menahan Debris	7
3.1	Jembatan Di Lapangan	15
3.2	Sket Jembatan Di Lapangan	15
3.3	Sket Tampak Samping Flume	17
3.4	Model Jembatan	18
3.5	Model Debris	19
3.6	Perlengkapan Penelitian	19
3.7	Pengujian Dasar Flume Tetap	20
3.8	Uji Dasar Flume Tidak Tetap	21
3.9	Arah X dan Y Waktu dan Arah Pengukuran	22
3.10	Persiapan Debris Bambu, Perendangan Bambu	23
3.11	Menaikkan Flume	23
3.12	Menyusun Debris Rumpun Bambu	24
3.13	Penempatan Posisi Kamera	24
3.14	Menghidupkan Pompa.....	24
3.15	Mulai Penelitian	25
3.16	Pengaturan Muka Air	25

3.17	Pengukuran Debit Di Hilir Flume	26
3.18	Pengukuran Permukaan Air.....	26
3.19	Mengecek Debit	27
3.20	Menjatuhkan Debris Rumpun Bambu.....	27
3.21	Kondisi Sedimen Di Jembatan	28
4.1	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	37
4.2	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	40
4.3	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	42
4.4	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	45
4.5	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	47
4.6	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	50
4.7	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	52
4.8	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	54
4.9	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	57
4.10	Kondisi Debris Bambu Yang Tertahan Di Jembatan.....	59



DAFTAR GRAFIK

Grafik	Nama Grafik	Halaman
4.1	Jumlah Bambu Yang Di Hanyutkan Terhadap Yang Tertahan.....	34
4.2	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	36
4.3	Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	37
4.4	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	39
4.5	Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	39
4.6	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	41
4.7	Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	42
4.8	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	44
4.9	Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	44
4.10	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	46
4.11	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	47
4.12	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	49

4.13	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	49
4.14	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	51
4.15	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	51
4.16	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	53
4.17	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	54
4.18	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	56
4.19	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	56
4.20	Elevasi Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Pendek.....	58
4.21	Hasil Elevasi Permukaan Air Pada Saat Debris Bambu Tertahan Di Jembatan Dalam Jarak Panjang.....	58
4.22	Kenaikan Muka Air Terhadap Volume Debris Bambu Yang Tertahan.....	60
4.23	<i>Loss Koefisien</i> Terhadap Volume Debris Bambu Yang Tertahan .	61

DAFTAR NOTASI

Δh_{ud}^j	: kenaikan permukaan air
h_u^j	: kedalaman air di hulu kumpulan debris bambu dan model jembatan
h_d^j	: kedalaman air di hilir kumpulan debris bambu dan model jembatan
f_d^j	: loss koefisien karena adanya debris bambu
v_u^j	: kecepatan di hulu akibat debris
v_d^j	: kecepatan di hilir karena adanya debris bambu
ΔE_{ud}^j	: kehilangan energi antara hulu dan hilir karena adanya debris bambu
q	: debit perunit lebar
Q	: Debit Aliran
A	: Luas Penampang
V	: Kecepatan
n	: Koefisien Manning
R	: Jari-Jari Hidraulik
I	: Kemiringan Sungai
V_{wd}	: Volume 'semu' debris (kayu) yang tertahan
A_o	: Luas 'semu' debris (kayu)

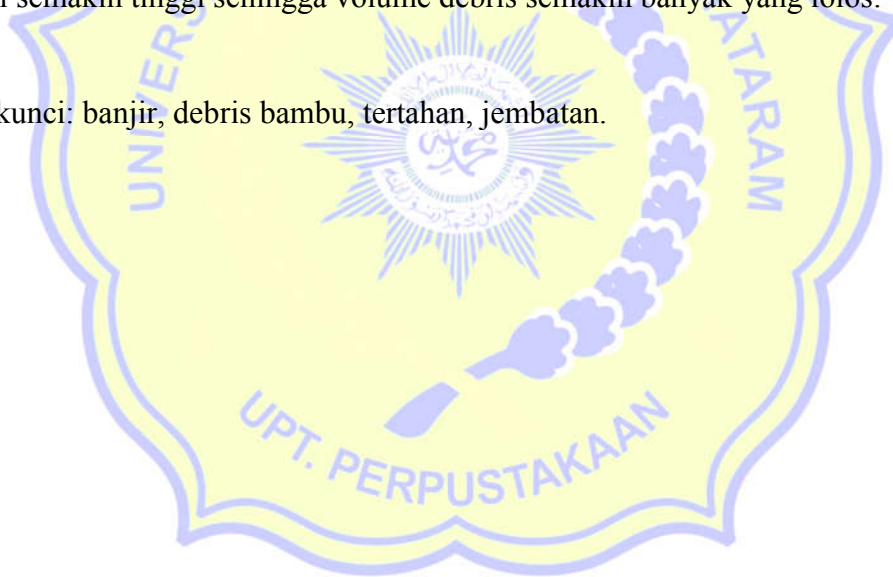
ABSTRAK

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.

Dari pandangan teknik sipil menjadi faktor penting dalam masalah banjir. Percobaan saluran dilakukan di Laboratorium Hidrolika Universitas Muhammadiyah Mataram untuk menyelidiki kenaikan muka air yang terjadi akibat debris bambu yang tertahan di jembatan gorong-gorong.

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. 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.

Kata kunci: banjir, debris bambu, tertahan, jembatan.



ABSTRACT

The 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. This condition causes the side erosion along the headwaters of the river. This erosion caused flash floods with large amounts of sediment and bamboo debris. The transported bamboo is held up on a culvert bridge in the river, and then it overflows to several parts. The increasing of water level occurs due to the accumulation of bamboo debris that is stuck on the bridge.

In the perspective of the civil engineering, the problem of flooding is an important factor. The experiment of culvert was carried out at the Laboratory of Hydraulics at Muhammadiyah University of Mataram to investigate the rising in water level occurring due to bamboo debris that was stuck on the culvert bridge.

