

SKRIPSI

**STUDI PERGERAKAN SEDIMEN AKIBAT FLUKTUASI DEBIT
PADA SALURAN TERBUKA
(UJI LABORATORIUM)**



Oleh :

MUHAMMAD SAID : 105 81 2102 14
ASTUTI RISKY AMALIA : 105 81 2110 14

JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2018

**STUDI PERGERAKAN SEDIMEN AKIBAT FLUKTUASI DEBIT
PADA SALURAN TERBUKA
(UJI LABORATORIUM)**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar**

Disusun dan diajukan Oleh :

**MUHAMMAD SAID : 105 81 2102 14
ASTUTI RISKY AMALIA : 105 81 2110 14**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2018

**STUDI PERGERAKAN SEDIMEN AKIBAT FLUKTUASI DEBIT PADA SALURAN TERBUKA
(UJI LABORATORIUM)**

Muhammad Said¹ Dan Astuti Risky Amalia²

¹Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : Saïdmuhammad848@yahoo.co.id

²Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : Astuti_riskyamalia@yahoo.co.id

Abstrak

Studi Pergerakan Sedimen Akibat Fluktuasi Debit Pada Saluran Terbuka (Uji Laboratorium) dibimbing oleh Ratna Musa dan Nenny. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (deposition). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pergerakan sedimen (tegangan geser dasar (τ_0), tegangan geser kritis (τ_c), dan kecepatan geser kritis (U_*)), akibat fluktuasi debit. Dan untuk mengetahui pengaruh perubahan dasar saluran (Agradasi dan Degradasi) akibat pergerakan sedimen. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur tinggi muka air dan kecepatan aliran pada 10 titik di saluran, pengukuran dilakukan ketika air sudah stabil, pengukuran tinggi gerusan dan pengendapan dilakukan pada waktu saluran dalam kondisi kering. Penelitian ini menghasilkan variasi debit (Q_1) : 0,0026 m³/det, menghasilkan debit aliran (q) di titik 1 sebesar 0,0017 m/det, tegangan geser (τ_0) : 0,870 kg/m², tegangan geser kritis (τ_c) : 1,277 kg/m², dan kecepatan geser (u_*) : 0,029 m/det rata-rata $\tau_0 < \tau_c$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam. Pada debit (Q_2) : 0,0039 m³/det, menghasilkan debit aliran (q) di titik 2 sebesar 0,0054 m/det, tegangan geser (τ_0) : 1,299 kg/m², tegangan geser kritis (τ_c) : 1,350 kg/m², dan kecepatan geser (u_*) : 0,0361 m/det menghasilkan rata-rata $\tau_0 = \tau_c$ dan $\tau_0 > \tau_c$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak, dan bergerak. Semakin besar debit pengaliran semakin besar pula pergerakan sedimen. kedalaman gerusan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh variasi debit, semakin besar debit semakin besar gerusan yang terjadi.

Kata Kunci: Saluran Terbuka, Debit, Angkutan Sedimen,

Abstract

Study movement of sediment effect of fluctuation charge at open channel (laboratory test) guided by mother of ratna and of nenny. Sedimentation process cover erosion process, precipitation and transportation. This research aim to to know influence of movement of sediment (tension shift, tension shift critically, and speed shift critically), effect of debit fluctuation. and to know change of channel base (agradasi of degradasi) effect of movement of sediment, this research is conducted] with measuring is high of face irrigate and speed of stream at 10 channel, measurement conducted by when water have stabilized, altimetry agradasi of degradasi conducted by when channel in a condition run dry. this research yield debit variation of (Q_1) : 0.0026m³/second, yielding stream debit in channel 1 equal to 0.0017m³/second, tension shift 0.870kg/m², tension shift critical 1.277kg/m² and speed shift 0.029m/second. Yielding flattens to < τ_c hence the sediment item tend to to be kept quiet at debit of Q_2 0.0039m³/second yielding stream debit in channel 2 equal to 0.0054m/second. tension shift 1.299kg/m², tension shift critical 1.350kg/m² and speed shift 0.0361m/second, yielding flattens to = τ_c of to > τ_c so that item of sediment tend to start to make a move. ever greaterly of ever greater jetting debit also movement of sediment. into gerusan that happened very influenced by debit variation of, ever greater of debit hence ever greater also scour that happened.

Keywords: open channel, debit, transportation of sediment

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **“Studi Pergerakan Sedimen Akibat Fluktuasi Debit Pada Saluran Terbuka (Uji Laboratorium)”**.

Tugas ini terwujud berka adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Dr. H. ABD. Rahman Rahim, SE., MM.** sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT.** sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu **Dr. Ir. Hj. Ratnah Musa ST., MT** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT** selaku pembimbing II, yang telah

meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayahanda dan ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2014 dengan rasa persaudaran yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis akan sangat menghargai saran dan kritik sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam upaya penyempurnaan laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Wassalamu`alaikum, Wr. Wb.

Makassar, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Sedimen.....	7
1. Pengertian Sedimen.....	7

2. Proses Sedimen	9
3. Angkutan Sedimen	10
4. Permulaan Gerak Butir Sedimen	18
B. Saluran Terbuka	22
1. Pengertian Saluran Terbuka	22
2. Unsur-unsur Geometri Saluran	23
3. Bentuk Saluran	25
4. Klasifikasi Aliran	25
a) Aliran Permanen Dan Tidak Permanen	26
b) Aliran Seragam Dan Berubah	27
c) Aliran Laminer Dan Turbulen.....	28
d) Aliran Subkritis, Kritis, Dan Superkritis.....	32
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 34
A. Lokasi Dan Waktu Penelitian	34
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data	34
C. Alat, Dan Bahan.....	35
1. Alat	35
2. Bahan.....	36
D. Variabel yang diteliti	37
E. Model Saluran.....	38
F. Perancangan Model	41

G. Teknik Pengambilan Data	42
H. Teknik Analisa Data	42
I. Prosedur Penelitian	43
J. Flow Chart Penelitian	45
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Hasil Penelitian	46
B. Hasil Analisis	47
1. Pengaruh Pergerakan Sedimen di dasar saluran akibat fluktuasi debit	47
a. Perhitungan Bilangan <i>Froude</i>	47
b. Pengaruh Kedalaman Aliran (h) Terhadap (τ_0)	50
c. Hubungan (τ_0) terhadap (τ_c)	53
d. Hubungan (u_*) terhadap (u_{*c})	55
e. Pengaruh debit (Q) terhadap (τ_0), (τ_c), dan (u_*)	58
2. Pengamatan perubahan dasar saluran (agradasi dan degradasi) akibat perubahan debit	67
C. Pembahasan	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler.....	11
2. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler	11
3. Transpor sedimen dalam aliran air sungai.	15
4. Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen	17
5. Permulaan gerak butiran.....	18
6. Grafik tegangan geser.....	19
7. Penampang saluran trapesium.....	24
8. Macam – macam bentuk saluran terbuka.....	25
9. Klasifikasi aliran pada saluran terbuka	26
10. Aliran turbulen dan laminer	30
11. Ilustrasi aliran pada saluran terbuka	31
12. Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka	33
13. Denah Model Penelitian	39
14. Gambar potongan A-A	40
15. Gambar Flow Chart Penelitian.....	45
16. Pengaruh letak titik terhadap kecepatan aliran	47
17. Hubungan Antara Kecepatan dan Bilangan Froude dengan debit	49
18. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ_0) dan Kedalaman Aliran (h) Untuk debit (Q_1) $0,0026 \text{ m}^3/\text{det}$	51

19. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ_o) dan Kedalaman Aliran (h) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.....	52
20. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ_o) dan Kedalaman Aliran (h) Untuk debit (Q3) 0,0071 m ³ /det.....	52
21. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q1) 0,0026 m ³ /det.....	54
22. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.....	54
23. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q3) 0,0071 m ³ /det.....	55
24. Hubungan Antara Kecepatan Geser Kritis (U_x) dan Kecepatan Aliran(V) Untuk debit (Q1) 0,0026 m ³ /det.....	56
25. Hubungan Antara Kecepatan Geser Kritis (U_x) dan Kecepatan Aliran(V) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.....	57
26. Hubungan Antara Kecepatan Geser Kritis (U_x) dan Kecepatan Aliran(V) Untuk debit (Q3) 0,0071 m ³ /det.....	57
27. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q1) 0,0026 m ³ /det	59
28. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser kritis (τ_c) Untuk debit (Q1) 0,0026 m ³ /det.....	59

29. Pengaruh (q) Terhadap Kecepatan Geser kritis (u_*) Untuk debit (Q1) 0,0026 m ³ /det.....	60
30. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.	61
31. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.	61
32. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Kecepatan Geser kritis (u_*) Untuk debit (Q2) 0,0039 m ³ /det.	62
33. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q3) 0,0071 m ³ /det	63
34. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap (τ_c) Untuk debit (Q3).....	63
35. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap (u_*) Untuk debit (Q3).	64
36. Rekapitulasi pengaruh Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap (τ_o)	65
37. Rekapitulasi pengaruh Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap (τ_c).....	66
38. Rekapitulasi pengaruh Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap (u_*).....	66
39. Perubahan dasar saluran setelah percobaan pertama	67
40. Arah pergerakan sedimen dasar saluran percobaan pertama.....	68
41. Perubahan dasar saluran setelah percobaan kedua	68
42. Arah pergerakan sedimen dasar saluran percobaan kedua.....	69
43. Perubahan dasar saluran setelah percobaan ketiga	69
44. Arah pergerakan sediem dasar saluran percobaan ketiga.....	70

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
45. Proses sedimen dasar.....	12
46. Dimensi saluran.....	42
47. Hasil Pengambilan Data.....	46
48. Hasil perhitungan bilangan <i>Froude</i> dengan variasi debit.....	48
49. Perhitungan tegangan geser (τ_o) terhadap kedalaman aliran (h)	51
50. Perhitungan tegangan geser dasar(τ_o) Dengan tegangan geser kritis(τ_c)	53
51. Perhitungan kecepatan geser (U_*) dengan kecepatan geser kritis(U_{*c})	56
52. Perhitungan debit aliran (q) terhadap tegangan geser (τ_o), Tegangan Geser Kritis (τ_c) dan Kecepatan Geser (U_*)	58
53. Rekapitulasi pengaruh debit aliran (q) terhadap tegangan geser (τ_o), Tegangan Geser Kritis (τ_c) dan Kecepatan Geser (U_*)	65

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

d = Diameter butiran sedimen (m)

R_b = Jari-jari hidrolis (m)

B = Lebar saluran (m)

γ_s = Berat jenis sedimen (kg/m^3)

γ = Berat jenis air (kg/m^3)

U = Kecepatan aliran (m/detik)

u_* = Kecepatan geser

τ_c = Tegangan geser kritis

τ_o = Tegangan geser

I = Kemiringan saluran

h = Kedalaman aliran (m)

Re = Bilangan Reynold

u = karakteristik kecepatan aliran, biasanya diambil dari kecepatan rata-rata (m/d).

L = Panjang karakteristik (m).

- μ = Kekentalan kinematik (m^2/d)
- ρ = kerapatan air dengan satuan kg/m^3
- Fr = Angka Froude
- \bar{v} = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)
- H = Kedalaman aliran hidrolis (m)
- g = Gaya Gravitasi (m/det^2)
- A = Luas penampang
- P = Keliling Basah
- q = Debit Aliran
- Q = Debit Pengaliran

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai adalah jalur aliran air di atas permukaan bumi yang di samping mengalirkan air juga mengangkut sedimen terkandung dalam air sungai tersebut.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (deposition). Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetic yang merupakan awal dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal pada tanah sedangkan sebagian lagi masuk ke dalam sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. (Iskandar dan Tony, 2013)

Pengendapan umumnya merupakan akibat adanya erosi dan sebagai perantara utamanya adalah air. Di sungai ataupun saluran – saluran irigasi, jika terjadi pengendapan akan menyebabkan pendangkalan dan hal ini sangat berpengaruh bagi kehidupan manusia. Masalah yang sering dijumpai yaitu terjadinya pengendapan disepanjang saluran bangunan air, yang dapat menimbulkan banjir dan kerusakan bangunan pengaman lainnya. Sedimen berperilaku bergerak, bergeser, dan meloncat disepanjang dasar aliran atau bergerak melayang pada aliran, tergantung dari pada komposisi (ukuran, berat jenis, dan lain-lain), kondisi aliran (kecepatan aliran, kedalaman

aliran, dan sebagainya). (N.P.A Rosa, dan Andar harianja Jhonson, 2011)

Berdasarkan penelitian, semakin besar debit yang dialirkan maka angkutan sedimen (*Bed Load*) akan semakin banyak (Cahyono iksan:2007). Pengetahuan mengenai Angkutan Sedimen (*Sediment Transport*) merupakan dasar untuk perancangan bangunan–bangunan pengendali sungai ataupun saluran–saluran irigasi, perbaikan navigasi, perancangan bangunan pelindung pantai, pelabuhan/dermaga dan bangunan–bangunan lainnya. (Adinegara Subary,2005).

Penelitian tentang sifat dan dinamika sedimen sangat diperlukan untuk mengetahui karakteristik sedimen yang terangkut, pemakaian rumus-rumus empiris kadang belum membantu dalam perencanaan suatu bangunan air, maka perlu studi model atau riset di laboratorium agar perilaku sedimen dapat diketahui. Oleh sebab itu, apakah perubahan debit aliran akan berpengaruh terhadap laju pergerakan sedimen, perlu untuk diselidiki. kami mencoba melakukan uji laboratorium terkait tentang judul **“Studi Pergerakan Sedimen Akibat Fluktuasi Debit Pada Saluran Terbuka”**.

\

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh pergerakan sedimen di dasar saluran akibat fluktuasi debit ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan dasar saluran akibat pergerakan sedimen?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan di atas, maka tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh pergerakan sedimen (tegangan geser dasar (τ_0), tegangan geser kritis (τ_c), dan kecepatan geser kritis (U_*)), akibat fluktuasi debit.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan dasar saluran (Agradasi dan Degradasi) akibat pergerakan sedimen.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

- 1) untuk mendapatkan pengetahuan dan memberikan informasi tentang pergerakan sedimen akibat fluktuasi debit pada saluran terbuka
- 2) dapat dijadikan sebagai salah satu dasar dalam merancang bangunan-bangunan pengendali sungai maupun saluran–saluran irigasi, perbaikan

navigasi, perancangan bangunan pelindung pantai, pelabuhan / dermaga dan bangunan–bangunan lainnya.

- 3) Mengetahui lebih dalam ilmu hidraulika pada saluran terbuka

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang luas serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Penelitian dilakukan dilaboratorium Teknik Sungai Universitas Muhammadiyah Makassar.
- b) Bentuk saluran terbuka adalah saluran trapesium dengan lebar dasar saluran 35 cm, tinggi saluran 35 cm, panjang saluran 950 cm serta kemiringan saluran 1 : 0,5.
- c) Air yang digunakan yaitu air tawar.
- d) Jenis pasir yang digunakan adalah pasir Non Kohesi.
- e) Debit per penampang terdiri dari 10 titik yang akan di teliti.
- f) Lebar dasar saluran yang di gunakan sama dan variasi debit yang di pakai adalah 3 debit bukaan.
- g) Angkutan sedimen yang di hitung adalah sedimen dasar pada saluran terbuka.

- h) Penelitian ini fokus terhadap hubungan antara fluktuasi debit dengan tegangan geser dasar (τ_0), tegangan geser kritis (τ_c), dan kecepatan geser kritis (U_*).

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

BAB I. Merupakan bab pendahuluaan yang menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II. Merupakan tinjauan pustaka yang memuat 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 yang meliputi tentang, sedimen, butiran sedimen pendekatan empiris angkutan sedimen dasar, saluran terbuka dan karakteristik aliran.

BAB III. Merupakan metodologi penelitian yang menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta tahap-tahap dalam proses penelitian di laboratorium,

dimulai dari pembuatan saluran, dan pengambilan data pada kondisi yang bervariasi.

BAB IV. Merupakan Analisa Hasil dan Pembahasan yang menguraikan tentang hasil- hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh. Sedangkan pada bagian pembahasan adalah mengolah data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB V. Merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang tentunya diharapkan agar penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi rekayasa khususnya bangunan air dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Sedimen

1. Pengertian 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 dalam Rasmawati dan sufiah, 2016).

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. (Suripin, 2002)

Erosi dan sedimentasi adalah dua hal yang sangat berkaitan erat. Erosi dan sedimentasi dapat disebabkan oleh aliran gleyster (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.

2. Proses Sedimen

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 (sumber : Oliviana Mokonio, T. Mananoma, L. Lanudjaja dan A. Binilang. 2013)

Proses sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu (sumber : Ahmad Nasirul Umam, 2015) :

- a) Proses sedimentasi secara geologis : Sedimentasi secara geologis merupakan proses erosi tanah yang berjalan secara normal, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses degradasi dan agradasi pada permukaan kulit bumi akibat pelapukan.

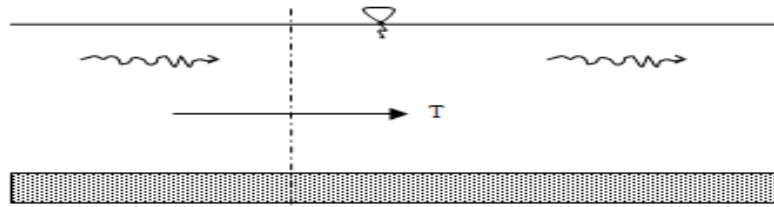
b) Proses sedimentasi yang dipercepat : Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengolah tanah. Cara mengolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.

3. Angkutan Sedimen (Transport 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 kritik.

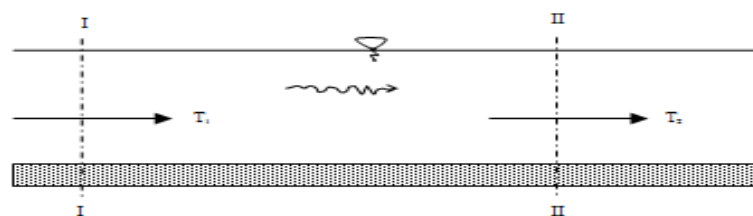
Menurut Mardjikoen (1987), angkutan sedimen merupakan perpindahan tempat bahan sedimen *granular (non kohesif)* oleh air yang sedang mengalir searah aliran. Banyaknya angkutan sedimen T dapat ditentukan dari perpindahan tempat suatu sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu yang cukup.

Lihat Gambar 1. τ dinyatakan dalam (berat, massa, volume) tiap satuan waktu.



Gambar 1. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler.
(Mardjikoen, 1987)

Laju sedimen yang terjadi bias dalam kondisi seimbang (*equilibrium*). Erosi (*erosion*), atau pengendapan (*deposition*), maka dapat ditentukan kuantitas sedimen yang terangkut dalam proses tersebut. Proses sedimentasi di dasar saluran dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 2. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler.(Mardjikoen, 1987)

Tabel 1. Proses Sedimen Dasar

Perbandingan T	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Pengendapan	Agradasi

(Mardjikoen, 1987)

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.

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat,

akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir.

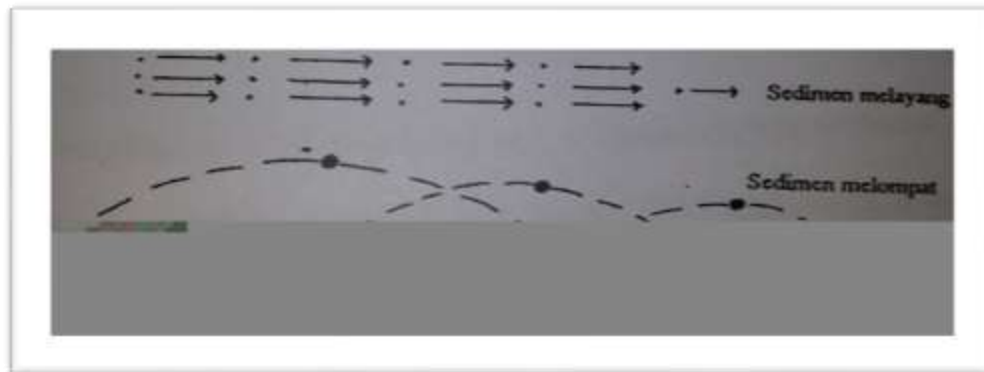
Berdasarkan pergerakan partikel sedimen yang terdapat di sungai, maupun yang terdapat pada saluran-saluran pengairan, maka angkutan sedimen dapat digolongkan dalam 3 (tiga) bagian yang tergantung pada kecepatan aliran sungai. Ketiga macam angkutan sedimen tersebut adalah sebagai berikut :

1. Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load Transport) Proses angkutan ini, terjadi pada suatu kondisi kecepatan aliran yang relative rendah, yang mampu menggerakkan butiran yang semula dalam keadaan diam akan menggelinding dan meluncur di sepanjang dasar saluran.
2. Angkutan Sedimen Loncat (Saltation Load Transport) Pada kecepatan aliran yang lebih tinggi, butiran-butiran sedimen akan membuat loncatan-loncatan pendek meninggalkan dasar sungai, karena gaya dorong yang bekerja terhadap butiran makin besar. Kemudian butiran tersebut kembali ke dasar sungai atau melanjutkan gerakanya dengan membuat loncatan – loncatan yang lebih jauh
3. Angkutan Sedimen Layang (Suspended Load Transport) Jika kecepatan aliran ditingkatkan lebih besar lagi, maka gerakan loncatan tersebut akan sering terjadi, sehingga apabila butiran tersebut oleh arus utama atau oleh gerakan aliran turbulen kearah permukaan, maka

butiran akan tetap bergerak ke dalam arus aliran air untuk selang waktu tertentu yang dapat diamati.

