

TESIS

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN TERHADAP DISTRIBUSI
ANGKUTAN SEDIMEN PADA SALURAN IRIGASI**

***THE EFFECT OF FLOW VELOCITY ON SEDIMENT
TRANSPORT DISTRIBUTION TO THE IRRIGATION
CHANNELS***

KHAIRUL BAYAN MUHAMMAD

D012172011



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN TERHADAP DISTRIBUSI
ANGKUTAN SEDIMEN PADA SALURAN IRIGASI**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

**KHAIRUL BAYAN MUHAMMAD
D012172011**

Kepada

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

TESIS

PENGARUH KECEPATAN ALIRAN TERHADAP DISTRIBUSI ANGKUTAN SEDIMEN PADA SALURAN IRIGASI

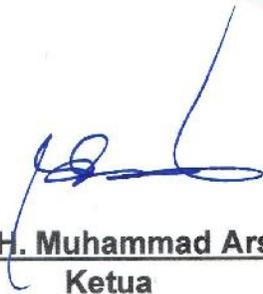
Disusun dan diajukan oleh:

KHAIRUL BAYAN MUHAMMAD

Nomor Pokok D012172011

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 25 Februari 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,

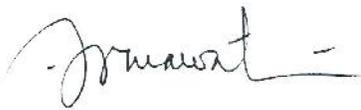


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T
Ketua



Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT.
Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khairul Bayan Muhammad
Nomor Mahasiswa : D012172011
Program Studi : Teknik Sipil
Konsentrasi : Keairan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa thesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan thesis ini hasil karya orang lain. Saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Maret 2022

Yang menyatakan



Khairul Bayan Muhammad

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini, yang merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini. Berkat bantuan berbagai pihak maka tesis ini dapat diselesaikan penulis. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha., MT sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Ibu Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan, arahan, dan bimbingannya yang telah diberikan di tengah kesibukannya kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tim Penguji yaitu Ibu Dr. Eng Ir. Hj. Rita Tahir Lopa., MT, Bapak Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta., ST., MT, dan Bapak Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, ST, MT atas saran dan masukan kepada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. M Wihardi Tjronge, ST., M. Eng, Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Ibu Dr. Eng. Rita Irmawaty. ST., MT, yang telah

turut andil dalam memberikan arahan, masukan dan nasehat dalam melaksanakan penelitian ini, seluruh dosen S2 Teknik Sipil Keairan serta staf administrasi Pascasarjana, staf administrasi Fakultas Teknik dan staf administrasi Jurusan Teknik Sipil yang membantu penulis selama proses perkuliahan, penelitian, dan penyelesaian administrasi akademik.

Ungkapan cinta dan terima kasih penulis kepada istri saya Musdalipa Ramli, ST serta anak saya Alula Farzana Alkakhirul atas dukungan dan pengorbanan serta doa kepada saya.

Terkhusus Penulis persembahkan sujud dan rasa terima kasih kepada kedua orang tua Alm. Drs. Muhammad dan Almh. Nuhasirah yang telah memberikan limpahan kasih sayang dan perhatian selama hidupnya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak A. Adi Umar Dani, ST., MT yang telah banyak membantu baik moril, material maupun pengertian yang tulus yang tak terhingga.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh rekan seperjuangan mahasiswa S2 Teknik Sipil Keairan Angkatan 2017 yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang tak terhingga dalam perkuliahan juga penyelesaian tesis ini, serta teman-teman yaitu Pak Ahmad Yani, Pak Harries Thoellah, ST, dan para tim penjaga pintu air saluran sekunder tabo yang juga telah membantu penulis dalam pengambilan data. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada mereka yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagai bahan perbandingan bagi pembacanya untuk pengembangan wawasan serta peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua termasuk penelitian lebih lanjut.

Makassar, Maret 2022

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping oval shape followed by a series of vertical and horizontal strokes.

Khairul Bayan Muhammad

ABSTRAK

KHAIRUL BAYAN MUHAMMAD. Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Distribusi Angkutan Sedimen Pada Saluran Irigasi (Dibimbing oleh **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha., MT** dan **Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT**)

Sedimen menjadi salah satu permasalahan pada saluran irigasi dan akan mempersingkat umur pelayanan jaringan irigasi karena pendangkalan dan penurunan kapasitas. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran sekunder D.I Tabo - Tabo dan pengaruh debit aliran terhadap angkutan sedimen. Metode penelitian ini dengan mengukur kecepatan aliran dan pengambilan sampel sedimen melayang. Pengukuran kecepatan dan pengambilan sampel sedimen dilakukan pada bagian hulu, tengah dan hilir interval 50 m dengan 3 bukaan pintu yaitu 30, 40 dan 50 cm. Hasil penelitian menunjukkan Pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen mempunyai pola yang sama, semakin besar kecepatan maka sedimen yang tertahan semakin sedikit. berat sedimen terbesar yaitu 0.0000416 gr/ml berada pada bagian hulu dengan kecepatan 0.377 m/dt. Perbandingan antara perhitungan angkutan sedimen dengan menggunakan rumus angkutan sedimen dengan metode debit sesaat dan rumus Einstein, dari penggunaan 2 metode ini kemudian diketahui bahwa pada perhitungan angkutan sedimen dengan debit sesaat menggunakan kecepatan aliran sebagai parameternya sedangkan pada rumus Einstein tidak menggunakan kecepatan aliran sebagai parameternya namun lebih ditekankan pada kecepatan geser, kecepatan jatuh sedimen dan ukuran butir sedimen.