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

Keywords: flood, bamboo debris, stuck, bridge

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 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 Plores 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 m³ (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.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan permodelan di laboratorium hidrolika dengan judul skripsi : **“PENGARUH DEPOSISI DEBRIS RUMPUN BAMBU DI JEMBATAN GORONG-GORONG TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah yaitu :

- 1) Bagaimana perbandingan jumlah debris rumpun bambu yang tertahan dan yang dihanyutkan ?
- 2) Bagaimana kenaikan muka air (*Back Water Rise*) ?
- 3) Bagaimana *loss koefisien* ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk membuat model prediksi kenaikan permukaan air di hulu jembatan yang menahan debris saat banjir dan memiliki target luaran pada penelitian ini mencakup:

- 1) Perbandingan jumlah debris rumpun bambu yang tertahan dengan yang dihanyutkan;
- 2) Kenaikan muka air (*Back Water Rise*);
- 3) *Loss koefisien*;

1.4 Batasan Masalah

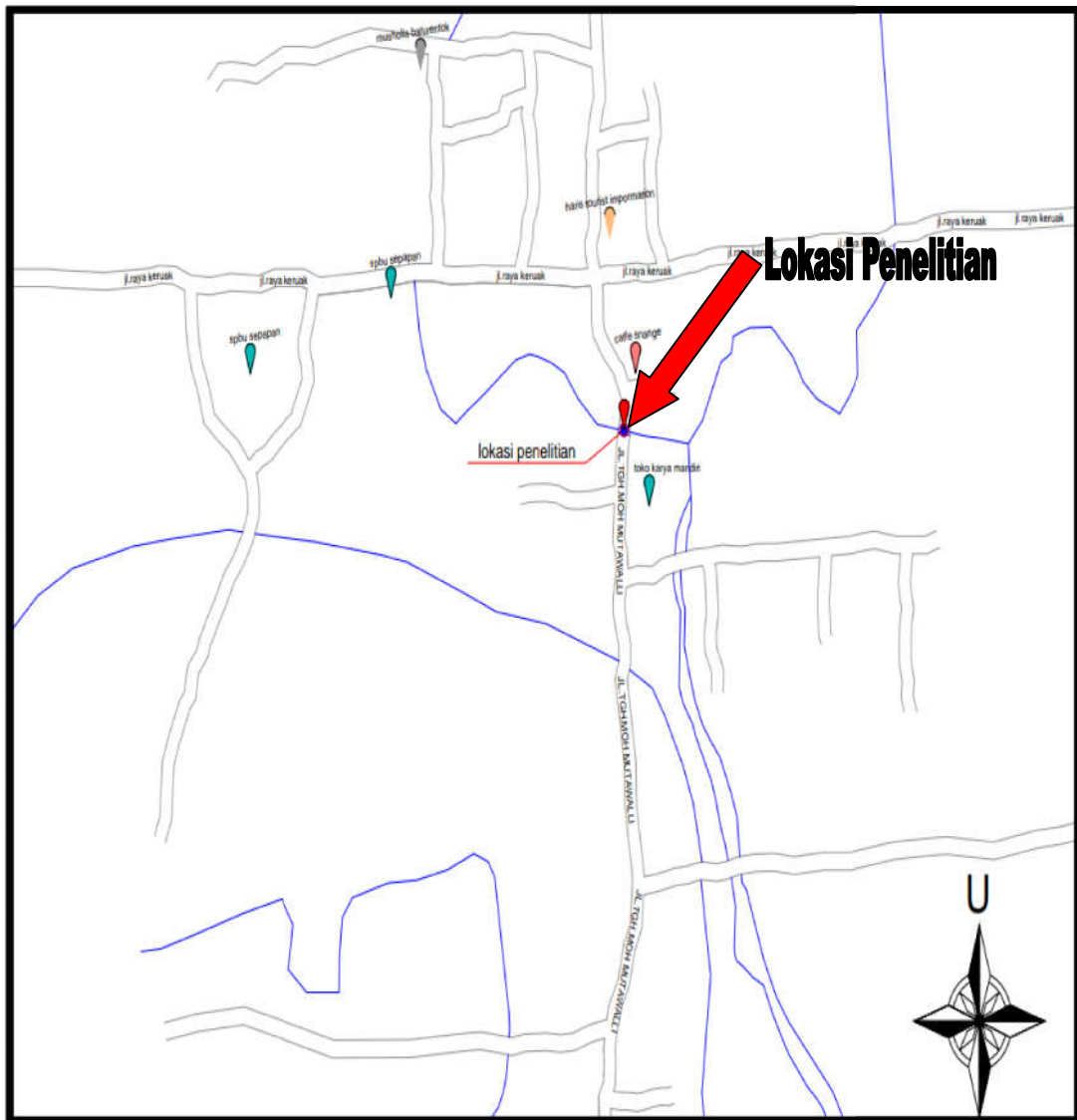
Adapun batasan-batasan masalah yang terdapat pada makalah ini, yaitu :

- 1) Penelitian ini dilakukan hanya untuk meninjau seberapa besar pengaruh debris rumpun bambu yang tertahan di jembatan gorong-gorong terhadap kenaikan muka air banjir dihulu jembatan tersebut;
- 2) Untuk debris yang digunakan dalam penelitian ini yaitu debris rumpun bambu yang memiliki ukuran panjang, yaitu: 15 cm, dan berumpun bervariasi yaitu berbatang : 1,2,3, dan 4.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan oleh instansi pemerintah atau swasta apabila hasil yang diteliti/ diuji sesuai dengan syarat yang ditetapkan dalam merencanakan suatu struktur pembangunan jembatan maupun pelengkap sungai itu sendiri. Dan juga dapat memberikan manfaat bukan hanya bagi penulis tetapi juga bagi pihak-pihak yang saling terkait dan untuk rekan-rekan mahasiswa.

1.6 Peta Lokasi Studi



Gambar 1.1 Peta Lokasi Studi

(Sumber : Google Map)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aliran Debris (Kayu)

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.