Menurut Asdak (2014), besarnya transport sedimen dalam aliran sungai merupakan fungsi dari suplai sedimen dan energi aliran sungai (*stream energy*). Ketika besarnya energi aliran sungai melampaui besarnya suplai sedimen, terjadilah degradasi sungai. Pada sisi lain, ketika suplai sedimen lebih besar dari pada energi aliran sungai, terjadilah aggradasi sungai. Hasil penelitian di lapangan menunjukkan bahwa aliran sungai merupakan sistem yang bersifat dinamika sehingga aliran air sungai selalu bervariasi.

Menurut Asdak (2014), proses Transportasi sedimen adalah begitu sedimen memasuki badan sungai, maka berlangsunglah transport sedimen. Kecepatan transport merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Sedang partikel yang lebih besar, antara lain, pasir cenderung bergerak dengan cara melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*) seperti pada gambar berikut :



Gambar 3. Transpor sedimen dalam aliran air sungai (Asdak, 2014)

Besarnya ukuran sedimen yang terangkut aliran air ditentukan oleh interaksi faktor-faktor sebagai berikut : ukuran sedimen yang masuk kedalam sungai / saluran air, karakteristik saluran, debit, dan karakteristik fisik partikel sedimen. Besarnya sedimen yang masuk ke sungai dan besarnya debit ditentukan oleh faktor iklim, topografi, geologi, vegetasi, dan cara bercocok tanam di daerah tangkapan air yang merupakan asal datangnya sedimen. Sedang karakteristik sungai yang penting, terutama bentuk morfologi sungai, tingkat kekasaran dasar sungai, dan kemiringan sungai. Interaksi dan masing-masing faktor tersebut di atas akan menentukan jumlah dan tipe sedimen serta kecepatan transport sedimen.

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya. Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam sungai atau disebut muatan sedimen (*suspended sediment*) dan merayap di dasar sungai atau dikenal sebagai sedimen dasar (*bed load*).

Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi :

1. Liat ukuran partikelnya $< 0,0039$ mm
2. Debu ukuran partikelnya $0,0039-0,0625$ mm
3. Pasir ukuran partikelnya $0,0625-2,0$ mm
4. Pasir besar ukuran partikelnya $2,0-64,0$ mm

Proses pengangkutan sedimen (*sediment transport*) dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut :

- a) Pukulan air hujan (*rainfall detachment*) terhadap bahan sedimen yang terdapat diatas tanah sebagai hasil dari erosi percikan (*splash erosion*) dapat menggerakkan partikel - partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama - sama limpasan permukaan (*overland flow*).
- b) Limpasan permukaan (*overland flow*) juga mengangkat bahan sedimen yang terdapat di permukaan tanah, selanjutnya dihanyutkan masuk kedalam alur-alur (*rills*), dan seterusnya masuk kedalam selokan dan akhirnya ke sungai.
- c) Pengendapan sedimen, terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat (*pick up velocity*) dan mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*settling velocity*) yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dan kecepatan aliran.

Ada dua kelompok cara mengangkut sedimen dari batuan induknya ke tempat pengendapannya, yakni suspensi (*suspended load*) dan (*bed load transport*). Di bawah ini diterangkan secara garis besar ke duanya.

a) Suspensi

Dalam teori segala ukuran butir sedimen dapat dibawa dalam suspensi, jika arus cukup kuat. Akan tetapi di alam, kenyataannya hanya material halus saja yang dapat diangkut suspensi. Sifat sedimen hasil pengendapan suspensi ini adalah mengandung prosentase masa dasar yang tinggi sehingga butiran tampak mengambang dalam masa dasar dan umumnya disertai memilahan butir yang buruk. Ciri lain dari jenis ini adalah butir sedimen yang diangkut tidak pernah menyentuh dasar aliran.

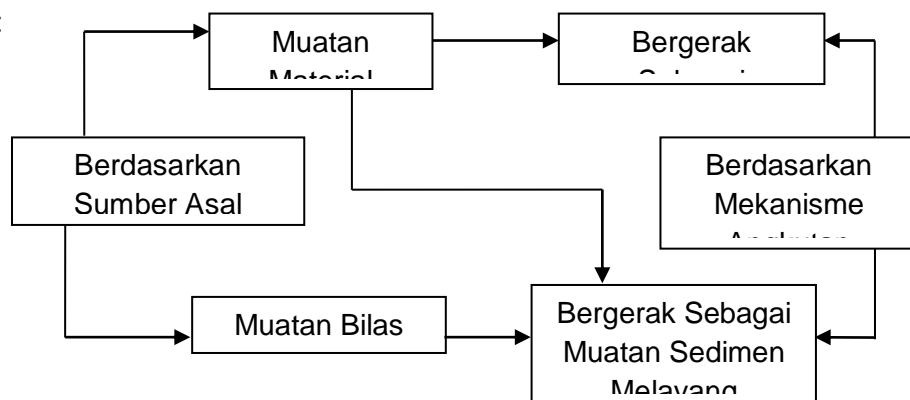
b) Bed load transport

Berdasarkan tipe gerakan media pembawanya, sedimen dapat dibagi menjadi:

- 1) Endapan arus traksi
- 2) Endapan arus pekat (*density current*) dan
- 3) Endapan suspensi.

Secara skematis angkutan sedimen dapat digambarkan sebagai

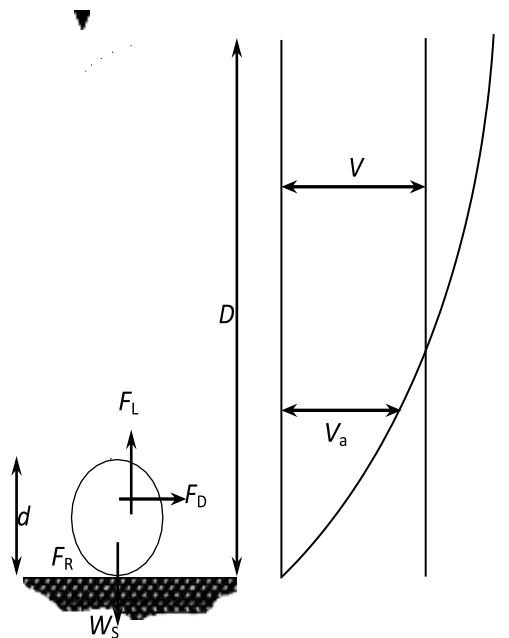
berikut :



4. Permulaan Gerak Butir Sedimen

Gaya yang bekerja pada suatu partikel sedimen bundar (*spherical*) pada dasar saluran terbuka dapat dilihat pada gambar 5, hampir setiap kriteria permulaan gerak butir diturunkan dari pendekatan tegangan geser ataupun kecepatan arus. Gaya yang bekerja pada butiran sedimen (non kohesif) dalam air :

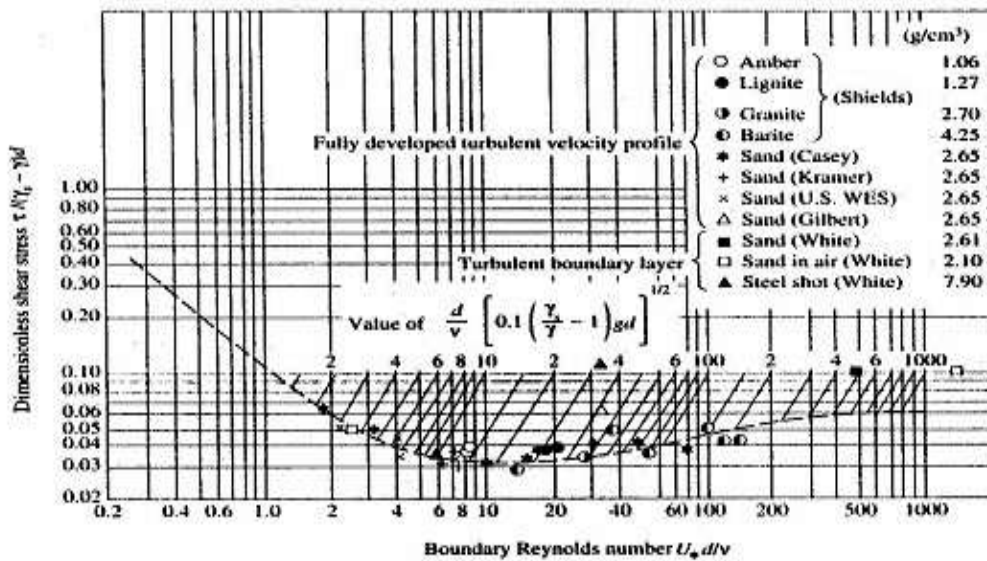
1. Gaya berat di air (*submerged weight, W_s*)
2. Gaya yang menahan (*resistance force, F_R*)
3. Gaya angkat (*lift force, F_L*)
4. Gaya seret (*drag force, F_D*)



Gambar 5. Permulaan gerak butiran

Teori permulaan gerak dengan pendekatan tegangan geser

menurut Shield, 1936 dapat dilihat pada grafik di Gambar 6. Secara umum sangat sulit untuk menghitung secara analitik berapa besar gaya-gaya yang bekerja pada partikel sedimen, sehingga dengan melakukan analisis dimensi dari beberapa parameter sehingga dapat membuat diagram permulaan gerak dengan pendekatan tegangan geser. Faktor yang berpengaruh dalam penetapan permulaan gerakan butir antara lain adalah tegangan geser, perbedaan rapat masa air dengan rapat massa sedimen, diameter partikel, angka kekentalan kinetik dan grafitasi bumi.



Gambar 6. Grafik tegangan geser

Data ukuran butir partikel sedimen banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Metode yang digunakan untuk menganalisa ukuran butiran yaitu dengan cara ayakan. Dengan cara ayakan ini digunakan satu set ayakan dan

pengukuran dilakukan dengan 2 cara meliputi : cara ayakan kering, digunakan bila contoh/sampel terdiri dari pasir lepas sehingga tidak menggumpal. Cara ayakan basah, digunakan bila contoh/sampel banyak mengandung fraksi-fraksi halus sehingga sukar untuk dipisahkan. (soewarno,1991).

Tegangan Geser Dasar, Permulaan gerak butiran sedimen dasar merupakan awal mula angkutan sedimen. Salah satu faktor yang menyebabkan permulaan gerak sedimen adalah kecepatan. Kecepatan efektif untuk menggerakkan butiran dinyatakan dalam rumus berikut :

$$U_* = (g \cdot h \cdot I)^{0,5} \quad (2.1)$$

dengan:

U_* = kecepatan geser (m/dt)

g = gravitasi (m/dt²)

h = kedalaman aliran (m)

I = kemiringan saluran

Kecepatan geser tersebut digunakan untuk menentukan bilangan Reynolds yang terjadi. Rumus bilangan Reynolds adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{u_* D}{\nu} \quad (2.2)$$

dengan:

Re = bilangan Reynolds

U_* = kecepatan geser (m/dt)

D = kedalaman aliran (m)

V = viskositas (m²/dt)

Setelah bilangan Reynolds didapatkan, selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi tegangan geser (F^*) dengan menggunakan diagram Shields. Rumus dimensi tegangan geser adalah sebagai berikut :

$$F^* = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \quad (2.3)$$

Dengan

F^* = dimensi tegangan geser

τ_c = tegangan geser kritis (kg/m²)

ρ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m³)

ρ_w = berat jenis air (kg/m³)

D_s = diameter butiran sedimen (m)

Sedangkan tegangan geser yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\tau_o = \rho_w \cdot g \cdot H \cdot I \quad (2.4)$$

dengan:

τ_o = tegangan geser (kg/m²)

g = gravitasi (m/dt²)

ρ_w = berat jenis air (kg/m³)

H = kedalaman saluran (m)

I = kemiringan dasar saluran

setelah semua sudah di dapatkan hasilnya maka dapat dilihat pergerakannya pada ketentuan di bawah ini:

apabila:

$\tau_0 > \tau_c$ maka butiran bergerak

$\tau_0 = \tau_c$ maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)

$\tau_0 < \tau_c$ maka butiran diam

B. Saluran Terbuka

1. Pengertian Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka. Oleh karena aliran melalui saluran terbuka harus mempunyai muka air bebas, maka aliran ini biasanya berhubungan dengan zat cair dan umumnya adalah air.

Berbagai permasalahan teknik yang berhubungan dengan aliran terkadang tidak dapat diselesaikan dengan analitis, maka harus melakukan pengamatan dengan membuat suatu saluran atau alat peraga, bentuk saluran ini mempunyai bentuk yang sama dengan permasalahan yang diteliti, tetapi ukuran dimensinya lebih kecil dari yang ada di lapangan.

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 alamiah di bumi, dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. Aliran air dibawah tanah dengan permukaan bebas juga dianggap sebagai saluran terbuka alamiah.

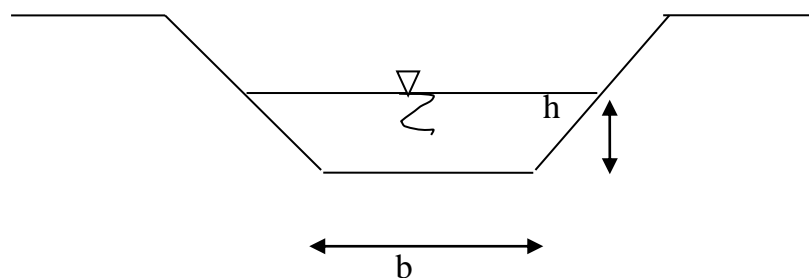
Saluran buatan adalah saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatnya seperti, saluran irigasi, saluran drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air dan saluran untuk industri dan sebagainya termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat-sifat hidrolis saluran semacam ini dapat diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Oleh karena itu, penerapan teori hidrolis untuk saluran buatan dapat membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi sesungguhnya, dengan demikian cukup teliti untuk keperluan perancangan praktis.

2. Unsur- unsur Geometri Saluran

Unsur-unsur geometri saluran adalah sifat-sifat suatu saluran yang dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri penampang dan kedalaman aliran. Unsur-unsur ini sangat penting dan banyak sekali dipakai dalam perhitungan aliran.

Untuk penampang biasa yang sederhana, geometri dapat dinyatakan secara matematik menurut kedalaman aliran dan dimensi lainnya dari penampang tersebut. Namun untuk penampang yang rumit dan penampang saluran alam, belum ada rumus tertentu untuk menyatakan unsur-unsur tersebut, selain kurva-kurva yang menyatakan hubungan unsur-unsur ini dengan kedalaman aliran yang disiapkan untuk perhitungan hidrolis.

Penampang saluran buatan biasanya direncanakan berdasarkan bentuk geometris yang umum. Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Istilah penampang saluran (*channel section*) adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan penampang vertikal saluran (*vertical channel section*) adalah penampang vertikal melalui titik terbawah atau terendah dari penampang. Oleh sebab itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal.



Gambar 7. Penampang Saluran Trapesium

$$\text{Luas (A)} = (b + mh) h \quad (2.5)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \quad (2.6)$$

$$\text{Jari jari Hidrolik (R)} = \frac{A}{P} \quad (2.7)$$

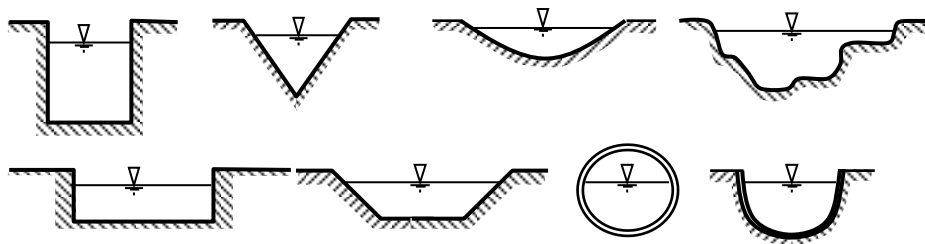
Dimana :

b = lebar dasar saluran (m)

h = tinggi kedalaman air (m)

3. Bentuk Saluran

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 8. Macam-macam bentuk saluran terbuka : Trapesium, Persegi Panjang, Segitiga, dan Saluran Alam (Chow,1959).

4. Klasifikasi Aliran

Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman

dan/atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*), sedangkan berdasarkan fungsi ruang, aliran dibedakan menjadi aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*non-uniform*).

a) Aliran Permanen dan Tidak-permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran permanen atau tunak (*steady flow*), jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu maka alirannya disebut aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*).



Gambar 9. Klasifikasi aliran pada saluran terbuka

Dalam hal-hal tertentu dimungkinkan mentransformasikan aliran tidak permanen menjadi aliran permanen dengan mengacu pada koordinat referensi yang bergerak. Penyederhanaan ini menawarkan beberapa keuntungan, seperti kemudahan visualisasi, kemudahan penulisan

persamaan yang terkait, dan sebagainya. Penyederhanaan ini hanya mungkin jika bentuk gelombang tidak berubah dalam perambatannya. Misalnya, bentuk gelombang kejut (*surge*) tidak berubah ketika merambat pada saluran halus, dan konsekuensinya perambatan gelombang kejut yang tidak permanen dapat dikonversi menjadi aliran permanen dengan koordinat referensi yang bergerak dengan kecepatan absolut gelombang kejut. Hal ini ekuivalen dengan pengamat yang bergerak disamping gelombang kejut sehingga gelombang kejut terlihat stasioner atau tetap oleh pengamat; jadi aliran dapat dianggap sebagai aliran permanen. Jika bentuk gelombang berubah selama perambatannya, maka tidak mungkin mentransformasikan gerakan gelombang tersebut menjadi aliran permanen. Misalnya gelombang banjir yang merambat pada sungai alamiah tidak dapat ditransformasikan menjadi aliran permanen, karena bentuk gelombang termodifikasi dalam perjalanannya sepanjang sungai.

b) Aliran Seragam dan Berubah

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tertentu tidak berubah sepanjang saluran yang ditinjau, maka alirannya disebut aliran seragam (*uniform flow*). Namun, jika kecepatan aliran pada saat tertentu berubah terhadap jarak, alirannya disebut aliran tidak seragam atau aliran berubah (*nonuniform flow* or *varied flow*).

Bergantung pada laju perubahan kecepatan terhadap jarak, aliran dapat diklasifikasikan menjadi aliran berubah lambat laun (*gradually varied*

flow) atau aliran berubah tiba-tiba (*rapidly varied flow*).

c) Aliran Laminer dan Turbulen

Jika partikel zat cair yang bergerak mengikuti alur tertentu dan aliran tampak seperti gerakan serat-serat atau lapisan-lapisan tipis yang paralel, maka alirannya disebut aliran laminer. Sebaliknya jika partikel zat cair bergerak mengikuti alur yang tidak beraturan, baik ditinjau terhadap ruang maupun waktu, maka alirannya disebut aliran turbulen.

Faktor yang menentukan keadaan aliran adalah pengaruh relatif antara gaya kekentalan (viskositas) dan gaya inersia. Jika gaya viskositas dominan, alirannya laminer, jika gaya inersia yang dominan, alirannya turbulen. Nisbah antara gaya kekentalan dan inersia dinyatakan dalam bilangan Reynold (R_e), yang didefinisikan sebagai :

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (2.8)$$

dengan V = kecepatan aliran (m/det),

L = panjang karakteristik (m), pada saluran muka air bebas $L = R$

R = Jari-jari hidraulik saluran,

ν = kekentalan kinematik (m^2/det).

di mana kekentalan kinematik didefinisikan sebagai

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.9)$$

Di mana :

μ = kekentalan dinamik dengan satuan kg/m.d

ρ = kerapatan air dengan satuan kg/m³

- 1) Sifat-sifat aliran berdasarkan pengaruh gaya kelebaman dengan gaya kekentalan yaitu:
 - a) Aliran Laminer yaitu suatu aliran dimana gaya-gaya kekentalan relatif lebih besar dibanding dengan gaya kelebaman sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap sifat aliran. Pada aliran ini partikel cairan seolah-olah bergerak secara teratur menurut lintasan tertentu.
 - b) Aliran Turbulen yaitu apabila kecepatan aliran lebih besar daripada kekentalan dalam hal ini butiran-butiran air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar, tidak tetap, walaupun butiran bergerak maju dalam kesatuan aliran secara keseluruhan.
 - c) Aliran Transisi yaitu Aliran peralihan dari laminar ke aliran turbulen dimana kekentalan relatif terhadap kecepatan.