Kata Kunci : Kecepatan, Angkutan Sedimen, Debit, Sedimen Melayang

ABSTRACT

KHAIRUL BAYAN MUHAMMAD. The Effect of Flow Velocity on Sediment Transport Distribution to The Irrigation Channels (Supervised by **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha., MT dan Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT.**)

Sediment is one of the problems in irrigation canals and will shorten the service life of irrigation networks due to siltation and decreased capacity. This study was to determine the effect of flow velocity on the distribution of sediment transport in the D.I Tabo - Tabo secondary channel and the effect of flow discharge on sediment transport. This research method by measuring the flow velocity and taking samples of floating sediment and bottom sediment. Velocity measurements and sediment sampling were carried out at the upstream, middle and downstream 50 m intervals with 3 door openings, namely 30, 40 and 50 cm. The results show that the effect of flow velocity on the distribution of sediment transport has the same pattern, the greater the velocity, the less sediment is retained. the largest sediment weight is 0.0000416 gr/ml located in the upstream with a speed of 0.377 m/s. Comparison between the calculation of sediment transport using the sediment transport formula with the instantaneous discharge method and Einstein's formula, from the use of these 2 methods it is then known that the calculation of sediment transport with instantaneous discharge uses flow velocity as a parameter, while Einstein's formula does not use flow velocity as a parameter, but rather uses flow velocity as a parameter. Emphasis is placed on shear velocity, sediment fall velocity and sediment grain size.

Keywords: *Velocity, Sediment Transport, Discharge, Suspended Load*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Peneliti Terdahulu	6
B. Landasan Teori	9
1. Sedimen	9

2. Transpor Sediment.....	9
3. Sedimentasi.....	13
4. Saluran Terbuka	16
5. Tipe Aliran	19
6. Kecepatan Aliran	21
C. Kerangka Pikir	23
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
B. Data Penelitian	23
C. Pelaksanaan Penelitian	28
D. Pengujian Sampel Sedimen.....	30
E. Jenis Saluran	32
F. Bagian Alir Penelitian.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Kecepatan Aliran	34
1. Grafik Kecepatan Aliran Pada Bukaan Pintu 30	35
2. Grafik Kecepatan Aliran Pada Bukaan Pintu 40	36
3. Grafik Kecepatan Aliran Pada Bukaan Pintu 50	37
4. Grafik Kecepatan Aliran tiap bukaan	39
B. Debit Aliran	40
C. Bilangan Froude	41
D. Karakteristik Sedimen.....	45

E. Hubungan Antara Kecepatan Aliran dengan Angkutan Sedimen berdasarkan Konsentrasi Sedimen.....	46
F. Analisis Angkutan Sedimen	47
1. Angkutan Sedimen Bagian Hulu.....	49
2. Angkutan Sedimen Bagian Tengah.....	54
3. Angkutan Sedimen Bagian Hilir.....	59
G. Validasi Analisis Angkutan Sedimen.....	65
 BAB V KESIMPULAN	
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
Lampiran	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1	Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dari Hulu ke Hilir setiap Bukaan Pintu 36
Tabel 2	Hasil Pengukuran Tinggi Muka Air dari Hulu ke Hilir setiap Bukaan Pintu 40
Tabel 3	Hasil Perhitungan Debit Aliran setiap Bukaan Pintu 40
Tabel 4	Hasil Perhitungan Bilangan Froude setiap Bukaan Pintu 41
Tabel 5	Ringkasan Hasil Uji Laboratorium..... 45
Tabel 6	Hasil Perhitungan Debit sedimen Suspensi Total 48
Tabel 7	Ukuran butir sedimen melayang bagian hulu 49
Tabel 8	Ukuran butir sedimen melayang bagian tengah..... 54
Tabel 9	Ukuran butir sedimen melayang bagian hilir 59
Tabel 10	Perbandingan Metode Debit Sesaat dan Rumus Einstien 65