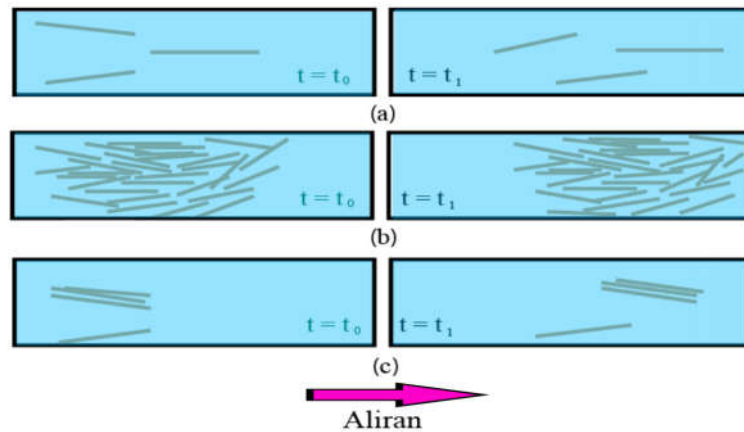
2.2 Batas Ambang Aliran Debris (Kayu)

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).

2.3 Tipe Aliran Debris (Kayu)

Umumnya debris bergerak di atas permukaan air sejajar dengan arah aliran sebagai individu dan memiliki kecepatan yang sama dengan kecepatan air (Diehl, 1997). Braudrick and Grant (2000) membagi aliran tersebut menjadi dua jenis yaitu mengambang dan menggelinding atau meluncur. Gerakan pertama terjadi bila gaya apung air cukup untuk mengapungkan kayu. Gerakan kedua bila debris tersebut bergerak dengan menyentuh dasar sungai. Selanjutnya Braudrick et al.

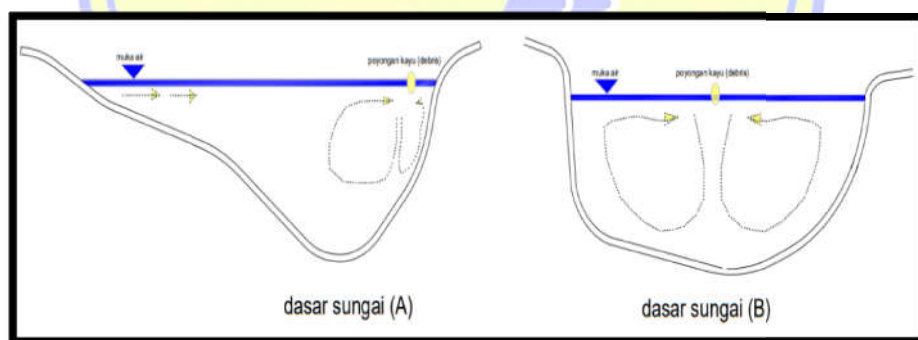
(1997) membagi tipe aliran debris menjadi tiga yaitu tidak padat, semi padat dan padat terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Tipe aliran debris, (a) Tidak padat, (b) padat dan (c) semi padat.

2.4 Pola Aliran Debris (Kayu)

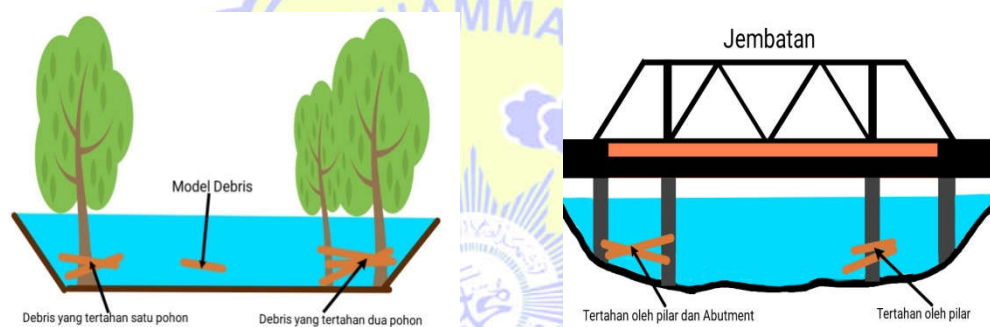
Aliran debris (Kayu) umumnya berkonsentrasi pada zona konvergensi yang terlihat pada gambar dibawah ini, yaitu pada kedalaman air yang paling besar di suatu sungai (Diehl, 1997).



Gambar 2.2 Pola aliran pada penampang sungai, (a) melengkung dan (b) cenderung lurus.

2.5 Deposisi Debris (Kayu)

Debris (kayu) cenderung terhenti di belokan sungai dan pulau-pulau kecil (*bar*) di sungai (Abbe and Montgomery 1996, 2003). Pepohonan di tepi sungai dan batu-batu besar dapat menahan aliran debris (Braudrick and Grant 2000, Bocchiola et al., 2008). 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 2.3 a). Bagian jembatan seperti pilar, dek dan abutment (Gambar 2.3 b) juga dapat menahan debris (Diehl, 1997; Schmocker and Hager, 2011) (Rusyda et al., 2014b).



(a) Debris yang tertahan oleh pepohonan
(b) Debris yang tertahan oleh tiang dan abutment jembatan

Gambar 2.3. Skema pepohonan dan jembatan yang menahan debris (kayu)

2.6 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:

$$\Delta h_{ud}^j = h_u^j - h_d^j \quad (2.1)$$

$$\Delta h_u^{jn} = h_u^j - h_u^n \quad (2.2)$$

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).

2.7 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:

$$f_d^j \equiv \Delta E_{ud}^j / ((v_d^j)^2 / 2g) \quad (2.3)$$

dimana :

$$\Delta E_{ud}^j \equiv \left\{ \frac{(v_u^j)^2}{2g} + h_u^j \right\} - \left\{ \frac{(v_d^j)^2}{2g} + h_d^j \right\} \quad (2.4)$$

$$v_u^j = q / h_u^j \quad (2.5)$$

$$v_d^j = q / h_d^j \quad (2.6)$$

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.