Klasifikasi aliran berdasarkan Bilangan Reynolds dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut ini (French,1985) :

$Re < 500$ aliran laminer

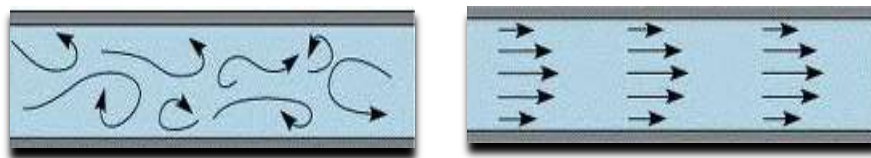
$500 < Re < 12.500$ aliran transisi

$Re > 12.500$ aliran turbulen

Umumnya aliran pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12.500$ sehingga alirannya termasuk dalam kategori aliran turbulen.

Berdasarkan Bilangan Reynolds, aliran fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran turbulen dan aliran laminar. Di samping itu turbulensi juga merupakan fenomena yang kontinyu. Proses kejadian hujan dapat dikatakan merupakan aliran turbulen tiga dimensi karena ruangnya terletak di udara. Sehingga bila diterjemahkan dalam bentuk persamaan matematis juga harus dalam bentuk tiga dimensi.

Gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan di dalam air umumnya bersifat hidrostatis. Distribusi tekanan di dalam air hidrostatis karena kuantitasnya tergantung dari berat jenis aliran dan kedalaman. Karena berat jenis aliran dapat diasumsikan tetap, maka tekanan hanya tergantung kedalamannya; semakin dalam tekanannya semakin besar. Namun pada beberapa kondisi bisa ditemukan distribusi tekanan tidak hidrostatis.

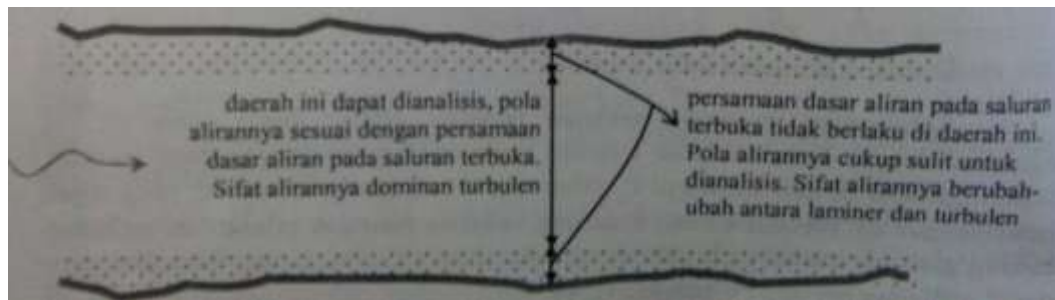


a) Turbulen

b) Laminar

Gambar 10. Aliran turbulen dan Laminar

Seperti sudah dijelaskan diatas aliran pada saluran terbuka hampir seluruh alirannya bersifat turbulen. Hanya pada batas-batasnya (dasar saluran dan tebing saluran/*river bank*) ada bagian kecil aliran yang bersifat laminar. Gambar di bawah ini mengilustrasikan aliran pada saluran terbuka.



Gambar 11. Ilustrasi aliran pada saluran terbuka

Distribusi kecepatan aliran disebabkan oleh tekanan pada muka air akibat adanya perbedaan fluida antara udara dan air, dan juga akibat gaya gesekan pada dinding saluran (dasar maupun dinding saluran) maka kecepatan aliran pada suatu potongan melintang saluran tidak seragam. Ketidakteraturan ini juga disebabkan oleh bentuk penampang melintang saluran, kekasaran saluran, dan lokasi saluran (saluran lurus atau pada belokan).

Tidak seperti aliran dalam pipa, dimana diameter pipa biasanya dipakai sebagai panjang karakteristik, pada aliran bebas dipakai kedalaman hidraulik atau jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik. Kedalaman hidraulik didefinisikan sebagai luas penampang basah dibagi lebar permukaan air, sedangkan jari-jari hidraulik didefinisikan sebagai luas penampang basah dibagi keliling basah. Batas peralihan antara aliran laminar dan turbulen pada aliran bebas terjadi pada bilangan Reynold, $Re \pm 600$, yang dihitung berdasarkan jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik.

Dalam kehidupan sehari-hari, aliran laminar pada saluran terbuka sangat jarang ditemui. Aliran jenis ini mungkin dapat terjadi pada aliran dengan kedalaman sangat tipis di atas permukaan gelas yang sangat halus dengan kecepatan yang sangat kecil.

d) Aliran Subkritis, Kritis, dan Superkritis

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inersia, yang dinyatakan dengan bilangan Froude (F_r). bilangan Froude didefinisikan sebagai :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (2.10)$$

dengan V = kecepatan aliran (m/det),

h = kedalaman aliran (m),

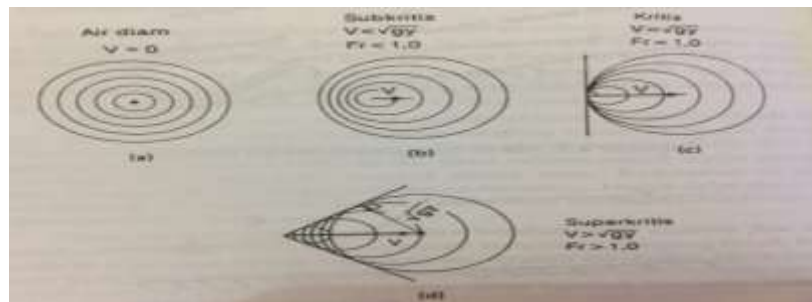
g = percepatan gravitasi (m/det²)

$\sqrt{g \cdot h}$. = kecepatan gelombang dangkal

Sehingga :

- 1) Aliran bersifat Kritis apabila $Fr = 1$, dimana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rambat gelombang .
- 2) Aliran bersifat subkritis apabila $Fr < 1$, dimana kecepatan aliran lebih kecil daripada kecepatan rambat gelombang .
- 3) Aliran bersifat superkritis apabila $Fr > 1$, dimana kecepatan aliran lebih besar daripada kecepatan rambat gelombang.

Berikut gambar aliran sub kritis, aliran super gratis, aliran kritis:



Gambar 12. Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka (Bambang Triatmojo, 2008)

Pada gambar di atas diperlihatkan suatu saluran panjang dengan tiga jenis kemiringan, subkritik, kritis dan superkritik. Pada kemiringan subkritik (Gambar a) permukaan air di zona peralihan tampak bergelombang. Aliran dibagian tengah saluran bersifat seragam namun kedua ujungnya bersifat berubah. Pada kemiringan kritis (Gambar b) permukaan air dari aliran kritis ini tidak stabil. Dibagian tengah dapat terjadi gelombang tetapi kedalaman rata-ratanya konstan dan alirannya dapat dianggap seragam. Pada kemiringan superkritik (Gambar c) permukaan air beralih dari keadaan subkritik menjadi superkritik setelah melalui terjunan hidrolik lambat laun.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di labotatorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar dengan rencana waktu penelitian selama 3 bulan yaitu di mulai bulan Maret sampai dengan bulan Mei, dimana pada bulan pertama yakni di awal bulan Maret merupakan kajian literatur, pada bulan ke dua yakni bulan April adalah pengambilan data dan bulan ketiga yakni bulan Mei adalah tahap pengelolaan data.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental, di mana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyelidiki kontrol untuk pembanding.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data, yaitu:

- 1) Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.
- 2) Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah dilakukan di laboratorium

- 3) maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian sedimen pada saluran terbuka.

C. Alat dan Bahan

Secara umum, alat, bahan, dan model penelitian yang digunakan dalam menunjang Penelitian adalah sebagai berikut :

1. Alat

- a) Flowwatch untuk mengukur kecepatan air.
- b) Stopwatch untuk mengukur waktu yang digunakan dalam pengukuran debit aliran.
- c) Mistar taraf untuk mengukur ketinggian muka air.
- d) Pompa
- e) Kamera digital digunakan untuk merekam (dalam bentuk foto) momen-momen yang penting dalam keseluruhan kegiatan penelitian khususnya tahap-tahap dalam proses penelitian.
- f) Tabel data untuk mencatat data-data yang diukur, alat tulis.
- g) Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.
- h) Ayakan pasir.
- i) Sendok adukan
- j) Ember
- k) Cangkul

- l) Waterpass
- m) Selang air
- n) Benang
- o) Bak penampungan air dan bak sirkulasi
- p) Pintu air (pengatur debit air).
- q) Pintu sorong untuk mengalirkan air.
- r) Tali

2. Bahan

- a) Pipa PVC 3” yang digunakan sebagai jaringan sirkulasi air.
- b) Air.
- c) Pasir yang lolos saringan berdasarkan standar ASTM.
- d) Pasir
- e) Semen
- f) Papan
- g) Kayu reng
- h) Kaca

D. Variabel yang diteliti

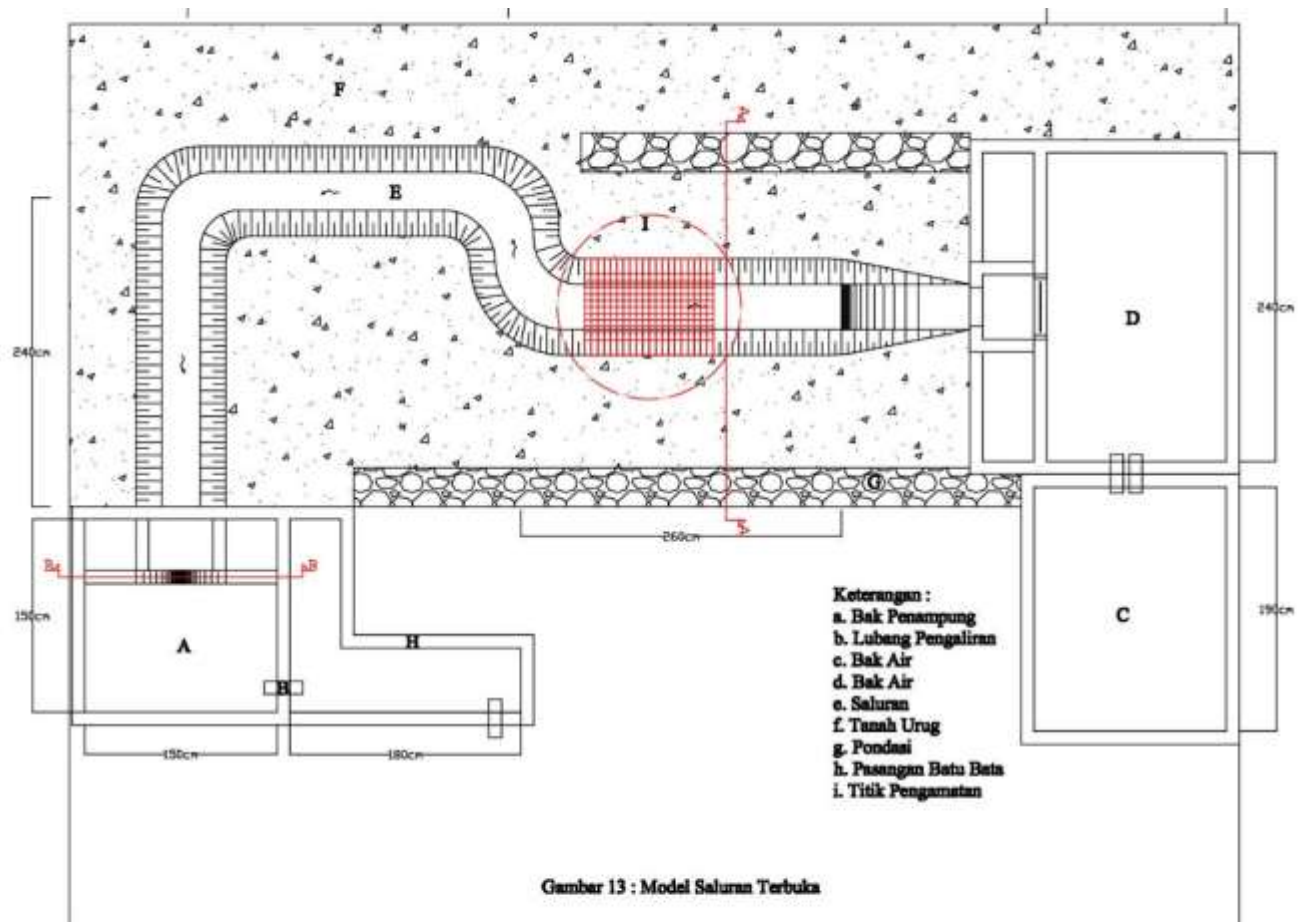
Sesuai tujuan penelitian ini pengujian model hidraulik dilaksanakan pada model saluran terbuka (flume), dengan kajian pada bagian hilir sungai yang mengacu pada rancangan yang telah disetujui untuk mendapatkan data sebagai bahan kajian.

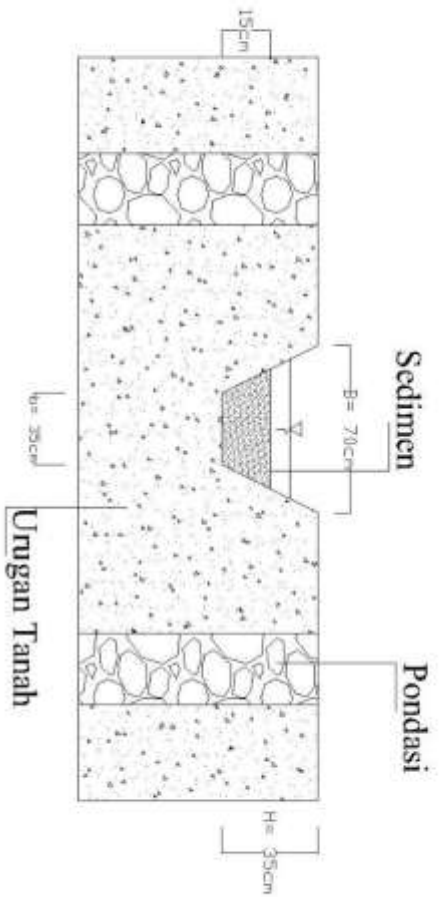
Variabel yang digunakan adalah :

1. Variabel bebas :
 - a) Tinggi muka air (h)
 - b) Kecepatan aliran (v)
 - c) Waktu (t)
 - d) Lebar penampang (b)
2. Variabel terikat
 - a) Debit (Q)
 - b) Froude (Fr)
 - c) Tegangan geser (τ_o)
 - d) Tegangan geser kritis (τ_c)
 - e) Kec. Geser kritis (u_*)

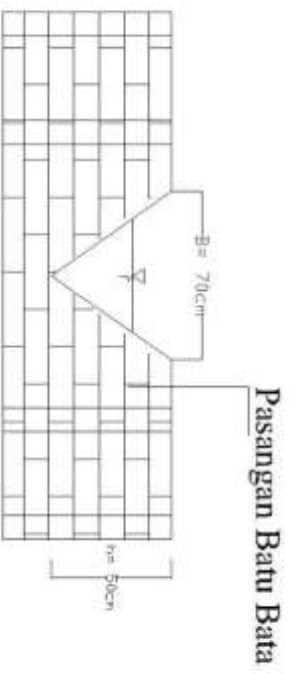
E. Model Saluran

Model saluran ini terdiri dari 2 bak penampungan yang berguna sebagai sirkulasi air untuk aliran. Bak penampungan terdapat pada awal dan pada akhir saluran, atau hulu dan hilir. Pada bak pertama juga terdapat pintu air yang terbuat dari besi las (pintu sorong). Bak awal dengan ukuran 190×150 cm dan bak kedua dengan ukuran 140×240 cm. Saluran terbuka dengan lebar dasar saluran (B): 35 cm, Tinggi saluran (H): 35 cm, panjang saluran: 950 cm, dan kemiringan saluran 1:0,5. Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu membersihkan dan mengeringkan saluran agar bahan yang dipakai tidak tercampur dengan bahan penelitian sebelumnya.





Gambar 14. Potongan A-A



Gambar 15. Potongan B-B

F. Perencanaan Model

Penentuan skala model geometri disesuaikan dengan ukuran saluran

di laboratorium yang di bandingkan dengan ukuran prototip. Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini menggunakan model terdistorsi (*distorted models*) yang bentuk geometri antara model dan prototip tidak sama.

Pada penelitian ini diasumsikan ketinggian bangunan prototip yaitu 1 m atau 100 cm, sedangkan ketinggian model rencana yang akan di buat yaitu 0,01 m atau 1 cm. maka skala tinggi yang akan di gunakan

Yaitu :

$$nh = \frac{Hp}{Hm} = \frac{100}{1} = 100$$

Dimana :

nh = skala tinggi

Hp = tinggi pada prototype

Hm = tinggi pada model

Untuk lebih jelas dapat di lihat pada tabel :

Table 2. Dimensi Saluran

No	Sungai	Notasi	Prototipe	Satuan	Model	Satuan
1	Lebar Saluran	B	35	m	0,35	cm
2	Tinggi Saluran	H	35	m	0,35	cm
3	Kedalaman	h1	0,050	m	5,00	cm
	Aliran	h2	0,070	m	7,00	cm
		h3	0,080	m	8,00	cm
4	Debit Aliran	Q1	0,0026	m³/dt	256	cm³/dt
		Q2	0,0039	m³/dt	394	cm³/dt
		Q3	0,0071	m³/dt	706	cm³/dt
5	Kecepatan	V1	0,200	m/dt	20,00	cm/dt
		V2	0,400	m/dt	40,00	cm/dt
		V3	0,700	m/dt	70,00	cm/dt
6	Waktu	t1	0,080	Jam	5,00	menit
	Pengaliran	t2	0,160	Jam	10,00	menit
		t3	0,250	Jam	15,00	menit
7	Diameter Butiran	dm	0,0024	m	2.36	mm

G. Teknik Pengambilan Data

Hal yang penting dalam setiap penelitian adalah pencatatan data pada dasarnya yang diambil adalah yang akan difungsikan sebagai parameter dalam analisa.

H. Teknik Analisa Data

Data dari lapangan/laboratorium diolah sebagai bahan analisa terhadap hasil studi ini, sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisa hasil penelitian.