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Saluran Terbuka	17
Gambar 2	Berbagai macam bentuk saluran terbuka	18
Gambar 3	Penampang Saluran Persegi Panjang	19
Gambar 4	Aliran laminar	19
Gambar 5	Aliran turbulen	19
Gambar 6	Aliran transisi	20
Gambar 7	Kerangka Pikir Penelitian	23
Gambar 8	Lokasi Penelitian	24
Gambar 9	<i>Current Meter Kenek LP 1100</i>	26
Gambar 10	<i>Van Dorn Bottle Samplers</i>	27
Gambar 11	Tampak Atas Rencana Pengambilan Data	30
Gambar 12	Typikal Rencana Pengambilan Data	30
Gambar 13	Perspektif Rencana Pengambilan Data	31
Gambar 14	Saluran Pasangan Batu	32
Gambar 15	Kondisi Saluran Sekunder D.I Tabo-Tabo	32
Gambar 16	Flow Chart Penelitian	33
Gambar 17	Skema Jaringan saluran sekunder Padang Lampe Data - data yang di peroleh antara lain	35
Gambar 18	Grafik kecepatan aliran pada bukaan pintu 30	36
Gambar 19	Grafik kecepatan aliran pada bukaan pintu 40	37
Gambar 20	Grafik kecepatan aliran pada bukaan pintu 50	38

Gambar 21	Grafik kecepatan aliran pada setiap segmen berdasarkan kedalaman tinjauan.....	39
Gambar 22	Nilai Froude dengan Kecepatan Aliran bukaan 30.....	42
Gambar 23	Nilai Froude dengan Kecepatan Aliran bukaan 40.....	43
Gambar 24	Nilai Froude dengan Kecepatan Aliran bukaan 50.....	44
Gambar 25	Kecepatan Aliran dengan Angkutan Sedimen berdasarkan Konsentrasi Sedimen.....	46
Gambar 26	Grafik Distribusi Ukuran Butiran Analisis Hidrometer bagian Hulu.....	50
Gambar 27	Grafik Hub antara ks/δ' dan x bagian hulu.....	51
Gambar 28	Grafik Hubungan antara I1 dan A Bagian hulu	52
Gambar 29	Grafik Hubungan antara I2 dan A Bagian hulu	53
Gambar 30	Grafik Distribusi Ukuran Butiran Analisis Hidrometer bagian Tengah.....	55
Gambar 31	Grafik Hub antara ks/δ' dan x Tengah.....	56
Gambar 32	Grafik Hubungan antara I1 dan A Bagian Tengah.....	57
Gambar 33	Grafik Hubungan antara I2 dan A Bagian Tengah.....	58
Gambar 34	Grafik Distribusi Ukuran Butiran Analisis Hidrometer bagian Hilir.....	60
Gambar 35	Grafik Hub antara ks/δ' dan x Hilir.....	61
Gambar 36	Grafik Hubungan antara I1 dan A Bagian Hilir	62
Gambar 37	Grafik Hubungan antara I2 dan A Bagian Hilir	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sedimen menjadi salah satu permasalahan pada saluran irigasi dan akan mempersingkat umur pelayanan jaringan irigasi karena pendangkalan dan penurunan kapasitas. Dampak dari sedimentasi dapat mengurangi kapasitas saluran irigasi sehingga dapat mempengaruhi debit air yang disalurkan.

Setiap perencanaan bangunan air akan memperhitungkan masalah angkutan sedimen yang terjadi, bersamaan dengan kecepatan arus pada aliran. Kombinasi antara perubahan setiap parameter saluran akan mempengaruhi kecepatan yang terjadi. Di sisi lain perubahan kecepatan tersebut akan menentukan keadaan dan jenis saluran serta distribusi angkutan sedimen.

Angkutan sedimen (sediment transport) adalah mekanisme pemindahan partikel sedimen dari tempat lepasnya ke tempat barunya akibat kecepatan aliran air.

Kecepatan aliran air yang mengangkut sedimen melalui saluran dipengaruhi oleh kekasaran, kemiringan dan ukuran saluran yang dibuat, semakin kasar saluran irigasi maka kecepatan aliran air di saluran irigasi semakin kecil, sehingga mengurangi debit air terutama pada saluran yang terbuat dari tanah. Karena kekasaran memberi efek

hambatan terhadap laju aliran air, hal itu juga akan berpengaruh terhadap debit dan efisiensi penyaluran airnya.

Oleh karena itu, penulis merasa perlu kiranya dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran irigasi

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran sekunder D.I Tabo - Tabo ?
2. Bagaimana perbandingan antara kecepatan aliran dan kecepatan geser terhadap angkutan sedimen melayang saluran sekunder D.I Tabo - Tabo?

C. Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang dipaparkan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran sekunder D.I Tabo - Tabo
2. Menganalisis perbandingan kecepatan aliran pada bagian hulu dan hilir terhadap angkutan sedimen pada saluran sekunder D.I Tabo - Tabo

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah mendapatkan nilai kecepatan, besaran sedimen, pada saluran yang berbeda pada saluran sekunder di D.I Tabo - Tabo.
2. Sebagai bahan referensi bagi peneliti yang berminat untuk melanjutkan penelitian ini.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada:

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di lapangan
2. Penelitian ini dilakukan di Saluran Sekunder D.I Tabo - Tabo Kab. Pangkep
3. Penelitian ini tidak melakukan kajian terhadap kualitas air sungai.
4. Penelitian ini tidak membahas tata guna lahan, dan bangunan pelengkap.
5. Penelitian ini menggunakan data sekunder untuk besaran debit di saluran.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tesis ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini terdiri dari lokasi dan objek penelitian, teknik pengumpulan data serta diagram alir penelitian, teknik pengambilan sampel dan teknik analisis data, Pembahasan mengenai alat dan material yang digunakan dalam pekerjaan, teknik pelaksanaan pekerjaan, dan kendala–kendala yang dihadapi di lapangan.

4. Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini menjelaskan hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh, sedangkan pada bagian pembahasan menguraikan pengolahan data hasil penelitian dalam rangka mencapai tujuan dari penelitian ini.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dikemukakan kesimpulan dari seluruh rangkaian proses penelitian dan saran-saran terkait dengan kekurangan yang didapati dalam penelitian ini, sehingga nantinya dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Putro Haryono. Dkk, 2013 meneliti Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilic pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan uji model fisik saluran dengan bahan akrilic, dengan lebar saluran 15cm tinggi saluran 20cm. Debit aliran diatur dengan menggunakan pintu sorong yang berada pada hulu saluran, dimana sirkulasi aliran dengan menggunakan pompa. Untuk men-stabilkan debit aliran maka pada reservoir pada tampungan saluran hulu dipasang pelimpah samping. Kemiringan saluran dapat diatur dengan mengatur ketinggian pada penyangga saluran. Dari percobaan penelitian pada flume dengan bahan akrilic dengan variasi kemiringan dasar saluran dan debit aliran terdapat variasi nilai koefisien kekasaran Manning (n) dimana dari variasi kemiringan saluran 0,0087; 0,0175; 0,0349 dan 0,0524 dengan variasi debit 1-4,5 liter/detik menghasilkan variasi n antara 0,006-0,032. Sebagai perbandingan nilai koefisien kekasaran n untuk saluran dilapis / dipoles dicat yaitu 0,012-0,017. Perbedaan nilai n ini selain dari perbedaan keliling basah yang terjadi pada saluran namun juga dipengaruhi oleh kemiringan saluran. Hasil ini memberikan gambaran untuk lebih hati-hati dalam menentukan koefisien kekasaran n pada rekayasa atau desain saluran. Penggunaan bahan yang seragam (sama) belum tentu

menghasilkan nilai koefisien kekasaran yang seragam pula.

Sudira, I Wayan, 2013 meneliti Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Mansahan. Metode penelitian yang dilakukan di mulai dengan menginventarisasi data primer maupun data sekunder. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan beberapa rumus angkutan sedimen dan dilanjutkan dengan perhitungan volume sedimen berdasarkan perubahan geometri / topografi. Kedua perhitungan dibandingkan dan memilih besaran sedimen. Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang. Hasil Perhitungan besaran angkutan sedimen menggunakan debit aliran yang dominan dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2012 yang diukur oleh Pengamat Irigasi Toili yaitu sebesar 3,66 m³/detik. Pada sungai Mansahan di ruas terpilih yang dibagi beberapa ruas terjadi erosi dan sedimentasi perlu di teliti lebih lanjut untuk mengetahui lebih terinci perubahan morfologi sungai yang terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa di sungai Mansahan pada ruas terpilih terjadi sedimentasi 251,51 M³/hari berdasarkan analisis pengukuran dari tahun 2010 - 2012. Dari hasil perbandingan antara simulasi dengan 3 metode terjadi perbedaan dengan hasil analisis pengukuran dan metode rottner yang mendekati dengan hasil pengukuran.

Rusman Yamsir dan F Maricar, 2015 melakukan Analisis Pergerakan Sedimen Pada Saluran Dengan Beberapa Variasi Kemiringan. Jenis penelitian yang dilakukan berupa pemodelan fisik di laboratorium.

Pemodelan fisik dapat diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu model tak distorsi dan model distorsi. Pada penelitian ini digunakan model tak distorsi dimana geometri antara model dan prototip adalah sama tetapi berbeda ukurannya. Hasil Penelitian menunjukkan Nilai terkecil dari kecepatan geser yang terjadi pada saat penelitian adalah $U^* = 0.07003571$ m/s lebih besar dari nilai kecepatan geser kritis butirannya yaitu $U^*_c = 0.009077556$ m/s. Hal ini menjelaskan bahwa butir sedimen berada dalam kondisi tidak stabil atau bergerak. Nilai terkecil dari tegangan geser yang terjadi di dasar saluran adalah $\tau_0 = 4.905$ N/m² jauh lebih besar dari nilai tegangan geser kritis butir sedimen $\tau_c = 0.082404$ N/m². Oleh karena itu, aliran yang terjadi menyebabkan semua butir sedimen bergerak. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran akan berpengaruh terhadap bertambahnya kedalaman aliran yang terjadi. Perubahan kedalaman aliran yang cukup mencolok pada tiap kemiringan disebabkan oleh adanya bangunan check dam pada bagian hilir saluran sehingga semakin kecil kemiringan saluran maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar. Perubahan debit berpengaruh terhadap muatan sedimen yang senantiasa melakukan pergerakan menyebabkan terjadinya fenomena alterasi dasar sungai (river bed alteration), dimana pada suatu periode tertentu permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (agradasi),

B. Landasan Teori

1. Sedimen

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Proses erosi terdiri atas tiga bagian yaitu : pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, 2014).