2.8 Debit

Debit adalah suatu besaran air yang keluar dari daerah aliran sungai (DAS). Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat ditampung dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. 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:

$$Q = A \times V \quad (2.7)$$

Dimana ;

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas penampang (m^2)

V = Kecepatan (m/s)

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

$$V = 1/n R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.8)$$

Dimana ; n = Koefisien Manning

R = Jari-Jari Hidraulik

I = Kemiringan Sungai

Untuk mencari debit di laboratorium, langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Alirkan air ke flume.
2. Setelah air mengalir letakkan ember di ujung flume pada saat yang bersamaan jalankan stopwatch.
3. Kemudian matikan stopwatch ketika air telah memenuhi kira-kira setengah dari volume ember.
4. Timbang berat air, tetapi terlebih dahulu timbang berat ember dalam keadaan tanpa air. Berat air dihitung dengan mengurangi berat total air+ember dikurangi berat ember.
5. Lalu hitung debit dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Q = \frac{\text{Berat Air (kg)}}{\text{Lamanya Pengukuran (s)} \times \text{Lebar Flume (m)}} \times \text{Berat Jenis air (kg/m}^2\text{)} \quad (2.9)$$

2.9 Ringkasan Studi Terdahulu Tentang Aliran Debris (Kayu)

Debris yang dimaksud dalam rencana penelitian ini adalah rumpun bambu yang terbawa oleh banjir. Selanjutnya dalam rencana penelitian ini istilah debris rumpun bambu merupakan penyederhanaan dari debris berupa batang-batang rumpun bambu.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh pengusul untuk menjadi sumber pustaka dan menunjang rencana penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Rusyda et al. (2013a,2013b,2014a,2014b) dan Rusyda (2015). Rusyda et al. (2013a, 2013 b) melakukan penelitian terkait karakteristik kayu yang terdeposisi di sungai dan dataran banjir saat banjir yang terjadi di Jepang pada bulan Juli 2012 melalui studi lapangan. Kayu beserta sedimen yang terbawa oleh banjir ada yang tertahan oleh rumah, tiang listrik, jembatan dan pepohonan di tepi sungai dalam jumlah yang besar dan ada yang terdeposisi di dataran banjir. Rusyda et al. (2013b) memperkenalkan persamaan untuk memprediksi volume 'semu' debris (kayu):

$$V_{wd} = CA_o^\alpha \quad (2.10)$$

dimana :

V_{wd} = Volume 'semu' debris (kayu) yang tertahan, A_o = Luas 'semu' debris (kayu), $C=2.5$ dan $\alpha = 3/2$.

Rusyda et al. (2014a,b) melakukan penelitian dengan flume eksperimen berukuran panjang 12 meter, lebar 30 cm dan berbahan acrylic. Model debris (kayu) yang digunakan berukuran panjang 7 cm dan lebar 3 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah model debris (kayu) yang dijatuhkan, kepadatan model debris (kayu) dan orientasi model debris (sudut debris terhadap arah aliran air di sungai) berpengaruh terhadap tertahannya debris di jembatan. Penelitian yang dilakukan oleh peneliti lainnya di tampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain.

Lokasi Penelitian	Area Penelitian	Ringkasan Studi	Sumber
<p>Sungai San Antonio sepanjang 72 km di Tenggara Texas</p>	<p>Luas Daerah aliran sungai 5.473 km². kemiringan sungai apad daerah studi adalah 5.7×10^{-4}. Area study mencakup sungai beton berlapis di kota San Antonio dan hingga muara sungai.</p>	<p>Data yang diperoleh dari Sungai San Antonio dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2007 dimanfaatkan untuk membuat model yang dapat memprediksi aliran debris (kayu) dan jarak yang ditempuh oleh debris tersebut. Model tersebut memberikan hasil yang cukup baik dalam meprediksi aliran debris dan jarak yang ditempuh debris pada sungai dengan kemiringan landai.</p>	<p>Curran, 2010</p>
<p>Sungai Arroyo Cabrera, Spanyol</p>	<p>Luas Daerah Aliran Sungai 15.5 km² dengan rata rata kemiringan sungai 21.6 %.</p>	<p>Dimensi digunakan untuk memodelkan aliran debris (kayu) pada kejadian banjir tahun 1997 di Spanyol. Model ini dibuat untuk mensimulasi aliran debris dan hidrodinamikanya. Aliran debris dipengaruhi oleh kondisi jembatan. Hasil pemodelan kemudian dibandingkan dengan foto-foto setelah kejadian banjir tersebut. Model aliran debris berhasil memodelkan pola deposisi debris saat tertahan jembatan.</p>	<p>Villanueva et al., 2014</p>

<p>Laboratorium Hidrolika, hidrologi and glaciology, the Swiss Federal Institute of Technology ETH, Zurich</p>	<p>Flume berbentuk segiempat Panjang 13 meter, lebar 0.6 meter dan tinggi 0.6 meter. Dinding flume berbahan glass dan alasnya dari PVC. Kemiringan flume didesain sebesar 0.002 Debit yang digunakan sebesar 150 l/detik.</p>	<p>Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menyelidiki probabilitas debris Kondisi aliran mengacu pada kejadian banjir di Swiss. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Froude Number, freeboard dan karakteristik berpengaruh cukup besar terhadap kemungkinan debris tertahan oleh dek jembatan.</p>	<p>Lukas Schmocker dan Willi H. Hager, 2011</p>
<p>University of Hull, Inggris</p>	<p>Tiga flume yang memiliki lebar masing masing 1.7 m dan panjang 11 meter. Ukuran rata-rata sedimen dasarnya adalah 0.73 mm. Debit yang dialirkan sebesar 1.26 liter/detik dan kemiringan flumanya sebesar 0.0013. Model debris yaitu batang kayu dengan panjang 8 cm dan diameternya 3 mm.</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku aliran debris pada sungai berkelok. Model debris dengan akar dan tanpa akar digunakan untuk memodelkan aliran debris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debris akan tertahan di atas pulau-pulau kecil dan jumlah setiap kumpulan debris yang tertahan lebih kecil dari 5 batang. Jumlah debris yang tertahan tergantung jumlah aliran debris yang dilepaskan dari hulu flume.</p>	<p>Bertoldi et al., 2014</p>