Analisa data yang menyangkut hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian dilakukan dengan tahap sebagai berikut :

- 1) Perhitungan debit (Q)

$$Q = A \times V \quad (3.1)$$

- 2) Perhitungan sifat aliran dengan menggunakan rumus Fr

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \quad (3.2)$$

- 3) Perhitungan tegangan geser τ_o

$$\tau_o = \rho_w \cdot g \cdot H \cdot I \quad (3.3)$$

- 4) Tegangan geser kritis (τ_c)

$$\tau_c = (\rho_s - \rho_w) g \times d \quad (3.4)$$

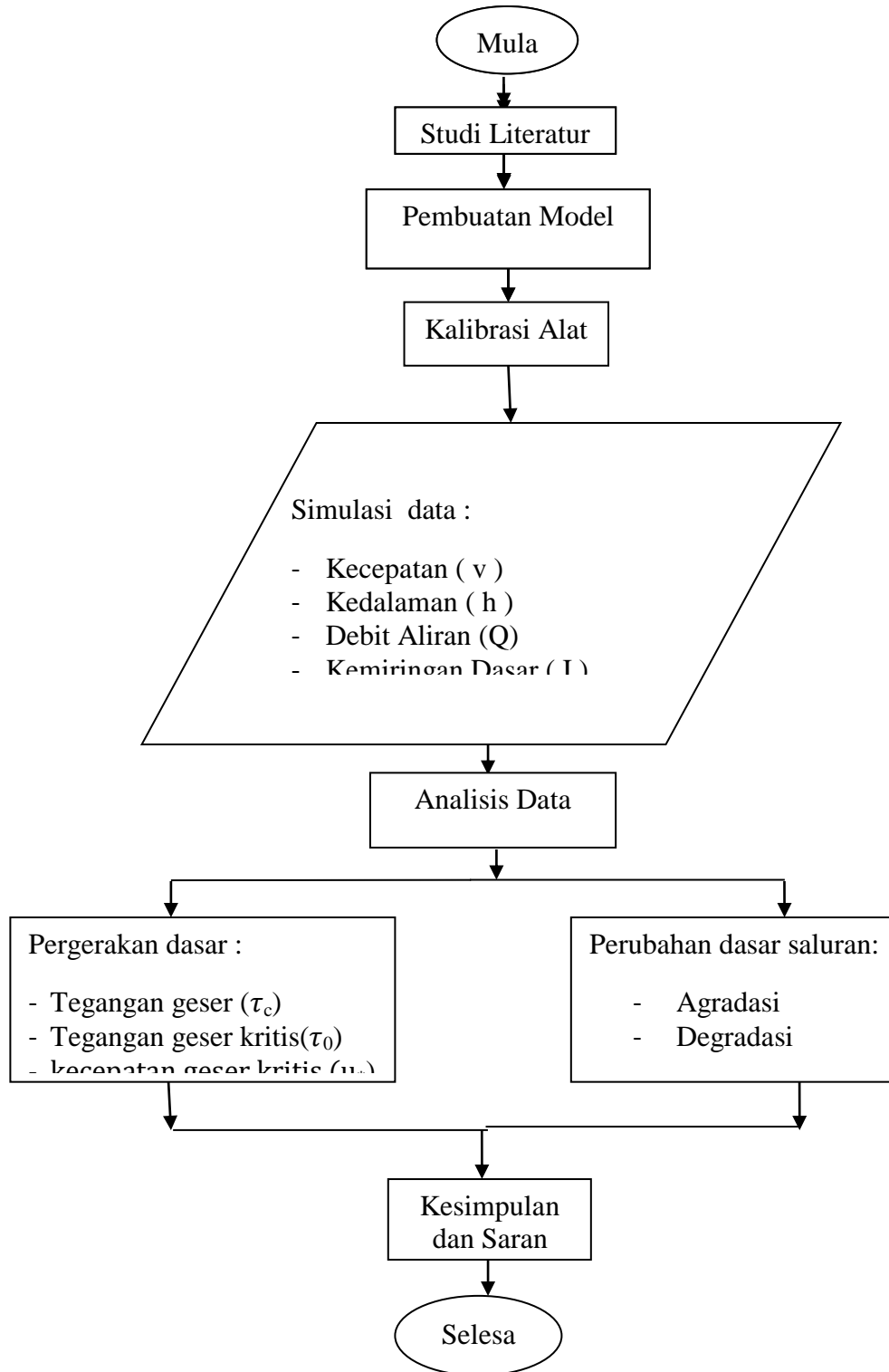
- 5) Kec. Geser kritis (u_*)

$$U_* = \sqrt{g \times h \times I} \quad (3.5)$$

I. Prosedur Penelitian

- 1) Membersihkan dan mengeringkan saluran yang akan di gunakan.
- 2) Melakukan pemadatan tanah pada dasar saluran.
- 3) Melakukan uji kalibrasi debit pada saluran di laboratorium teknik sungai dan menentukan tinggi bukaan (3 bukaan).
- 4) Melakukan penyebaran pasir dalam saluran dengan sistem pemadatan setinggi 15 cm pada saluran.
- 5) **Melakukan pengaliran awal untuk mengetahui layak atau tidaknya saluran yang akan digunakan dalam pengaliran (running awal).**
- 6) **Mengalirkan air dengan variasi debit (Q) yang ditentukan dengan membuka pintu saluran setinggi yang telah di tetapkan.**
- 7) **Mengamati dan mengambil data kecepatan aliran (v), kedalam aliran (h) di setiap titik dengan waktu ($t_1 = 5$ menit, $t_2 = 10$ menit dan $t_3 = 15$ menit).**
- 8) **Mematikan pompa agar aliran di saluran berhenti untuk melakukan pengamatan terhadap keadaan dasar saluran.**
- 9) **Setelah selesai pengambilan data percobaan pertama, ulangi prosedur sebanyak 2 kali dengan pola yang sama dan bukaan pintu yang telah di tentukan**

Flow Chart Penelitian



Gambar Flow Chart Penulis

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

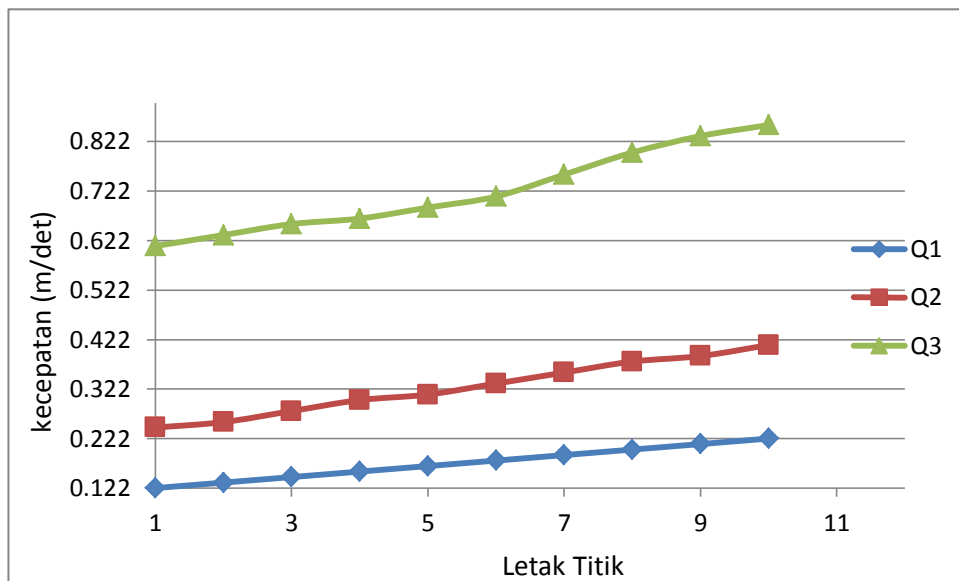
Hasil penelitian dari seluruh kegiatan eksperimental ini disajikan hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian meliputi : Pengujian bahan sampel penelitian, pengambilan data kecepatan dan ketinggian air.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan dan pengambilan data.

Letak Titik	D	ρ_s	Q1		Q2		Q3	
			h	V	h	V	h	V
	m	kg/m ³	(m)	(m/det)	(m)	(m/det)	(m)	(m/det)
1	0.00236	2576	0.040	0.122	0.058	0.244	0.075	0.611
2			0.041	0.133	0.060	0.256	0.076	0.633
3			0.042	0.144	0.062	0.278	0.077	0.656
4			0.044	0.156	0.063	0.300	0.078	0.667
5			0.045	0.167	0.064	0.311	0.078	0.689
6			0.046	0.178	0.064	0.333	0.079	0.711
7			0.046	0.189	0.066	0.356	0.079	0.756
8			0.047	0.200	0.067	0.378	0.080	0.800
9			0.048	0.211	0.068	0.389	0.081	0.833
10			0.049	0.222	0.069	0.411	0.082	0.856

Sumber : Hasil Penelitian

Dapat dilihat pada tabel 3. Terdapat beberapa variasi debit, pada debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Masing- masing debit memiliki nilai kecepatan dan kedalaman aliran dari titik yang telah di tentukan.



Gambar 16. Pengaruh Letak titik terhadap kecepatan aliran untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det.

Berdasarkan hasil penelitian dapat di lihat pada gambar 16. Untuk variasi debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Semakin besar variasi debit maka kecepatan aliran pada setiap titik suatu penampang aliran semakin besar.

B. Analisis

1. Pengaruh Pergerakan Sedimen di Dasar Saluran Akibat Fluktuasi Debit

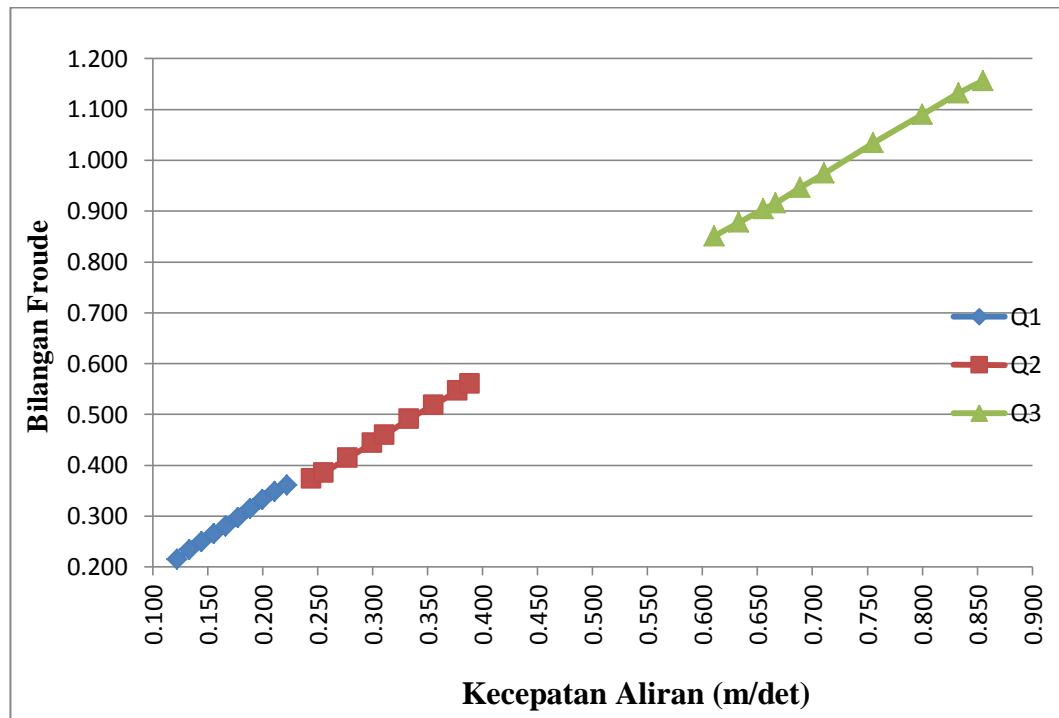
a. Perhitungan Bilangan *Froude*

Untuk mengetahui dan menetapkan jenis aliran yang terjadi dalam proses pengaliran dalam saluran dapat dijabarkan berdasarkan dengan bilangan *Froude* (Fr), sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan bilangan *Froude* untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det.

No Patok	Q1						Q2						Q3					
	V	Froude	Reynold	Keterangan		Kondisi Butiran	V	Froude	Reynold	Keterangan		Kondisi Butiran	V	Froude	Reynold	Keterangan		Kondisi Butiran
	(m/det)	-		Fr	Re		(m/det)	-		Fr	Re		(m/det)	-		Fr	Re	
1	0.122	0.216	5009.0	Sub Kritis	Turbulen	Diam	0.244	0.373	13372.5	Sub kritis	Turbulen	Diam	0.611	0.851	40121.3	sub kritis	Turbulen	Bergerak
2	0.133	0.234	5525.4	Sub Kritis	Turbulen	Diam	0.256	0.385	14317.3	Sub Kritis	Turbulen	Mulai Bergerak	0.633	0.878	42009.8	sub kritis	Turbulen	Bergerak
3	0.144	0.250	6143.1	Sub Kritis	Turbulen	Diam	0.278	0.415	15859.5	Sub Kritis	Turbulen	Mulai Bergerak	0.656	0.904	43924.6	sub kritis	Turbulen	Bergerak
4	0.156	0.265	6824.5	Sub Kritis	Turbulen	Diam	0.300	0.444	17467.6	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.667	0.916	45024.8	sub kritis	Turbulen	Bergerak
5	0.167	0.281	7488.6	Sub Kritis	Turbulen	Mulai Bergerak	0.311	0.460	18137.8	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.689	0.946	46525.6	sub kritis	Turbulen	Bergerak
6	0.178	0.297	8096.6	Sub Kritis	Turbulen	Mulai Bergerak	0.333	0.491	19557.8	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.711	0.974	48262.3	sub kritis	Turbulen	Bergerak
7	0.189	0.315	8652.0	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.356	0.519	21282.1	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.756	1.034	51378.6	Kritis	Turbulen	Bergerak
8	0.200	0.333	9213.0	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.378	0.547	22970.4	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.800	1.090	54927.0	Kritis	Turbulen	Bergerak
9	0.211	0.348	9888.6	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.389	0.561	23842.7	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.833	1.133	57487.9	Superkritis	Turbulen	Bergerak
10	0.222	0.361	10711.9	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.411	0.591	25382.3	Sub Kritis	Turbulen	Bergerak	0.856	1.157	59631.6	Superkritis	Turbulen	Bergerak

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 17. Hubungan Antara Kecepatan dan Bilangan *Froude* untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det.

Berdasarkan perhitungan tabel 4. Untuk karakteristik aliran berdasarkan angka *Froude* (*Fr*), dengan beberapa Variasi debit. Pada debit : (Q1) 0,0026 m³/det dengan kecepatan aliran (*v*) : 0,122 m/det bilangan *Froude* (*Fr*) yang di peroleh 0,216. Dimana karakteristik alirannya sub kritis dan pola alirannya turbulen, ini menunjukkan butiran sedimen cenderung diam akibat fluktuasi debit. Pada debit pengaliran (Q2) : 0,0039 m³/det dengan kecepatan aliran (*v*) : 0,244 m/det di mana bilangan *Froude* (*Fr*) yang di peroleh : 0,373. Dimana karakteristik alirannya sub kritis dan

pola alirannya turbulen, ini menunjukkan butiran sedimen cenderung mulai bergerak akibat fluktuasi debit. Sedangkan pada debit pengaliran (Q_3) : $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan kecepatan aliran (v) : $0,611 \text{ m}/\text{det}$ dimana bilangan *Froude* (Fr) yang di peroleh : $0,851$. karakteristik alirannya kritis dan pola alirannya turbulen, ini menunjukkan butiran sedimen cenderung bergerak akibat fluktuasi debit.

b. Pengaruh Kedalaman Aliran (h) Terhadap Tegangan Geser (τ_o)

Pergerakan sedimen dimaksudkan untuk mengetahui pergerakan sedimen akibat fluktuasi debit, menganalisa pergerakan sedimen akibat fluktuasi debit dengan menggunakan rumus yang telah dibahas pada tinjauan pustaka.

Perhitungan tegangan geser dasar (τ_o)

$$\tau_o = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I$$

$$\tau_o = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,040 \cdot 0,0022$$

$$\tau_o = 0,870 \text{ kg}/\text{m}^2$$

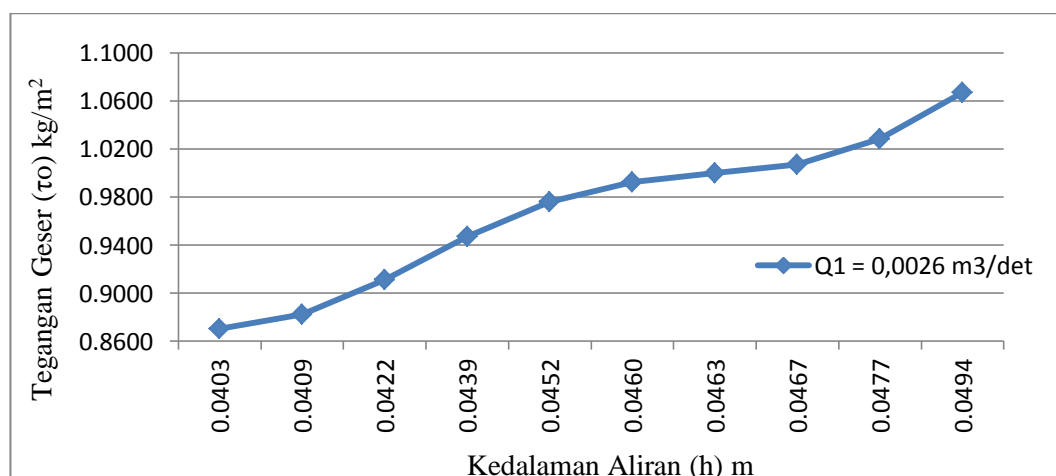
Data hasil pengamatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan tegangan geser untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det.

No Patok	Q1				Q2				Q3			
	q	h	V	τ_0	q	h	V	τ_0	q	h	V	τ_0
	(m/det)	(m)	-	kg/m ²	(m/det)	(m)	-	kg/m ²	(m/det)	(m)	-	kg/m ²
1	0.0017	0.0403	0.1222	0.8705	0.0050	0.0583	0.2444	1.2590	0.0160	0.0750	0.6111	1.6187
2	0.0019	0.0409	0.1333	0.8825	0.0054	0.0602	0.2556	1.2997	0.0169	0.0761	0.6333	1.6426
3	0.0021	0.0422	0.1444	0.9112	0.0060	0.0618	0.2778	1.3333	0.0177	0.0772	0.6556	1.6666
4	0.0024	0.0439	0.1556	0.9472	0.0067	0.0634	0.3000	1.3693	0.0182	0.0781	0.6667	1.6858
5	0.0026	0.0452	0.1667	0.9760	0.0069	0.0636	0.3111	1.3717	0.0188	0.0781	0.6889	1.6858
6	0.0029	0.0460	0.1778	0.9928	0.0075	0.0641	0.3333	1.3836	0.0196	0.0787	0.7111	1.6978
7	0.0031	0.0463	0.1889	1.0000	0.0082	0.0659	0.3556	1.4220	0.0209	0.0789	0.7556	1.7026
8	0.0033	0.0467	0.2000	1.0072	0.0089	0.0673	0.3778	1.4532	0.0224	0.0800	0.8000	1.7266
9	0.0035	0.0477	0.2111	1.0287	0.0093	0.0681	0.3889	1.4700	0.0235	0.0806	0.8333	1.7386
10	0.0038	0.0494	0.2222	1.0671	0.0099	0.0688	0.4111	1.4844	0.0245	0.0818	0.8556	1.7649

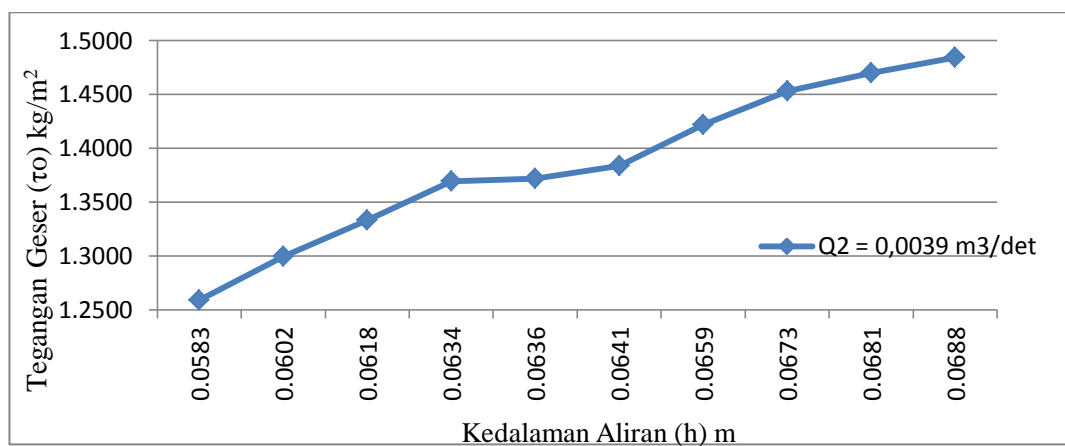
Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4. Terdiri dari beberapa variasi debit, pada debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Masing- masing debit memiliki nilai kedalaman aliran dan tegangan geser (τ_0) dari titik yang telah di tentukan.



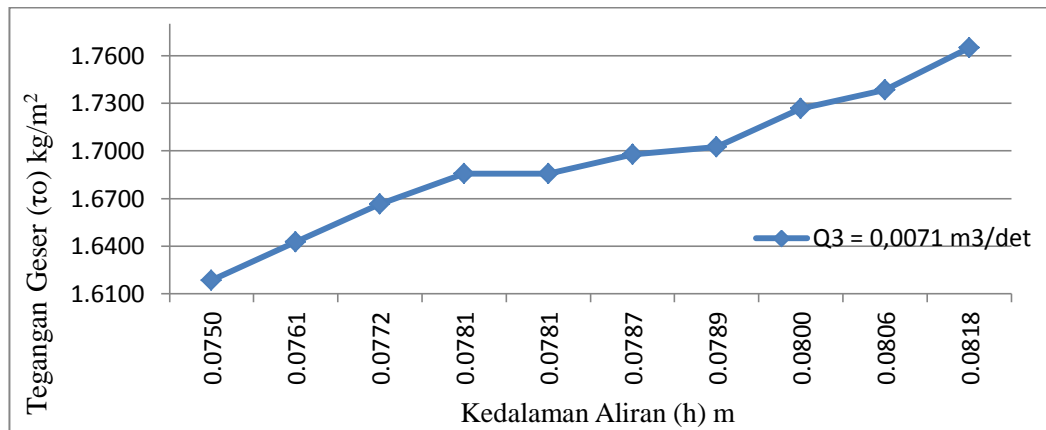
Gambar 18. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ) dan Kedalaman Aliran
(h) Untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det.