2. Transpor Sedimen

Sedimentasi adalah terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan. Semua batuan hasil pelapukan dan pengikisan yang diendapkan lama kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat dengan tempat lain akan berbeda.

Kecepatan transpor sedimen adalah hasil perkalian antara berat partikel sedimen dengan kecepatan rata-ratanya. Besarnya transpor sedimen dalam aliran merupakan fungsi dari suplai sedimen dan energi aliran sungai. Ketika besarnya energi aliran sungai melampaui besarnya suplai sedimen, terjadilah degradasi sungai. Sebaliknya, ketika suplai sedimen lebih besar daripada energi aliran sungai, terjadi aggradasi sungai.

Selama periode aliran besar (stormflow events), meningkatnya kurva hidrograf berasosiasi dengan meningkatnya laju transpor sedimen. Ketika debit aliran puncak telah terlampaui dan debit aliran berkurang, laju sedimen pun berkurang yang berakibat terjadinya sedimentasi (Asdak, 2007). Sedimentasi sendiri merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranspor oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan (Soemarto, 1995).

Menurut Soewarno (1991), angkutan sedimen dapat bergerak dan bergeser disepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai, tergantung pada komposisi material (ukuran dan berat jenis) dan kondisi aliran yang meliputi kecepatan dan kedalaman aliran. Jenis sedimen angkutan yang dibawa oleh alur sungai dibedakan menjadi beban bilas (wash load), beban layang (suspended load), dan beban alas (bed load). Beban bilas (wash load) terdiri dari partikel – partikel yang sangat halus dan koloid. Partikel tersebut mengendap sangat lambat meskipun dalam aliran air tenang. Jenis bahan ini didapatkan dari bahan alas (bed material) dalam jumlah yang sangat sedikit, atau terbatas. Aliran turbulen yang biasa saja di alur sungai sudah mempunyai kemampuan besar untuk mengangkut beban bilas, sehingga beban bilas yang diangkut hanya merupakan fungsi penyediaan material yang terdapat di alas sungai (Soemarto,1995). Muatan dasar (bed load) bergerak dalam aliran sungai dengan cara bergulir, meluncur dan meloncat diatas permukaan dasar sungai. Muatan melayang (suspended load) terdiri dari butiran halus yang

ukurannya lebih dari 0,1 mm dan senantiasa melayang di dalam aliran air. Penghasil sedimen terbesar adalah hasil longsoran permukaan lereng pegunungan, erosi sungai (dasar dan tebing alur sungai), dan bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif (Yusuf Gayo, dkk., 1985).

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material sungai yang melayang di dalam aliran dan terdiri dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu terdorong ke atas oleh turbulensi aliran (Soewarno, 1991). Kecepatan aliran sungai pada badan sungai selalu lebih besar dibandingkan di tempat dekat permukaan tebing atau dasar sungai. Dalam pola aliran yang berputar (*turbulence flow*), tenaga momentum yang diakibatkan oleh kecepatan aliran yang tidak menentu tersebut akan dipindahkan ke arah aliran air yang lebih lambat oleh gulungan air yang berawal dan berakhir secara tidak menentu pula. Sebagian tenaga kinetis yang terbentuk oleh momentum bergerak ke dasar sungai, memungkinkan terjadi gerakan partikel – partikel besar sedimen yang tinggal di dasar sungai yang dikenal sebagai sedimen merayap atau muatan dasar, sedangkan partikel yang kecil ukurannya akan terlarut dalam air dan bergerak bersama badan air mengikuti arus kecepatan aliran yang terbentuk karena gradien sungai. Dengan demikian, tampak jelas perbedaan sedimen suspensi dengan sedimen muatan dasar, yaitu ukuran partikel dan cara partikel - partikel tersebut bergerak (Asdak, 2007).

Angkutan sedimen dapat dibedakan menjadi 2 (dua) menurut mekanisme pengangkutnya:

- a. Muatan sedimen melayang (suspended load)
- b. Muatan sedimen dasar (bed load)

Perhitungan Debit Sedimen Melayang Metode Sesaat

Muatan sedimen melayang (suspended load) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (bed material) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Pengukuran angkutan sedimen melayang dilakukan untuk menentukan konsentrasi sedimen, ukuran butiran sedimen dan produksi sedimen melayang (Soewarno, 1991) dalam (Putra et al., 2019)

Konsentrasi Sedimen Konsentrasi sedimen dapat dinyatakan dalam berbagai cara, antara lain:

- 1) Dinyatakan dengan perbandingan antara berat sedimen kering yang terkandung pada satu unit volume sedimen bersama-sama airnya dari suatu sampel, biasanya dinyatakan dalam satuan mg/l, g/m³, kg/m³, atau ton/m³;
- 2) Dinyatakan dengan perbandingan volume partikel sedimen yang terkandung pada satu unit volume sampel air, biasanya dinyatakan dalam satuan %;
- 3) Konsentrasi sedimen dapat juga dinyatakan dalam parts per million (ppm), apabila konsentrasinya rendah, dihitung dengan cara membagi berat sedimen kering dengan berat sampelnya dan mengalikan hasil

bagi tersebut dengan 106.

$$Q_s = k \times c \times Q_i \dots\dots\dots(11)$$

Dimana : Q_s = debit sedimen melayang

k = faktor konversi

C = konsentrasi sedimen melayang

Q_i = debit air

Umumnya untuk perhitungan debit sedimen melayang persamaan ditulis sebagai berikut :

$$Q_s = 0,0864 \times C \times Q_w \dots\dots\dots(12)$$

Dimana : Q_s = debit sedimen melayang rata-rata harian (ton/hari)

C = konsentrasi sedimen rata-rata (mg/l)

Q_w = debit rata-rata (m^3/det)

3. Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya dari suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti oleh pengendapan material yang terjadi di tempat lain

Sedimentasi dan erosi adalah dua hal yang sangat berkaitan erat. Erosi dan sedimentasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu air, aliran gleyter (es). Erosi juga sering disebut sebagai faktor penyebab banyaknya sedimen yang terangkut oleh air.

Beberapa dampak dari sedimentasi yang merupakan akibat dari erosi antara lain:

- a. Di sungai, pengendapan sedimen didasar sungai menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadinya banjir.
- b. Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran di aliri air yang penuh sedimen akan terjadi pengendapan sedimen di saluran, sudah tentu di butuhkan biaya yang besar untuk pengerukan sedimen.
- c. Di waduk-waduk, pengendapan sedimen diwaduk akan mengurangi volume efektifnya.
- d. Di bendungan atau pintu-pintu air, menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintunya.
- e. Di daerah sepanjang sungai, sebagaimana telah diuraikan diatas bahwa banjir akan lebih sering terjadi didaerah-daerah yang tidak di lindungi. Daerah yang dilindungi oleh tanggul akan aman, selama tanggulnya selalu dipertinggi.

Sedimen dapat pula berasal dari erosi yang terjadi pada luar sungai. Sedimen terangkut oleh aliran sungai pada saat debitnya meningkat dari bagian hulu dan kemudian di endapkan pada alur sungai yang landai atau pada ruas sungai yang melebar, selanjutnya pada saat debitnya mengecil dan kandungan beban dalam aliran mengecil, maka sedimen yang mengendap tersebut secara berangsur angsur terbawa hanyut lagi dan dasar sungai akan berangsur turun kembali.

Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya

melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi. Proses sedimentasi berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen (Arsyad. 2010)

a. Butiran Sedimen

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut disebut kondisi kritis. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser (τ_0), kecepatan aliran (U) juga mencapai kondisi kritis (Kironto, (1997) dalam Sucipto (1994)) Kondisi yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran adalah salah satu dari peristiwa berikut :

- 1) Satu butiran bergerak,
- 2) Beberapa (sedikit) butiran bergerak,
- 3) Butiran bersama-sama bergerak dari dasar, dan
- 4) Kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis.

Tiga faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu :

- 1) Kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran,
- 2) Gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran, dan
- 3) Gaya geser kritis.

4. Saluran Terbuka

aluran terbuka adalah saluran alami atau buatan yang memiliki permukaan bebas pada tekanan atmosfer. Saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan asal-usulnya dan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasar.

Klasifikasi saluran terbuka berdasarkan asal-usulnya, sebagai berikut :

- a. Saluran alam (natural channel), yaitu saluran yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia. Contoh : sungai-sungai kecil di daerah hulu (pegunungan) hingga sungai besar di muara.
- b. Saluran buatan (artificial channel), yaitu saluran yang dibuat dan direncanakan oleh manusia. Contoh : saluran drainase tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk supply air minum, dan saluran banjir.

Sedangkan klasifikasi berdasarkan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasar, sebagai berikut :

- a. Saluran Prismatik (prismatic channel), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap. Contoh : saluran drainase dan saluran irigasi.
- b. Saluran non Prismatik (non prismatic channel), yaitu saluran yang bentuk

penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah. Contoh : sungai. (Harianja & Gunawan, 2007).



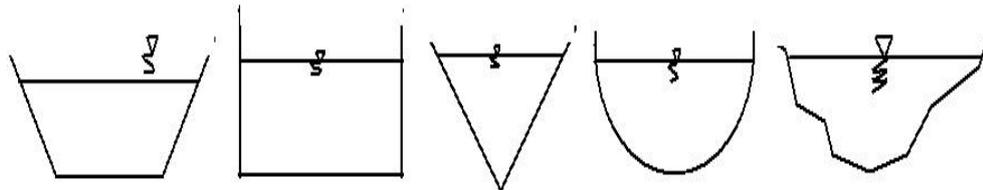
Gambar 1. Saluran Terbuka

Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan ρ (*density*) yang berbeda. Biasanya pada saluran terbuka dua fluida itu adalah udara dan air di mana kerapatan udara jauh lebih kecil daripada kerapatan air. Gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan di dalam air umumnya bersifat hidrostatis (French, 1987).