<p>Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram</p>	<p>Flume berbentuk persegi panjang dan memiliki panjang 12 m, lebar 30 cm dan tinggi 40 cm. Dasar flume adalah dasar tetap yang terbuat dari papan yang ditempel sedimen dasar sesuai dengan karakteristik sedimen dasar sungai yang dimodelkan. Debit yang digunakan sebesar $150 \text{ cm}^3/\text{s}$ dan menggunakan debris potongan babu yang bervariasi yaitu ; 3,4,5,6,7,8,9,10 dan 11 cm.</p>	<p>Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan oleh instansi pemerintah atau swasta apabila hasil yang diteliti / diuji sesuai dengan syarat yang ditetapkan dalam merencanakan suatu struktur pembangunan jembatan maupun pelengkap sungai itu sendiri. Dan juga dapat memberikan manfaat bukan hanya bagi penulis tetapi juga bagi pihak-pihak yang saling terkait dan untuk rekan-rekan mahasiswa.</p>	<p>M.Zaky uddin, 2018</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

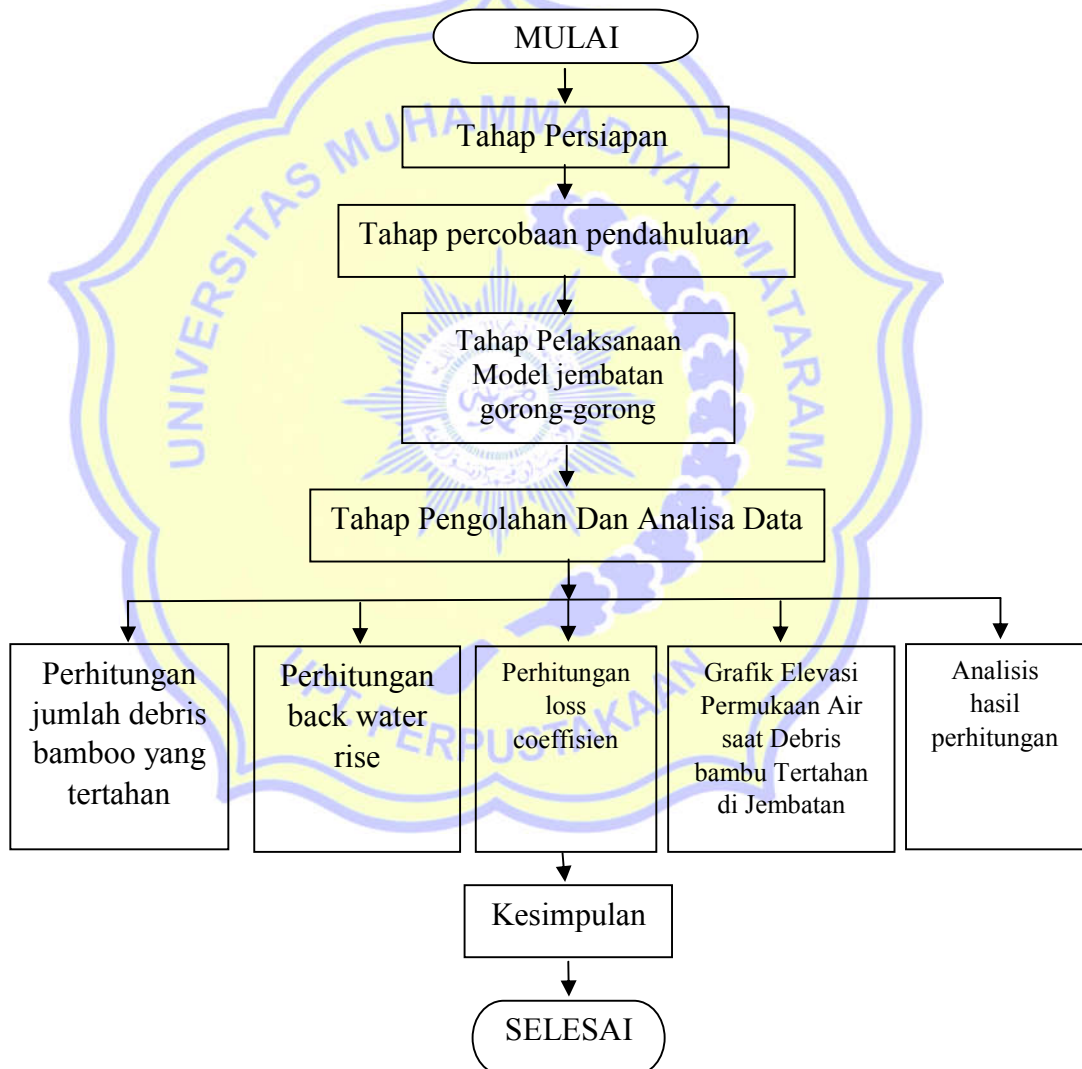
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi

Lokasi studi yaitu jembatan Kecamatan Jerowaru desa Senange Kabupaten Lombok Timur.

