

STUDI EKSPERIMENTAL CHECK DAM PADA AKUMULASI DEBRIS KAYU BERCABANG

*Check Dam Experimental Study on the Accumulation of
Branched Wood Debris*



APRIYANTO SUDARSONO

D01 2221 003

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



TESIS

STUDI EKSPERIMENTAL CHECK DAM PADA AKUMULASI DEBRIS KAYU BERCABANG

APRIYANTO SUDARSONO

D012221003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Desember 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng
NIP. 195409101983031003

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT, PU, SDA
NIP. 196410201991031002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT, IPM, AER
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST, M. Eng., PM, IPM
NIP. 197303061998021001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Apriyanto Sudarsono

Nomor Induk Mahasiswa : D01 2221 003

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul "Studi Eksperimental Check Dam Pada Akumulasi Debris Kayu Bercabang" adalah benar Karya saya dengan Arahan dari Komisi Pembimbing Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng dan Prof. Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT. PU-SDA. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah diproses di Jurnal/ Prosiding *The 5th Internasional Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE) 2024, IOP Conference on Civil and Environmental Science*, sebagai artikel dengan judul ("*Check Dam Experimental Study on the Accumulation of Branched Wood Debris*")

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 19 Desember 2024

Yang menyatakan,



Apriyanto Sudarsono

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur yang sedalam - dalamnya penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian tesis dengan judul “Studi Eksperimental Check Dam Pada Akumulasi Debris Kayu Bercabang”, yang menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program magister pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Proses penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak/Ibu Dosen dan Keluarga sebagai berikut:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli, ST, MT, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST, M. Eng selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST, M. Eng, PM, IPM selaku Ketua Program Studi S2 Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan, arahan dan meluangkan waktu ditengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tesis ini.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT. PU-SDA selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tesis ini yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukannya, memberikan masukan dan saran dalam proses penyusunan tesis ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kedua orang tua dan kakak serta seluruh keluarga yang selama ini telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
9. Teman-teman KEAIRAN 20221-20222 yang selalu menemani dalam penyelesaian penulisan tesis ini.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada orang tua saya tercinta, khususnya ayah saya Sudarsono dan ibu saya Ruth Paulus, atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan selama ini, baik secara spiritual

maupun material. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh keluarga besar atas dorongan dan nasehat yang telah diberikan.

2. Saudara tercinta Juarni Sudarsono dan keluarga yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tesis ini.
3. Sahabat saya Ramdhany Kasim, Seri Tandira'pak, Muh. Aslam Nur, dan Imran Hidayat Boy yang selalu menemani dalam suka duka hingga ada di titik ini.
4. Seluruh rekan di Laboratorium Riset Keairan, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis mengakui bahwa semua ciptaan manusia pada dasarnya memiliki kekurangan; oleh karena itu, saya berharap para pembaca dapat memberikan masukan untuk meningkatkan kualitas dan orisinalitas tesis ini.

Sebagai penutup, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkah dan karuniannya kepada kita semua dan semoga tesis ini terbukti sangat bermanfaat, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Penulis,

Apriyanto Sudarsono

ABSTRAK

Apriyanto Sudarsono. *Studi Eksperimental Check Dam Pada Akumulasi Debris Kayu Bercabang* (dibimbing oleh **Muhammad Saleh Pallu, Farouk Maricar**)

Aliran debris sering terjadi pada daerah hulu sungai dengan intensitas hujan yang tinggi dan adanya gravitasi pada aliran sungai yang mengakibatkan terjadinya aliran debris. Aliran debris umumnya membawa sedimen dan potongan kayu yang membuat masalah pada daerah hilir sungai sehingga di butuhnya penangan seperti bangunan pengendali sedimen yang mampu menahan aliran debris kayu. Banyak ahli telah melakukan penelitian tentang penanggulangan aliran debris. Berbagai metode telah dipelajari baik secara numerik maupun fisik yang telah dilakukan pada laboratorium, termasuk penggunaan beberapa jenis check dam, namun sejauh ini efektifitas desain tersebut masih diperdebatkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fenomena akumulasi debris kayu terhadap kemiringan flum dan kemampuan check dam terhadap debris kayu. Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dan dilakukan di laboratorium. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa check dam tipe beam (terbuka) lebih efektif untuk meredam aliran debris yang terdapat puing-puing kayu pada kondisi banjir namun membuat sedimen halus terlewatkan pada kondisi debit rendah.

Kata kunci: Aliran debris, potongan kayu, Check dam, Kemiringan flum, flum percobaan

ABSTRACT

Apriyanto Sudarsono. *Check Dam Experimental Study on the Accumulation of Branched Wood Debris* (supervised by **Muhammad Saleh Pallu, Farouk Maricar**)

Debris flows usually occur in the upstream areas of rivers with high rainfall intensity and the presence of gravity in river flow which results in debris flow.. Debris flows generally carry sediment and pieces of wood which create problems in the downstream areas of the river so that measures such as sediment control buildings are needed which are able to hold back the debris flow. wood. Many experts have conducted research on dealing with debris flows. Various methods have been studied both numerically and physically in laboratories, including the use of several types of check dams, but so far the effectiveness of these designs is still debated. This research aims to analyze the phenomenon of accumulation of wood debris on the slope of the flum and the ability of the check dam to control wood debris. The research carried out was experimental and carried out in a laboratory. The results of the research that has been carried out show that the beam type (open) check dam is more effective in reducing debris flows containing wood debris in flood conditions but allows fine sediment to be missed in low discharge conditions.

Keywords: *Debris flows, wood chips, Check dams, slope flums, test flum*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBARAN PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.6 Model	3
1.7 Perubahan Garis Pantai	3
1.8 Fungsi Check Dam.....	5
1.9 Manfaat Lain dari Check Dam.....	5
1.10Pemilihan Lokasi Check Dam.....	6
1.11Angkutan Sedimen	6
1.12Aliran Debris.....	7
1.13Angkutan Sedimen	8
1.14Bagian - bagian Sungai dan Sedimen.....	10
1.14.1 Sungai.....	10
1.14.2 Bagian – Bagian Aliran Sungai	10
1.14.3 Daerah Pengaliran Sungai.....	11
1.14.4 Aliran Pada Saluran Terbuka	12

1.14.5 Debris Kayu (Woody Debris)	13
1.14.6 Angkutan Sedimen.....	16
1.15 Aliran Debris	17
1.16 Backwater Rise Akibat Sedimen.....	21
1.17 Kerangka Pikir	22
1.18 Penelitian Sebelumnya	23
BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	29
2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	29
2.2 Parameter dan Variabel Penelitian	29
2.2.1 Data Sedimen	29
2.2.2 Data Sedimen	33
2.3 Bagan Aliran	34
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	36
3.1 Kondisi Eksisting Pantai di Pulau Kapota	36
3.2 Tinggi dan Periode Gelombang Di Perairan Kapota.....	37
3.4 Grafik Persentase Kayu Bercabang Pada check dam Tertutup	45
3.5 Volume Material Kayu Bercabang.....	46
3.6 Grafik Volume Kayu Bercabang Pada Check Dam Beam Kemiringan 3°, 5° dan 7°	48
3.7 Volume Kayu Bercabang Pada Check Dam Tertutup Kemiringan 3°, 5° dan 7°	49
3.8 Pembahasan.....	51
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	53
4.1 Kesimpulan	53
4.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian terdahulu	24
Tabel 2. Ukuran model kayu	30
Tabel 3. Skenario kayu bercabang pada pengujian (sebaran)	33
Tabel 4. Pengujian awal debit	36
Tabel 5. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam beam kemiringan 3°	37
Tabel 6. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam beam kemiringan 5°	38
Tabel 7. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam beam kemiringan 7°	39
Tabel 8. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam tertutup kemiringan 3°	40
Tabel 9. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam tertutup kemiringan 5°	41
Tabel 10. Penumpukan debris kayu bercabang pada check dam tertutup kemiringan 7°	42
Tabel 11. Data volume Penumpukan debris kayu bercabang pada kemiringan 3°	46
Tabel 12. Data volume Penumpukan debris kayu bercabang pada kemiringan 5°	47
Tabel 13. Data volume Penumpukan debris kayu bercabang pada kemiringan 7°	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Check dam Tipe Tertutup	4
Gambar 2. Check dam tipe beam	5
Gambar 3. Check dam tipe slit	5
Gambar 4. Check dam tipe grid	5
Gambar 5. Coarse Woody Debris	14
Gambar 6. Large Woody Debris	15
Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian.....	23
Gambar 7. Sketsa Model Flum	29
Gambar 9. Model check dam beam.....	30
Gambar 10. Model check dam tertutup	30
Gambar 11. Kayu Bercabang	31
Gambar 12. Poin Gauge	31
Gambar 13. Laser Ukur	31
Gambar 14. Kamera	32
Gambar 15. Stopwatch	32
Gambar 13. Timbangan	32
Gambar 13. Waterpass.....	33
Gambar 18. Bagan Alir Penelitian	35
Gambar 19. Grafik debit awal aliran tanpa check dam.....	36
Gambar 20. Grafik jumlah kayu tertahan pada check dam beam kemiringan3°	37
Gambar 21. Grafik jumlah kayu tertahan pada check dam beam kemiringan 5°	38
Gambar 21. Grafik jumlah kayu tertahan pada check dam beam kemiringan 7°	39
Gambar 21. Grafik jumlah kayu tertahan pada check dam tutup kemiringan 3°	40
Gambar 21. Grafik Jumlah Kayu tertahan pada check dam tutup kemiringan 5°	41
Gambar 25. Grafik Jumlah Kayu tertahan pada check dam tutup kemiringan 7°	42
Gambar 26. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam beam kemiringan 3°	43
Gambar 27. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam beam kemiringan 5°	43
Gambar 28. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam beam kemiringan 7°	44
Gambar 29. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam tutup kemiringan 3°	45

Gambar 30. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam tutup kemiringan 5°	45
Gambar 31. Efisiensi kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 mm check dam tutup kemiringan 7°	46
Gambar 32. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 3°	48
Gambar 33. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 5°	48
Gambar 34. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 7°	49
Gambar 35. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 3°	50
Gambar 36. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 5°	50
Gambar 37. Grafik Volume kayu bercabang berdiameter 4, 5 dan 6 kemiringan 7°	51

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang rawan terhadap bencana alam. Bencana alam adalah suatu fenomena yang menimbulkan kerugian terhadap kehidupan atau harta, baik perorangan maupun masyarakat umum yang dikarenakan oleh suatu sebab atau lainnya. Beberapa bencana alam tersebut berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan aliran debris.

Pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi secara langsung menyebabkan bertambahnya material yang tererosi, sehingga aliran air di sungai akan membawa akumulasi material baik material yang tererosi maupun material sedimen yang diendapkan. Jika kondisi akumulasi material tersebut tidak terkendali dan terbawa aliran, maka dapat mengakibatkan terjadinya bencana alam. Bencana alam tersebut merupakan banjir yang membawa berbagai material sedimen. Fenomena ini dikenal dengan aliran puing-puing (debris flow) atau disebut juga banjir bandang.

Bencana alam dapat terjadi sebagai akibat dari perubahan lingkungan alam. Namun bencana ini juga bisa terjadi akibat kesalahan dan kecerobohan manusia. Dalam beberapa tahun terakhir, peristiwa aliran debris menjadi salah satu bencana alam yang berdampak luar biasa terhadap infrastruktur dan masyarakat.

Umumnya aliran debris di sebabkan oleh tingginya curah hujan dan berlangsung lama di daerah hulu pada daerah aliran sungai. Awal terjadinya aliran debris dapat dibagi menjadi tiga jenis, pertama adalah longsoran tanah di tebing yang berubah menjadi aliran debris, kedua adalah runtuhnya bendungan alam akibat penumpukan sedimen di hulu, dan yang ketiga adalah aliran sedimen yang bergerak berurutan mengikuti dasar saluran yang curam. Bencana alam yang dapat mengakibatkan aliran debris, sehingga jenis bangunan untuk menanggulangi masalah ini juga perlu dipikirkan. Salah satu bangunan yang dapat menanggulangi masalah aliran debris yaitu bangunan pengendali sedimen yakni bangunan Check Dam.

Check dam atau bendungan pengendali adalah suatu bangunan yang dibangun di lembah sungai yang cukup dalam untuk menahan, menampung dan mengendalikan sedimen agar jumlah sedimen yang mengalir menjadi lebih kecil. Selain itu Check Dam adalah sarana untuk melestarikan sumber-sumber air dan pengendalian sedimen (Oehadijono, 1993).

Banyak peneliti seperti (Shrestha et. al., 2008; Maricar and Lopa, 2013; Maricar F., and Hasimoto, 2014; Hashimoto et. al., 2016; Malik et. al., 2019; Petrus et. al., 2019) dan yang lainnya telah membuat eksperiment dengan model

check dam tipe terbuka dan tipe tertutup dalam flume. Namun pemahaman tentang check dam masih terus dipelajari. Pengujian terhadap check dam bukan hanya terhadap kemampuan menahan kayu apung, tetapi juga terhadap kemampuan untuk menahan sedimen dari aliran pada daerah tampungan. Hal ini sangat berpengaruh dimana check dam dibangun.

Perencanaan check dam sangat diperlukan untuk memenuhi persyaratan atau spesifikasi yang diinginkan dan disesuaikan dengan keadaan serta perilaku aliran debris kayu yang terjadi. Pengkajian tentang hal ini dapat dilakukan melalui suatu penelitian terhadap aliran debris kayu pada saluran terbuka yang melewati check dam, dengan model bangunan check dam tipe terbuka dan tertutup

Berdasarkan latar belakang serta penelitian terdahulu yang telah dijelaskan, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik akumulasi puing-puing kayu di sungai secara eksperimental, sehingga melakukan penelitian dengan judul “Studi Eksperimental Check Dam Pada Akumulasi Debris Kayu Bercabang”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kemiringan terhadap debris kayu bercabang yang dilepaskan?
2. Bagaimana tingkat efisiensi check dam terhadap debris kayu bercabang?

1.3 Tujuan Penelitian

Meninjau dari latar belakang di atas, adapun tujuan penulisan ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kemiringan terhadap debris kayu bercabang?
2. Menganalisis tingkat efisiensi model check dam terhadap debris kayu bercabang?

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil yang di peroleh diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bahan studi akumulasi debris kayu bercabang pada check dam
2. Sebagai referensi bagi peneliti yang akan meneliti mengenai debris kayu bercabang pada model check Kapota

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana, maka penelitian ini diberikan ruang lingkup sebagai berikut:

- 1 Menggunakan model check dam tipe beam dan tertutup.
- 2 Variasi kemiringan yang di gunakan adalah 3°, 5° dan 7°
- 3 Material dalam penelitian ini digunakan kayu bercabang
- 4 Penelitian yang dilakukan tidak mengkaji profil aliran air di daerah hili

1.6 Model

Model merupakan benda tiruan dari prototipe dengan skala atau dimensi hidrauliknya diperkecil atau diperbesar dengan skala model tertentu dan terhadap model tersebut akan dilakukan penyelidikan atau penelitian-penelitian hidraulik dengan melakukan percobaan-percobaan pengaliran dengan air. Secara umum, langkah-langkah atau persiapan pembuatan model meliputi:

1. Mengkaji prototipe
2. Penentuan jangkauan penyelidikan dan model test yang diperlukan
3. Penentuan prototipe yang akan jadi modeltest
4. Penentuan jenis, jumlah model dan batas bagian prototipe yang akan dimodeltest
5. Penentuan lokasi atau tempat model dan batas model.
6. Penentuan skala model

1.7 Perubahan Garis Pantai

Perubahan Check dam atau bendungan pelindung adalah suatu bangunan yang dibangun pada daerah hilir yang cukup dalam untuuk menahan, menampung dan mengelola sedimen untuk mengurangi jumlah sedimen yang mengalir atau sebagai usaha perlindungan sumber air dan pengelolaan sedimen (Gemilang *et. al.*, 2022)

Menurut (Armanini *and* Larcher, 2001) Bendungan terbuka adalah bendungan yang memiliki bukaan di bagian tengahnya, seringkali dilengkapi dengan susunan atau batangan, dengan fungsi mengatur debit aliran. Faktanya, bendungan open-check untuk sementara mempertahankan aliran sedimen yang mencegah material yang lebih kasar sambil membiarkan sedimen dengan ukuran butiran yang lebih halus melewatinya.

Check dam dibangun di bagian hulu sungai yang mempunyai tebing yang tinggi sehingga mempunyai daya tampung material yang besar dan dibangun dengan posisi melintang sungai.

Dengan ditahannya massa sedimen yang mengalir oleh beberapa check dam maka banjir juga dapat berkurang karena sungai menjadi lebih landai serta energinya pun akan berkurang. Kalau check dam sudah penuh dan kemudian terjadi banjir maka check dam akan menahan sementara sebagian material yang mengalir dan pada waktu tidak banjir maka sedimen yang tertahan akan dilepas turun sedikit demi sedikit bersama aliran air. Oleh sebab itu, sebaiknya dala operasional Check Dam harus selalu di pelihara agar daya tampungnya selalu dapat dikosongkan.

Menurut (Cahyono, 2000) Bentuk check dam sangat bervariasi tergantung kondisi dan situasi setempat, antara lain konfigurasi palung sungai (sempit, lebar, dalam atau dangkal), jenis material sedimen (pasir, kerikil, batu atau potongan kayu) serta fungsi sampingan dari bangunan check dam tersebut. Ditinjau dari mekanisme pengendalian aliran debris sedimen, check dam diklasifikasikan menjadi 2 tipe, yaitu check dam tipe tertutup dan check dam tipe terbuka.

Check dam dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe tertutup dan terbuka, tipe terbuka di bagi menjadi beberapa bagian. Menurut (Maricar *et. al.*, 2011), check dam tipe tertutup adalah ukuran struktural tradisional untuk mengendalikan aliran puing-puing. Namun, tipe check dam ini harus dikosongkan untuk menjebak sedimen dalam jumlah besar selama peristiwa aliran puing-puing. Jenis yang terakhir dapat dibagi lagi menjadi bendungan dan balok celah check dam. Bendungan tipe celah dan bendungan terbuka pipa baja dikenal sebagai tipe balok.

Check dam tipe tertutup dibangun dengan menggunakan material beton (Gambar 1). Check dam tipe tertutup dapat berfungsi secara efektif untuk mengendalikan aliran debris jika daerah tampungannya dalam keadaan belum terisi sedimen. Namun seringkali check dam tipe ini kurang efektif menahan sedimen karena keterbatasan permeabilitas dan ruang tampungan yang sempit. Mempertahankan kapasitas tampungan yang efektif akan membutuhkan upaya pengerukan dan penggalian dasar sungai di ruang tampungan sedimen sehingga menurunkan nilai kelayakan teknis dan ekonomis.



Gambar 1 Check dam Tipe Tertutup
(Sumber: Maricar *and* Lopa, 2013)

Check dam tipe terbuka dapat dibedakan dalam beberapa bentuk, seperti tipe beam, tipe slit dan tipe grid . Check dam tipe ini dapat berfungsi untuk menahan aliran debris melalui tangkapan pada bukaan akibat material besar dan panjang yang saling mengunci selama terjadi banjir atau aliran debris. Namun sedimen akan melimpas bila aliran sudah mulai mengecil.

Karakteristik tipe beam/balok dengan bukaan lebar terkait dengan balok melintang yang sebagian besar bertujuan untuk menyaring kayu dan sedimen (Gambar 2). check dam tipe slit terdiri dari satu atau lebih celah/bukaan vertikal yang terletak di atas dasar bendung (Gambar 3). Sedangkan check dam tipe grid dikembangkan dalam 3 dekade terakhir (Gambar 4). Tipe ini terbuat dari tabung baja ukuran besar dengan diameter antara 0.5 hingga 1 meter. Dari berbagai kasus di Jepang menunjukkan bahwa tipe ini efisien untuk menahan batu berukuran besar seperti boulder dengan berat hingga 10 ton. (Chanson, H., 2004).



Gambar 2. Check dam tipe beam
(Sumber: Armanini *and* Larcher, 2001)



Gambar 3. Check dam tipe slit
(Sumber: Armanini *and* Larcher, 2001)



Gambar 4. Check dam tipe grid
(Sumber: Shrestha *et. al.*, 2008)

1.8 Fungsi Check Dam

1. Check Dam dipersiapkan cukup mampu menampung jumlah aliran sedimen/debris yang akan mengalir ke arah hilir.
2. Check Dam mampu mengurangi energi dengan merubah kondisi aliran kolektif debris menjadi aliran individu.