Dari Gambar 18. Debit (Q1) 0,0026 m³/det, pada titik pertama kedalaman aliran (h) 0,040 m, tegangan geser (τ_o) : 0,870 kg/m². Semakin dalam aliran maka semakin besar tegangan geser yang terjadi.



Gambar 19. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ) dan Kedalaman Aliran
(h) Untuk debit (Q2) 0,0039 m³/det.

Dari Gambar 19. Pada debit pengaliran (Q2) : 0,0039 m³/det dengan kedalaman aliran (h) : 0,058 m, tegangan geser (τ_o) yang di peroleh 1,259 kg/m². Semakin dalam aliran maka semakin besar tegangan geser yang terjadi.



Gambar 20. Hubungan Antara Tegangan Geser (τ_0) dan Kedalaman Aliran (h) Untuk debit (Q_3) 0,0071 m³/det

Dari Gambar 20. pada debit (Q_3) : 0,0071 m³/det dengan kedalaman aliran (h) : 0,0750 m, tegangan geser (τ_0) yang di peroleh 1,618 kg/m² . Semakin dalam aliran maka semakin besar tegangan geser yang terjadi.

c. Hubungan Tegangan Geser (τ_0) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c)

Perhitungan Tegangan Geser Kritis (τ_c)

Dari grafik Shield₃= 0,035 Tegangan geser kritis dapat dilihat pada (lampiran).

$$\begin{aligned}\tau_c &= 0,035 (2576 - 1000)9,81 \times (2,36 \times 10^{-3}) \\ &= 1,277 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

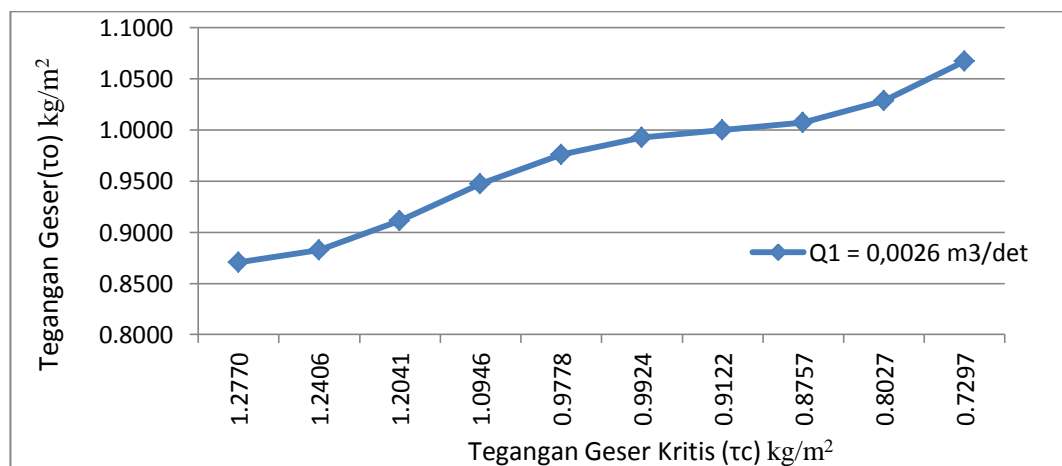
Untuk perhitungan selanjutnya dengan berbagai debit dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Perhitungan tegangan geser kritis untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det.

No Patok	Q1				Q2				Q3			
	q	τ_o	Grafik	τ_c	q	τ_o	Grafik	τ_c	q	τ_o	Grafik	τ_c
	(m/det)	(kg/m ²)	Shield	kg/m ²	(m/det)	(kg/m ²)	Shield	kg/m ²	(m/det)	(kg/m ²)	Shield	kg/m ²
1	0.0017	0.8705	0.0350	1.2770	0.0050	1.2590	0.0390	1.4230	0.0160	1.6187	0.0380	1.3865
2	0.0019	0.8825	0.0340	1.2406	0.0054	1.2997	0.0370	1.3500	0.0169	1.6426	0.0370	1.3500
3	0.0021	0.9112	0.0330	1.2041	0.0060	1.3333	0.0360	1.3135	0.0177	1.6666	0.0350	1.2770
4	0.0024	0.9472	0.0300	1.0946	0.0067	1.3693	0.0350	1.2770	0.0182	1.6858	0.0340	1.2406
5	0.0026	0.9760	0.0268	0.9778	0.0069	1.3717	0.0340	1.2406	0.0188	1.6858	0.0340	1.2406
6	0.0029	0.9928	0.0272	0.9924	0.0075	1.3836	0.0330	1.2041	0.0196	1.6978	0.0340	1.2406
7	0.0031	1.0000	0.0250	0.9122	0.0082	1.4220	0.0320	1.1676	0.0209	1.7026	0.0340	1.2406
8	0.0033	1.0072	0.0240	0.8757	0.0089	1.4532	0.0310	1.1311	0.0224	1.7266	0.0320	1.1676
9	0.0035	1.0287	0.0220	0.8027	0.0093	1.4700	0.0300	1.0946	0.0235	1.7386	0.0310	1.1311
10	0.0038	1.0671	0.0200	0.7297	0.0099	1.4844	0.0300	1.0946	0.0245	1.7649	0.0310	1.1311

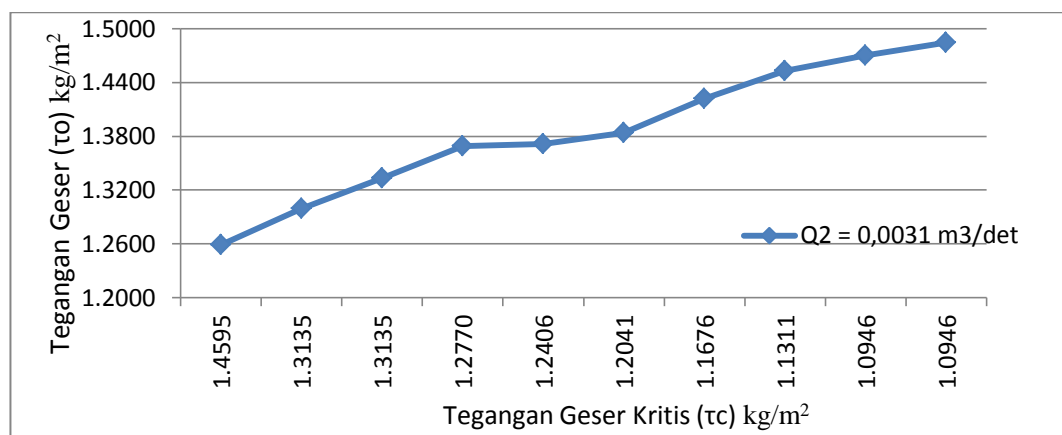
Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 6. Terdiri dari beberapa variasi debit, pada debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Masing- masing debit memiliki nilai tegangan geser (τ_o) dan tegangan geser kritis (τ_c) dari titik yang telah di tentukan.



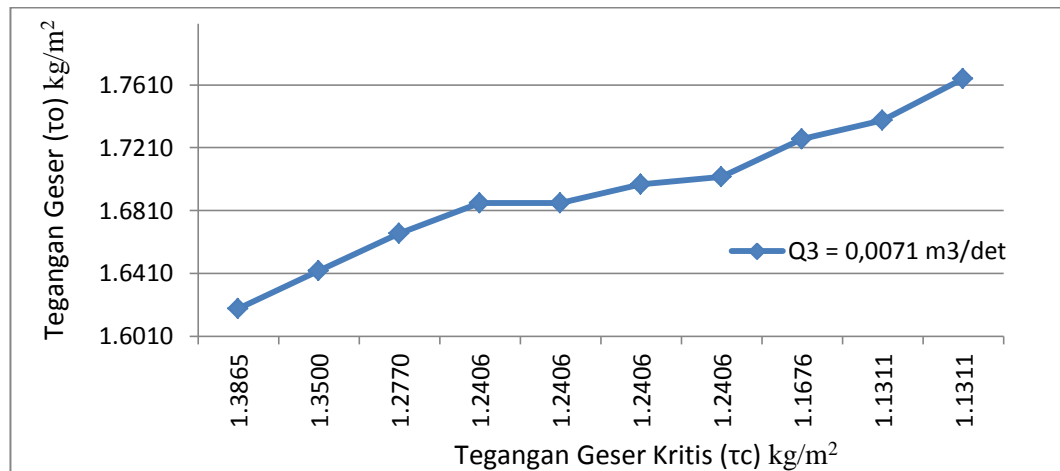
Gambar 21. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det.

Pada gambar 21. debit (Q1) : 0,0026 m³/det, Tegangan Geser (τ_o) : 0,870 kg/m² Tegangan Geser kritis (τ_c) : 1,277 kg/m². menghasilkan nilai rata-rata $\tau_o < \tau_c$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam.



Gambar 22. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ_o) Untuk debit (Q2) 0,0039 m³/det.

Pada gambar 22. Debit (Q2) : 0,0039 m³/det menghasilkan nilai $\tau_o = \tau_c$ dan $\tau_o > \tau_c$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak, kemudian bergerak.



Gambar 23. Hubungan Antara Tegangan Geser kritis (τ_c) dan Tegangan Geser (τ) Untuk debit (Q_3) 0,0071 m³/det.

Pada Gambar 23. Debit (Q_3) : 0,0071m³/det, Tegangan Geser (τ) : 1,618 kg/m² Tegangan Geser kritis (τ_c) : 1,386 kg/m² menghasilkan nilai $\tau > \tau_c$ maka butiran sedimen cenderung bergerak.

d. Hubungan Antara Kecepatan Geser (U) Dan Kecepatan Geser Kritis (U_c)

$$U^* = \sqrt{g \cdot h \cdot I}$$

$$U^* = \sqrt{9,81 \times 0,040 \times 0,0022}$$

$$U^* = 0,0295 \text{ m/det}$$

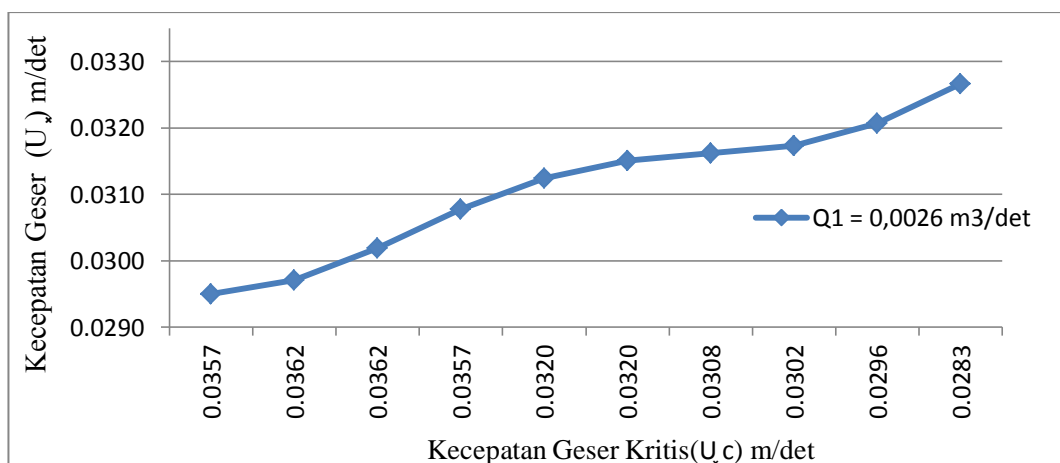
Untuk perhitungan selanjutnya dengan berbagai debit dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Perhitungan kecepatan geser kritis untuk debit (Q_1) 0,0026 m³/det, debit (Q_2) 0,0039 m³/det dan debit (Q_3) 0,0071 m³/det

No Patok	Q1				Q2				Q3			
	q	h	u_*	u_{*c}	q	h	u_*	u_{*c}	q	h	u_*	u_{*c}
	(m/det)	(m)	m/det	m/det	(m/det)	(m)	m/det	m/det	(m/det)	(m)	m/det	m/det
1	0.0017	0.0403	0.0295	0.0357	0.0050	0.0583	0.0355	0.0372	0.0160	0.0750	0.0402	0.0372
2	0.0019	0.0409	0.0297	0.0362	0.0054	0.0602	0.0361	0.0367	0.0169	0.0761	0.0405	0.0367
3	0.0021	0.0422	0.0302	0.0362	0.0060	0.0618	0.0365	0.0367	0.0177	0.0772	0.0408	0.0357
4	0.0024	0.0439	0.0308	0.0357	0.0067	0.0634	0.0370	0.0362	0.0182	0.0781	0.0411	0.0352
5	0.0026	0.0452	0.0312	0.0320	0.0069	0.0636	0.0370	0.0352	0.0188	0.0781	0.0411	0.0352
6	0.0029	0.0460	0.0315	0.0320	0.0075	0.0641	0.0372	0.0347	0.0196	0.0787	0.0412	0.0352
7	0.0031	0.0463	0.0316	0.0308	0.0082	0.0659	0.0377	0.0342	0.0209	0.0789	0.0413	0.0352
8	0.0033	0.0467	0.0317	0.0302	0.0089	0.0673	0.0381	0.0336	0.0224	0.0800	0.0416	0.0342
9	0.0035	0.0477	0.0321	0.0296	0.0093	0.0681	0.0383	0.0331	0.0235	0.0806	0.0417	0.0336
10	0.0038	0.0494	0.0327	0.0283	0.0099	0.0688	0.0385	0.0331	0.0245	0.0818	0.0420	0.0336

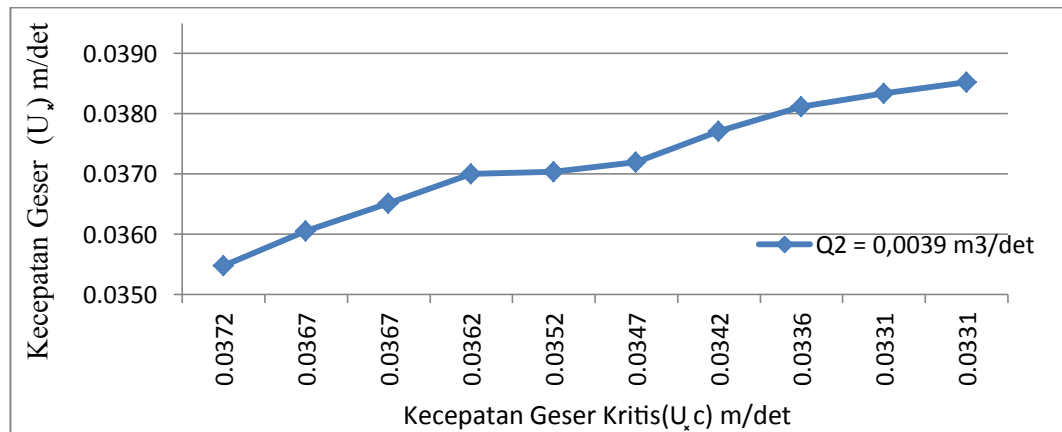
Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 7. Terdiri dari beberapa variasi debit, pada debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Masing- masing debit memiliki nilai tegangan geser (u_*) dan tegangan geser kritis (u_{*c}) dari titik yang telah di tentukan.



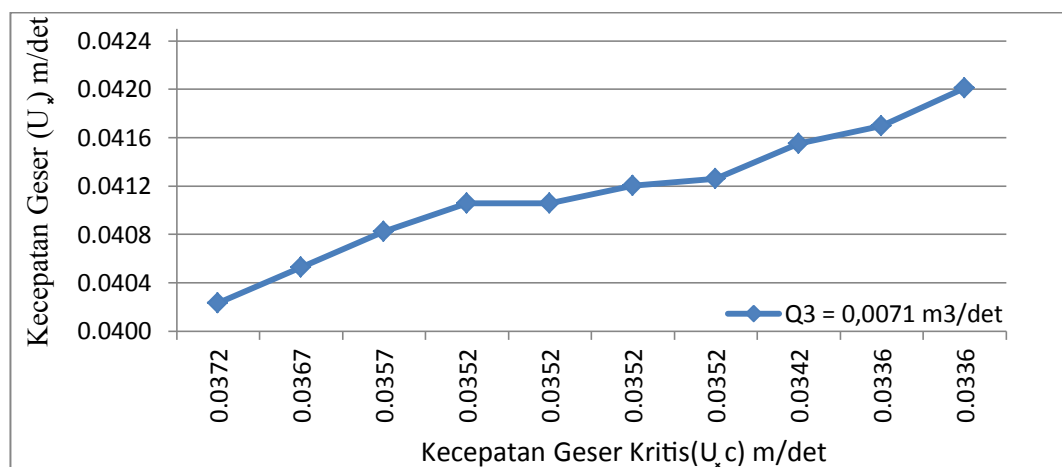
Gambar 24. Hubungan Antara Kecepatan Geser (U_*) dan Kecepatan Geser Kritis (U_{*c}) Untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det

Pada gambar 24. Debit (Q_1) : 0,0026 m³/det, kecepatan geser (u_*) : 0,029 m/det kecepatan geser kritis (u_{*c}) : 0,035 m/det. Menghasilkan nilai rata-rata $u_* < u_{*c}$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam.



Gambar 25. Hubungan Antara Kecepatan Geser Kritis (U_{*c}) dan Kecepatan Geser Kritis (U_*) Untuk debit (Q_2) 0,0039 m³/det.

Pada gambar 25. Debit (Q_2) : 0,0039 m³/det, kecepatan geser (u_*) : 0,035 m/det kecepatan geser kritis (u_{*c}) : 0,037 m/det. Menghasilkan nilai $u_* = u_{*c}$ dan $u_* > u_{*c}$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak.



Gambar 26. Hubungan Antara Kecepatan Geser Kritis (U_*) dan Kecepatan Geser Kritis (U_{*c}) Untuk debit (Q3) 0,0071 m³/det.