3.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan alir penelitian dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



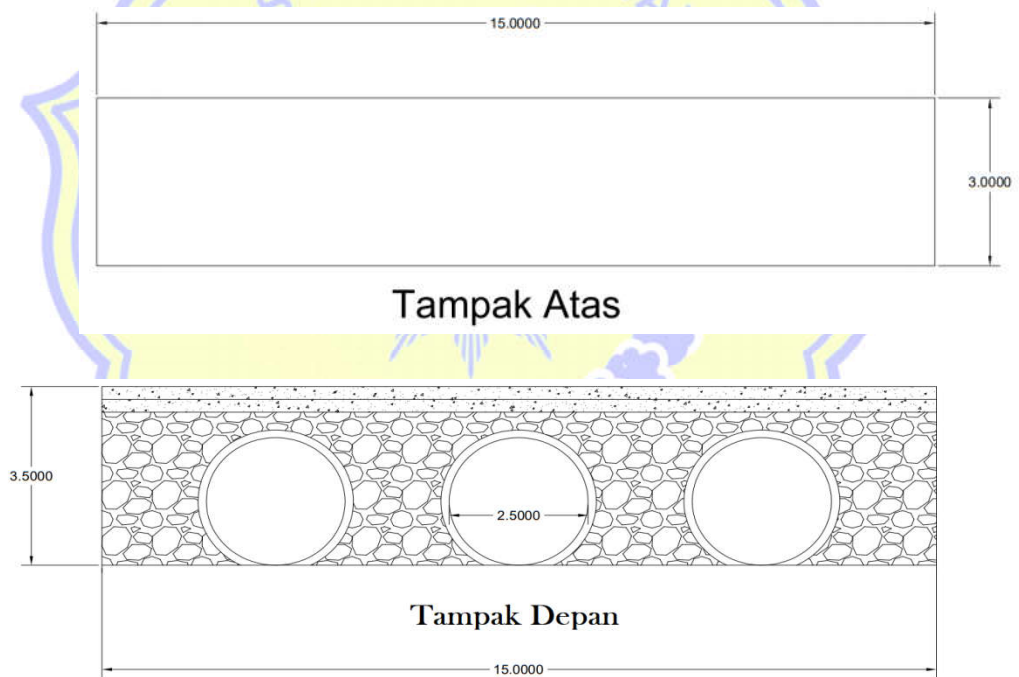
3.2.1 Tahap Persiapan

A. Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan pada tanggal 10 April 2018 di desa Senange Kecamatan Jerowaru Kabupaten Lombok Timur.



Gambar 3.1 Jembatan di lapangan



Gambar 3.2 Sket jembatan di lapangan

Tujuan survei lokasi ini dilakukan untuk memperoleh:

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. Persiapan di Laboratorium

Sebelum dilaksanakan penelitian, yang harus dipersiapkan ialah :

1. Alat dan Bahan
 - a. Pesiapan Alat

Tabel 3.1 Daftar alat penelitian

No	Nama Alat	Jumlah	Kondisi
1	Kamera	2	Baik
2	Stopwatch	2	Baik
3	Penggaris	1	Baik
4	Cawan	4	Baik
5	Timbangan	1	Baik

6	Point Gage	1	Baik
7	Pompa	1	Baik
8	Saringan	2	Baik
9	Ember	1	Baik
10	Papan Pemasat	2	Baik

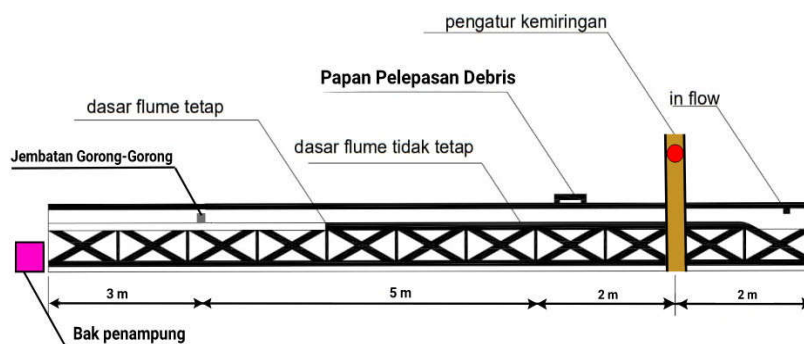
b. Pesiapan Bahan

Tabel 3.2 Daftar bahan penelitian

No	Bahan	Jumlah
1	Bensin	2 Liter
2	Bambu	Disesuaikan
3	Pasir	Disesuaikan

2. Model hidraulika

Eksperimen ini direncanakan menggunakan flume di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. Flume tersebut berbentuk persegi empat 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 3.3 Sket Tampak Samping Flume

a. Dasar tetap

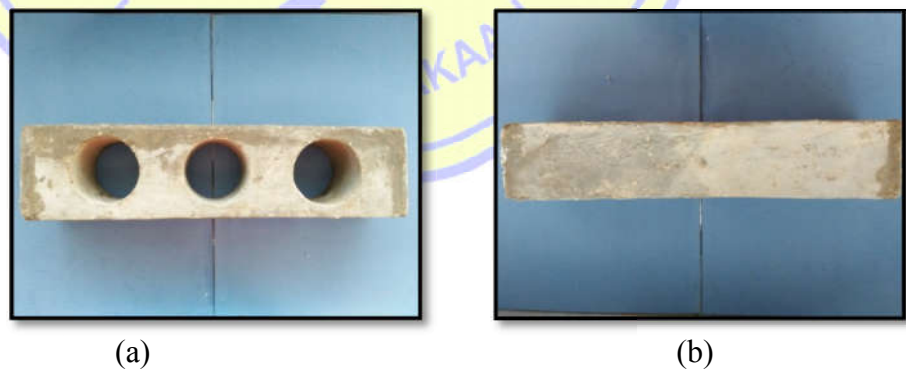
Dasar tetap yaitu pasir yang di lem pada permukaan papan. Proses ini dilakukan dalam waktu 4 hari dan 1 hari untuk proses pemasangannya. Pemasangan ini dilakukan dari jarak 7 m dari hulu ke hilir flume.

b. 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 3.4 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 3.5 Model Debris

5. Boks penyusunan dan saringan bambu

Boks penyusunan bambu ini terbuat dari papan dengan ukuran 40 cm x 30 cm (memiliki kemiringan 45°) berfungsi sebagai tempat penyusunan bamboo 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.



(a)



(b)

Gambar 3.6 Perlengkapan Penelitian, (a) Boks Bambu ukuran 40 cm x 30 cm, (b) Saringan ukuran 40 cm x 30 cm.