1.9 Manfaat Lain dari Check Dam

1. Water Intake (pengambilan air) untuk irigasi

2. Depo penambangan batu, pasir dan kerikil
3. Jembatan pelintasan
4. Tenaga air mini
5. Pelindung jalan dan jembatan.

1.10 Pemilihan Lokasi Check Dam

Dalam pemilihan lokasi check dam harus pada lokasi yang paling menguntungkan di berbagai aspek, seperti dari segi perencanaan, pengoperasian, dampak bangunan, dan sebagainya. Pemilihan lokasi check dam dipilih atas beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Kondisi topografi di sekitar check dam
Check dam sebaiknya ditempatkan di daerah yang relatif datar dan luas agar volume tampungan menjadi lebih besar, dan gaya yang bekerja relatif lebih kecil dibandingkan dengan daerah yang agak curam.
2. Kondisi hidraulik dan morfologi sungai yang meliputi :
 - a. Pola aliran sungai, kecepatan alirannya disaat debit banjir, sedang, dan kecil.
 - b. Kedalaman dan lebar muka air disaat debit banjir, sedang, dan kecil.
 - c. Tinggi muka air pada waktu debit banjir rencana.
3. Kondisi Tanah pondasi
Check dam sebaiknya ditempatkan pada tanah yang pondasinya cukup baik, agar bangunan menjadi kokoh dan stabil. Secara teknis check dam bisa saja dibangun pada tanah yang pondasinya kurang baik, namun hal ini dapat menimbulkan biaya yang besar, dan pengerjaan yang cukup sulit.
4. Biaya Pelaksanaan
Beberapa alternatif lokasi juga harus mempertimbangkan besarnya biaya pelaksanaan, teknis pengerjaan, dan tenaga yang dibutuhkan.
5. Faktor-faktor lainnya
Faktor lain yang mesti dipertimbangkan adalah penggunaan lahan disekitar bangunan, kemungkinan pengembangan daerah di sekitar check dam, perubahan morfologi sungai dan sebagainya.

1.11 Angkutan Sedimen

Kemiringan Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya dikenal bermacam sedimen:

1. Muatan dasar (bed load transport).
Muatan dasar (bed load) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi proses degradasi dan aggradasi dasar sungai. Pada umumnya, besarnya angkutan dasar pada sungai adalah berkisar 5-25% dari angkutan

melayang. Dalam hal ini, material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan dasar. (Pallu, 2012).

2. Sedimen layang (suspended load).

Partikel sedimen dikatakan bergerak secara melayang (suspended load) bilamana partikel tersebut bergerak tanpa menyentuh dasar saluran dalam aliran air. Karena adanya pengaruh gaya berat, partikel-partikel tersebut cenderung untuk mengendap. Kecenderungan untuk mengendap ini akan dilawan terus menerus oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan suspended load berupa pasir halus dan kayu yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan suspended load. Dengan kata lain kondisi aliran yang ada akan menentukan apakah suatu fraksi sedimen akan bergerak sebagai sedimen suspensi atau bukan.

Angkutan sedimen melayang sering disertai dengan angkutan sedimen dasar, dan transisi antara dua metode transport tersebut dapat terjadi secara bertahap, sesuai dengan perubahan kondisi aliran. Umumnya aliran sungai keadaannya merupakan aliran turbulen, oleh karena itu tenaga gravitasi partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi (fluktuasi) aliran dan pusaran arus yang akan membawa partikel sedimen kembali ke atas. Dari uraian ini jelas bahwa angkutan sedimen suspense dapat dibedakan menjadi tiga keadaan :

- a. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran, maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan pada dasar sungai.

1.12 Aliran Debris

Aliran debris adalah aliran sedimen bercampur air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan akan mempunyai mobilitas besar seiring dengan membesarnya pori-pori sedimen yang dipenuhi oleh air. Aliran debris juga dipengaruhi oleh tumbukan antar partikel-partikel kasar, konsentrasi kelekatan antar partikel-partikel kasar dengan konsentrasi tinggi bercampur air atau lumpur halus, dan gerakan partikel-partikel padat dalam cairan. Upaya fisik yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari aliran debris yaitu dengan menggunakan bangunan Check dam. Upaya nonfisik yang dilakukan adalah dengan melakukan monitoring kejadian hujan dan gerakan material di hulu sebagai upaya peringatan dini dan mitigasi kejadian bencana aliran debris. (Cahyono, 2000)

1.13 Angkutan Sedimen

1. Hujan yang deras

Pada waktu musim hujan dengan hujan yang deras di daerah hulu, akan terjadi pula aliran yang besar dan akan membawa atau mengangkut rombakan dari longsor tersebut ke daerah yang lebih rendah/hilirnya. Yang patut diwaspadai pada kondisi ini adalah apabila musim hujan, curah hujan 70 mm/jam yang merupakan ambang batas empiris pemicu sistem peringatan longsor, jika ada gejala-gejala seperti : hujan turun, tetapi air sungai surut dan ada beberapa batang pohon dan kayu yang hanyut di sungai.

2. Longsor

Terjadinya longsor-longsor pada tebing yang terjal (misalnya tebing-tebing sungai yang terjal), sehingga terjadi pembendungan pada sungai, yang merupakan kolam/empang. Akibat hujan, tekanan air terus bertambah, maka akan mengakibatkan terjadinya limpas atau bobol, bila pembendungan tersebut tidak kuat menahan air (tekanan air), sehingga terjadi banjir bersama-sama rombakan tersebut.

3. Letusan gunung berapi

Indonesia terletak pada deretan zona vulkanik aktif Trans Asiatik dan Sirkum Pasifik yang merupakan sumber bencana alam aliran debris. Adanya aktivitas gunung berapi menyebabkan timbunan bebatuan dan tanah di atas gunung menjadi runtuh dan akan terus turun bersama air hujan melalui aliran sungai dan menjadi aliran debris. Terjadinya letusan gunung api, magma yang keluar dari kepundan/kawahnya merupakan rombakan batuan-batuan, sehingga terjadi akumulasi rombakan di daerah hulu. Bila terjadi hujan di daerah timbunan atau sebelah hulunya dan tergantung besar kecilnya curah hujan tersebut, maka akan terjadi proses gerakan debris/rombakan.

4. Gempa bumi

Gempa bumi dapat disebabkan oleh kegiatan gunung api dan gerakan patahan bumi. Adanya gempa bumi menyebabkan tanah bergetar, sehingga timbunan bebatuan dan tanah di atas gunung menjadi runtuh dan akan terus turun bersama air hujan melalui aliran sungai dan menjadi aliran debris.

Aliran debris adalah aliran air yang mempunyai kecepatan tinggi yang membawa bahan-bahan sedimen campuran terdiri dari macam bahan antara lain: batu, tanah, pasir dan batang-batang kayu. Aliran debris biasanya terjadi karena hujan yang cukup lama dan lebat di daerah hulu sungai yang biasanya berupa lingkungan hutan yang rusak. Aliran debris memiliki beberapa tipe muatan yaitu aliran debris tipe muatan batuan, aliran debris tipe muatan lumpur, dan aliran debris tipe muatan kayu.

1. Aliran Debris Tipe Muatan Batuan

- a. Bagian depan aliran membesar secara tiba-tiba
- b. Dibagian depan aliran terakumulasi batu-batu diameter besar, kandungan

air kecil sehingga seolah bagaikan aliran batuan tanpa air.

- c. Ketinggian bagian depan aliran di tikungan luar meningkat tajam.
 - d. Akumulasi batuan di bagian depan hanya berlangsung singkat, selanjutnya diikuti aliran lumpur (*mudflow*) yang debitnya secara bertahap berkurang.
2. Aliran Debris Tipe Muatan Lumpur
- a. Aliran debris tipe muatan lumpur meski mengandung banyak batu besar, akan tetapi material pembentuk utama adalah partikel debu halus.
 - b. Lapisan endapan abu vulkanik yang menutup lereng, meskipun oleh pengaruh hujan yang kecil saja dapat menghasilkan beberapa kali aliran debris tipe lumpur.
 - c. Turbulensi aliran dari bagian depan hingga belakang kuat.
3. Aliran Debris Tipe Muatan Kayu
- a. Penebangan kayu dan longsoran dapat mempengaruhi geometri aliran dan persistensi puing kayu (*woody debris*)
 - b. Serpihan kayu di sungai bisa mengubah kecepatan aliran dan merubah arah aliran debris.
 - c. Gangguan saluran sungai akibat puing kayu (*woody debris*) dapat mengalami perubahan morfologi seperti insisi, ekspansi, dan peningkatan sedimen.
 - d. Puing kayu yang tertahan pada Jembatan dapat menahan sedimen tipe bebatuan dan pasir, sehingga terjadi pengendapan pada bagian pilar Jembatan.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyebab aliran debris adalah:

- 1. Rusaknya lingkungan di daerah tersebut
- 2. Curah hujan yang tinggi
- 3. Faktor *run off* yang tinggi karena daerah tersebut gundul
- 4. Topografi daerah tersebut yaitu kemiringan lereng yang terjal

Banjir rombakan dapat pula terjadi karena adanya longsoran yang membendung aliran sungai dan membentuk danau kecil dan manakala bendungan tersebut jebol akan menyebabkan banjir bandang.

penyebab utama dari gerakan tanah, tetapi ada faktor-faktor lain yang sifatnya mempercepat proses terjadinya gerakan tanah tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut :

- 1. Erosi oleh aliran air, sungai, ombak laut yang akan menyebabkan lereng yang kemiringannya berlebih menjadi tidak stabil.
- 2. Erosi oleh pengolahan tanah pertanian di lereng bukit (lahan kering), tanah akan menjadi gembur selanjutnya kalau kena aliran air hujan akan mudah terbawa.

3. Batuan dan tanah yang tidak ada penutup/pelindungnya akan menjadi lemah oleh hantaman air dari hujan lebat, air sumber, salju cair akan menjadi jenuh dan mudah gerak
4. Gempa akan menimbulkan tegangan lebih-lebih pada tanah miring akan menjadi menjadi lemah
5. Letusan gunungapi yang menghasikan endapan debu butiran lepas apabila terjadi hujan lebat akan hanyut terbawa aliran
6. Daerah lereng yang mendapat beban atas kayu rapuk atau kayu tua yang akan timbul gerakan tanah
7. Berkurangnya daya ikat antar butiran tanah oleh ketiadaan akar pohon yang semula ada.
8. Pekerjaan konstruksi dan galian penambangan
Oleh karena aliran debris terdiri dari partikel kasar dengan konsentrasi yang tinggi bercampur air atau lumpur halus, maka gaya-gaya yang bekerja dalam aliran disebabkan oleh, antara lain:

1. Tumbukan antar partikel-partikel kasar;
2. Olakan partikel kasar bercampur lumpur halus;
3. Kelekatan antar partikel-partikel karena konsentrasi partikel-partikel kasar lebih tinggi dibandingkan partikel-partikel yang lebih disekitarnya;
4. Perubahan cairan interstisial (air campur lumpur halus yang sangat kental) menjadi partikel-partikel padat dan air;

1.14 Bagian - bagian Sungai dan Sedimen

1.14.1 Sungai

Sungai adalah jaringan saluran di permukaan bumi terbentuk secara alami, dari bentuk kecil di hulu hingga bentuk besar di hilir. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian menguap dan sebagian besar mengalir keluar sebagai aliran kecil, kemudian menjadi aliran sedang dan kemudian terakumulasi menjadi saluran besar atau besar. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sungai mempunyai fungsi mengatur curah hujan dan menyalurkannya ke laut.