Pada gambar 26. Debit (Q3) : 0,0071m³/det kecepatan geser (u_*) : 0,040 m/det kecepatan geser kritis (u_{*c}) : 0,037 m/det. Menghasilkan nilai $u_* > u_{*c}$ maka butiran sedimen cenderung bergerak.

e. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o) Tegangan Geser Kritis (τ_c) Dan Kecepatan Geser (U_*)

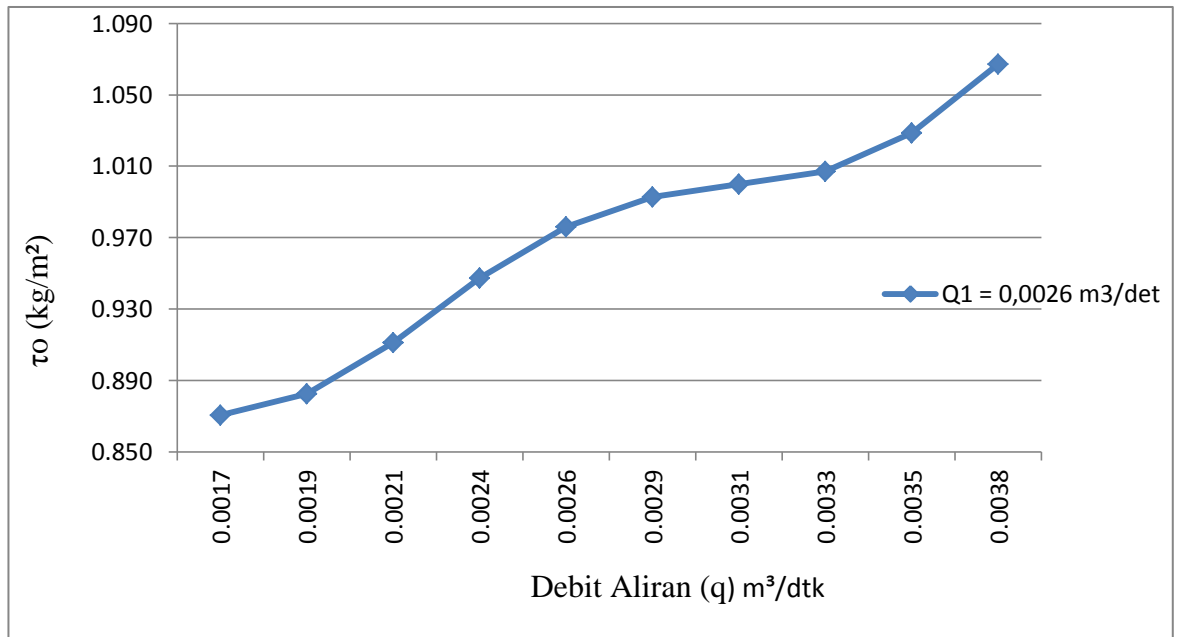
Tabel 8. Data debit penampang dengan tegangan geser (τ_o) tegangan geser kritis (τ_c) dan kecepatan geser (U_*) untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det

No Patok	Q1				Q2				Q3			
	q	τ_o	τ_c	u_*	q	τ_o	τ_c	u_*	q	τ_o	τ_c	u_*
	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det
1	0.0017	0.8705	1.2770	0.0295	0.0050	1.2590	1.4230	0.0355	0.0160	1.6187	1.3865	0.0402
2	0.0019	0.8825	1.2406	0.0297	0.0054	1.2997	1.3500	0.0361	0.0169	1.6426	1.3500	0.0405
3	0.0021	0.9112	1.2041	0.0302	0.0060	1.3333	1.3135	0.0365	0.0177	1.6666	1.2770	0.0408
4	0.0024	0.9472	1.0946	0.0308	0.0067	1.3693	1.2770	0.0370	0.0182	1.6858	1.2406	0.0411
5	0.0026	0.9760	0.9778	0.0312	0.0069	1.3717	1.2406	0.0370	0.0188	1.6858	1.2406	0.0411
6	0.0029	0.9928	0.9924	0.0315	0.0075	1.3836	1.2041	0.0372	0.0196	1.6978	1.2406	0.0412
7	0.0031	1.0000	0.9122	0.0316	0.0082	1.4220	1.1676	0.0377	0.0209	1.7026	1.2406	0.0413
8	0.0033	1.0072	0.8757	0.0317	0.0089	1.4532	1.1311	0.0381	0.0224	1.7266	1.1676	0.0416
9	0.0035	1.0287	0.8027	0.0321	0.0093	1.4700	1.0946	0.0383	0.0235	1.7386	1.1311	0.0417
10	0.0038	1.0671	0.7297	0.0327	0.0099	1.4844	1.0946	0.0385	0.0245	1.7649	1.1311	0.0420

Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 8. Terdiri dari beberapa variasi debit, pada debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit (Q2) 0,0039 m³/det dan debit (Q3) 0,0071 m³/det. Masing- masing debit memiliki nilai Tegangan Geser (τ_o),

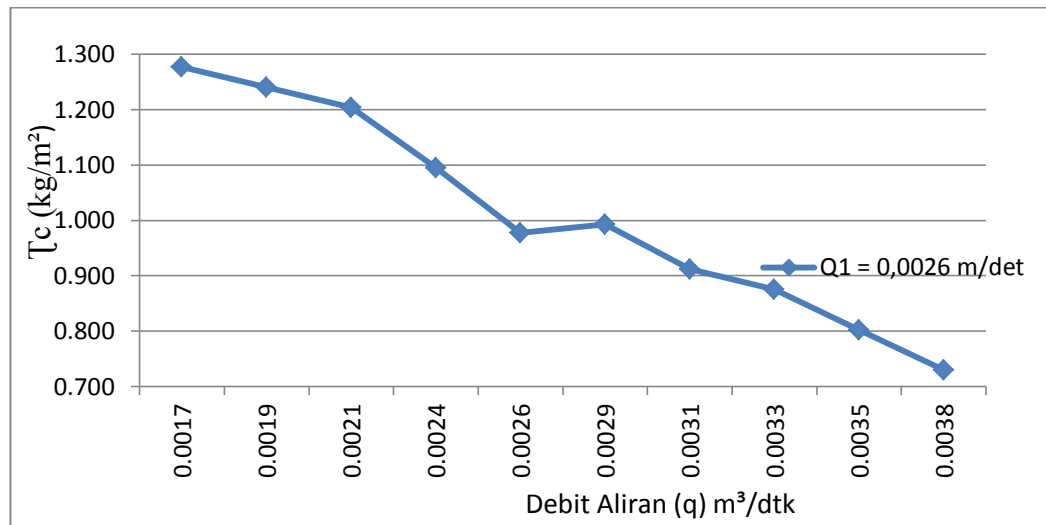
Tegangan Geser Kritis (τ_c), dan tegangan geser (u_*). berdasarkan debit aliran pada suatu penampang dasar saluran (q).



Gambar 27. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Dasar

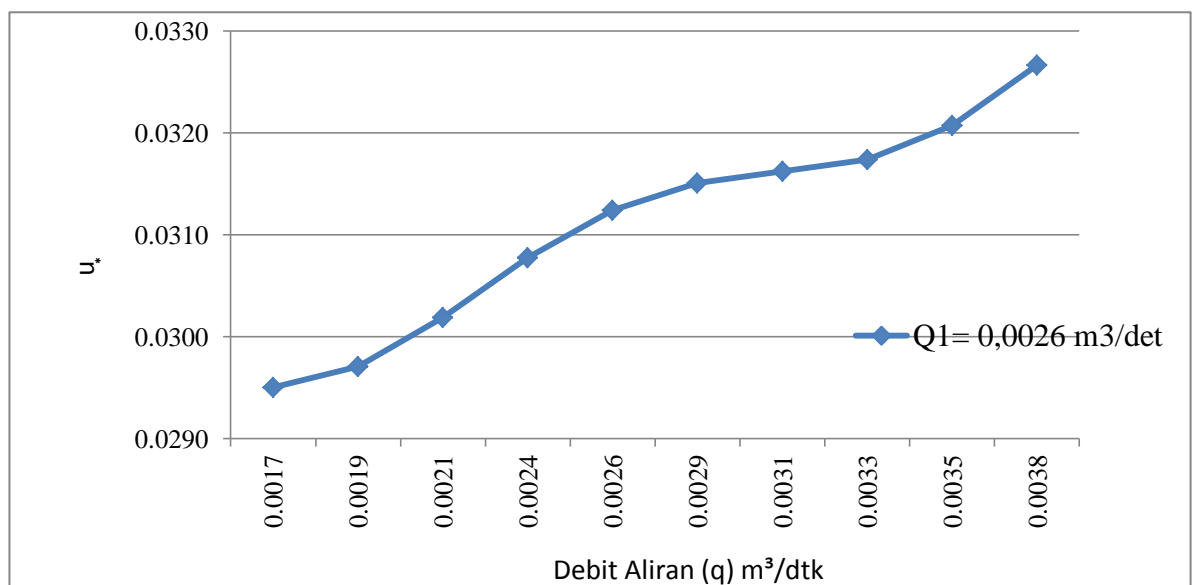
(τ_o)

Pada gambar 27. Dengan variasi debit (Q_1) 0,0026 m^3/det , debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : 0,0017 m/det , tegangan geser dasar (τ_o) : 0,870 kg/m^2 . Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser semakin besar.



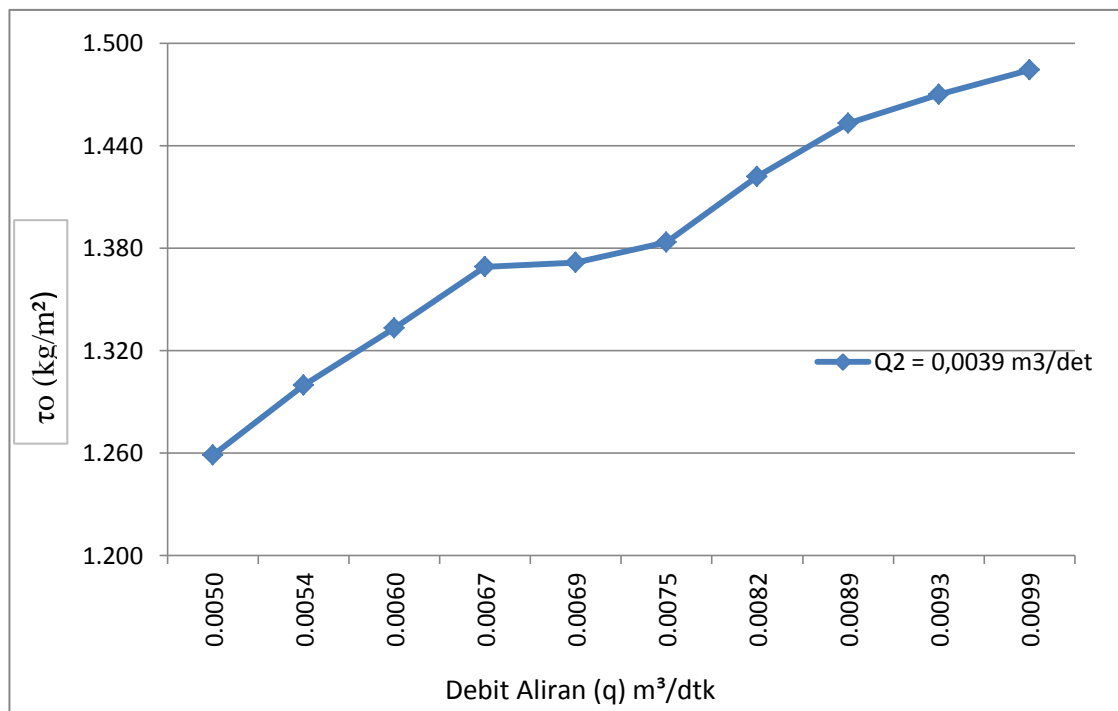
Gambar 28. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser kritis (τ_c) Untuk debit (Q1) 0,0026 m³/det.

Pada gambar 28. Dengan variasi debit (Q1) 0,0026 m³/det, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : 0,0017 m³/det, tegangan geser kritis (τ_c) : 1,277 kg/m². Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser kritis semakin kecil.



Gambar 29. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Kecepatan Geser kritis (u_*) Untuk debit (Q_1) $0,0026 \text{ m}^3/\text{det}$.

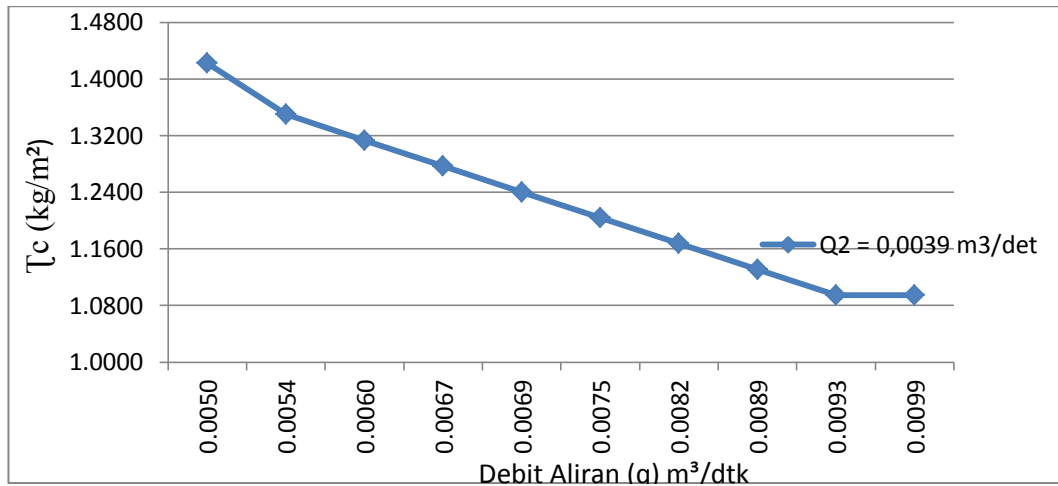
Pada gambar 29. Dengan variasi debit (Q_1) $0,0026 \text{ m}^3/\text{det}$, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : $0,0017 \text{ m}/\text{det}$, kecepatan geser (u_*) : $0,029 \text{ m}/\text{det}$. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka kecepatan geser semakin besar.



Gambar 30. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Dasar (τ_o) Untuk debit (Q_2) $0,0039 \text{ m}^3/\text{det}$.

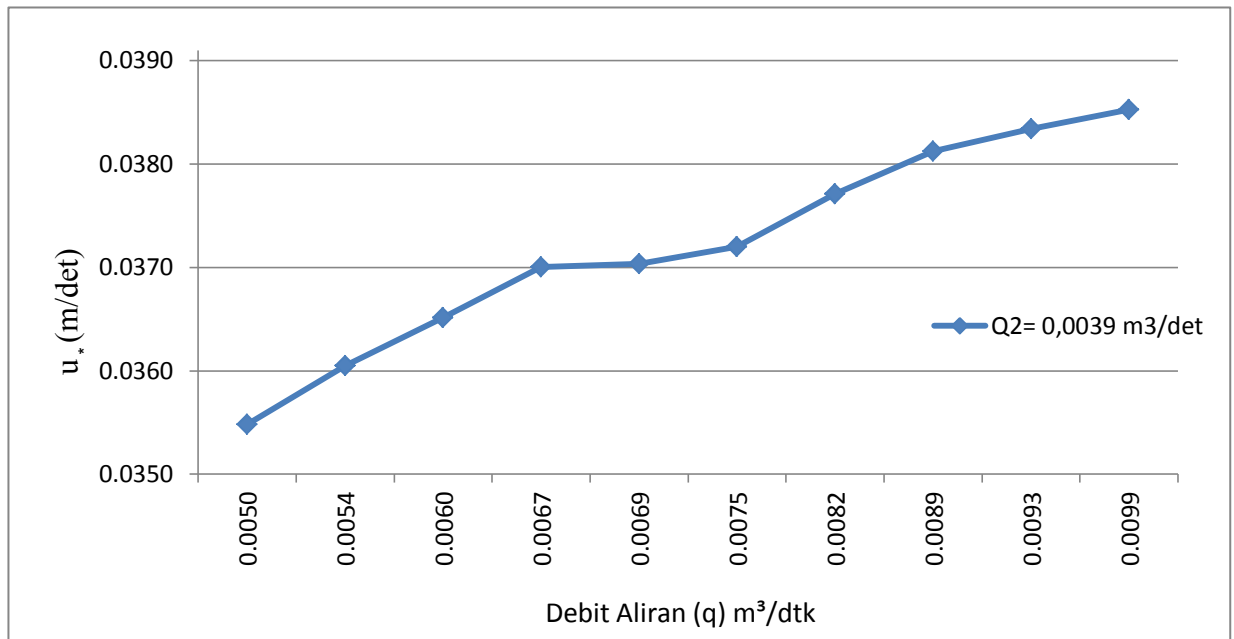
Pada gambar 30. Dengan variasi debit (Q_2) $0,0039 \text{ m}^3/\text{det}$, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : $0,0050 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser

dasar (τ_o) : 1,259 kg/m². Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser semakin besar.



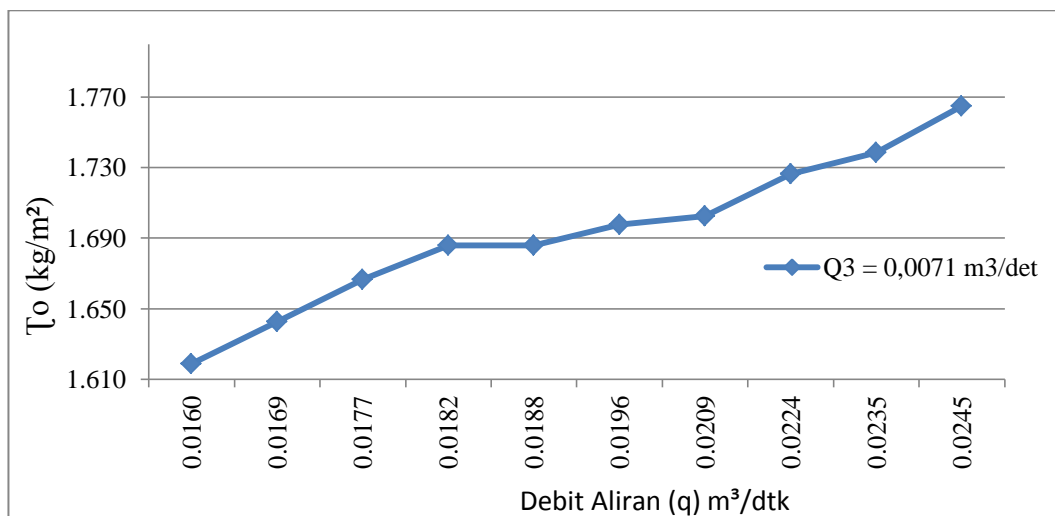
Gambar 31. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c) Untuk debit (Q2) 0,0039 m³/det.

Pada gambar 31. Dengan variasi debit (Q2) 0,0039 m³/det, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : 0,0050 m/det, tegangan geser kritis (τ_c) : 1,423 kg/m². Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser kritis semakin kecil.



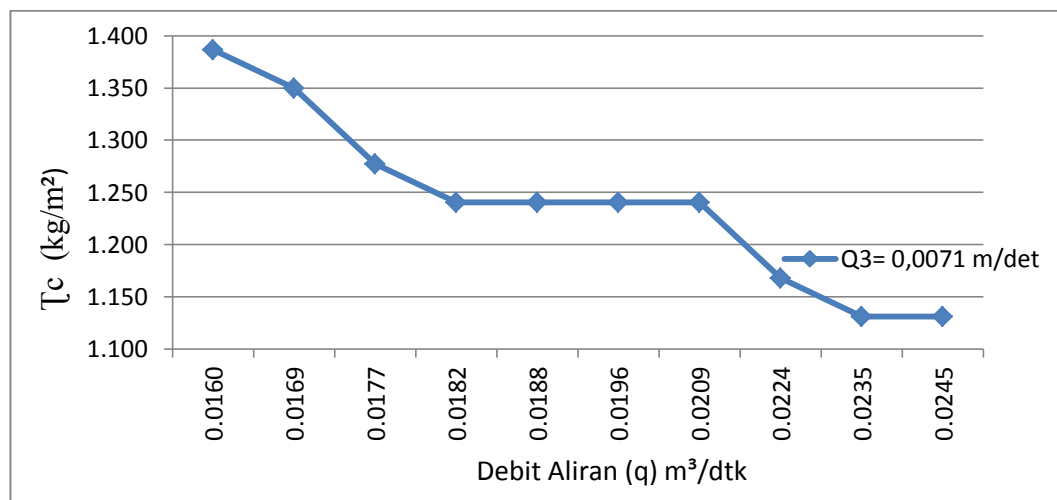
Gambar 32. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Kecepatan Geser kritis (u_*) Untuk debit (Q_2) 0,0039 m³/det.

Pada gambar 32. Dengan variasi debit (Q_2) 0,0039 m³/det, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : 0,0050 m/det, kecepatan geser (u_*) : 0,035 m/det. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka kecepatan geser semakin besar.



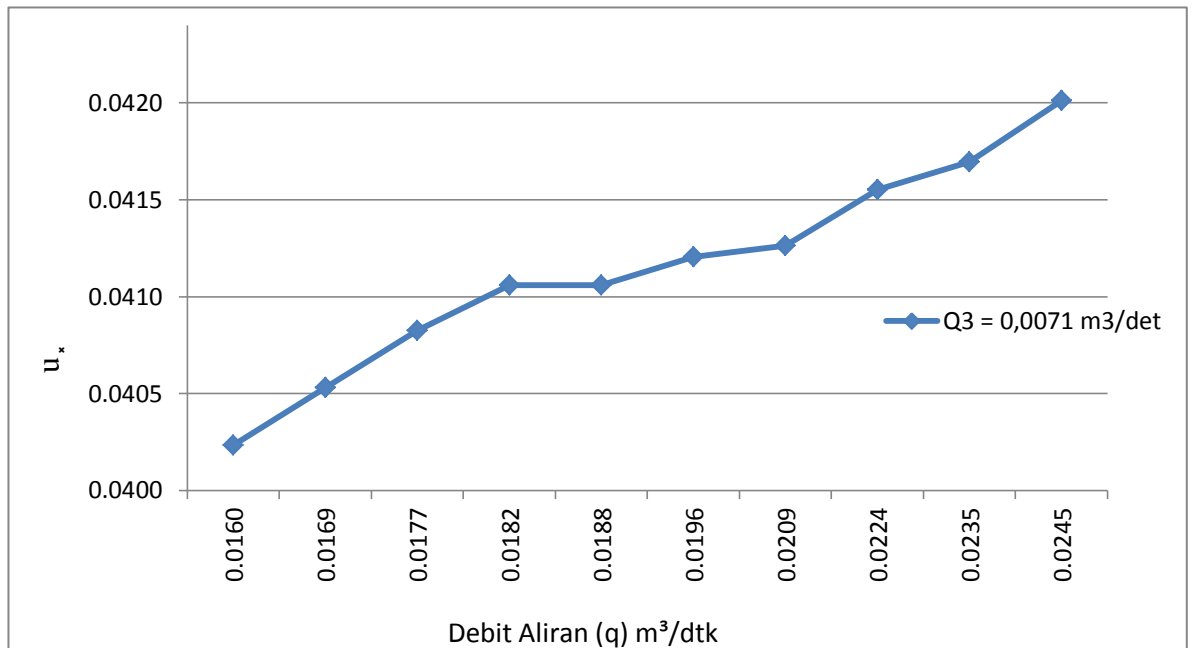
Gambar 33. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Dasar (τ_o) Untuk debit (Q_3) $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$.

Pada gambar 33. Dengan variasi debit (Q_3) $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : $0,016 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser dasar (τ_o) : $1,618 \text{ kg}/\text{m}^2$. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser semakin besar.



Gambar 34. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c) Untuk debit (Q_3) $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$.

Pada gambar 34. Dengan variasi debit (Q_3) $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : $0,016 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,386 \text{ kg}/\text{m}^2$. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka tegangan geser kritis semakin kecil.



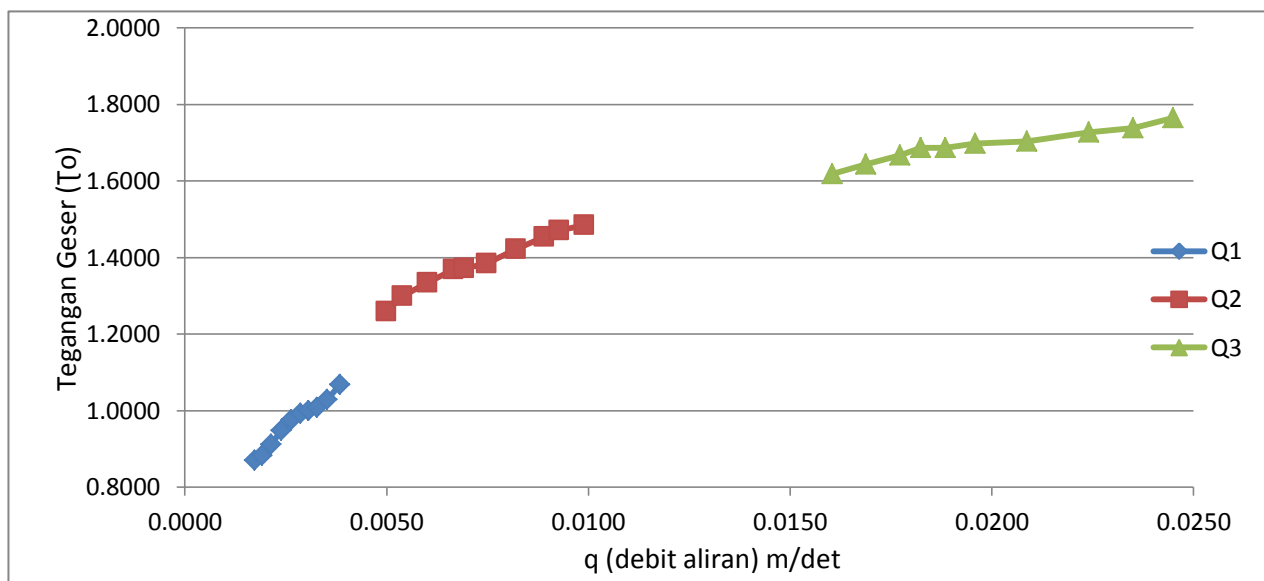
Gambar 35. Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Kecepatan Geser kritis (u_*) Untuk debit (Q_3) 0,0071 m³/det.

Pada gambar 32. Dengan variasi debit (Q_3) 0,0071 m³/det, debit aliran suatu penampang di dasar saluran (q) : 0,016 m/det, kecepatan geser (u_*) : 0,040 m/det. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang dasar saluran maka kecepatan geser semakin besar.

Tabel 9. Rekapitulasi Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o) Tegangan Geser Kritis (τ_c) Dan Kecepatan Geser (U_c)

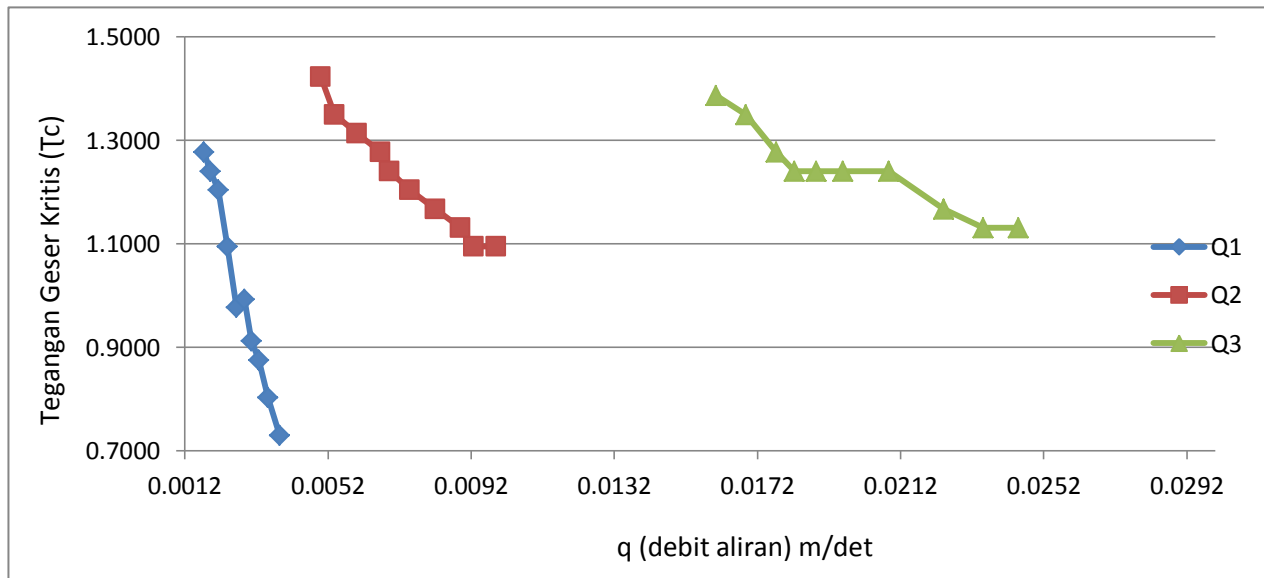
No Patok	Q1				Q2				Q3			
	q	τ_0	τ_c	u_*	q	τ_0	τ_c	u_*	q	τ_0	τ_c	u_*
	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det	(m/det)	kg/m ²	kg/m ²	m/det
1	0.0017	0.8705	1.2770	0.0295	0.0050	1.2590	1.4230	0.0355	0.0160	1.6187	1.3865	0.0402
2	0.0019	0.8825	1.2406	0.0297	0.0054	1.2997	1.3500	0.0361	0.0169	1.6426	1.3500	0.0405
3	0.0021	0.9112	1.2041	0.0302	0.0060	1.3333	1.3135	0.0365	0.0177	1.6666	1.2770	0.0408
4	0.0024	0.9472	1.0946	0.0308	0.0067	1.3693	1.2770	0.0370	0.0182	1.6858	1.2406	0.0411
5	0.0026	0.9760	0.9778	0.0312	0.0069	1.3717	1.2406	0.0370	0.0188	1.6858	1.2406	0.0411
6	0.0029	0.9928	0.9924	0.0315	0.0075	1.3836	1.2041	0.0372	0.0196	1.6978	1.2406	0.0412
7	0.0031	1.0000	0.9122	0.0316	0.0082	1.4220	1.1676	0.0377	0.0209	1.7026	1.2406	0.0413
8	0.0033	1.0072	0.8757	0.0317	0.0089	1.4532	1.1311	0.0381	0.0224	1.7266	1.1676	0.0416
9	0.0035	1.0287	0.8027	0.0321	0.0093	1.4700	1.0946	0.0383	0.0235	1.7386	1.1311	0.0417
10	0.0038	1.0671	0.7297	0.0327	0.0099	1.4844	1.0946	0.0385	0.0245	1.7649	1.1311	0.0420

Sumber perhitungan



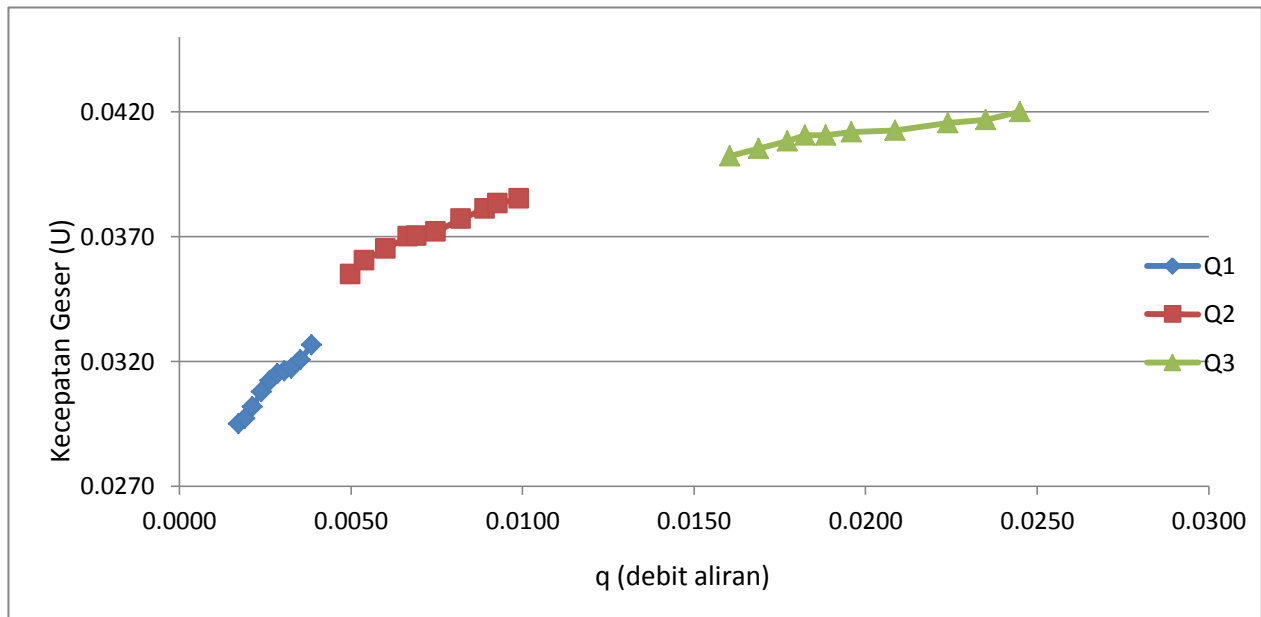
Gambar 36. Rekapitulasi Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_0)

Pada gambar 36. Dari beberapa variasi debit (Q1) 0,0026 m³/det , (Q2) 0,0039 m³/det, dan (Q3) 0,0071 m³/det. Semakin besar debit pengaliran maka tegangan geser semakin besar.



Gambar 37. Rekapitulasi Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c)

Pada gambar 37. Dari beberapa variasi debit (Q1) 0,0026 m³/det , (Q2) 0,0039 m³/det, dan (Q3) 0,0071 m³/det. Semakin besar debit pengaliran maka tegangan geser kritis semakin kecil.



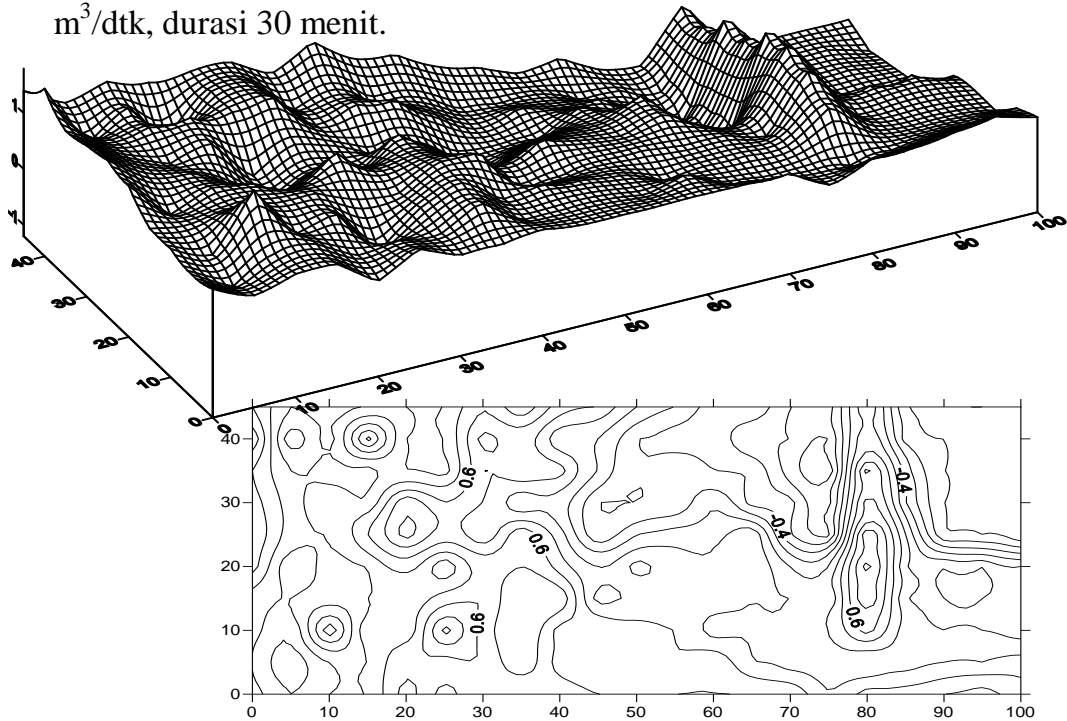
Tabel 38. Rekapitulasi Pengaruh Debit Aliran (q) Terhadap Kecepatan Geser (U_g)

Pada gambar 38. Dari beberapa variasi debit (Q1) 0,0026 m³/det , (Q2) 0,0039 m³/det, dan (Q3) 0,0071 m³/det. Semakin besar debit pengaliran maka kecepatan geser semakin besar.

2. Pengamatan Perubahan Dasar Saluran (Agradasi dan Degradasi) Akibat Perubahan Debit

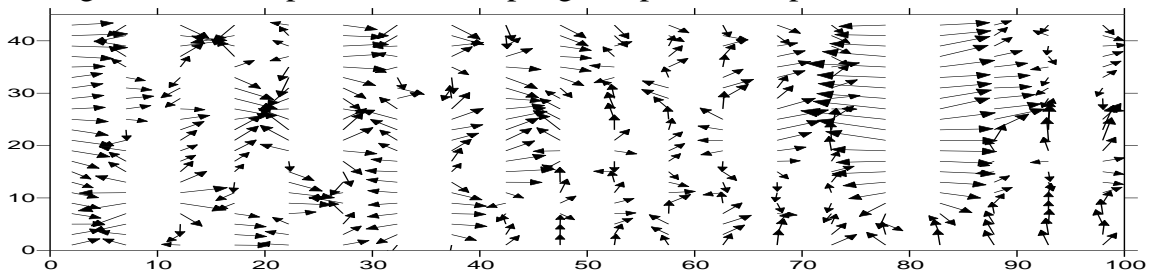
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan butiran sedimen dan variasi debit Q₁, Q₂ dan Q₃. Cara mengamati gerusan dan pengendapan yaitu dengan mencatat kedalaman gerusan dan tinggi pengendapan pada setiap setelah pengaliran dengan variasi debit. Bentuk gerusan yang terjadi pada tiap percobaan berdasarkan hasil Grafik dan penggunaan surfer 8.0 adalah sebagai berikut :

- a. Kedalaman Gerusan dan Pengendapan untuk debit (Q_1) : 0,0026 m^3/dtk , durasi 30 menit.



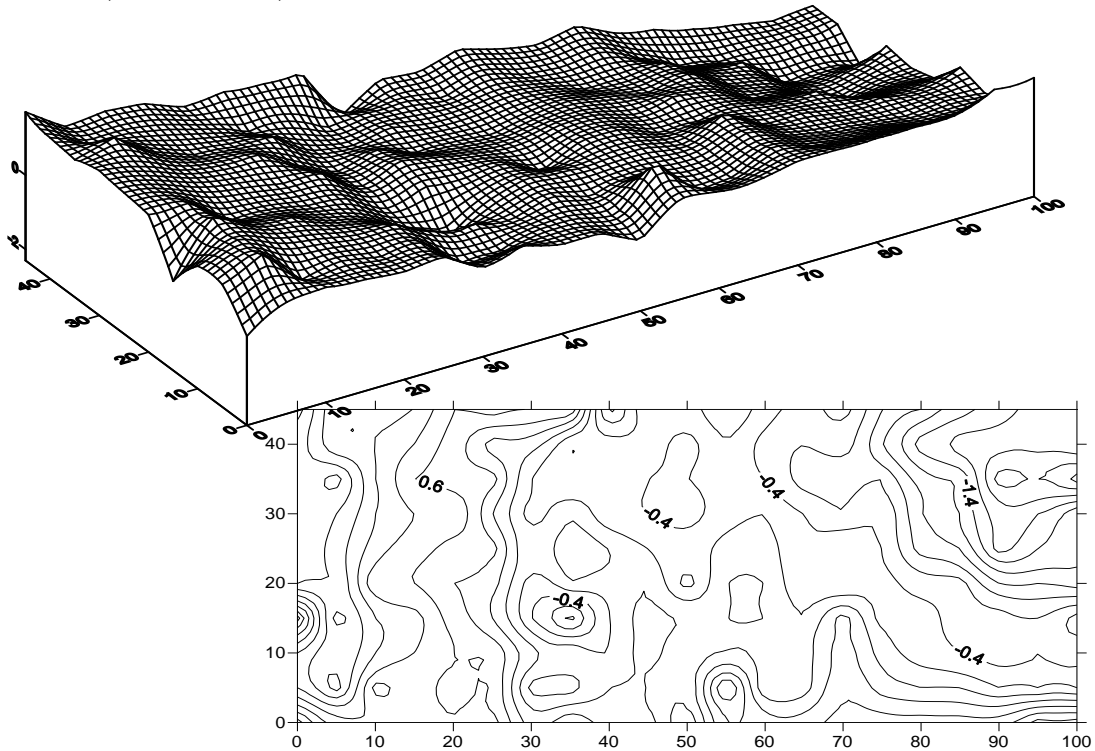
Gambar 39 : Perubahan dasar saluran setelah percobaan pertama

Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk $Q : 0,0026 m^3/dtk$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.8 cm, dan pengendapan tidak terjadi, untuk titik 5 kedalaman gerusan mencapai 0.6 cm, dan pengendapan mencapai 0.4 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.5 cm, dan pengendapan mencapai 1.2 cm.



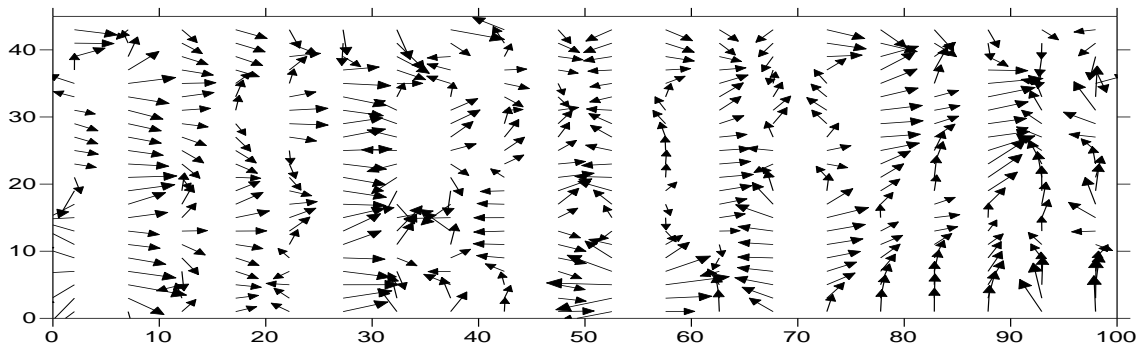
Gambar 40 : Vektor Pergerakan Sedimen dasar saluran percobaan pertama.

- b. Kedalaman Gerusan dan Pengendapan untuk debit (Q_2) :
 $0,0039\text{m}^3/\text{dtk}$, durasi 30 menit.



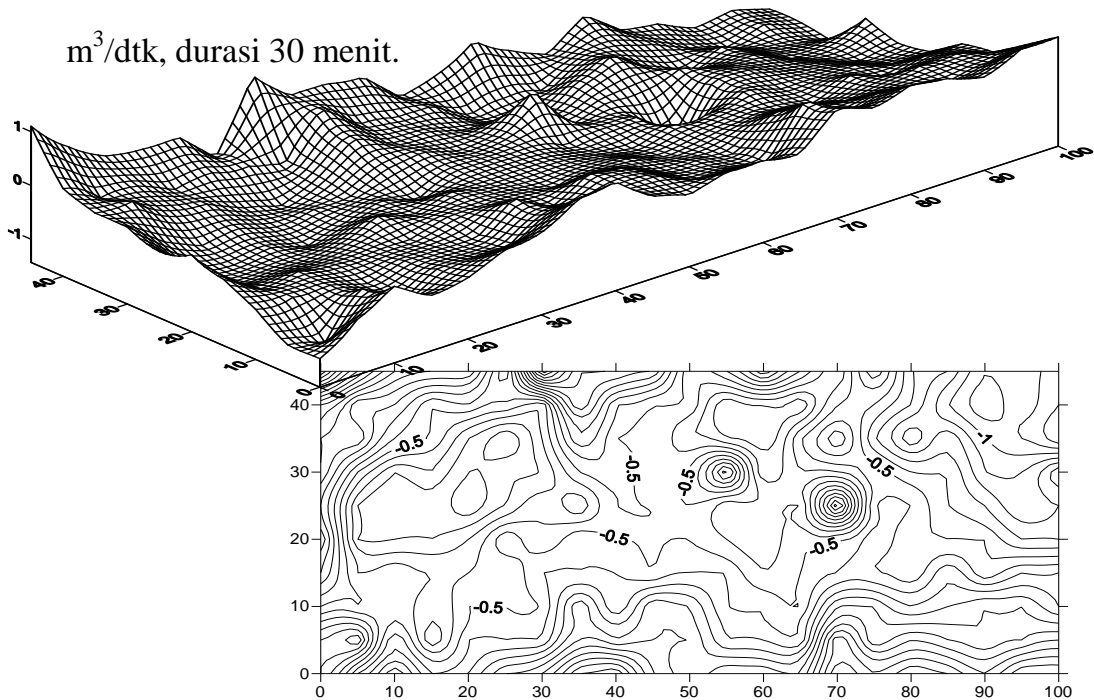
Gambar 41 : Perubahan dasar saluran setelah percobaan kedua

Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk $Q : 0,0039 \text{ m}^3/\text{dtk}$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.7 cm, dan pengendapan tidak terjadi, untuk titik 5 kedalaman gerusan tidak terjadi, dan pengendapan mencapai 0.5 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.9 cm, dan pengendapan mencapai 2.3 cm.



Gambar 42 : Vektor Pergerakan Sedimen dasar saluran percobaan kedua.

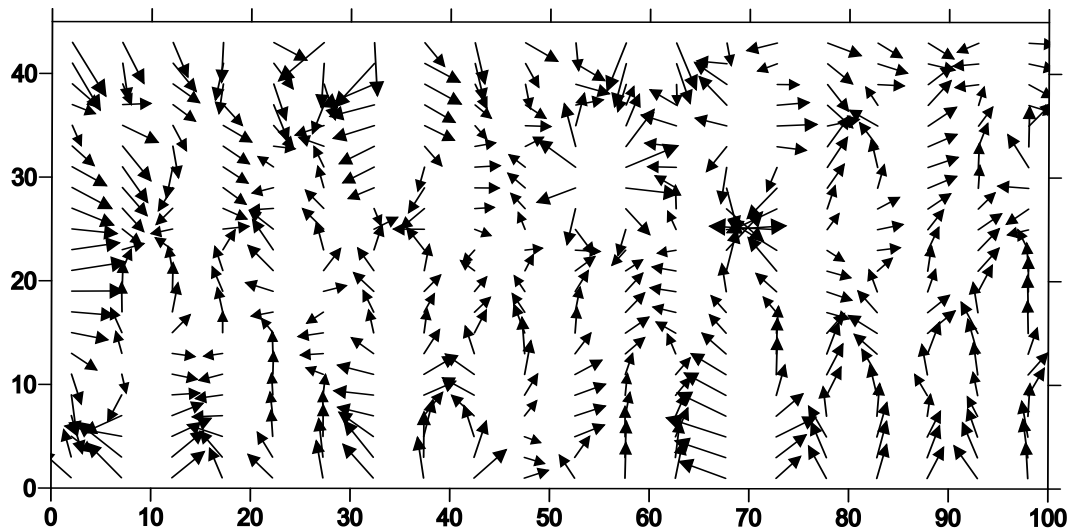
c. Kedalaman Gerusan dan Pengendapan untuk debit (Q) : $0,0071 \text{ m}^3/\text{dtk}$, durasi 30 menit.



Gambar 43 : Perubahan dasar saluran setelah percobaan ketiga

Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q : $0,0071 \text{ m}^3/\text{dtk}$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.1 cm, dan pengendapan mencapai 0.9 cm, untuk titik 5 kedalaman gerusan tidak

terjadi, dan pengendapan mencapai 0.7 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.6 cm, dan pengendapan mencapai 1.3 cm.



Gambar 44 : Vektor Pergerakan Sedimen dasar saluran percobaan ketiga.

C. Pembahasan

1. Pengaruh Pergerakan Sedimen di Dasar Saluran Akibat Fluktuasi Debit.

a. Bilangan *Froude*

Berdasarkan gambar 17. Untuk hubungan antara kecepatan aliran dan angka *Froude* (Fr), debit : (Q_1) 0,0026 m³/det dengan kecepatan aliran (v) : 0,122 m/det bilangan *Froude* (Fr) yang di peroleh 0,216. Bilangan *Froude* yang di dapat akibat fluktuasi debit, kurang dari satu ($Fr < 1$), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi aliran sub kritis. Ini menunjukkan butiran sedimen cenderung diam. Dengan debit pengaliran

(Q2) : 0,0039 m³/det, kecepatan aliran (v) : 0,244 m/det di mana bilangan *Froude* (Fr) yang di peroleh : 0,373. Bilangan *Froude* yang di dapat akibat fluktuasi debit, kurang dari satu (Fr < 1), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi aliran sub kritis. Ini menunjukkan butiran sedimen cenderung mulai bergerak. Sedangkan pada debit pengaliran (Q3) : 0,0071 m³/det dengan kecepatan aliran (v) : 0,611 m/det, di mana bilangan *Froude* (Fr) yang di peroleh : 0,851. Bilangan *Froude* yang di dapat akibat fluktuasi debit, lebih dari satu (Fr > 1), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi aliran super kritis. Ini menunjukkan butiran sedimen cenderung mulai bergerak akibat fluktuasi debit.

Bilangan *Froude* yang di dapat akibat fluktuasi debit, kurang dari satu (Fr < 1), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi aliran sub kritis, ada yang sama dengan satu (Fr = 1), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi kritis, dan ada pula yang lebih dari satu (Fr > 1), yang berarti kedalaman aliran menghasilkan suatu kondisi aliran super kritis, dari variasi debit (Q1, Q2, dan Q3) semakin besar debit pengalirannya, maka semakin besar pula bilangan *Froudenya* hal ini terlihat pada grafik diatas suatu kecepatan aliran berbanding lurus dengan bilangan *Froude*. (Triatmojo Bambang, 2003).

b. Pengaruh Kedalaman Aliran (h) Terhadap Tegangan Geser (τ_o)

Dari gambar 18. Menunjukkan bahwa kedalaman aliran sangat berpengaruh terhadap tegangan geser dasar (τ_o) yang terjadi pada setiap debit. pada debit pengaliran (Q1) : 0,0026 m³/det, pada titik pertama kedalaman aliran (h) 0,040 m, tegangan geser (τ_o) : 0,870 kg/m², pada titik 10 kedalaman aliran (h) 0,049 m, tegangan geser (τ_o) : 1,067 kg/m², semakin dalam aliran maka semakin besar pula tegangan geser yang terjadi.

Pada gambar 19. Debit pengaliran (Q2) : 0,0039 m³/det, pada titik pertama kedalaman aliran (h) : 0,058 m, tegangan geser (τ_o) yang di peroleh 1,259 kg/m², Pada titik 10 kedalaman aliran (h) 0,068 m, tegangan geser (τ_o) : 1,484 kg/m², Dan pada gambar 20. Debit pengaliran (Q3) : 0,0071 m³/det, pada titik pertama kedalaman aliran (h) : 0,075 m, tegangan geser (τ_o) yang di peroleh 1,618 kg/m², Pada titik 10 kedalaman aliran (h) 0,0818 m, tegangan geser (τ_o) : 1,764 kg/m². Semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar, sehingga tegangan geser yang terjadi semakin besar pula. Perbedaan kedalaman aliran yang cukup mencolok pada tiap debit. (Rusman Yamsir, 2015)

c. Hubungan Tegangan Geser (τ_o) Terhadap Tegangan Geser Kritis (τ_c)

Dari gambar 21. debit (Q1) : 0,0026 m³/det, pada titik pertama τ_o :0,870 kg/m², τ_c : 1,277 kg/m² maka butiran cenderung diam. pada titik 5, τ_o : 0,976 kg/m², τ_c : 0,977 kg/m² maka butiran cenderung mulai bergerak. pada titik 7, τ_o : 1,00 kg/m², τ_c : 0,912 kg/m² maka butiran cenderung bergerak. Dari gambar 22. debit (Q2) : 0,0039 m³/det, pada titik pertama τ_o :1,259 kg/m², τ_c : 1,423 kg/m² maka butiran cenderung diam. Pada titik ke 2, τ_o : 1,299 kg/m², τ_c : 1,350 kg/m² maka butiran cenderung mulai bergerak. Pada titik ke 4, τ_o : 1,369 kg/m², τ_c : 1,277 kg/m² maka butiran cenderung bergerak. Dari gambar 23. debit (Q3) : 0,0071 m³/det, pada titik pertama τ_o :1,618 kg/m², τ_c : 1,386 kg/m² maka butiran cenderung bergerak . Pada titik ke 2, τ_o : 1,642 kg/m², τ_c : 1,350 kg/m² maka butiran cenderung bergerak. Pada titik ke 10, τ_o : 1,764 kg/m², τ_c : 1,131 kg/m² maka butiran cenderung bergerak. Dari hasil gambar di atas dengan variasi debit (Q1,Q2 dan Q3) menghasilkan nilai rata-rata pada debit (Q1) : 0,0026 m³/det $\tau_o < \tau_c$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam, Pada debit (Q2) : 0,0039 m³/det, Rata-rata $\tau_o = \tau_c$ dan $\tau_o > \tau_c$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak, kemudian bergerak. dan debit ketiga (Q3) : 0,0071m³/det menghasilkan Rata-rata $\tau_o > \tau_c$ maka butiran sedimen cenderung bergerak.

Hal tersebut dapat di jelaskan bahwa Semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran, maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar, sehingga tegangan geser yang terjadi semakin besar pula. Perbedaan kedalaman aliran yang cukup mencolok pada tiap debit. (Rusman Yamsir, 2015)

d. Hubungan Antara Kecepatan Geser (U) Dan Kecepatan Geser Kritis (U_c)

Dari gambar 24. debit (Q_1) : 0,0026 m³/det, pada titik pertama $U_*:0,029$ m/det, $U_{*c}: 0,035$ m/det maka butiran cenderung diam. pada titik 5, $U_*:0,031$ m/det, $U_{*c}: 0,032$ m/det maka butiran cenderung mulai bergerak. pada titik 7, $U_*:0,031$ m/det, $U_{*c}: 0,030$ m/det maka butiran cenderung bergerak. Dari gambar 25. debit (Q_2) : 0,0039 m³/det, pada titik pertama $U_*:0,035$ m/det, $U_{*c}: 0,037$ m/det maka butiran cenderung diam. Pada titik ke 2, $U_*:0,036$ m/det, $U_{*c}: 0,036$ m/det maka butiran cenderung mulai bergerak. Pada titik ke 4, $U_*:0,037$ m/det, $U_{*c}: 0,036$ m/det maka butiran cenderung bergerak.

Dari gambar 26. debit (Q_3) : 0,0071 m³/det, pada titik pertama $U_*:0,040$ m/det, $U_{*c}: 0,037$ m/det maka butiran cenderung bergerak . Pada titik ke 2, $U_*:0,040$ m/det, $U_{*c}: 0,037$ m/det maka butiran cenderung bergerak. Pada titik ke 10, $U_*:0,042$ m/det, $U_{*c}: 0,034$ m/det maka butiran cenderung bergerak. Dari hasil gambar di atas dengan variasi debit (Q_1, Q_2

dan Q3) menghasilkan nilai rata-rata pada debit (Q1) : 0,0026 m³/det $U_* < U_{*c}$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam, Pada debit (Q2) : 0,0039 m³/det menghasilkan nilai $U_* = U_{*c}$ dan $U_* > U_{*c}$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak, kemudian bergerak, dan debit ketiga (Q3) : 0,0071m³/det menghasilkan nilai $U_* > U_{*c}$ maka butiran sedimen cenderung bergerak.

Hal tersebut dapat di jelaskan bahwa Semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar, sehingga kecepatan geser yang terjadi semakin besar pula. Sama dengan keadaan tegangan geser yang telah di bahas sebelumnya.

**e. Pengaruh Debit Penampang (q) Terhadap Tegangan Geser (τ_o)
Tegangan Geser Kritis (τ_c) Dan Kecepatan Geser (U_*)**

Dari gambar 27, 28 dan 29. Pada debit (Q1) : 0,0026 m³/det, menghasilkan debit aliran (q) di titik 1 sebesar 0,0017 m/det, tegangan geser (τ_o) : 0,870 kg/m², tegangan geser kritis (τ_c) : 1,277 kg/m², dan kecepatan geser (u_*) : 0,029 m/det. debit aliran (q) titik 2 sebesar 0,0019 m/det, tegangan geser (τ_o) : 0,882 kg/m², tegangan geser kritis (τ_c) : 1,240 kg/m², dan kecepatan geser (u_*) : 0,029 m/det. debit aliran (q) titik 10 sebesar 0,0038 m/det, tegangan geser (τ_o) : 1,067 kg/m², tegangan geser kritis (τ_c) : 0,729 kg/m², dan kecepatan geser (u_*) : 0,032 m/det.

Dari gambar 30, 31, 32. Pada debit (Q_2) : $0,0039 \text{ m}^3/\text{det}$, menghasilkan debit aliran (q) di titik 1 sebesar $0,0050 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,259 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,423 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,035 \text{ m}/\text{det}$. debit aliran (q) titik 2 sebesar $0,0054 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,299 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,350 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,0361 \text{ m}/\text{det}$. debit aliran (q) titik 10 sebesar $0,0099 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,484 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,094 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,038 \text{ m}/\text{det}$.

Dari gambar 33, 34, dan 35. Pada debit (Q_3) : $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$, menghasilkan debit penampang (q) di titik 1 sebesar $0,016 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,618 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,386 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,040 \text{ m}/\text{det}$. debit aliran (q) titik 2 sebesar $0,016 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,642 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,350 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,040 \text{ m}/\text{det}$. debit aliran (q) titik 10 sebesar $0,024 \text{ m}/\text{det}$, tegangan geser (τ_o) : $1,764 \text{ kg}/\text{m}^2$, tegangan geser kritis (τ_c) : $1,131 \text{ kg}/\text{m}^2$, dan kecepatan geser (u_*) : $0,042 \text{ m}/\text{det}$. Dari beberapa variasi debit, semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran maka, tegangan geser dan kecepatan geser semakin besar yang terjadi di saluran. Sehingga tegangan geser dasar dan kecepatan geser sangat di pengaruhi oleh fluktuasi debit

2. Pengamatan Perubahan Dasar Saluran (Agradasi dan Degradasi)

Akibat Perubahan Debit

Pada gambar 39. Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q1 : $0,0026 \text{ m}^3/\text{dtk}$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.8 cm, dan pengendapan tidak terjadi, untuk titik 5 kedalaman gerusan mencapai 0.6 cm, dan pengendapan mencapai 0.4 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.5 cm, dan pengendapan mencapai 1.2 cm.

Pada gambar 41. Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q2 : $0,0039 \text{ m}^3/\text{dtk}$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.7 cm, dan pengendapan tidak terjadi, untuk titik 5 kedalaman gerusan tidak terjadi, dan pengendapan mencapai 0.5 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.9 cm, dan pengendapan mencapai 2.3 cm. Pada gambar 43. Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q3 : $0,0071 \text{ m}^3/\text{dtk}$ durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.1 cm, dan pengendapan mencapai 0.9 cm, untuk titik 5 kedalaman gerusan tidak terjadi, dan pengendapan mencapai 0.7 cm. Kemudian pada titik 10 kedalaman gerusan mencapai 0.6 cm, dan pengendapan mencapai 1.3 cm. Pada gambar 44. Arah pergerakan sedimen

Beberapa gambar dapat di lihat dengan jelas perubahan dasar saluran akibat terjadinya perubahan debit. Perubahan debit berpengaruh terhadap muatan sedimen yang senantiasa melakukan pergerakan. Dimana

pada suatu periode tertentu permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (agradasi), tetapi pada periode yang lain terkadang turun (degradasi).
(Rusman Yamsir, 2015)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. pergerakan sedimen di dasar saluran sangat berpengaruh terhadap fluktuasi debit. debit pertama (Q1) 0,0026 m³/det, menghasilkan rata-rata $\tau_0 < \tau_c$ maka butiran sedimen tersebut cenderung diam, pada debit kedua (Q2) 0,0039 m³/det menghasilkan rata-rata $\tau_0 = \tau_c$ dan $\tau_0 > \tau_c$ sehingga butiran sedimen tersebut cenderung mulai bergerak, dan bergerak. debit ketiga (Q3) 0,0071m³/det menghasilkan rata- rata $\tau_0 > \tau_c$ maka butiran sedimen di katakan bergerak. Semakin besar debit pengaliran semakin besar pula pergerakan sedimen.
2. Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q1 : 0,0026 m³/dtk durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.8 cm, dan pengendapan tidak terjadi, Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk Q2 : 0,0039 m³/dtk durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.7 cm, dan pengendapan tidak

3. terjadi, Kedalaman gerusan dan pengendapan untuk $Q_3 : 0,0071$ m^3/dtk durasi 30 menit yaitu pada titik 1 kedalaman gerusan mencapai 1.1 cm, dan pengendapan mencapai 0.9 cm. kedalaman gerusan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh variasi debit, semakin besar debit semakin besar pula gerusan yang terjadi.

B. Saran

Dari pengamatan di dalam penelitian ini penulis memberikan saran – saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya titik pengambilan data (pias) harus lebih rapat dan lebih banyak agar data yang diperoleh lebih jelas dan akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengamatan dengan sedimen yang lebih bervariasi dan spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Nasirul Umam, 2015. Tugas Ilmiah Sedimentasi (Proses Sedimentasi)
- Asdak,C. 2014.*Hidrologi Dan Pengeloaan Daerah Aliarn Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harianja dan N.A.P., 2011. *Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Pergerakan Sedimen*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.
- Ikhsan, Cahyono 2007. *Pengaruh Variasi Debit Air Terhadap Laju Bed Load Pada Saluran Terbuka Dengan Pola Aliran Steady Flow*, Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS Surakarta.
- Iskandar dan tony, 2013. *Studi Sedimentasi Di Muara Sungai Angsa Kecamatan Angsana Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan*, Jurnal Pertania Universitas Achmad Yani Banjar Baru.
- Karim, T Nenny. *Bahan Kuliah Angkutan Sedimen*, Teknik Sipil Unismuh Makassar, 2010.
- Mardijikoen, P., 1987. *Angkutan Sedimen*. Diklat, Pusat Antar Universitas (PAU) Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta
- Oliviana Mokonio. Dkk, 2013. *Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Saluangko Desa Tounelet Kec. Kakas Kab. Minahasa* (<http://google>, diakses 24 februari 2018)
- Rusman Yamsir. 2015. *Analisis Pergerakan Sedimen Pada Saluran Dengan Beberapa Variasi Kemiringan*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi*, Bandung
- Sosrodarsono, suyono, Dkk, 2008, *perbaikan dan pengaturan sungai,paradnya paramita*,Jakarta
- Suripin, 2002. Dalam buku Tata Ruang Air Oleh Restam Sjarief
- Triatmodjo, Bambang.2003,*Hidrolika II*, Beta Offset,Yogyakarta

DOKUMENTASI



Proses penaburan pasir



Pemasangan grid



Sebelum running kosong



Pengambilan data kecepatan aliran (h) dan ketinggian aliran (v)



Perubahan Bentuk dasar saluran setelah pengaliran



Pengukuran Tinggi Elevasi Gerusan dan Pengendapan