3.2.2 Persiapan Percobaan Pendahuluan

- Mengukur dasar permukaan

Sebelum dilakukan pengukuran dasar permukaan ini, terlebih dahulu harus dibuatkan jarak pengukuran pada bagian atas flume yang di sesuaikan dengan kondisi flume dilakukan untuk mengetahui berapa kedalaman dasar permukaan flume di jarak yang telah ditentukan.

3.2.3 Tahap Pelaksanaan Model Jembatan Gorong- Gorong

A. Uji aliran

Pengujian aliran air ini dilakukan selama 2 kali pengujian meliputi:

a. Pengujian ketahanan dasar flume tetap

Pengujian ketahanan dasar flume tetap dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sedimen yang ditempel sebagai media dasar pada flume.



Gambar 3.7 Pengujian Dasar Flume Tetap

b. Pengujian ketahanan dasar flume tidak tetap

Pengujian ketahanan dasar flume tidak tetap dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sedimen mampu bertahan pada saat dialirkan air.



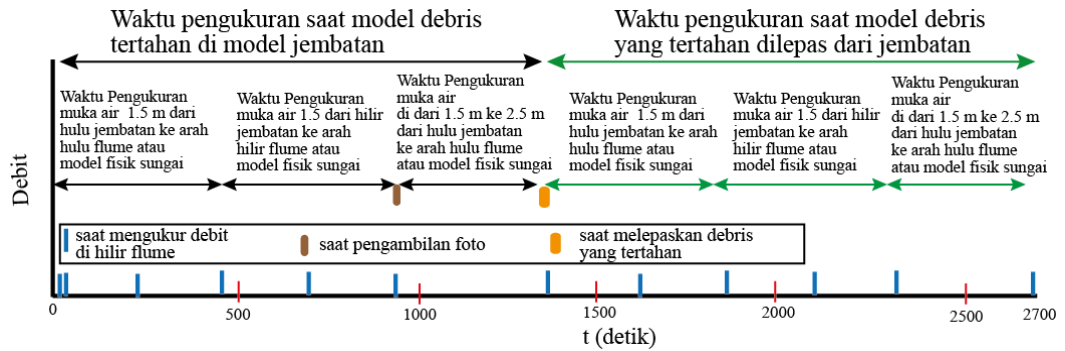
Gambar 3.8 Uji Dasar Flume Tidak Tetap

B. Tahap pengukuran kedalaman air

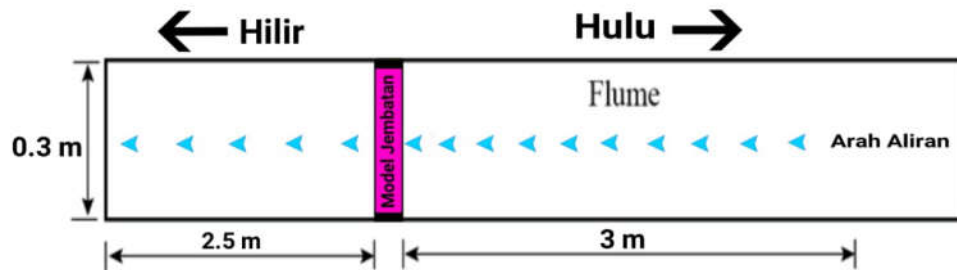
Ada tiga tahap pengukuran kedalaman air yaitu:

- a. Pada saat model jembatan belum terpasang di flume atau di model fisik sungai;
- b. Pada saat model jembatan terpasang di flume di model fisik sungai dan;
- c. Pada saat model debris tertahan oleh model jembatan.

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.



(a) Pengukuran Debit dan Waktu Pengukuran Muka Air



Gambar 3.9 Arah x dan y Waktu dan Arah Pengukuran (a) Waktu Pengukuran Debit dan Muka Air, (b) Arah Pengukuran.

(a) Jadwal Eksperimen

Tabel 3.3 Jadwal Eksperimen

NO	HARI / TANGGAL	KOMBINASI BAMBU				JUMLAH
		1	2	3	4	
1	Selasa/25-09-2018	4	4	0	0	8
2	Kamis/27-09-2018	4	0	4	0	8
3		4	0	0	4	8
4	Sabtu/29-09-2018	2	2	2	2	8
5		4	2	4	2	12
6	Senin/01-10-2018	2	4	2	4	12

7		3	3	3	3	12
8	Rabu/03-10-2018	4	3	4	3	14
9		3	4	3	4	14
10	Sabtu/06-10-2018	4	4	4	4	16

(b) Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan-tahapan pelaksanaan eksperimen ialah :

1. Merendam semua bambu dengan menggunakan cawan terpisah selama 10 menit dengan jumlah yang ingin digunakan.



Gambar 3.10 Persiapan Debris Bambu, Perendaman Bambu

2. Menaikkan flume hingga mencapai kemiringan 0.01 cm ;



Gambar 3.11 Menaikkan flume

3. Menyusun debris rumpun bambu di atas papan dengan pola susunan berdasarkan kombinasi rumpun bambu.



Gambar 3.12 Menyusun Debris Rumpun Bambu

4. Mengatur posisi kamera atas flume.



Gambar 3.13 Penempatan Posisi Kamera

5. Menghidupkan mesin pompa, untuk menaikkan air ke flume. Tunggu beberapa menit sampai air yang mengalir di flume stabil;



Gambar 3.14 Menghidupkan Pompa

6. Pada saat air menyentuh flume maka hidupkan stopwatch (0 detik);



Gambar 3.15 Mulai Penelitian.

7. Mencatat waktu air mulai menyentuh jembatan;
8. Mengatur permukaan air yang melewati permukaan jembatan agar tidak terlalu tinggi (kira-kira 2 – 3 mm);



Gambar 3.16 Pengaturan Muka Air

9. Mengukur debit, hingga mencapai kestabilan yang tepat;



Gambar 3.17 Pengukuran Debit di Hilir Flume

10. Mengukur permukaan air di atas jembatan (diukur hanya pada saat $x = 2,7$ cm (posisi as jembatan) dan $y = 5, 15, 25$ cm), terhitung 5 menit setelah air masuk ke flume;



Gambar 3.18 Pengukuran Permukaan Air

11. Mengecek kembali kestabilan aliran dengan memperhatikan ketinggian air di flume dan air yang melimpah di atas jembatan;



Gambar 3.19 Mengecek Debit

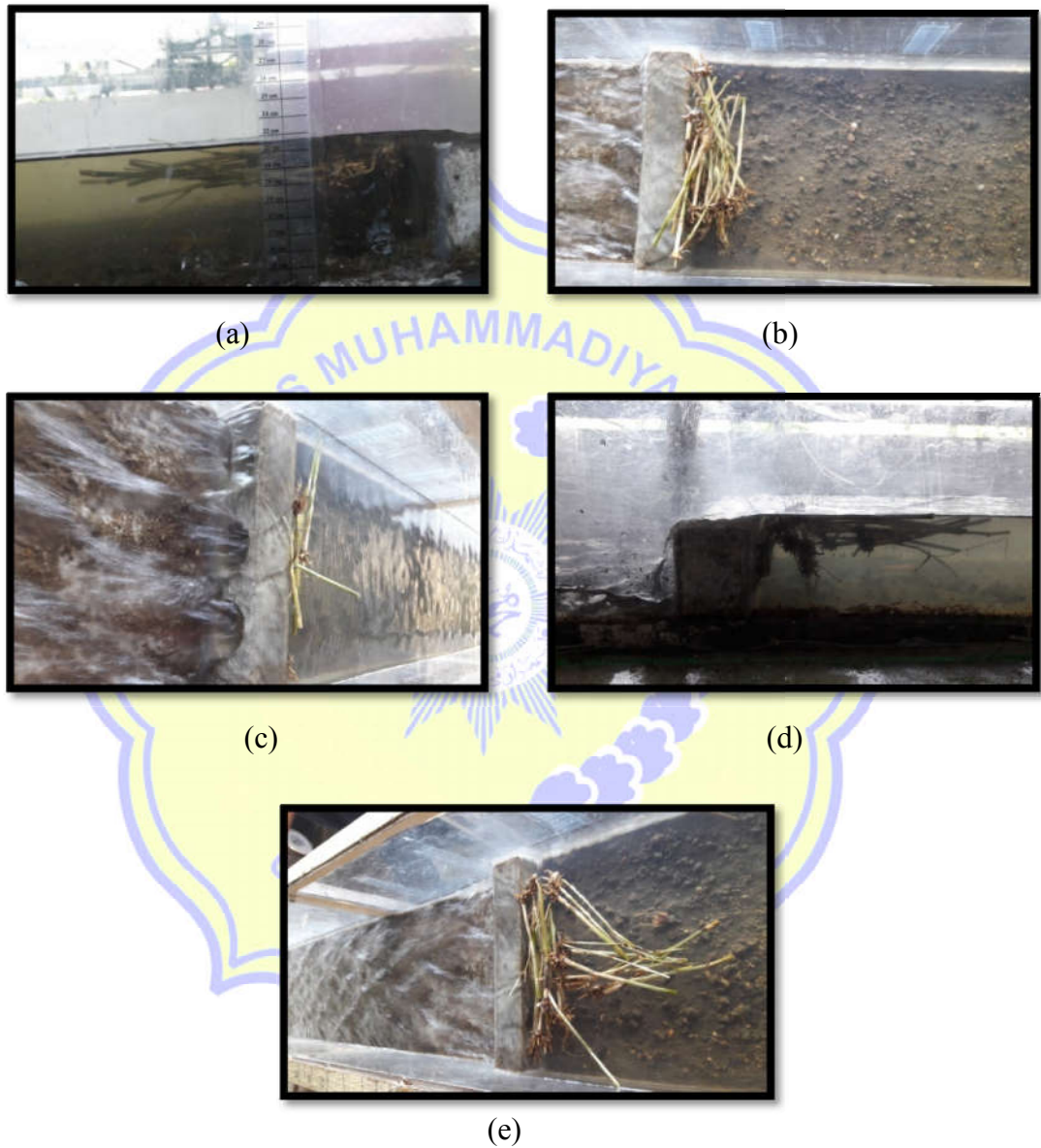
12. Jika aliran tetap stabil maka pada menit ke 10 , potongan bambu dilepaskan dari papan dengan cara mengangkat pintu penahan bambu (semua bambu harus jatuh ke flume), disamping itu juga dilakukan pengukuran debit secara bersamaan selama satu kali untuk mengetahui kestabilan debit.



Gambar 3.20 Menjatuhkan Debris Bambu.

13. 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
14. 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;

15. Pengukuran debit dan kedalaman air dilakukan kembali di bagian hulu jembatan pada jarak 70,80, 90, 100, sampai dengan 730 cm.
16. Mengambil gambar kondisi sedimen rumpun bambu di jembatan dengan kamera dari sisi kiri, kanan, hulu, hilir dan atas jembatan.



Gambar 3.21 Kondisi Sedimen di Jembatan, (a) Hulu, (b) hilir, (c) Sisi kanan, (d) Sisi kiri, (e) Atas jembatan.

17. 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;
18. Menghitung jumlah rumpun bambu yang mencapai akhir hilir, dan tertahan di jembatan .

Tabel 3.4 Jumlah rumpun bambu yang tertahan di jembatan

Waktu rumpun bambu tertahan di jembatan	Kombinasi rumpun bamboo				Jumlah
	1	2	3	4	
0	0	0	0	0	0

Tabel 3.5 Jumlah rumpun bambu yang lolos

Kombinasi rumpun bambu				Jumlah rumpun bambu yang lolos
1	2	3	4	
0	0	0	0	0

Tabel 3.6 Jumlah rumpun bambu yang di alirkan

Kombinasi rumpun bambu	
Batang 1	0
Batang 2	0
Batang 3	0
Batang 4	0
Jumlah	0

19. Eksperimen berakhir.