Hidraulika adalah ilmu yang mempelajari tentang pengaliran air. Dalam hidraulika kita akan mempelajari mengenai aliran melalui saluran, dimana saluran ini terbagi menjadi 2 jenis aliran yaitu aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran saluran tertutup / aliran pipa (*pipe flow*). Kecepatan aliran yang mengalir melalui saluran terbuka dapat mengalami hambatan yang dipengaruhi oleh kekasaran kemiringan dan ukuran saluran yang dibuat. Besar hambatan yang terjadi dapat ditentukan dengan

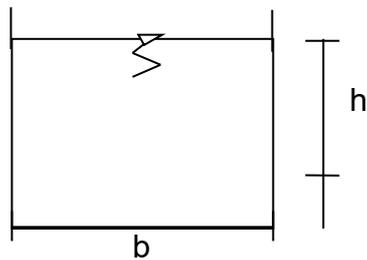
mengetahui besarnya koefisien kekasaran pada setiap jenis bahan dasar pembuat dinding saluran. Penentuan koefisien kekasaran merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan pendistribusian debit aliran yang telah direncanakan pada badan air.

Terdapat banyak bentuk penampang saluran terbuka antara lain penampang bentuk trapesium, penampang bentuk persegi panjang, penampang bentuk segitiga, penampang bentuk parit dangkal, dan penampang saluran alam yang tidak beraturan. Gambar 2.6. Memperlihatkan berbagai macam bentuk saluran terbuka.



Gambar 2 Berbagai macam bentuk saluran terbuka, (a)Trapezium, (b) Persegi, (c) Segitiga, (d)Setengah lingkaran, (e)Tak beraturan

Penampang pada saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk parabola sampai trapesium. Istiralah penampang saluran adalah tegak lurus terhadap arah aliran. Penampang vertikal saluran adalah penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang. Oleh sebab itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal. Gambar 7 Memperlihatkan penampang saluran persegi panjang.



Gambar 3 Penampang saluran persegi panjang

$$\text{Luas (A)} = b \times h \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2h \dots\dots\dots(2)$$

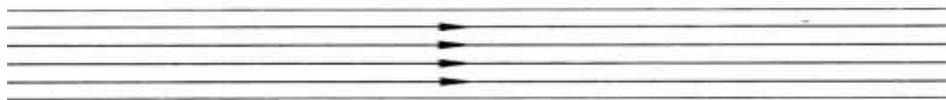
$$\text{Jari-jari hidrolik (R)} = \frac{bh}{b + 2h} \dots\dots\dots(3)$$

5. Tipe Aliran

Tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds.

Menurut Reynolds tipe aliran dibedakan sebagai berikut :

- a. Aliran laminar adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai Reynolds lebih kecil lima ratus ($Re < 500$).



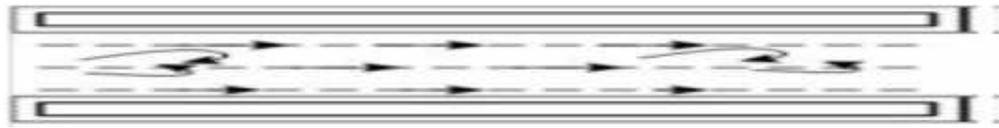
Gambar 4. Aliran laminar

- b. Aliran turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari Seribu ($Re > 1000$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali.



Gambar 5. Aliran turbulen

- c. Aliran transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynolds antara lima ratus sampai seribu ($500 \leq Re \leq 1000$).



Gambar 6. Aliran transisi

Tipe aliran dapat juga dibedakan dengan bilangan *Froude*, yaitu :

- Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- Aliran subkritis, jika bilangan *Froude* lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan *Froude* yaitu :

$$F = \frac{U}{\sqrt{gh}} \dots\dots\dots(4)$$

Nilai U diperoleh dengan rumus

$$U = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Nilai A itu diperoleh tergantung dari bentuk penampang yang digunakan.

6. Kecepatan aliran

Distribusi kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya (tidak merata) pada seluruh tampang saluran terbuka. Hal ini dapat dijelaskan dengan konsep kekentalan fluida dan kekasaran saluran dimana perbedaan tersebut disebabkan adanya tegangan geser di dinding dan dasar saluran.