1.14.2 Bagian – Bagian Aliran Sungai

Secara sederhana, bagian-bagian aliran sungai itu dapat dibedakan menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Menurut, letak dan ciri-ciri bagian aliran sungai tersebut sebagai berikut.

1. Hulu

Bagian hulu sungai terdapat di dataran tinggi, yaitu wilayah pegunungan atau perbukitan. Ciri-ciri pada bagian hulu, lembah sungainya sempit dan potongan melintangnya berbentuk seperti huruf "V". Di dalam alur sungai terdapat banyak batu yang berukuran besar dari reruntuhan tebing. Pada bagian ini aliran sungainya mengalir di sela-sela bebatuan tersebut. Di bagian hulu, air sungai

relatif sedikit, dan tebing sungai sangat tinggi. Di bagian ini sering terjadi erosi pada arah tegak (vertikal) akibat tergerus oleh aliran air.

2. Tengah

Bagian tengah sungai pada umumnya merupakan daerah sungai di kaki pegunungan atau perbukitan. Ciri-ciri pada bagian tengah sungai, yaitu alur sungainya mulai melebar dan potongan melintangnya berbentuk seperti huruf "U". Tebing sungai masih cukup tinggi, dan sering terjadi erosi pada arah mendatar (horizontal). Pada bagian ini dasar alur sungainya melebar, dan di dasar sungai terdapat endapan sungai yang berbentuk butiranutiran kasar. Jika debit air meningkat, maka aliran air dapat naik dan menutupi endapan sungai, tetapi air sungai tidak melewati tebing sungai dan keluar dari alur sungai.

3. Hilir

Bagian hilir sungai pada umumnya merupakan daerah dataran rendah. Ciri-ciri bagian hilir sungai yaitu bentuk alur sungainya melebar dengan tebing sungai yang relatif sangat rendah dibandingkan dengan lebar alur. Alur sungai dapat berkelok-kelok membentuk pola seperti huruf "S" yang dikenal sebagai meander. Di sebelah kiri dan kanan alur sungai terdapat dataran yang secara teratur akan tergenang oleh air sungai yang meluap. Karena sifatnya tersebut, daerah ini dikenal sebagai daerah banjir". Pada saat banjir, di kiri dan di kanan alur sucaj terjadi proses pengendapan membentuk "dataran banjir". pada bagian hilir sungai terjadi erosi dengan arah mendatar Pada bagia (horizontal) menggerus endapan sungai itu sendiri yang telah di endapkan sebelumnya.

1.14.3 Daerah Pengaliran Sungai

Konsep daerah aliran sungai atau yang sering disingkat dengan DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum DAS dapat didefinisikan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (outlet). Menurut kamus Webster, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut (Suripin, 2002).

Usaha-usaha pengelolaan DAS sebuah bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan yang pada dasarnya merupakan usaha usaha penggunaan sumberdaya alam di suatu DAS secara rasional untuk mencapai tujuan produksi yang optimum dalam waku yang tidak terbatas sehingga distribusi aliran merata sepanjang tahun (Suripin, 2002).

Menurut (Asdak, 2008) Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut

melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (catchment area) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam.

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengembangannya. Ada tiga aspek utama yang selalu menjadi perhatian dalam pengelolaan DAS yaitu jumlah air (water yield), waktu penyediaan (water regime) dan sedimen.

1.14.4 Aliran Pada Saluran Terbuka

1. Definisi Saluran Terbuka

Menurut (Harseno *and* Jonas, 2007) Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Parameter saluran sangat tidak teratur baik terhadap ruang dan waktu. Parameter tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, pembendungan, debit aliran dan sebagainya. Saluran digolongkan menjadi dua macam yaitu, saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Saluran alam merupakan suatu aliran yang meliputi semua alur aliran air secara alami, seperti sungai yang kecil dan besar dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. Saluran buatan saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya seperti, saluran irigasi, saluran drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air dan saluran untuk industri. Karakteristik aliran yang terjadi pada saluran buatan merupakan aliran seragam yang terjadi di sepanjang saluran.

Analisis aliran melalui saluran terbuka adalah lebih sulit daripada aliran melalui pipa (saluran tertutup). Di dalam pipa, tampang lintang aliran adalah tetap yang tergantung pada dimensi pipa. Demikian juga kekasaran dinding pipa adalah seragam di sepanjang pipa. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variable aliran sangat tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Variable tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. Ketidakteraturan tersebut mengakibatkan analisis aliran sangat sulit untuk diselesaikan secara analitis. Oleh karena itu analisis aliran melalui saluran terbuka adalah lebih empiris dibanding dengan aliran saluran tertutup.

Dikarenakan bentuk penampang yang tidak teratur (terutama sungai), kesulitan menentukan kekasaran seperti sungai berbatu sedangkan pipa tidak, serta kesulitan pengumpulan data lapangan. Pada umumnya penyelesaian untuk aliran saluran terbuka lebih berdasarkan pada hasil pengamatan dibandingkan dengan aliran saluran tertutup. Debit pada penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan rumus: (Dake, Tachyan *and* Pangaribuan, 1985)

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

Q : Debit (m³/detik)

V : Kecepatan (m/detik)

A : Luas penampang melintang tegak lurus arah aliran (m²)

2. Aliran Kritis, Subkritis, dan Superkritis

Aliran kritis merupakan kondisi aliran yang dipakai sebagai pegangan dalam menentukan dimensi bangunan ukur debit. Pada kondisi tersebut, yang disebut sebagai kondisi aliran modular bilamana suatu kondisi debitnya maksimum dan energy spesifiknya adalah minimum.

Aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude (F) sama dengan satu (1), sedangkan aliran disebut subkritis atau kadang-kadang dinamakan aliran tenang (*trianguil flow*) apabila $F < 1$ dan disebut superkritis atau aliran cepat (*rapid flow*) apabila $F > 1$. Perbandingan kecepatan aliran dengan gaya grafitasi (per satuan volume) dikenal sebagai bilangan Froude dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Rangga Raju, 1981):

$$F = V \sqrt{g/L} \dots\dots\dots (2)$$

dengan F = bilangan Froude, V = kecepatan rata-rata aliran (m/det), g = pecepatan grafitasi (m² /det), L = panjang karakeristik (m). Pada aliran terbuka biasanya digunakan kedalaman hidraulis D sebagai panjang karakteristik, sehingga F dapat ditulis sebagai :

$$F = V \cdot g \cdot D \dots\dots\dots (3)$$

1.14.5 Debris Kayu (Woody Debris)

Debris kayu dapat didefinisikan sebagai tanaman kayu mati, termasuk cabang kayu, dan pohon mati yang masih berdiri. Debris kayu merupakan bagian penting dari ekosistem hutan dan aliran karena memiliki peran dalam anggaran karbon dan siklus nutrisi, merupakan sumber energi untuk ekosistem air, menyediakan habitat bagi organisme darat dan air, dan berkontribusi pada struktur dan kekasaran, sehingga mempengaruhi air aliran dan transportasi sedimen (Harmon *et. al.*, 1986)

Debris kayu dapat merujuk pada CWD (*coarse woody debris*) atau Puing-puing kayu kasar, pohon mati tumbang dan sisa-sisa cabang besar di tanah di hutan. LWD (*large woody debris*) atau Puing-puing kayu besar, cabang, dan kayu lainnya yang jatuh ke sungai dan sungai.

1. CWD (Coarse Woody Debris)

Puing-puing kayu kasar (CWD) umumnya dianggap sebagai bahan kayu

mati dalam berbagai tahap pembusukan, termasuk log yang sehat dan busuk, sobekan, dan cabang besar. CWD adalah komponen fungsional dan struktural penting dari ekosistem hutan dan memainkan peran penting dalam siklus nutrisi, penyimpanan karbon jangka panjang, regenerasi pohon, dan pemeliharaan keanekaragaman lingkungan dan keanekaragaman hayati. Namun, definisi dan klasifikasi CWD telah menjadi bahan perdebatan panjang dalam ekologi hutan.

(Harmon *et. al.*, 1986) Mendefinisikan CWD sebagai kayu mati bahan dengan diameter ≥ 2.5 cm. Beberapa peneliti lain menyesuaikan ukuran untuk studi mereka sendiri selama periode-periode itu, tetapi penyesuaian semacam itu tidak secara universal diterima. (Muller *and* Liu, 1991) mendefinisikan CWD sebagai mati bahan kayu dengan diameter ≥ 20 cm. Kriteria (diameter ≥ 5 cm) digunakan oleh (Santiago, 2000) dalam studi hubungan antara CWD dan penyelesaian pohon bibit di hutan Hawaii. Namun, (Fraver, Wagner dan Day, 2002) menggunakan standar lain (diameter ≥ 9.5 cm) ketika mereka mempelajari gangguan celah pohon dan dinamika CWD di Maine, Amerika Serikat. Secara umum, kriteria ukuran belum ditetapkan secara universal.



Gambar 5. Coarse Woody Debris

2. LWD (*Large Woody Debris*)

Pohon yang tumbuh di sepanjang tepi sungai seringkali dapat jatuh ke aliran air karena banjir, erosi, penyakit, aktivitas berang-berang atau kematian alami. Bahan-bahan ini, sering disebut sebagai Puing-puing Kayu Besar (LWD). LWD biasanya didefinisikan oleh para ahli biologi sebagai log dengan diameter minimum 4 inci dan panjang minimum 6 kaki yang menonjol atau terletak di dalam saluran sungai (Gregory, Boyer *and* Gurnell, 2004)

Peran kayu besar dalam saluran sungai telah menjadi subjek dari banyak penelitian selama 30 tahun terakhir: khususnya di daerah-daerah tertentu di Amerika Serikat (misalnya Alaska, Pasifik Barat Laut, Florida, California dan N. Carolina). Selama periode ini, singkatan yang berbeda telah digunakan untuk merujuk pada puing-puing kayu terutama dalam bentuk pohon mati, batang dan cabang jatuh, (yang) berlimpah di banyak hutan alam dan ekosistem aliran, membentuk fitur struktural utama dengan banyak fungsi ekologis - sebagai

habitat bagi organisme, dalam aliran energi dan siklus nutrisi, dan dengan memengaruhi transportasi dan penyimpanan tanah dan sedimen (Harmon *et. al.*, 1986)



Gambar 6. Large Woody Debris

3. *Drift*

Drift adalah bagian dari setiap sungai, dan sebagian besar *drift* adalah kayu dari sekitar sungai. Pohon jatuh ke sungai sebagai akibat dari erosi tepi atau karena angin, es, atau usia (Keller, E. A and Swanson, 1979) (Diehl, T. H and Bryan, 1993) Mengingat meningkatnya kedalaman aliran selama peristiwa banjir, pohon-pohon ini dapat dimobilisasi dan diangkut. Khususnya di sungai pegunungan berhutan, kayu tambahan dimobilisasi selama peristiwa banjir yang disebabkan oleh erosi samping (Bezzola, G.R and Hegg, 2008). Entitas *drift* yang disebabkan oleh erosi samping telah meningkat dari waktu ke waktu, mengingat perkembangan hutan riparian dan pemulihan aliran (Liébault and Pigay, 2002). Selanjutnya, di daerah topografi yang curam, tanah longsor dan aliran puing-puing dapat mengangkut sejumlah besar arus ke sungai, terutama selama periode hujan yang panjang ketika tanah menjadi jenuh (Keller, E. A and Swanson, 1979).

Drift menyediakan habitat yang berharga untuk berbagai macam flora dan fauna dan menawarkan tempat berlindung bagi ikan, serta area pemijahan yang disukai untuk beberapa spesies. Mengenai hidraulik sungai, *drift* meningkatkan kekasaran hidrolis dan secara efektif menjebak dan menyimpan endapan (Gippel 1995). Transportasi dan penyimpanan *drift* tergantung pada debit, karakteristik saluran, dan ukuran potongan *drift* relatif terhadap dimensi saluran (Triska and Cromack, 1980; Bilby, 1985; Harmon *et. al.*, 1986; Bilby and Ward, 1989; Smock *et. al.*, 1989; Benke and Wallace, 1990; Robison and Beschta, 1990b). Hubungan panjang potongan *drift* khas dengan lebar saluran sangat penting dalam menentukan tingkat transportasi dan jenis dan jumlah *drift* yang tersimpan di saluran. Kedalaman dan kemiringan saluran juga memengaruhi kemampuannya untuk berpindah arus. Saluran-saluran sekunder, dan dataran

banjir mempengaruhi transportasi dan dapat menjadi lokasi penting akumulasi (Sedell and Duval, 1985). Mereka mengevaluasi mobilitas *drift* di sepanjang sungai, komposisi *drift*, dan penyimpanan *drift* mengenai morfologi saluran dan mengkorelasikan distribusi kayu dengan area drainase, ketinggiannya, lebar sungai, dan total daya aliran.

1.14.6 Angkutan Sedimen

Menurut (Malik *et. al.*, 2019) Material sedimen yang dibawa oleh aliran debris berupa sedimen dasar dan sedimen layang menunjukkan penurunan fungsi daerah resapan air. Proses tersebut dapat memicu terjadinya erosi tanah di hulu sungai yang mempercepat proses sedimentasi sungai ke daerah hilir sungai.

Menurut (Shrestha *et. al.*, 2010) Gerakan aliran kayu apung terbatas di dekat permukaan aliran. Namun, ketika aliran puing-puing keluar dari antara dua tebing, di mana lerengnya tiba-tiba menjadi datar, kemampuannya untuk mengangkut sedimen sangat berkurang dan material tersebut terendapkan pada aliran puing-puing. Kayu apung berhenti karena gaya gesekan antara kayu apung dan permukaan dasar. Pengenalan gaya gesek ini memberikan persamaan gerak untuk setiap potongan kayu apung yang ditunjukkan dengan subskrip k dinyatakan sebagai:

$$(m_K + mC_M) \frac{du_k}{dt} = -m_k g \frac{\partial H_k}{\partial x} - \frac{1}{2} \rho_T C_{Dx} W_k (u_k - U_k) A_{kx} \pm F_{fx} \dots \dots \dots (4)$$

$$(m_K + mC_M) \frac{dv_k}{dt} = -m_k g \frac{\partial H_k}{\partial y} - \frac{1}{2} \rho_T C_{Dy} W_k (v_k - V_k) A_{ky} \pm F_{fy} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{dX_k}{dt} = u_k \quad ; \quad \frac{dY_k}{dt} = v_k \dots \dots \dots (6)$$

Dimana;

- X_k dan Y_k : Posisi titik berat kayu apung,
- m_k : Massa kayu apung
- m : Massa fluida yang ditempati oleh volume kayu apung
- C_M : Koefisien massa virtual
- H_k : Ketinggian aliran pada posisi pusat kayu apung
- F_{fx} dan F_{fy} : Gaya gesek dalam arah x dan y, yang berlawanan arah dengan gerak aliran kayu apung.

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya dikenal bermacam sedimen:

1. Muatan dasar (*bed load transport*).

Muatan dasar (*bed load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi

proses degradasi dan agradasi dasar sungai. Pada umumnya, besarnya angkutan dasar pada sungai adalah berkisar 5-25% dari angkutan melayang. Dalam hal ini, material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan dasar (Pallu, 2012).

2. Sedimen layang (*suspended load*).

Partikel sedimen dikatakan bergerak secara melayang (*suspended load*) bilamana partikel tersebut bergerak tanpa menyentuh dasar saluran dalam aliran air. Karena adanya pengaruh gaya berat, partikel-partikel tersebut cenderung untuk mengendap. Kecenderungan untuk mengendap ini akan dilawan terus menerus oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan *suspended load* berupa pasir halus dan kayu yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan *suspended load*. Dengan kata lain kondisi aliran yang ada akan menentukan apakah suatu fraksi sedimen akan bergerak sebagai sedimen suspensi atau bukan.

Angkutan sedimen melayang sering disertai dengan angkutan sedimen dasar, dan transisi antara dua metode transport tersebut dapat terjadi secara bertahap, sesuai dengan perubahan kondisi aliran. Umumnya aliran sungai keadaannya merupakan aliran turbulen, oleh karena itu tenaga gravitasi partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan *turbulensi (fluktuasi)* aliran dan pusaran arus yang akan membawa partikel sedimen kembali ke atas. Dari uraian ini jelas bahwa angkutan sedimen suspense dapat dibedakan menjadi tiga keadaan:

- a. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran, maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan pada dasar sungai.

1.15 Aliran Debris

Aliran debris adalah aliran sedimen bercampur air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan akan mempunyai mobilitas besar seiring dengan membesarnya pori-pori sedimen yang dipenuhi oleh air. Aliran debris juga dipengaruhi oleh tumbukan antar partikel-partikel kasar, konsentrasi kelekatan antar partikel-partikel kasar dengan konsentrasi tinggi bercampur air atau lumpur halus, dan gerakan partikel-partikel padat dalam cairan. Upaya fisik yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari aliran debris yaitu dengan menggunakan bangunan Check dam. Sedangkan upaya nonfisik yang dilakukan

adalah dengan melakukan monitoring kejadian hujan dan gerakan material di hulu sebagai upaya peringatan dini dan mitigasi kejadian bencana aliran debris. (Cahyono, 2000)

Dari pengamatan yang dilakukan (Maricar, M. F; Maricar, F and Lopa, R. T 2022) Salah satu fenomena perubahan yang terjadi karena iklim adalah hujan deras yang menyebabkan aliran debris dari bagian hulu pada saluran sungai tertentu. Aliran debris menghanyutkan sebagian patahan maupun pohon secara utuh yang terdapat pada bagian hulu sungai. Aliran debris ini disebut sebagai aliran debris kayu. Sedangkan penelitian yang dilakukan (Shrestha *et. al.*, 2011) menunjukkan bahwa aliran debris yang mengandung debris kayu besar (kayu apung) dapat lebih merusak daripada aliran debris tanpa kayu apung.

Aliran debris dapat berpengaruh terhadap kondisi bangunan pengendali sedimen, yang paling umum ditemukan terjadinya abrasi atau gerusan pada top crest dam dan local scouring yang akan mengancam ketahanan dan stabilitas bangunan secara keseluruhan. Abrasi dapat berlangsung secara terus menerus dan biasanya berlangsung lama, sedangkan gerusan lokal terjadi dalam waktu yang sangat singkat dan dapat berakibat bangunan pengendali runtuh atau guling. Meskipun abrasi sedikit berbeda dengan gerusan lokal, proses terjadinya gerusan lebih banyak terjadi pada saat aliran debris, sedangkan abrasi dapat bermula dari gerusan-gerusan kecil, sehingga pada pengaliran normal cenderung terpola pada satu aliran, sehingga aliran inilah yang membuat proses terjadinya abrasi dengan pola menyerupai irisan sempit dengan kedalaman 10-50 cm, kondisi ini apabila tidak segera diatasi dapat mengancam ketahanan bangunan pengendali sedimen (Maddi, et al., 2018)

Menurut (Petrus *et. al.*, 2019) Aliran debris pada umumnya terjadi pada intensitas curah hujan yang sangat tinggi dan terjadi secara tiba-tiba sehingga sulit diprediksi sehingga perlu penanganan bahaya akibat aliran debris secara komprehensif. Penanganan masalah aliran debris di DAS dapat dilakukan dengan membangun bangunan pengendali sedimen.

Dalam penelitian yang di lakukan (Chen *et. al.*, 2020) Untuk mensimulasikan kisaran panjang LW dengan lebih baik, empat ukuran kayu silinder yang berbeda tanpa akar atau cabang digunakan dalam percobaan dengan panjang masing-masing adalah 10, 15, 20, dan 25 cm. Debit aliran puing-puing kayu dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = Bv \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

Q : Aliran keluar pada bagian pengukuran (m³/s)
B : Lebar saluran (m)

v : Rata-rata kecepatan aliran sampah (m/s)

h : Kedalaman aliran limbah (m)

Sedangkan kecepatan aliran debris kayu bercabang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

(8)

Dimana:

Δs : Panjang bagian yang diukur

Δt : Durasi aliran yang di ukur

Menurut (Braudrick *and* Grant, 2001) Debris kayu merupakan komponen geomorfik dan ekologi dari aliran di sungai. Kayu sering dilihat sebagai komponen aliran yang relatif tidak bergerak, karna sebagian studi tentang dinamika kayu berfokus pada aliran yang relatif kecil dan banjir besar yang sering memindahkan kayu jarang terjadi. Volume kayu dapat di lakukan perhitungan berikut:

$$V = \pi \left(\frac{D}{4} \right)^2 L \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

V : Volume

D : Diameter

L : Panjang

Aliran debris memiliki beberapa tipe muatan yaitu aliran debris tipe muatan batuan, aliran debris tipe muatan lumpur, dan aliran debris tipe muatan kayu.

1. Aliran Debris Tipe Muatan Batuan Sifat aliran debris tipe muatan batuan
 - a. Bagian depan aliran membesar secara tiba-tiba
 - b. Dibagian depan aliran terakumulasi batu-batu diameter besar, kandungan air kecil sehingga seolah bagaikan aliran batuan tanpa air.
 - c. Ketinggian bagian depan aliran di tikungan luar meningkat tajam.
 - d. Akumulasi batuan di bagian depan hanya berlangsung singkat, selanjutnya diikuti aliran lumpur (*mudflow*) yang debitnya secara bertahap berkurang.
2. Aliran Debris Tipe Muatan Lumpur
 - a. Aliran debris tipe muatan lumpur meski mengandung banyak batu besar, akan tetapi material pembentuk utama adalah partikel debu halus.
 - b. Lapisan endapan abu vulkanik yang menutup lereng, meskipun oleh pengaruh hujan yang kecil saja dapat menghasilkan beberapa kali aliran debris tipe lumpur.
 - c. Turbulensi aliran dari bagian depan hingga belakang kuat.
3. Aliran Debris Tipe Muatan Kayu

- a. Penebangan kayu dan longsoran dapat mempengaruhi geometri aliran dan persentase puing kayu (*woody debris*).
- b. Serpihan kayu di sungai bisa mengubah kecepatan aliran dan merubah arah aliran debris.
- c. Gangguan saluran sungai akibat puing kayu (*woody debris*) dapat mengalami perubahan morfologi seperti insisi, ekspansi, dan peningkatan sedimen.
- d. Puing kayu yang tertahan pada check dam dapat menahan sedimen tipe bebatuan dan pasir, sehingga terjadi pengendapan pada bagian depan bangunan check dam.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyebab aliran debris adalah:

1. Rusaknya lingkungan di daerah tersebut
 2. Curah hujan yang tinggi
 3. Faktor run off yang tinggi karena daerah tersebut gundul
 4. Topografi daerah tersebut yaitu kemiringan lereng yang terjal
- Banjir rombakan dapat pula terjadi karena adanya longsoran yang membendung aliran sungai dan membentuk danau kecil dan manakala bendungan tersebut jebol akan menyebabkan banjir bandang.

Dengan demikian dapat disimpulkan meskipun gaya gravitasi penyebab utama dari gerakan tanah, tetapi ada faktor-faktor lain yang sifatnya mempercepat proses terjadinya gerakan tanah tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Erosi oleh aliran air, sungai, ombak laut yang akan menyebabkan lereng yang kemiringannya berlebih menjadi tidak stabil.
2. Erosi oleh pengolahan tanah pertanian di lereng bukit (lahan kering), tanah akan menjadi gembur selanjutnya kalau kena aliran air hujan akan mudah terbawa.
3. Batuan dan tanah yang tidak ada penutup/ pelindungnya akan menjadi lemah oleh hantaman air dari hujan lebat, air sumber, salju cair akan menjadi jenuh dan mudah gerak
4. Gempa akan menimbulkan tegangan lebih-lebih pada tanah miring akan menjadi menjadi lemah
5. Letusan gunungapi yang menghasikan endapan debu butiran lepas apabila terjadi hujan lebat akan hanyut terbawa aliran
6. Daerah lereng yang mendapat beban atas yang melebihi daya dukung tanah akan timbul gerakan tanah
7. Berkurangnya daya ikat antar butiran tanah oleh ketiadaan akar pohon yang semula ada.
8. Pekerjaan konstruksi dan galian penambangan.

Oleh karena aliran debris terdiri dari partikel kasar dengan konsentrasi yang tinggi bercampur air atau lumpur halus, maka gaya-gaya yang bekerja

dalam aliran disebabkan oleh, antara lain:

1. tumbukan antar partikel-partikel kasar;
2. olakan partikel kasar bercampur lumpur halus;
3. kelekatan antar partikel-partikel karena konsentrasi partikel-partikel kasar lebih tinggi dibandingkan partikel-partikel yang lebih disekitarnya;
4. perubahan cairan interstisial (air campur lumpur halus yang sangat kental) menjadi partikel-partikel padat dan air;
5. gerakan partikel-partikel padat dalam cairan. (Cahyono, 2000)

1.16 Backwater Rise Akibat Sedimen

Penumpukan debris kayu ini menyebabkan penyempitan pada luas penampang aliran pada saluran sehingga menyebabkan kenaikan muka air atau biasa disebut dengan *backwater rise*. (Maricar, M. F, Maricar and Lopa, 2022)

(Maricar, M. F and Maricar, 2020) Melakukan percobaan pada studi laboratorium, menganalisis fenomena akumulasi debris kayu pada percobaan flume. Menunjukkan bahwa banyaknya potongan kayu yang terbawa dari hulu ke hilir yang terperangkap meningkat seiring dengan jumlah potongan kayu yang terlepas. Profil kedalaman air juga menunjukkan bahwa kenaikan *backwater* meningkat dengan jumlah potongan kayu yang terperangkap. Selain itu, terlihat bahwa debit banjir memiliki *backwater rise* yang lebih signifikan dibandingkan dengan debit yang lebih rendah.

(Rusyda *et. al.*, 2014) Membahas tentang persamaan untuk menghitung *backwater rise*, *Backwater rise* dapat dihitung dengan menggunakan formula di bawah ini:

$$\Delta h_{ud}^j = h_u^j - h_d^j \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

Δh_{ud}^j : Efek *Backwater rise* dari Model dan loncatan air

h_u^j : Kedalaman air hulu dengan kayu

h_d^j : Kedalaman air hilir dengan kayu

Koreksi garis pantai ini bertujuan untuk meminimalisir kesalahan saat melakukan perekaman citra terhadap pasang surut. Proses pengkoreksian ini dimulai dengan penentuan kemiringan rata-rata profil pantai dari garis pantai sampai batas kontur batimetri yang di tinjau.

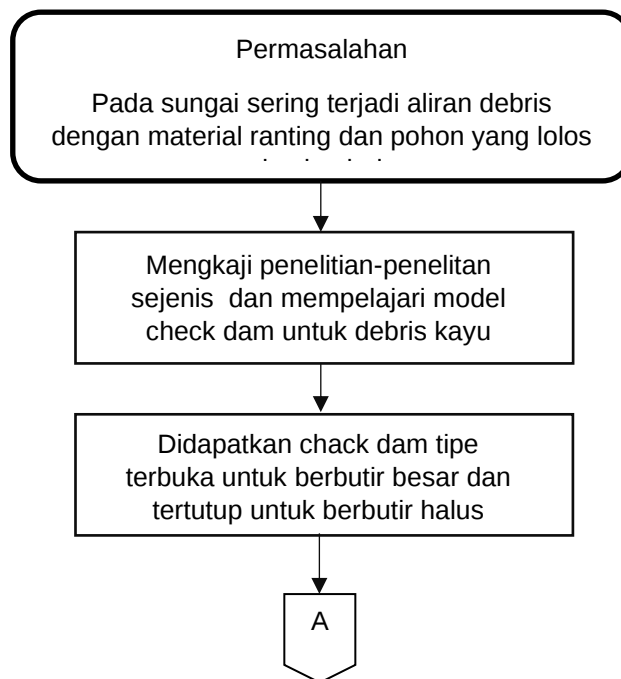
$$\text{Tan } \alpha = \left(\frac{d}{x} \right) \dots\dots\dots (48)$$

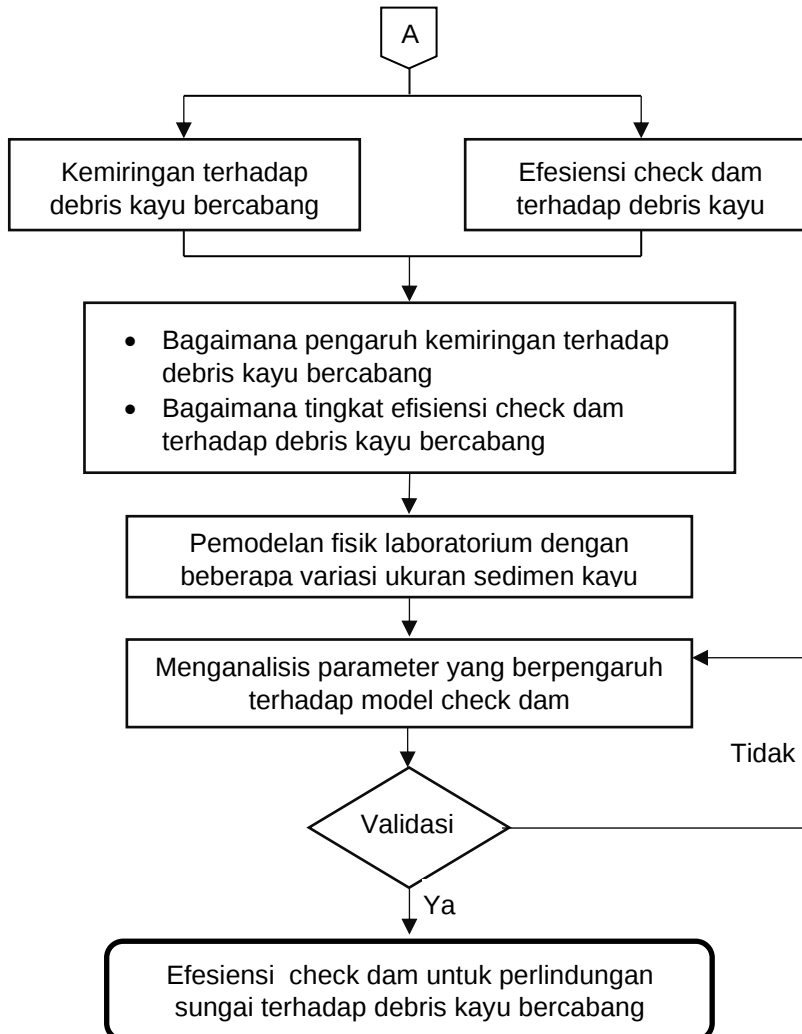
Keterangan:

- d = Kedalam perairan (m)
x = Jarak titik pengukuran kedalaman (m)

1.17 Kerangka Pikir

Kerangka pikir penelitian merupakan acuan berupa konseptual yang disusun berdasarkan beberapa isu yang berkembang saat ini, termasuk tentang teori yang berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah. Untuk lebih jelasnya kerangka pikir penelitian disusun dalam bentuk bagan alir seperti pada gambar 7.





Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian

1.18 Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu merupakan sebuah cara membandingkan penelitian yang sedang dikerjakan penulis dengan penelitian yang sudah dilakukan dari peneliti sebelumnya. Tujuan dari kegiatan ini untuk mencari perbandingan dan selanjutnya untuk menemukan inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya di samping itu kajian terdahulu membantu penelitian dapat memposisikan penelitian serta menunjukkan konsep dari penelitian. Pada ruang lingkup ini, peneliti menautkan hasil penelitian sebelumnya berkaitan dengan pengaruh debris kayu pada check dam, kemudian merangkum baik penelitian yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu terkait pengaruh check dam terhadap debris kayu yang telah selidiki:

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1	EXPERIMENTAL STUDY ON CONTROL OF MIXED DEBRIS FLOW WITH THE CHECKDAM COMBINATION	Ruslan Malik, Muh. Saleh Pallu, Muh. Arsyad Thaha dan Mukhsan Putra Hatta. (2019)	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kemiringan dasar flume, jarak antar penahan dan pengaruh kayu terhadap debit aliran mixed debris serta merumuskan persamaan debit aliran mixed debris.	Menggunakan model check dam tipe tertutup dan terbuka. Menggunakan debris yang terdiri dari kayu silinder dan sedimen. Diameter kayu yang berbeda dengan panjang 7 dan 10 cm yang dilakukan dengan 5 skenario.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin bervariasi ukuran kayu baik diameter maupun panjang cenderung semakin kecil konsentrasi sedimennya.
2	COUNTER MEASURES ENERGY ON DEBRIS FLOW EVENT BY OPEN-TYPE SABO DAM MODEL	Haeruddin C. Maddi, Muhammad Saleh Pallu, M. Arsyad Thaha dan Rita Lopa (2018)	Tujuan pembangunan sabo dam adalah untuk mengendalikan sedimen dan mengurangi atau menurunkan energi aliran yang menyebabkan kerusakan struktur di hilir seperti abrasi pada puncak sabo dam, dan menyebabkan skoring lokal di hilir sabo dam.	Pemodelan sungai dapat dilakukan dengan Fixed Bed Model. Pemodelan sabo dam menggunakan tiga dimensi dan uji running dilakukan sebanyak 27 kali untuk masing-masing ketebalan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan sedimen, porositas, debit air, diameter dan koefisien keseragaman berpengaruh terhadap perubahan ketebalan aliran, kecepatan aliran dan reduksi energi relatif.
3	STUDI PERILAKU BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN	Farouk Maricar dan Rita Tahir Lopa (2013)	Tujuan dari penelitian ini adalah menguji kemampuan cek dam tipe terbuka untuk mengendalikan sedimen dan juga karakteristik bangunan yang berwawasan lingkungan.	Metode yang digunakan untuk menyelidiki cek dam tipe terbuka dengan mencermati fenomena kejadian aliran debris pada sungai.	Dari penyelidikan terhadap perilaku aliran debris yang merupakan campuran kayu, partikel sedimen dan air dapat diperoleh bahwa sebagian besar material kayu pada aliran debris terkonsentrasi di bagian depan dan terperangkap di cek dam terbuka.

No	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
4	EFFECT OF THE SLOPE OF FLUME BED TO THE DEBRIS POTENTIAL FLOW	Petrus, F; Pallu, M.S; Thaha, M.A dan Maricar, F (2020)	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kemiringan dasar flume terhadap aliran potensial aliran debris.	Metode yang digunakan untuk kemiringan flum yaitu 10° dengan meletakkan partikel sedimen dan debris kayu. Sedangkan untuk kayu yang digunakan kayu silinder dengan tiga varian.	Hasil dari penelitian ini dengan menggunakan kemiringan base flume yaitu semakin besar kemiringan base flume akan mengakibatkan aliran debris yang lebih besar pada kondisi tanpa kayu dan pada kondisi dengan kayu.
5	EXPERIMENTAL STUDY ON CONTROL OF MIXED DEBRIS FLOW WITH THE CHECKDAM COMBINATION	Petrus, F; Pallu, M.S; Thaha, M.A dan Maricar, F (2019)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kemiringan dasar flume, jarak antar penahan dan pengaruh kayu terhadap debit aliran mixed debris serta merumuskan persamaan debit aliran mixed debris.	Metode pada penelitian ini adalah campuran debris yang terdiri dari kayu dan sedimen. Komposisi dan ukuran kayu yang digunakan dalam penelitian sebanyak 4 ukuran dengan panjang 7 dan 10 cm	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin bervariasi ukuran kayu baik diameter maupun panjang cenderung semakin kecil konsentrasi sedimennya.
6	A COMPARISON OF WOOD-SEDIMENT-WATER MIXTURE FLOWS AT A CLOSED TYPE AND AN OPEN TYPE OF CHECK DAMS IN MOUNTAIN RIVERS	Maricar, F; dan Hasimoto, H. (2014)	Membandingkan proses pengendapan butiran sedimen dan potongan kayu di check dam terbuka dan tertutup dalam percobaan laboratorium flume.	Metode laboratorium yang digunakan mengacu pada check dam pipa baja terbuka di sungai Ha chimandani dan Check dam tipe tertutup di sungai Tsurugi. Dengan bahan butir sedimen dan debris kayu	Dari hasil menunjukan check dam terbuka menjebak potongan-potongan kayu dan mengendapkan butir-butir sedimen di belakangnya. check dam tertutup membuat sebagian besar potongan kayu melewati check dam dan sebagian besar butiran sedimen terperangkap di belakang check dam tertutup.

No	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
7	EXPERIMENTAL INVESTIGATION INTO FLOW BEHAVIOR OF WOOD-SEDIMENT-WATER MIXTURE AT A GRID TYPE OF OPEN CHECK DAM	Hasimoto, H; Hashimura, K; Nagano, H dan Maricar F. (2016)	Mengetahui perbedaan perilaku butiran sedimen dan potongan kayu dalam aliran puing-puing (aliran campuran kayu-sedimen-air) pada model check dam terbuka.	Meletakkan beberapa potongan kayu di hulu yang dapat digerakkan (sedimen) dan menjatuhkan potongan kayu lainnya di permukaan bagian aliran berikutnya.	Sedimen mengikuti potongan-potongan yang terakumulasi di depan aliran. Pada saat yang sama, pengendapan sedimen terjadi di balik potongan kayu yang terperangkap.
8	STUDY ON DEBRIS-FLOW DEPOSITION AND EROSION PROCESSES UPSTREAM OF A CHECK DAM	Shrestha, B. B.; Nakagawa, H; Kawaike, K dan Baba, Y (2007)	Untuk studi eksperimental dan untuk menyelidiki pengendapan debris dan erosi dari aliran debris yang diendapkan di hulu check dam tipe tertutup dan tipe grid.	Mengunakan flum kemiringan 18° dengan sedimen campuran pasir silika dan kerikil yang ditempatkan pada hulu dari outlet flum	Dari hasil yang didapat, terlihat bahwa check dam tipe grid dapat mempertahankan kapasitas penangkapan aliran debris lebih efektif daripada check dam tipe tertutup
9	DRIFT WOOD DEPOSITION FROM DEBRIS FLOWS AT SLIT-CHECK DAMS AND FANS	Shrestha, B. B.; Nakagawa, H; Kawaike, K; Baba, Y; dan Zhang, H (2011)	proses pengendapan aliran debris yang membawa kayu apung diselidiki menggunakan simulasi numerik dan eksperimen flume. Tangkapan aliran puing-puing karena penumpukan kayu apung di bendungan celah juga diselidiki.	Model numerik dikembangkan dengan kombinasi interaksi ekspresi Euler dari aliran debris dan ekspresi Lagrangian dari kayu apung, di mana koordinat berfluktuasi dan rotasi kayu apung diperlakukan secara stokastik.	Bentuk dan ketebalan yang dihitung dari aliran puing-puing kayu dan posisi serta orientasi kayu apung yang diendapkan pada aliran puing-puing konsisten dengan hasil flume eksperimental. Penumpukan kayu apung di celah check dam dievaluasi berdasarkan geometri dan probabilitas.

No	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
10	LABORATORY STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF LARGE WOOD AND DEBRIS FLOW PROCESSES AT SLIT-CHECK DAMS	Chen, J.; Wang, D.; Zhao, W.; Chen H.; Wang, T.; Nepal, N. dan Chen, X. (2020)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses akumulasi dan keruntuhan LW serta menentukan besarnya amplifikasi rasio debit puncak aliran debris dengan LW.	Penskalaan slit check dam secara laboratorium dengan material puing-puing kayu yang memiliki panjang 10,15, 20 dan 25 cm.	Hasil dari tiga jenis pergerakan aliran debris dengan LW: aliran tanpa penyumbatan atau kerusakan, aliran dengan penyumbatan tetapi tanpa kerusakan, dan aliran dengan penyumbatan dan kerusakan.
11	REGULATION EFFECT OF SLIT-CHECK DAM AGAINST WOODY DEBRIS FLOW: LABORATORY TEST	Xie, X; Wang, X; Liu, Z; liu,Z dan Zhao, S. (2023)	Studi yang dilakukan menginvestigasi efek regulasi dari slit-check dam pada aliran kayu-kayu melalui uji model. Efek pengaturan bendungan celah pada sedimen dan komponen kayu dianalisis. Kriteria tertentu dari parameter utama diperoleh untuk desain slit-check dam	Menggunakan beberapa kriteria desain untuk parameter slit check dam dengan tiga tipe sumbatan LW.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa slit-check dam dapat secara efektif mengatur aliran kayu-kayuan tanpa luapan. Setelah luapan terjadi, efisiensi perangkat sedimen dan tingkat retensi kayu menurun drastis.
12	NUMERICAL SIMULATION ON DEBRIS-FLOW WITH DRIFTWOOD AND ITS CAPTURING DUE TO JAMMING OF DRIFTWOOD ON A GRID DAM	Shrestha, B. B.; Nakagawa, H; Kawaike, K; Yasuyuki Baba dan Zhang, H.(2009)	model numerik dua dimensi dikembangkan untuk menghitung perilaku aliran debris dengan kayu apung dan proses penangkapannya akibat penumpukan kayu apung pada grid dam.	Metode yang digunakan menggunakan grid dam dengan kayu apung di letakan pada daerah hulu beserta sedimen.	Hasil simulasi diverifikasi secara eksperimental. Proses aliran puing-puing yang ditangkap oleh bendungan jaringan karena kemacetan kayu apung di bendungan jaringan diselidiki. Penumpukan kayu apung pada bendungan grid dievaluasi berdasarkan kondisi geometris dan pendekatan probabilistik.

No	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
13	NUMERICAL AND EXPERIMENTAL STUDY ON DEBRIS FLOW WITH DRIFTWOOD FAN DEPOSITION	Shrestha, B. B.; Nakagawa, H; Kawaike, K; Yasuyuki Baba dan Zhang, H. (2010)	Pada penelitian ini dilakukan penelitian numerik dan eksperimen untuk menyelidiki pengendapan aliran debris dengan kayu apung pada putaran. Sebuah model numerik dua dimensi dikembangkan untuk menghitung karakteristik aliran debris dengan kayu apung, yang mana dapat mensimulasikan semua tahapan aliran debris dari tahap inisiasi, transportasi dan pengendapan.	Menggunakan check dam dengan kemiringan saluran hilir masing-masing 18 dan 7 derajat. Pada daerah hulu diletakan lapisan sedimen dan kayu silinder yang diletakan pada dasar sedimen, menggunakan debit flow dihasilkan dengan mensuplai debit air konstan.	Deposisi kayu apung di putaran aliran puing-puing dihitung dengan mempertimbangkan gaya gesekan yang dihasilkan antara kayu apung dan permukaan lapisan. Efek check dam dalam pembentukan fan aliran debris juga diselidiki.
14	DEBRIS-FLOW DEPOSITION AND EROSION PROCESSES OF THE SEDIMENT DEPOSIT UPSTREAM OF A CHECK DAM	Shrestha, B. B.; Nakagawa, H; Kawaike, K dan Baba, Y(2008)	Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model numerik dan untuk menyelidiki proses pengendapan aliran debris di hulu check dam, dan penggelontoran sedimen yang diendapkan akibat proses erosi oleh debit aliran normal.	Metode yang digunakan check dam tipe terbuka dan tipe tertutup dengan kemiringan 18 derajat, kayu apung di letakan pada daerah hulu beserta sedimen lapisan jenuh.	Sedimen yang diendapkan di hulu bendungan jaringan dapat dibilas lebih efektif daripada bendungan tertutup karena proses erosi. Dari hasil tersebut terlihat bahwa check dam tipe grid dapat mempertahankan kapasitas penangkapan sedimennya lebih efektif daripada check dam tipe tertutup.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

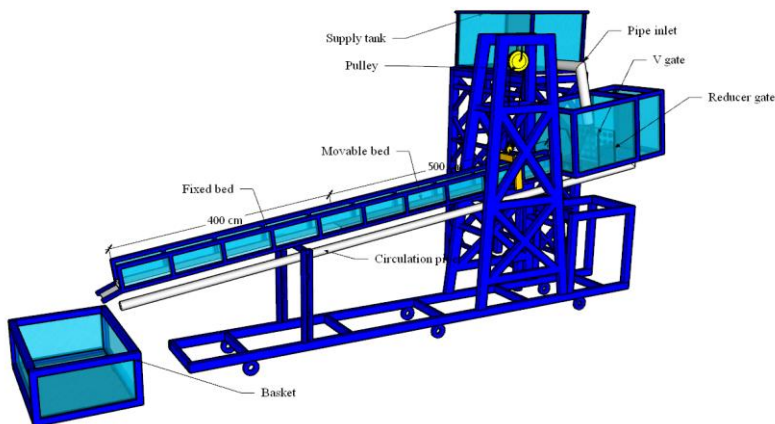
2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan pemodelan fisik secara eksperimental di laboratorium. Pada penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat serta seberapa besar hubungan dari metode pengujian tertentu pada beberapa kelompok eksperimental.

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan dua sumber data untuk mendukung dari hasil penelitian yaitu:

1. Data primer yakni data yang akan diperoleh langsung dari simulasi uji model fisik di laboratorium.
2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, baik yang dilakukan secara eksperimental maupun dilakukan pada lapangan yang berkaitan mengenai check dam

2.2 Parameter dan Variabel Penelitian



Gambar 8. Sketsa Model Flum

2.2.1 Data Sedimen

1 Flum

Dalam penelitian yang dilakukan menggunakan flum laboratorium untuk studi angkutan sedimen kayu bercabang, dengan ukuran flum panjang 9 meter, lebar 30,5 cm dan tinggi 45 cm. Model flum dapat dilihat pada gambar 5. Flum yang digunakan dibagi 2 bagian yaitu, bagian atas digunakan sebagai dasar bergerak sepanjang 5 meter dan bagian bawah dari flum digunakan sebagai dasar tetap sepanjang 4 meter. Model check dam diletakan pada bagian dasar

tetap.

2 Debris kayu

Parameter debris kayu di tunjukkan pada tabel 1. Susunan dan dimensi debris kayu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel dari karya berdasarkan (Maricar *and* Hasimoto, 2014) yang di modifikasi menjadi kayu bercabang.

Tabel 2. Ukuran model kayu

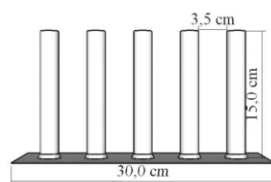
Keterangan	Berat Jenis	Diameter (mm)	Panjang (cm)
Kayu A	0.79	4	7
Kayu B	0.54	5	7
Kayu C	0.42	6	7

3 Debit Aliran

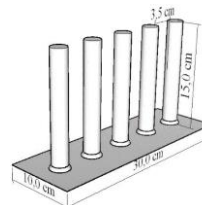
Pada penelitian ini peneliti menggunakan debit aliran sebanyak 8.500 l/dtk.

4 Model Check dam

Model check dam diletakan sekitaran hilir pada flum yang digunakan. Dimensi model check dam terbuka dalam penelitian dengan bukaan 3.5 cm, lebar 30 cm dan tinggi 15 cm sedangkan pada check dam tipe tertutup dengan lebar 30 cm, tinggi 10 cm dan panjang 8 cm. Model dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.

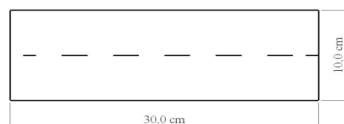


Tampak depan

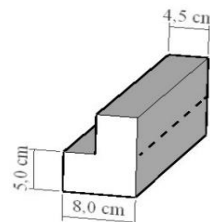


Tampak samping

Gambar 9. Model check dam beam



Tampak depan



Tampak samping

Gambar 10. Model check dam tertutup

5 Kayu

Kayu seperti pada gambar 11, digunakan sebagai aliran debris kayu bercabang.



Gambar 11. Kayu Bercabang

6 Poin Gauge

Poin gauge seperti pada gambar 12, digunakan untuk mengukur tinggi muka air. Alat ini mempunyai skala pembacaan untuk mengetahui tinggi muka air.



Gambar 12. Poin Gauge

7 Laser Ukur

Laser ukur seperti pada gambar 13, digunakan untuk mengukur tinggi sedimen dasar yang terperangkap pada check dam.



Gambar 13. Laser Ukur

8 Kamera

Kamera seperti pada gambar 14, digunakan untuk mengambil dokumentasi

selama eksperimen dilakukan



Gambar 14. Kamera

9 Stopwatch

Stopwacth seperti pada gambar 15, digunakan untuk menghitung waktu pengambilan volume air.



Gambar 15. Stopwatch

10 Timbangan

Timbangan seperti pada gambar 16, digunakan untuk menghitung volume air yang ditampung di dalam ember. Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kapasitas 100 kg.



Gambar 16. Timbangan

11 Waterpass

Waterpass seperti pada gambar 17, digunakan untuk mengetahui

perbedaan ketinggian (elevasi).



Gambar 17. Waterpass

2.2.2 Data Sedimen

1. Variasi Kemiringan

Pada penelitian yang dilakukan, memiliki beberapa variasi diantaranya kemiringan 3° , 5° dan 7°

2. Variasi Kayu Bercabang

Dalam penelitian eksperimental menggunakan metode sebaran yang di letakkan pada area flum yang bergerak, sedangkan variasi kayu bercabang menggunakan 3 skenario. Penentuan skenario ditentukan berdasarkan diameter dari kayu bercabang. Skenario 1 mewakili kayu cabang dengan diameter 4 mm, skenario 2 sebagai kayu cabang yang berdiameter 5 mm, skenario 3 merupakan kayu cabang berdiameter 6 mm, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Skenario kayu bercabang pada pengujian (sebaran)

Kemiringan	Diamter Kayu (mm)		
	4	5	6
3	50	50	50
	100	100	100
	150	150	150
5	50	50	50
	100	100	100
	150	150	150
7	50	50	50
	100	100	100
	150	150	150

3. Prosedur Penelitian

Prosedur pengambilan data dalam penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini secara garis besar sebagai berikut:

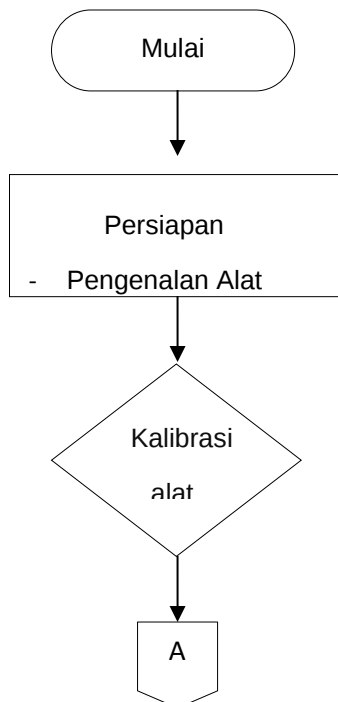
1. Melakukan kalibrasi atau pengecekan debit pada box penampung. Box penampung yang digunakan untuk menampung dan mengatur debit

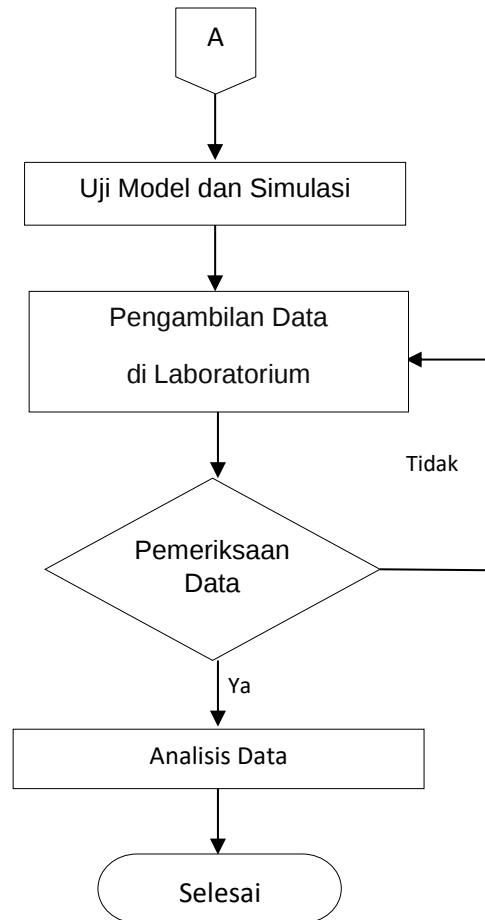
rencana air yang mengalir dari pompa.

2. Menyiapkan model check dam pada flum (check dam tertutup dan check dam terbuka).
 3. Menyediakan debris kayu bercabang dengan metode sebaran kayu.
 4. Mengatur debris kayu sesuai variasi ukuran dan jumlah kayu yang telah ditentukan.
 5. Jika debris kayu telah siap, maka dialirkan air sesuai debit yang telah di rencanakan ke dalam flum.
 6. Melaksanakan pengaliran air untuk melewati model check dam sesuai dengan waktu aliran yang di rencanakan.
 7. Memindahkan aliran air ke pipa pembuangan di bawah flum.
 8. Melakukan pengambilan data tinggi material debris kayu yang tertahan pada check dam yang telah dipasang.
 9. Melaksanakan pengukuran dan mencatat jumlah material angkutan sedimen yang tertahan dan lolos pada check dam.
- Mengulang prosedur 2 – 9 untuk variasi selanjutnya yang telah ditentukan.

2.3 Bagan Aliran

Bagan alir dalam penelitian ini dapat ditunjukkan dibawah ini :





Gambar 18. Bagan Alir Penelitian