Rumus yang dipakai dalam penelitian ini adalah rumus untuk menghitung kecepatan aliran yaitu :

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

Q = Debit aliran (m^3 /detik)

A = Luas penampang (m^2)

(Kartasapoetra dan sutedjo, 1994)

Kecepatan aliran rata – rata di suatu bagian penampang basah diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan rata – rata dari titik kedalamannya. Kecepatan aliran rata – rata di suatu vertical diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan aliran satu, dua atau tiga titik, yang pelaksanaannya tergantung pada kondisi aliran, kedalaman aliran, lebar aliran dan sarana yang tersedia. Jenis cara pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

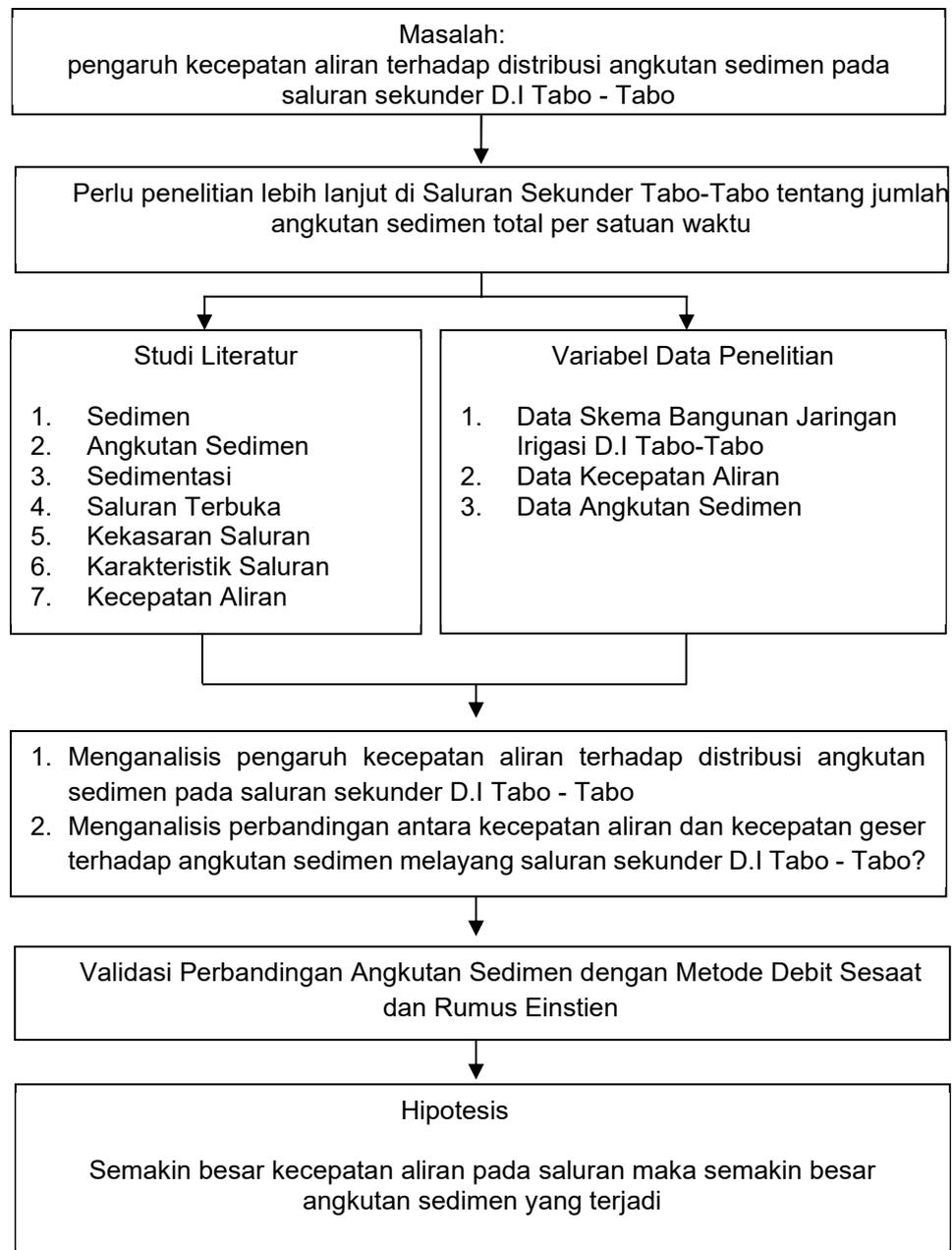
Pengukuran kecepatan aliran satu titik, dilaksanakan pada 0,6 kedalaman (d) atau 0,2 (d) dari permukaan air, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pada 0,6 d, dilaksanakan apabila kedalaman air kurang dari 0,75 m

2. Pada 0,6 d, dari permukaan air, juga dilakukan untuk mengukur debit banjir apabila cara pengukuran pada 0,2 d dan 0,8 d tidak dapat dilaksanakan karena aliran berubah cepat sehingga waktu yang tersedia relative pendek.
3. Pengukuran kecepatan aliran dua titik, dilaksanakan pada 0,2 d dan 0,8 d dari permukaan air, apabila kedalaman air lebih dari 0,75 m.
4. Pengukuran kecepatan aliran tiga titik, dilaksanakan pada titik 0,2 d, 0,6 d, dan 0,8 d dari permukaan air.

(Indonesia & Nasional, 2015)

C. Kerangka Pikir



Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian