

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN SALURAN TERHADAP PERUBAHAN**

**POLA ALIRAN**

**(UJI MODEL LABORATORIUM)**



Oleh :

**HADRIAN** : **105 810 1533 11**

**SETIAWAN** : **105 810 1457 11**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2017**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat-syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN SALURAN TERHADAP PERUBAHAN POLA ALIRAN ( UJI MODEL LABORATORIUM ).**

Nama : HADRIAN  
SETIAWAN

No. Stambuk : 105 81 1533 11  
: 105 81 1457 11

Makassar, 19 Desember 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT

Pembimbing II

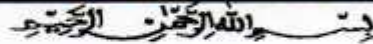
Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST.

NBM: 975 288



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Hadrian dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 01533 11 dan Setiawan dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 01457 11, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 1067/05.A.2-II/II/39/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 16 Desember 2017

Makassar, 30 RabiulAwwal 1439H  
19 Desember 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S., MT.

b. Sekretaris : Dr. Ma'rufah, SP., MP.

3. Anggota

1. Dr. H. Muh. Idrus Ompo, SP., PSDA

2. Prof. Dr. Ir. Lawalenna Samingan, M. S., M.Eng.


3. Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

  
Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Nenny, ST., MT.

Dekan



  
R. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan karunia-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah“ **ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN SALURAN TERHADAP PERUBAHAN POLA ALIRAN**”, penulis menyadari bahwa didalam penlisan skripsi ini masih terdapat kekurangan – kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan – perhitungan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan guna kesempurnaan penulisan ini agar kelak bermanfaat terutama bagi penulis sendiri.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi – tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Muh. Syafaat S. Kuba, ST. sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT. selaku Pembimbing I dan Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT. selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala telah mendidik dan meluangkan waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a dan pengorbanannya kepada anandamu ini.
6. Rekan – rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus saudara seperjuangan angkatan 2011, serta teman – teman yang tidak sempat kami sebutkan namanya satu – persatu namanya yang telah banyak memberikan support kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga seluruh pihak diatas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan – rekan, masyarakat serta bangsa dan negara, Aamiin

Makassar, 14 Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
A.    LATAR BELAKANG .....	1
B.    RUMUSAN MASALAH .....	2
C.    TUJUAN PENELITIAN .....	3
D.    BATASAN MASALAH .....	3
E.    MANFAAT PENELITIAN .....	3
F.    SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A.    SUNGAI .....	6
B.    POLA ALIRAN SUNGAI .....	7
1.    Pengertian Pola Aliran .....	7
2.    Macam-Macam Pola Aliran .....	8
C.    KARAKTERISTIK ALIRAN .....	15
1.    Tipe Aliran .....	16
2.    Sifat-sifat Aliran .....	17

3. Distribusi Kecepatan Aliran .....	21
D. DEBIT PENGALIRAN .....	22
E. SALURAN TERBUKA .....	22
1. Pengertian Saluran Terbuka .....	22
2. Unsur – Unsur Geometri Saluran .....	24
3. Bentuk Saluran .....	25
F. MODEL FISIK .....	25
1. Hukum Dasar Model .....	25
2. Kesebangunan (similaritas) .....	27
3. Model Terdistorsi .....	29
G. POLA ALUR SUNGAI .....	30

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN .....	32
B. JENIS PENELITIAN DAN SUMBER DATA .....	32
C. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN .....	33
D. VARIABEL YANG DIGUNAKAN .....	34
E. LANGKAH – LANGKAH PENELITIAN .....	35
F. FLOW CHART DATA .....	36

### BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PERHITUNGAN.....	37
1. Perhitungan Angka Froude (Fr).....	37
2. Analisis Angka Reynold (Re).....	40

3. Rekapitulasi Angka Froude (Fr) dan Angka Reynold (Re) .....	44
4. Analisi Pengaruh Kemiringan Terhadap perubahan pola aliran .....	46
B. Pola Aliran.....	51

## DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola aliran debris. ....	8
Gambar 2. Pola aliran dendrik. ....	10
Gambar 3. Pola aliran radial .....	10
Gambar 4. Pola aliran rectangular .....	11
Gambar 5 . Pola aliran trellis.....	12
Gambar 6.Pola aliran centripetal.....	13
Gambar 7. Pola aliran annular .....	14
Gambar 8. Pola aliran paralel .....	14
Gambar 9. Aliran turbulen dan aliran laminer .....	19
Gambar 10.Distribusi kecepatan aliran pada saluran terbuka .....	21
Gambar 11. Bentuk saluran .....	25
Gambar 12. Desain flume .....	33
Gambar 13. Bagan (flow chart) penelitian.....	36
Gambar 14. Hubungan Antara Titik Pengamatan dan Angka Froude (Fr) untuk Debit ( $Q_1$ ) : $0,085 \text{ m}^3/\text{dt}$ .....	38

Gambar 15. Hubungan antara titik pengamatan dan angka froude (Fr) untuk Debit( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt. ....	39
Gambar 16. Hubungan antara titik pengamatan dan Angka Reynold (Re).....	42
Gambar 17. Hubungan antara titik pengamatan dan Angka Reynold (Re).....	43
Gambar 18. Kecepatan rata-rata Debit ( $Q_1$ )0,085 m <sup>3</sup> /dt dan variasi kemiringan(S) .....	47
Gambar 19. Kecepatan rata-rata Debit ( $Q_1$ )0,085 m <sup>3</sup> /dt dan variasi kemiringan(S) .....	49
Gambar 20. Hubungan antara kecepatan rata-rata dengan kemiringan (S) 45° pada ( $Q_1$ ): 0.0850 m <sup>3</sup> /dt dan ( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt.....	50
Gambar 21. Hubungan antara kecepatan rata-rata dengan kemiringan (S) 63° pada ( $Q_1$ ): 0.0850 m <sup>3</sup> /dt dan ( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt.....	51
Gambar 22. Ilustrasi pola aliran yang terjadi pada kemiringan (S) 45° ..	52
Gambar 23. Ilustrasi pola aliran yang terjadi pada kemiringan (S) 63° ..	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Perhitungan Angka Froude (Fr) Pada Debit Normal ( $Q_1$ ): 0,085 m <sup>3</sup> /dt .....	37
Tabel 2. Hasil Perhitungan Angka Froude ( Fr ) pada debit banjir ( $Q_2$ ): 2,690 m <sup>3</sup> /dt .....	39
Tabel 3. Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_1$ ): 0,085 m <sup>3</sup> /dt .....	41
Tabel 4. Perhitungan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt. 42	
Tabel 5. Rekapitulasi Angka Froude (Rr) dan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_1$ ): 0,085 m <sup>3</sup> /dt.....	44
Tabel 6. Rekapitulasi Angka Froude (Rr) dan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_2$ ):.2.690 m <sup>3</sup> /dt.....	45
Tabel 7. Kecepatan aliran pada debit ( $Q_1$ ) : 0.0850 m <sup>3</sup> /dt .....	46
Tabel 8. Rata-rata kecepatan pada Debit ( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt.....	47
Tabel 9. Rata-Rata Kecepatan aliran pada kemiringan(S): 45° antara Debit( $Q_1$ ):0.0850 m <sup>3</sup> /dt.dan Debit( $Q_2$ ): 2.690 m <sup>3</sup> /dt.....	49
Tabel 10.Rata-Rata Kecepatan aliran pada kemiringan (S) 63° antara Debit ( $Q_1$ ):0.0850 m <sup>3</sup> /dt dan ( $Q_2$ ) : 2.690 m <sup>3</sup> /dt .....	50

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Ds	diameter butiran
g	percepatan gravitasi
h	kedalaman aliran
l	kemiringan dasar saluran arah memanjang
$\rho_s$	rapat massa butiran
$\rho_s$	rapat massa fluida
$U_*$	kecepatan geser butiran
Q	Debit
S	kemiringan
Re	Angka Reynold
	Kecepatan rata-rata aliran
R	Jari-jari Hidrolis
$\mu$	kekentalan ( <i>viscositas</i> ) kinematik cairan
Fr	Angka Froude
	Kecepatan rata-rata aliran
Re	Angka Reynold

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Dengan berjalannya waktu, suatu sistem jaringan sungai akan membentuk pola pengaliran tertentu di antara saluran utama dengan cabang-cabangnya dan pembentukan pola pengaliran ini sangat ditentukan oleh faktor geologinya. Pola pengaliran sungai dapat diklasifikasikan atas dasar bentuk dan teksturnya. Bentuk atau pola berkembang dalam merespon terhadap topografi dan struktur geologi bawah permukaannya. Saluran-saluran sungai berkembang ketika air permukaan (surface runoff) meningkat dan batuan dasarnya kurang pada permukaan bumi dengan struktur geologi tertentu. Kecepatan aliran yang bertambah besar kemampuan angkutan juga bertambah sehingga terjadilah degradasi dasar sungai pada lokasi dimana kecepatan aliran sungai berubah menjadi lebih cepat. Air dalam pergerakannya akan selalu mengerosi bumi, sehingga menyebabkan terbentuknya sebuah cekungan dimana air tertampung melalui saluran kecil ataupun besar yang biasa disebut dengan istilah alur sungai atau badan sungai.

Kegiatan erosi dan tektonik yang menghasilkan bentuk – bentuk lembah sungai sebagai tempat pengaliran air, selanjutnya akan membentuk pola – pola tertentu yang disebut pola aliran. Pola aliran ini sangat berhubungan dengan jenis batuan, struktur geologi kondisi erosi, dan sejarah bentuk bumi.

Kondisi topografi Provinsi Papua Barat sangat bervariasi membentang mulai dari dataran rendah, rawa sampai dataran tinggi, dengan tipe tutupan lahan

berupa hutan hujan tropis, padang rumput dan padang alang-alang. Ketinggian wilayah di Provinsi Papua Barat bervariasi dari 0 > 1000 m. Wilayah Provinsi Papua Barat dilewati beberapa sungai yang tersebar di beberapa wilayah kabupaten/kota. Dari sungai besar di Papua Barat sebagian besar mengalir di Wilayah Pengembangan Sorong. Sungai-sungai tersebut menjadi sebuah sistem daerah aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun. Sungai-sungai besar hingga kecil yang berasal dari wilayah pegunungan di bagian tengah Kepala Burung yang mengalir ke arah dataran rendah (berawa) dan bermuara di Teluk Bintuni.

Jenis pola pengaliran sungai antara alur sungai utama dengan cabang-cabangnya di satu wilayah dengan wilayah lainnya sangat bervariasi. Adanya perbedaan pola pengaliran sungai di satu wilayah dengan wilayah lainnya sangat ditentukan oleh perbedaan kemiringan topografi, struktur dan litologi batuan dasarnya.

Maksud dari penulisan ini ialah untuk mengetahui perubahan dasar saluran akibat proses perubahan pola aliran sungai pada bagian hulu sungai. Adapun judul dari penelitian ini adalah: “ ***ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN SALURAN TERHADAP PERUBAHAN POLA ALIRAN***“

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap perubahan pola aliran sungai dengan variasi kemiringan..

\

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kecepatan aliran terhadap perubahan pola aliran sungai.

### **D. 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 pada saluran terbuka (uji model laboratorium).
- b) Fluida yang digunakan adalah air tawar dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan,
- c) Penelitian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan debit yang diperoleh dari hasil kalibrasi.
- d) Aliran yang digunakan adalah aliran tanpa adanya kandungan sedimen.
- e) Menggunakan beberapa kondisi  $Q$  (debit air) dan waktu pengaliran yang ditentukan.

### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian antara lain :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh kemiringan saluran terhadap perubahan pola aliran sungai.

2. Sebagai salah satu dasar dalam merancang bangunan – bangunan pengendali sungai maupun saluran–saluran irigasi, perbaikan navigasi, bangunan–bangunan lainnya.
3. Sebagai sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang kami dapatkan di bangku kuliah.
4. Sebagai referensi untuk penelitian-penelitian lanjutan.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan loperan ini terdiri dari lima bab, dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri diantaranya sebagai berikut:

#### **BAB I Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II Kajian Pustaka**

Bab ini berisi mengenai permasalahan yang akan menjadi bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir pada suatu wilayah tertentu. Dimana hal ini mencakup teori-teori dan formula/rumus-rumus yang akan digunakan dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir.



### **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini berisi mengenai gambaran umum penelitian seperti lokasi penelitian, alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian dan metode yang dipakai pada saat melakukan penelitian.

### **BAB IV Pembahasan dan Hasil**

Bab ini berisi tentang hasil kajian dari judul penelitian tugas akhir secara detail dan terperinci. Diantaranya pengaruh kecepatan dan pola aliran di sungai terhadap penempatan model bangunan dasar pantai yang digunakan.

### **BAB V Kesimpulan Dan Saran**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran setelah melakukan penelitian tugas akhir.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sungai

Sungai adalah sistem pengaliran air dari mulai mata air sampai ke muara dengan dibatasi kanan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh sempadan sungai (Sudaryoko, 1986). Sungai adalah fitur alami dan integritas ekologis, yang berguna bagi ketahanan hidup (Brierly, 2005).

Menurut Dinas PU, sungai sebagai salah satu sumber air mempunyai fungsi yang sangat penting bagi kehidupan dan penghidupan masyarakat. Sedangkan PP No. 35 Tahun 1991 tentang sungai, Sungai merupakan tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

Sungai adalah bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah disekitarnya dan menjadi tempat mengalirnya air tawar menuju ke laut, danau, rawa, atau ke sungai yang lain (Hamzah, 2009).

Bantaran sungai berbeda dengan sempadan sungai. Bantaran sungai adalah areal sempadan kiri-kanan sungai yang terkena/terbanjiri luapan air sungai. Fungsi bantaran sungai adalah tempat mengalirnya sebagian debit sungai pada saat banjir (*high water channel*) (Yodi Isnaini, 2006). Menurut UU No. 35 1991 tentang sungai, menyebutkan pengertian. Bantaran sungai adalah lahan pada kedua sisi sepanjang palung sungai di hitung dari tepi sampai dengan kaki tanggul

sebelah dalam. Sehubungan dengan itu maka pada bantaran sungai di larang membuang sampah dan mendirikan bangunan untuk hunian. (*Polantolo, 2008*)

Sedangkan sempadan sungai, Sempadan sungai adalah wilayah yang harus diberikan kepada sungai. Sewaktu musim hujan dan debit sungai meningkat, sempadan sungai berfungsi sebagai daerah parkir air sehingga air bisa meresap ke tanah. Di samping itu, sempadan sungai merupakan daerah tata air sungai yang padanya terdapat mekanisme inflow ke sungai dan outflow ke air tanah. Proses inflow outflow tersebut merupakan proses konservasi hidrolis sungai dan air tanah pada umumnya. Secara ekologis sempadan sungai merupakan habitat di mana komponen ekologi sungai berkembang (*Sobirin, 2003*).

## **B. Pola Aliran Sungai**

### **1. Pengertian Pola Aliran**

Pola aliran sungai merupakan pola dari organisasi atau hubungan keruangan dari lembah-lembah, baik yang dialiri sungai maupun lembah yang kering atau tidak dialiri sungai. Pola aliran dipengaruhi oleh lereng, kekerasan batuan, struktur, sejarah diastrofisme, sejarah geologi dan geomorfologi dari daerah aliran sungai. Dengan demikian pola aliran sangat berguna dalam interpretasi kenampakan geomorfologis, batuan dan struktur geologi.

Dengan berjalannya waktu, suatu sistem jaringan sungai akan membentuk pola pengaliran tertentu diantara saluran utama dengan cabang-cabangnya dan pembentukan pola pengaliran ini sangat ditentukan oleh faktor geologinya. Pola pengaliran sungai dapat diklasifikasikan atas dasar bentuk dan

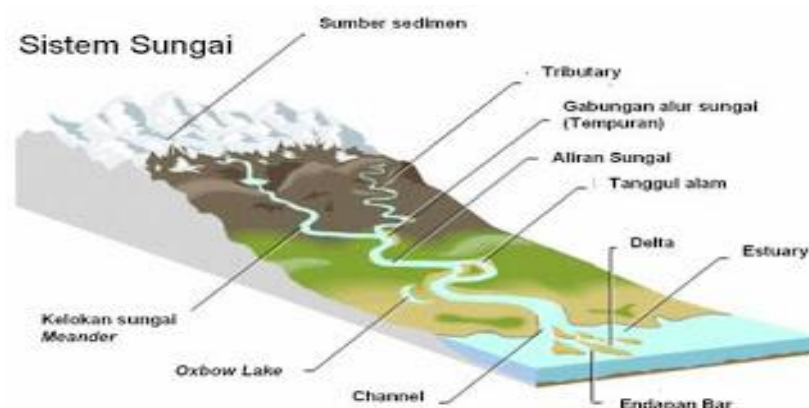
teksturnya. Bentuk atau pola berkembang dalam merespon terhadap topografi dan struktur geologi bawah permukaannya. Saluran-saluran sungai berkembang ketika air permukaan (surface runoff) meningkat dan batuan dasarnya kurang resisten terhadap erosi.

Sistem fluviatil dapat menggambarkan perbedaan pola geometri dari jaringan pengaliran sungai. Jenis pola pengaliran sungai antara alur sungai utama dengan cabang-cabangnya disatu wilayah dengan wilayah lainnya sangat bervariasi. Adanya perbedaan pola pengaliran sungai disatu wilayah dengan wilayah lainnya sangat ditentukan oleh perbedaan kemiringan topografi, struktur dan litologi batuan dasarnya.

## 2. Macam – Macam Pola Aliran

### a. Pola aliran debris

Aliran debris atau lahar dingin yang dikenal pada sungai-sungai gunung berapi merupakan aliran dari dari campuran air dan sedimen dengan berbagai ukuran. Aliran ini dikenal mempunyai kekuatan untuk menghancurkan dan kecepatan alirnya sangat besar.



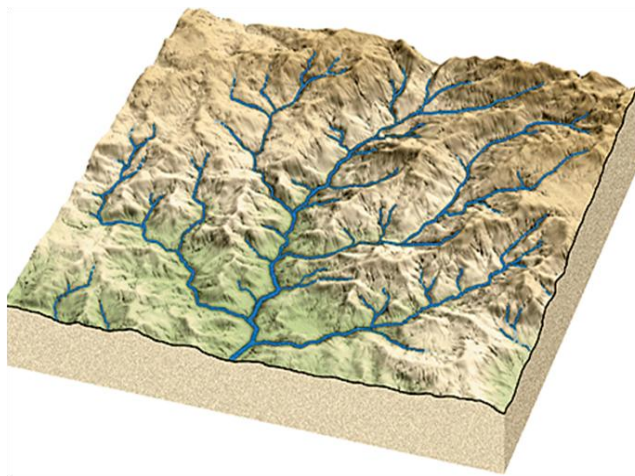
Gambar 1. Aliran debris

Di Indonesia, aliran debris (*debris flow*) dikenal sebagai Banjir Bandang, merupakan bencana alam yang sangat berbahaya dan bersifat merusak. Kecepatan aliran debris tergantung materialnya, debit air dan gradien kemiringan dasar sungai. Menurut Varnes (1978), kecepatan aliran debris dengan sedimen material kasar mempunyai kecepatan antara 2 – 20 m/dtk. Dengan kekuatan dan kecepatan yang demikian, aliran ini mampu mengangkat bongkah – bongkah batu besar dan mampu menggeser konstruksi jembatan dan permukiman yang dilaluinya.

#### **b. Pola Aliran Dendritik**

Pola aliran dendritik adalah pola aliran yang cabang-cabang sungainya menyerupai struktur pohon. Pada umumnya pola aliran sungai dendritik dikontrol oleh litologi batuan yang homogen. Pola aliran dendritik dapat memiliki tekstur/kerapatan sungai yang dikontrol oleh jenis batuan. Sebagai contoh sungai yang mengalir diatas batuan yang tidak/kurang resisten terhadap erosi akan membentuk tekstur sungai yang halus (rapat) sedangkan pada batuan yang resisten (seperti granit) akan membentuk tekstur kasar (renggang). Pola aliran ini biasanya dijumpai di wilayah dataran dan wilayah pantai.

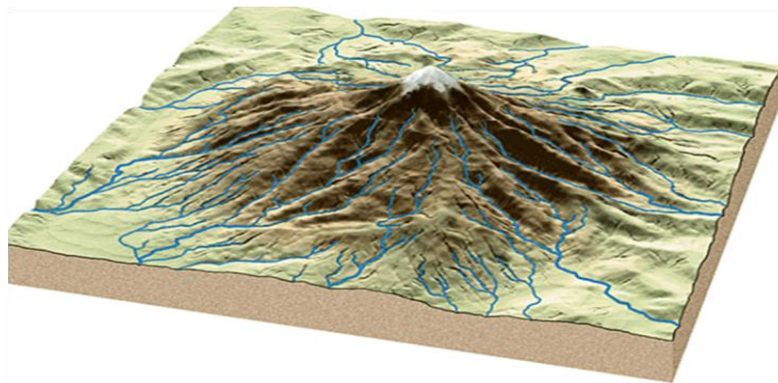
Tekstur sungai didefinisikan sebagai panjang sungai per satuan luas. Hal ini dapat dijelaskan bahwa resistensi batuan terhadap erosi sangat berpengaruh pada proses pembentukan alur-alur sungai, batuan yang tidak resisten cenderung akan lebih mudah di-erosi membentuk alur-alur sungai. Jadi suatu sistem pengaliran sungai yang mengalir pada batuan yang tidak resisten akan membentuk pola jaringan sungai yang rapat (tekstur halus), sedangkan sebaliknya pada batuan yang resisten akan membentuk tekstur kasar.



Gambar 2. Pola aliran dendritik

**c. Pola Aliran Radial**

Pola aliran radial adalah pola aliran sungai yang arah alirannya menyebar secara radial dari suatu titik ketinggian tertentu, seperti puncak gunungapi atau bukir intrusi.

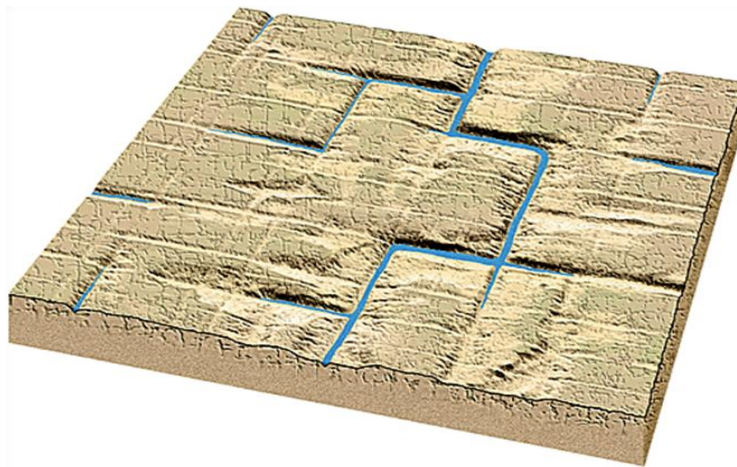


Gambar 3. Pola aliran Radial

Pola aliran radial juga dijumpai pada bentuk-bentuk bentangalam kubah (domes) dan laccolith. Pada bentangalam ini pola aliran sungainya kemungkinan akan merupakan kombinasi dari pola radial dan annular.

#### **d. Pola Aliran Rectangular**

Pola rectangular umumnya berkembang pada batuan yang resistensi terhadap erosinya mendekati seragam, namun dikontrol oleh kekar yang mempunyai dua arah dengan sudut saling tegak lurus. Kekar pada umumnya kurang resisten terhadap erosi sehingga memungkinkan air mengalir dan berkembang melalui kekar-kekar membentuk suatu pola pengaliran dengan saluran salurannya lurus-lurus mengikuti sistem kekar.



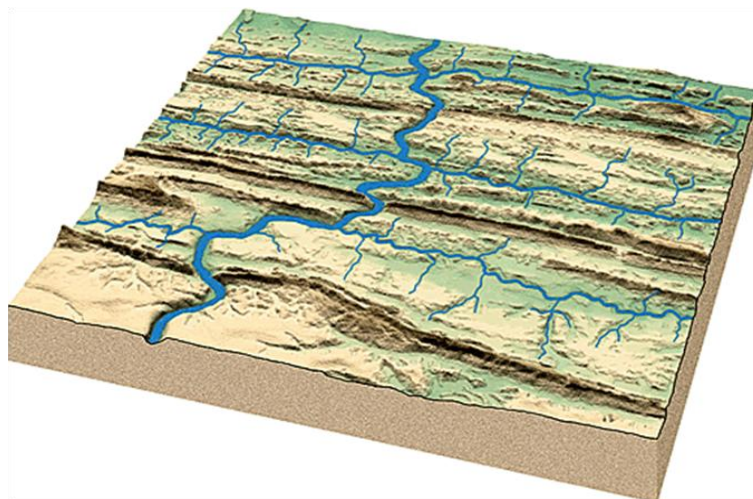
Gambar 4. Pola aliran Rectangular

Pola aliran rectangular dijumpai di daerah yang wilayahnya terpatahkan. Sungai-sungainya mengikuti jalur yang kurang resisten dan terkonsentrasi di tempat tempat dimana singkapan batumannya lunak.

Cabang-cabang sungainya membentuk sudut tumpul dengan sungai utamanya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pola aliran rectangular adalah pola aliran sungai yang dikendalikan oleh struktur geologi, seperti struktur kekar (rekahan) dan sesar (patahan). Sungai rectangular dicirikan oleh saluran-saluran air yang mengikuti pola dari struktur kekar dan patahan.

#### e. Pola Aliran Trellis

Geometri dari pola aliran trellis adalah pola aliran yang menyerupai bentuk pagar yang umum dijumpai di perkebunan anggur. Pola aliran trellis dicirikan oleh sungai yang mengalir lurus disepanjang lembah dengan cabang-cabangnya berasal dari lereng yang curam dari kedua sisinya. Sungai utama dengan cabang-cabangnya membentuk sudut tegak lurus sehingga menyerupai bentuk pagar.



Gambar 5. Pola aliran trellis



Pola aliran trellis adalah pola aliran sungai yang berbentuk pagar (trellis) dan dikontrol oleh struktur geologi berupa perlipatan sinklin dan antilin. Sungai trellis dicirikan oleh saluransaluran air yang berpola sejajar, mengalir searah kemiringan lereng dan tegak lurus dengan saluran utamanya. Saluran utama berarah searah dengan sumbu lipatan.

#### **f. Pola Aliran Centripetal**

Pola aliran centripetal merupakan pola aliran yang berlawanan dengan pola radial, dimana aliran sungainya mengalir kesatu tempat yang berupa cekungan (depresi). Pola aliran centripetal merupakan pola aliran yang umum dijumpai di bagian barat dan barat laut Amerika, mengingat sungai-sungai yang ada mengalir ke suatu cekungan, dimana pada musim basah cekungan menjadi danau dan mengering ketika musim kering. Dataran garam terbentuk ketika air danau mengering.

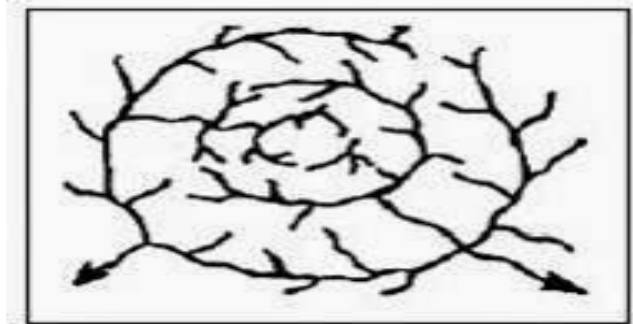


Gambar 6. Pola aliran sentripetal

#### **g. Pola Aliran Annular**

Pola aliran annular adalah pola aliran sungai yang arah alirannya menyebar secara radial dari suatu titik ketinggian tertentu dan ke arah hilir aliran

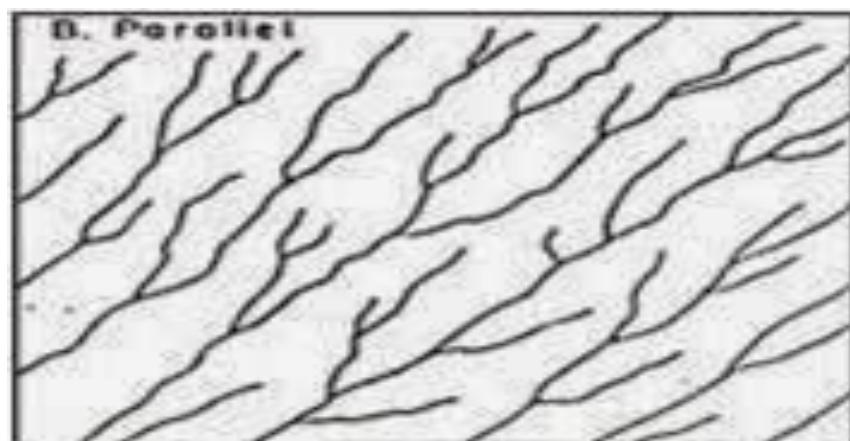
kembali bersatu. Pola aliran annular biasanya dijumpai pada morfologi kubah atau intrusi loccolith.



Gambar 7.Pola aliran annular

#### **h. Pola Aliran Paralel (Pola Aliran Sejajar)**

Sistem pengaliran paralel adalah suatu sistem aliran yang terbentuk oleh lereng yang curam/terjal. Dikarenakan morfologi lereng yang terjal maka bentuk aliran-aliran sungainya akan berbentuk lurus-lurus mengikuti arah lereng dengan cabang-cabang sungainya yang sangat sedikit.



Gambar 8.Pola aliran paralel

Pola aliran paralel terbentuk pada morfologi lereng dengan kemiringan lereng yang seragam. Pola aliran paralel kadangkala mengindikasikan adanya suatu patahan besar yang memotong daerah yang batuan dasarnya terlipat dan kemiringan yang curam. Semua bentuk dari transisi dapat terjadi antara pola aliran trellis, dendritik, dan paralel.

### **C. Karakteristik Aliran**

Kondisi biofisik setiap saluran terbuka memiliki karakter yang berbeda yang mencerminkan tingkat kepekaan dan potensi suatu saluran. Pengumpulan data fisik dengan mencatat beberapa faktor yang dominan pada suatu wilayah akan mencerminkan karakteristik suatu saluran.

Karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia.

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran dalam saluran terbuka, dan dapat pula berupa aliran dalam pipa. Kedua jenis aliran tersebut memiliki prinsip yang sangat berbeda. Aliran melalui saluran terbuka adalah aliran yang memiliki permukaan bebas sehingga memiliki tekanan udara walaupun berada dalam saluran tertutup. Adapun aliran dalam pipa merupakan aliran yang tidak memiliki permukaan bebas, karena aliran air mengisi saluran secara terus menerus, sehingga tidak dipengaruhi oleh tekanan udara dan hanya dipengaruhi oleh tekanan hidrostatik, Karakteristik aliran terdiri dari :

## 1. Tipe Aliran

Mengkaji suatu aliran pada saluran terbuka, haruslah dipahami tentang sifat dan jenis aliran itu sendiri. Adapun tipe aliran pada saluran terbuka yakni dipengaruhi oleh adanya suatu permukaan bebas yang berkaitan langsung dengan parameter-parameter aliran seperti kecepatan, kekentalan, gradient serta geometri saluran.

Aliran saluran terbuka dapat digolongkan berdasarkan pada berbagai kriteria, salah satu kriteria utama adalah perubahan kedalaman aliran ( $h$ ) terhadap waktu ( $t$ ) dan terhadap tempat ( $s$ ).

a. Tipe Aliran Berdasarkan Kriteria Waktu yaitu:

- 1) Aliran Tetap/mantap (*Steady Flow*) yaitu aliran di mana kedalaman air ( $h$ ) tidak berubah menurut waktu atau dianggap tetap dalam suatu interval waktu, dengan demikian kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu dan segala variabel disepanjang saluran sama.
- 2) Aliran tidak tetap/Tidak Mantap (*Unsteady Flow*) yaitu apabila kedalaman air ( $h$ ) berubah menurut waktu demikian pula kecepatannya berubah menurut waktu. Aliran ini terbagi dua yaitu: Aliran seragam tidak tetap (*unsteady uniform flow*) dan aliran tidak tetap dan berubah-ubah (*unsteady varied flow*). Aliran ini hampir tidak pernah terjadi.
- 3) Aliran Seragam (*uniform flow*) yaitu aliran dimana segala variabel seperti kedalaman, luas, debit, konstan disepanjang saluran sama.
- 4) Aliran tidak seragam (*un-uniform Flow*) yaitu aliran berubah-ubah (*varied flow*) disepanjang saluran terhadap kedalaman, luas, dan debit, Yang terdiri

dari: Aliran tetap berubah lambat laun (*gradually varied flow*) dan Aliran tetap berubah dengan cepat (*rapidle varied flow*).

b. Tipe Aliran Berdasarkan Kriteria Tempat yaitu:

- 1) Aliran seragam (*uniform flow*) yaitu: aliran dimana segala variabel seperti kedalaman, luas penampang, dan debit konstan disepanjang saluran sama. Aliran ini terbagi dua yaitu:
  - a). Aliran seragam tetap (*steady uniform flow*) yaitu aliran seragam yang tidak berubah terhadap waktu.
  - b). Aliran seragam tidak tetap (*unsteady uniform flow*) yaitu aliran yang dapat pula berubah terhadap waktu apabila fruktuasi muka air terjadi dari waktu ke waktu namun tetap paralel dengan dasar saluran.
- 2) Aliran Tidak seragam (*non uniform flow*) yaitu aliran dimana segala variabel seperti kedalaman, luas penampang, dan debit berubah di sepanjang saluran. Aliran ini disebut juga aliran berubah-ubah (*varied flow*) yaitu; Aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) dan Aliran berubah dengan cepat.

## 2. Sifat-sifat Aliran

Sifat-sifat aliran saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh adanya Pengaruh kekentalan (*viscositas*) dan pengaruh gravitasi dalam perbandingannya dengan gaya-gaya kelembaman (*inersia*) dari aliran. Tegangan permukaan sebenarnya juga dapat berpengaruh pada sifat-sifat aliran, namun dalam kebanyakan aliran tegangan permukaan tidak memegang peranan penting, oleh

karena itu tidak diperhitungkan. Selanjutnya apabila perbandingan antara pengaruh gaya-gaya kelembapan dengan gaya-gaya kekentalan yang dipertimbangkan maka aliran dapat dibedakan menjadi: aliran laminar, dan aliran turbulen serta aliran transisi. Parameter yang dipakai sebagai dasar untuk membedakan sifat aliran tersebut adalah suatu parameter tidak berdimensi yang dikenal dengan angka Reynold ( $Re$ ) yaitu:

perbandingan (*ratio*) dari gaya kelembapan (*inersia*) terhadap gaya-gaya kekentalan (*viscositas*) persatuan volume.

- 1) Sifat-sifat aliran berdasarkan pengaruh gaya kelembapan dengan gaya kekentalan yaitu:
  - a) Aliran Laminar yaitu suatu aliran dimana gaya-gaya kekentalan relatif lebih besar dibanding dengan gaya kelembapan 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.

Pengaruh kekentalan terhadap kelembapan dapat dinyatakan dengan bilangan Reynold. Reynold menerapkan analisa dimensi pada hasil percobaannya dan menyimpulkan bahwa perubahan dari aliran laminar ke aliran turbulen terjadi

suatu harga yang dikenal dengan angka Reynold ( $Re$ ). Angka ini menyatakan perbandingan antara gaya-gaya kelembapan dengan gaya-gaya kekentalan yaitu :

$$Re = \frac{\bar{v}R}{\mu} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$Re$  = Angka Reynold

$\bar{v}$  = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

$R$  = Jari-jari Hidrolis (m)

$\mu$  = kekentalan (*viscositas*) kinematik cairan (m<sup>2</sup>/det)

Kemudian dari berbagai percobaan disimpulkan bahwa untuk saluran terbuka :

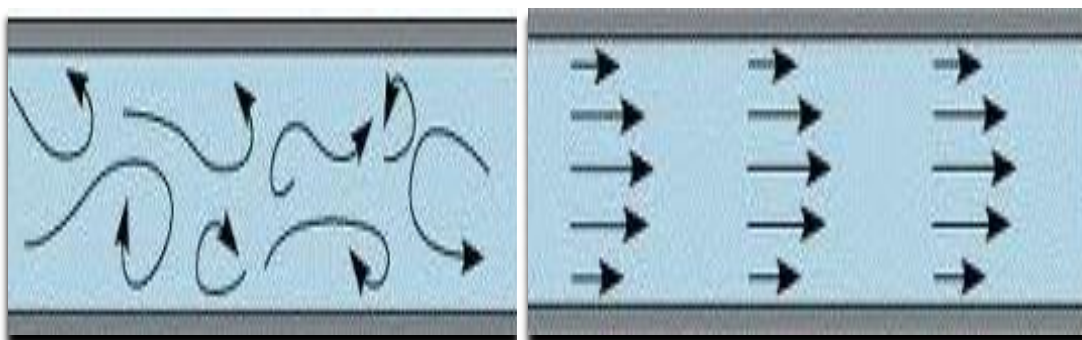
$Re < 500$  aliran laminar

$500 < Re < 12.500$  aliran transisi

$Re > 12.500$  aliran turbulen

a) Aliran turbulen

b) Aliran laminar



Gambar 9. Aliran turbulen dan Aliran Laminer

2) Sifat-sifat aliran berdasarkan Perbandingan gaya kelembapan dengan gaya Gravitasi.

- a) Aliran super kritis yaitu suatu aliran dimana kecepatan alirannya lebih besar daripada kecepatan gelombangnya.
- b) Aliran kritis yaitu suatu aliran dimana kecepatan alirannya sama besar dengan kecepatan gelombangnya.
- c) Aliran subkritis yaitu suatu aliran dimana kecepatan alirannya lebih kecil dari pada kecepatan gelombangnya.

Parameter yang membedakan ketiga aliran tersebut adalah parameter yang tidak berdimensi yang dikenal dengan angka Froude (Fr) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembapan dan gaya gravitasi, dirumuskan dengan

$$Fr = \frac{\tilde{v}}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Fr = Angka Froude

$\tilde{v}$  = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

h = Kedalaman aliran (m)

g = Gaya Gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

Sehingga :

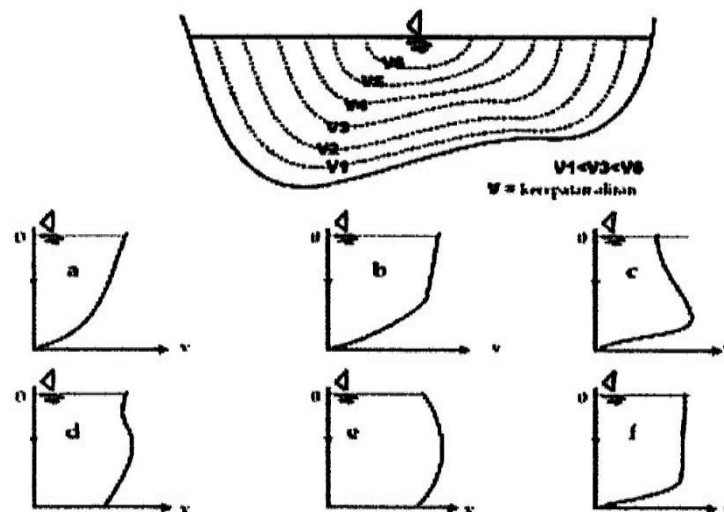
- a) Aliran bersifat Kritis apabila Fr = 1, dimana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rambat gelombang.
- b) Aliran bersifat subkritis apabila Fr < 1, dimana kecepatan aliran lebih kecil daripada kecepatan rambat gelombang.



- c) Aliran bersifat superkritis apabila  $Fr > 1$ , dimana kecepatan aliran lebih besar dari pada kecepatan rambat gelombang.

### 3. Distribusi Kecepatan Aliran

Dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan aliran tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding, kekasaran dasar dan juga debit aliran. Distribusi kecepatan aliran tidak merata di setiap titik pada tampang melintang.



Gambar 10. Distribusi kecepatan aliran pada saluran terbuka

Pada gambar 10 menunjukkan distribusi kecepatan aliran pada tampang melintang saluran dengan berbagai bentuk saluran, yang di gambarkan dengan garis kontur kecepatan, terlihat bahwa kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas (dasar dan tebing saluran) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan.

Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di tengah-tengah lebar saluran dan sedikit dibawah permukaan, hal ini terjadi karena adanya gesekan

antara zat cair dan tebing saluran dan juga karena adanya gesekan dengan udara pada permukaan. Untuk saluran yang sangat lebar distribusi kecepatan aliran disekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama, hal ini disebabkan karena sisi-sisi saluran tidak terpengaruh pada daerah tersebut, sehingga saluran di bagian itu dianggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini akan terjadi apabila lebar saluran lebih besar dari 5–10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding.

Distribusi kecepatan aliran pada arah vertikal dapat di tentukan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman, semakin banyak titik pengukuran akan memberikan hasil yang semakin baik.

#### **D. Debit Pengaliran**

Debit pengaliran pada saluran dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Bambang Triadmodjo,2003):

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

Dimana:

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

A = Luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)

#### **E. Saluran Terbuka**

##### **1. Pengertian Saluran Terbuka**

Saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas disebut saluran terbuka. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluid mechanics*). Hal ini menyangkut sifat-sifat fluida dan pengaruhnya terhadap

pola aliran dan gaya yang akan timbul di antara fluida dan pembatas (dinding). Telah diketahui secara umum bahwa akibat adanya perilaku terhadap aliran untuk memenuhi kebutuhan manusia, menyebabkan terjadinya perubahan alur aliran dalam arah horizontal maupun vertikal.

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 pemanfaatannya 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

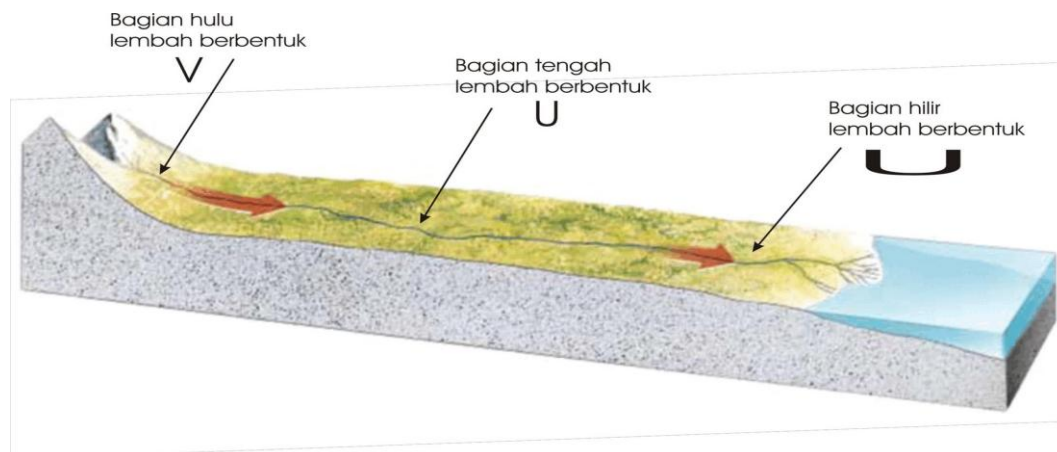
Unsur-unsur geometri saluran adalah sifat-sifat suatu saluran yang dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri penampang dan kedalaman aliran. Unsur-unsur ini sangat penting dan banyak sekali dipakai dalam perhitungan aliran.

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.

### 3. Bentuk Saluran

Terdapat banyak bentuk saluran terbuka antara lain bentuk ( V ) untuk daerah saluran bagian hulu, bentuk ( u ), untuk saluran bagian tengah bentuk ( U ), untuk saluran bagian hilir.



Gambar 11. Bentuk saluran bagian hulu ( V ), bentuk saluran bagian tengah ( u ) dan bentuk saluran bagian hilir ( U ).

## F. Model Fisik

### 1. Hukum Dasar Model

Hukum dasar permodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali skala atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (nur Yuwono, 1996).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

Dalam desain suatu bangunan yang besar, khususnya bangunan air, pembuatan model sangat diperlukan, hal ini disebabkan :

- a. Dalam perencanaan dibuat asumsi untuk menyederhanakan masalah, tetapi prakteknya tidak semua asumsi sesuai dengan perkiraan awal. Permodelan dapat mengkaji sejauh mana penyimpangan yang terjadi dan solusi alternatif yang dapat diambil.
- b. Tidak semua masalah hidraulik dapat dengan mudah dipecahkan secara matematis, sehingga pembuatan model diharapkan dapat mempermudah memecahkan masalah.
- c. Pelaksanaan prototipe biasanya mahal, untuk menghindari kesalahan dalam pelaksanaan dan mengkaji perilaku hidraulik sebelum pelaksanaan konstruksi pembuatan model fisik sangat penting, juga guna menghemat biaya.
- d. Mencari kemungkinan terjadinya suatu gangguan yang mungkin terjadi dalam pengoperasian prototipe.
- e. Mengkoreksi dimensi yang ada, yang tidak mungkin dilakukan dalam perencanaan pekerjaan, sehingga dapat terhindari terjadinya erosi.

Dalam hal perencanaan model hidraulik perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain : (Nur Yuswantoro, 1991),

- a. Hubungan antara skala parameter (hukum skala dan kriteria sebangun)

- b. Tujuan model (untuk menentukan kriteria sebangun yang akan dipakai dalam penentuan skala)
- c. Kriteria/kesebangunan terhadap parameter fenomena yang ada di prototipe (perlu diperhitungkan skala efek)
- d. Fasilitas dilaboratorium (pompa, alat ukur, ruangan dan lainnya)

## 2. **Kesebangunan (similaritas)**

Perpindahan besaran yang ada pada prototipe ke dalam besaran yang ada pada model, harus diperhatikan terhadap kesebangunan (similaritas) antara model dengan prototipe.

Adapun beberapa bentuk kesebangunan model fisik meliputi :

### 1. Kesebangunan geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (distorted). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horizontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada distorted model skala panjang dan skala tinggi tidak sama.

Jika memungkinkan skala yang dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi.

Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (1)$$

$$n_L = \frac{H_p}{H_m}$$

- Dengan :
- $n_L$  = skala panjang
  - $n_h$  = skala tinggi
  - $L_p$  = ukuran panjang prototipe
  - $L_m$  = ukuran panjang model
  - $H_p$  = ukuran tinggi pada prototipe
  - $H_m$  = ukuran tinggi pada model

## 2. Kesebangunan kinetik

Kesebangunan kinetik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horizontal. Oleh sebab itu, pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan distorted model.

Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_t$  didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{nl}{nt} \dots\dots\dots (2)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{nl}{nt^2}$$



$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n l^3}{n T}$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m}$$

### 3. Kesebangunan dinamik

Jika prototipe dan model sebangun geometrik dan kinetik, gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran mempunyai perbandingan yang sama dan bekerja pada arah yang sama, maka dikatakan sebagai sebangun dinamik.

Sebangun dinamik dapat di definisikan sebagai berikut :

$$n_F = \frac{F_p}{F_m} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :  $n_F$  = skala gaya

$F_p$  = ukuran gaya pada prototipe

$F_m$  = ukuran gaya pada model

### 3. Model Terdistorsi

Untuk pengerjaan yang besar seperti sungai maupun bendungan pembuatan model dapat dilakukan dengan besaran yang tidak benar dengan prototipenya. Hal ini agar ruang dan biaya yang diinginkan menjadi lebih kecil. Tetapi dapat menyebabkan diperolehnya kedalaman air hanya beberapa milimeter saja, demikian juga untuk kekasaran permukaan sehingga dapat menyebabkan kondisi terbuka tidak akan tercapai. Selain itu dapat menyulitkan dalam pencatatan hasil percobaan karena besarnya terlalu kecil. Untuk itu dengan menggunakan skala tradisional, yaitu model dimana skala dimensi vertikal tidak sama dengan skala dimensi horizontal.

Dalam pembuatan model tradisional dikenal apa yang dinamakan faktor distorsi “n” yang menyatakan hubungan antara skala horizontal terhadap vertikal.

### **G. Pola Alur Sungai**

Bentuk sungai adalah tidak tetap, selalu berubah sesuai dengan pengaruh air dan sedimen, topografi daerah aliran sungai, formasi batuan, iklimriver. Perubahan bentuk akan lebih mungkin terjadi karena adanya kegiatan pengaturan atau pemanfaatan sungai, misalnya gerusan atauerosi. Selain perubahan tampang melintang juga terjadi perubahan bentuk pada arah memanjang, sehingga geometri sungai akan memberikan bentuk bentuk spesifik, misalnya, meander, meander dengan pulau, braided dan sebagainya.

Ada tiga jenis pola alur berdasarkan Leopold dan Walman (1957) dalam Indratmo (1997), yaitu lurus (straight atau sinous), berkelok (meandering), dan beranyam (braided). Sungai disebut lurus apabila keelokannya  $\geq 1,5$ , sedangkan sungai disebut berkelok apabila keelokannya  $> 1,5$ , terdiri dari tikungan tikungan silih berganti arah. Walau ada macam – macam jenis kelokan, nilai perbandingan antara jari - jari tikungan dan lebar saluran cenderung tertentu.

Leopoldetall (1964) dalam Indratmo (1997) mendapatkan bahwa  $2/3$  dari sungai bermeander, nilai  $rcb$  berkisar antara 1,5 - 4,3 dengan nilai tengah 2,7. Sungai lurus biasanya juga merupakan penghubung dari meander – meander atau sering disebut crossing, sehingga seolah – olah merupakan bagian transisi dari meander satu kemeander lain. Kedalaman air pada crossing relative lebih dangkal dibanding kedalaman air pada bagian meander. Sebagian material hasil erosi pada sisi luar belokan kadang juga terbawa crossing oleh arus melintang, karena

pengaruh arus melintang masih terasa pada saat memasuki bagian lurus. Perlu diketahui bahwa sesungguhnya arus melintang dapat terjadi pada sembarang saluran sungai.

Pada waktu yang lama keberadaan aliran yang terus menerus ini akan menyebabkan sungai lurus dan berubah. Sungai yang berbentuk meander adalah sungai yang mempunyai belokan yang secara (kurang lebih) teratur membentuk fungsi sinus pada bagian daratannya. Biasanya terdiri dari beberapa seri belokan yang dihubungkan oleh bagian yang lurus yang disebut *tcrossing*. Umumnya meander sungai akan mempunyai kemiringan dasar landai. Dasar sungai pada sisi luar belokan umumnya akan lebih dalam karena adanya kecepatan yang lebih besar daripada sisi luar belokan tersebut, kemudian gaya sentrifugal pada belokan akan membentuk aliran *helicoidal*.

Sungai teranyam terdiri dari banyak alur yang saling menjalin (*anabranches*) yang dipisahkan oleh pulau - pulau. Tidak adanya ketentuan yang resmi yang memungkinkan bagi geometri sungai teranyam. Sedikit alur lurus panjang yang ada dialam, namun kurang kelengkungan yang memadai untuk disebut sebagai sungai berkelok, karena pada dasarnya sungai teranyam terbentuk dari sebuah proses yang panjang dari sungai lurus dan bermeander yang dialiri terus menerus dan dipengaruhi oleh faktor – factor yang mempengaruhi morfologisungai.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Lokasi dan waktu penelitian**

Penelitian dilaksanakan di labotatorium Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar dengan rencana waktu penelitian selama 3 bulan yaitu dimulai bulan agustus sampai dengan bulan oktober, dimana pada bulan pertama yakni pada bulan agustus - september merupakan kajian literatur, pada bulan kedua yakni bulan September - oktober adalah pembuatan saluran, pengambilan data pada tahap pegelolaan 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 pembandingan.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data, yaitu:

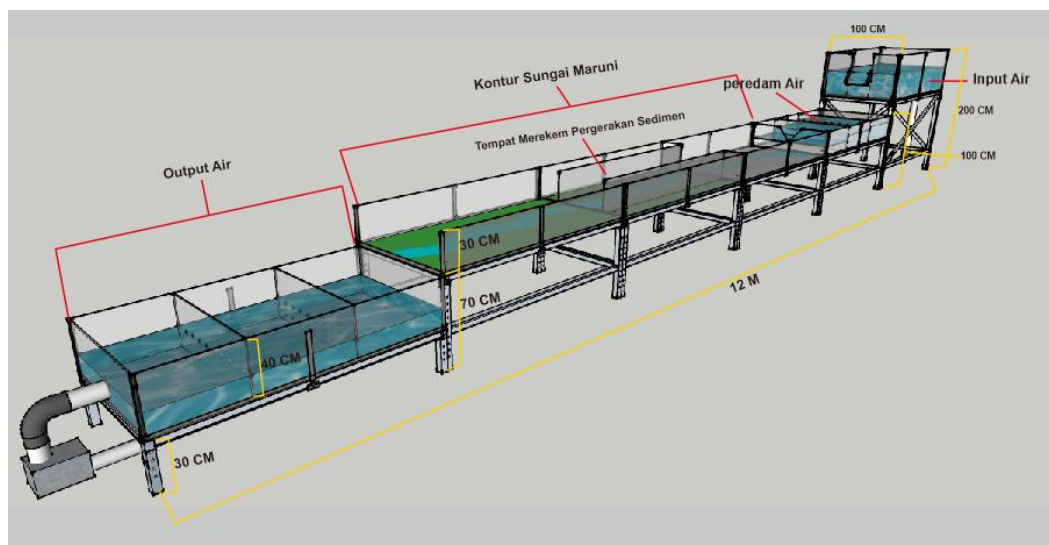
- 1) Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.

- 2) Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada.
- 3) Berbagai bentuk referensi yang berkaitan dengan penelitian pengaruh perubahan dasar saluran akibat proses perubahan pola aliran

### C. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk melaksanakan proses eksperimental atau permodelan fisik, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Flume, dengan panjang saluran 10 m, lebar 100 cm, tinggi 30 cm, yang telah dibentuk kontur dasar sungai didalamnya.



Gambar 12. Desain Flume

2. Flowwatch untuk mengukur kecepatan air.
3. Stopwatch untuk mengukur waktu yang digunakan dalam pengukuran debit aliran.
4. Mistar taraf untuk mengukur ketinggian muka air.
5. Pompa

6. Kamera foto dan video yang digunakan untuk melihat pola pengaliran sungai dan pola penyebaran sedimen yang terjadi pada pengujian.
7. Tabel data untuk mencatat data-data yang diukur dan alat tulis.
8. Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.
9. Air

#### **D. Variabel yang digunakan**

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.

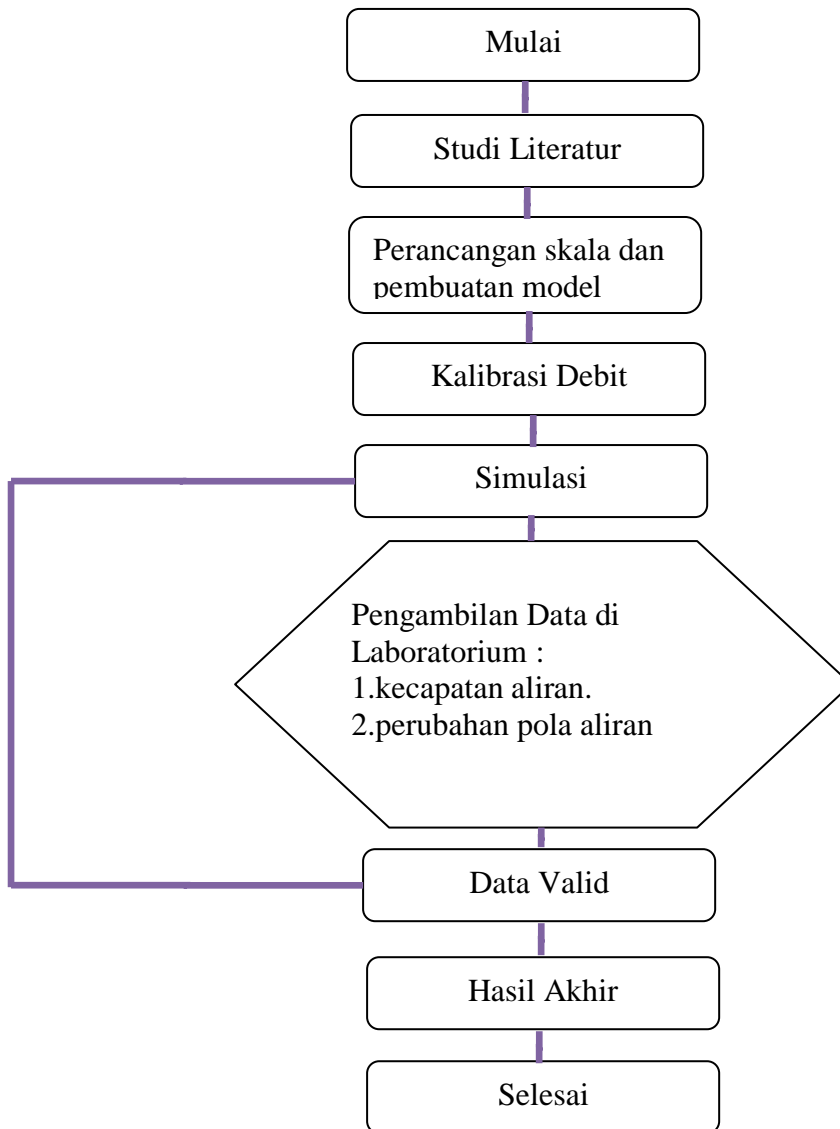
Variabel yang akan digunakan adalah :

1. Variabel bebas :
  - a) Tinggi muka air (h)
  - b) Kecepatan aliran (v)
  - c) Waktu (t)
2. Variabel tidak bebas:
  - a) Debit (Q)
  - b) Angka Froude
  - c) Angka Reynold

### **E. Langkah-langkah Penelitian dan Pengambilan Data**

Garis besar prosedur penelitian dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat model Flume, dengan panjang saluran 12 m, lebar 100 cm, tinggi 30 cm, yang telah dibentuk kontur dasar sungai didalamnya.
- 2) Membersihkan dan mengeringkan saluran.
- 3) Melakukan kalibrasi debit laboratorium dan menentukan debit rencana,
- 4) Menempatkan material angkutan (sedimen dasar)
- 5) Melakukan running sesuai waktu aliran rencana,
- 6) Mematikan pompa agar aliran air di flume berhenti,
- 7) Melakukan pengambilan data perpindahan posisi material angkutan,
- 8) Mengulang prosedur 2 – 5 untuk berbagai variasi lainnya yang telah ditentukan.

**F. Flow Chart Penelitian**

Gambar 13. Bagan (flow chart) Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Perhitungan

##### 1. Perhitungan Angka Froude ( Fr ).

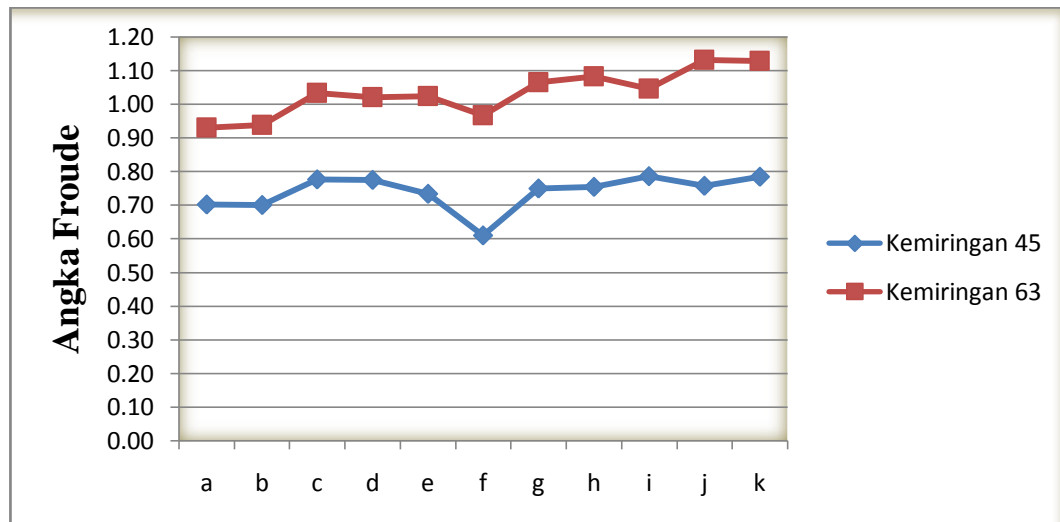
Angka Froude ( Fr ) didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dibagi akar dari gravitasi dan kedalaman air. Yang bertujuan untuk mengetahui dan menetapkan jenis aliran yang terjadi dalam saluran pada saat proses pengaliran.

Hasil perhitungan angka Froude ( Fr ) pada bagian debit dan waktu yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Angka Froude ( Fr ) pada debit normal ( $Q_1$ ): 0,085  $m^3/dt$ .

NO titik	Debit ( $Q_1$ ) : 0,085 $m^3/dt$ .			
	Kemiringan (S) : 45°		Kemiringan (S): 63°	
	Kecepatan ( $V_1$ )	Angka Froud (Fr)	Kecepatan ( $V_2$ )	Angka Froud (Fr)
	(m/det)		(m/det)	
A	0.27	0.70	0.38	0.93
B	0.27	0.70	0.37	0.94
C	0.29	0.78	0.38	1.03
D	0.30	0.77	0.39	1.02
E	0.27	0.73	0.38	1.02
F	0.22	0.61	0.36	0.97
G	0.27	0.75	0.38	1.06
H	0.26	0.75	0.37	1.08
I	0.28	0.79	0.37	1.05
J	0.26	0.76	0.39	1.13
K	0.26	0.78	0.39	1.13

sumber : Hasil Perhitungan angka Froude (Fr)



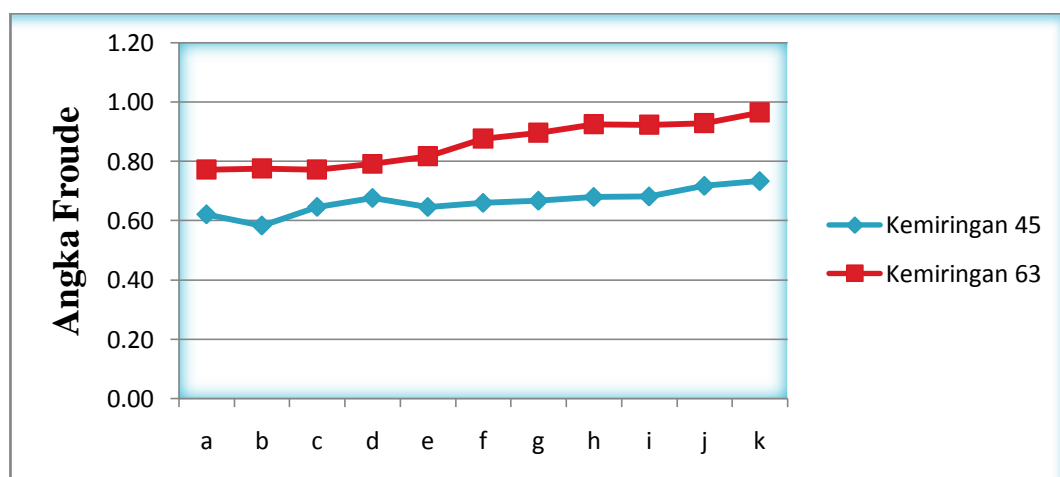
Gambar 14: Hubungan Antara Kecepatan Aliran dan Angka Froude (Fr) untuk Debit ( $Q_1$ ) : 0,085 m<sup>3</sup>/dt.

Dari hasil pengamatan untuk debit ( $Q_1$ ) kecepatan aliran pada kemiringan ( $S$ ) : 45° cenderung kecil sehingga aliran yang terjadi pada titik pengamatan di titik a hingga titik k adalah aliran subkritis, sedangkan pada kemiringan ( $S$ ) : 63° setelah melewati titik pengamatan a dan titik b terjadi aliran superkritis terkecuali pada titik f, hal ini dipengaruhi karena kecepatan aliran bertambah besar sehingga kecepatan aliran menjadi aliran superkritis. Dan hasil analisis untuk angka Froude (Fr) pada pengamatan untuk debit ( $Q_1$ ) : 0,085 m<sup>3</sup>/dt. dapat diketahui bahwa angka Froude (Fr) yang paling besar yaitu 1,13 terdapat pada kemiringan ( $S$ ) 63° pada titik j dan titik k, dengan kecepatan 0,39 m/detik. Dapat disimpulkan bahwa aliran yang terjadi pada pengamatan debit ( $Q_1$ ) : 0,085 m<sup>3</sup>/dt adalah aliran subkritis menjadi aliran superkritis dan besar kecepatan aliran bukan faktor utama penentu besarnya angka Froude (Fr) karena apabila semakin besar kecepatan aliran maka angka Froude (Fr) semakin besar.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Angka Froude ( Fr ) pada debit banjir ( $Q_2$ ): 2,690  $m^3/dt$

NO titik	Debit ( $Q_2$ ): 2.690 $m^3/dt$ .			
	Kemiringan (S) : 45°		Kemiringan (S) : 63°	
	Kecepatan ( $V_1$ )	Angka Froude (Fr)	Kecepatan ( $V_2$ )	Angka Froude (Fr)
	(m/det)		(m/det)	
a	0.28	0.62	0.37	0.77
b	0.26	0.58	0.37	0.78
c	0.26	0.65	0.36	0.77
d	0.28	0.68	0.37	0.79
e	0.28	0.65	0.37	0.82
f	0.28	0.66	0.38	0.88
g	0.27	0.67	0.40	0.90
h	0.28	0.68	0.39	0.92
i	0.27	0.68	0.37	0.92
j	0.28	0.72	0.37	0.93
k	0.28	0.73	0.38	0.97

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 15: Hubungan Antara Kecepatan Aliran dan Angka Froude (Fr) untuk Debit( $Q_2$ ): 2.690  $m^3/dt$ .

Dari hasil pengamatan untuk debit ( $Q_2$ ):  $2,690 \text{ m}^3/\text{dt}$  kecepatan aliran pada titik pengamatan tiap kemiringan cenderung kecil sehingga aliran yang terjadi adalah aliran subkritis hanya pada titik pengamatan k pada kemiringan(S)  $63^\circ$  kecepatan aliran bertambah besar sehingga kecepatan aliran mendekati aliran kritis. Dan hasil analisis untuk angka froude (Fr) pada pengamatan untuk debit ( $Q_2$ ):  $2,690 \text{ m}^3/\text{dt}$  dapat diketahui bahwa angka froude ( Fr ) yang paling besar yaitu 0,97 terdapat pada kemiringan (S)  $63^\circ$  , dengan kecepatan (V) = 0,38 m/detik. Dapat disimpulkan bahwa aliran yang terjadi pada pengamatan debit ( $Q_2$ ):  $2,690 \text{ m}^3/\text{dt}$  adalah aliran subkritis, dan besar kecepatan aliran bukanlah faktor utama penentu besarnya angka froude (Fr) karena apabila semakin besar kecepatan aliran dan semakin tinggi muka air maka angka froude (Fr) semakin kecil.

## **2. Analisis Angka Reynold.**

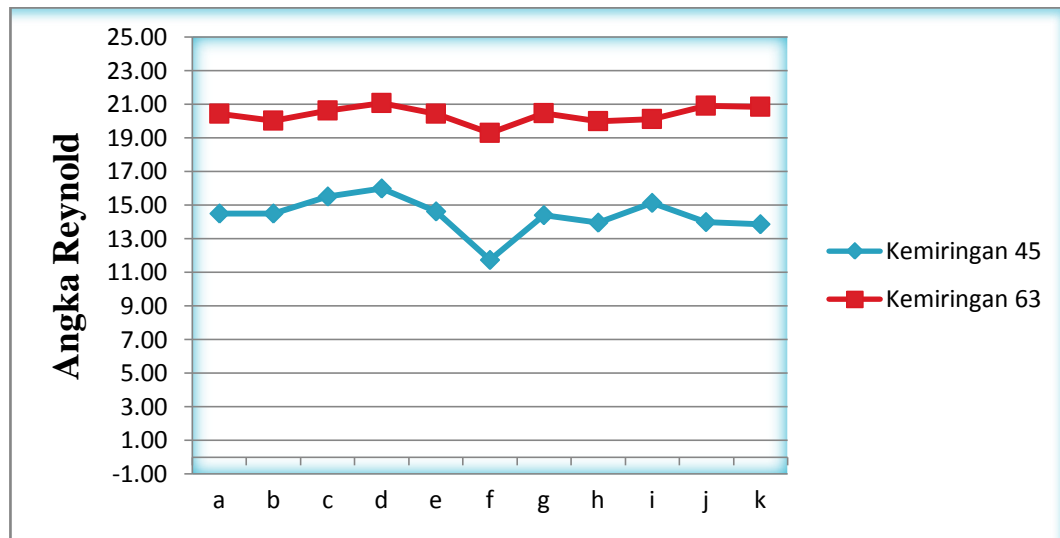
Keadaan atau perilaku aliran pada saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan grafitasi. Pengaruh kekentalan (viscosity) aliran dapat bersifat laminar, turbulen dan peraliran yang tergantung pada pengaruh kekentalan relatif dapat dinyatakan dengan angka Reynold.

Hasil perhitungan angka Reynold (Re) pada berbagai debit dan waktu yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3. Perhitungan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_1$ ): 0,085 m<sup>3</sup>/dt.

Kemiringan (S)	Debit(Q)	No	Kec.Aliran (V)	Tinggi Muka Air (h)	Luas Penampang (A)	Luas Keliling Basah (P)	Jari-jari hidrolis (R)	Reynold (Re)		
	m <sup>3</sup> /det		m/det	m	m <sup>2</sup>	m	m	-		
		Titik			A	(b+2)*h	A/P	u*L/v		
45°	0,085	a	0.27	0.015	0.0014	0.031	0.043	14.49		
		b	0.27	0.015	0.0014	0.031	0.043	14.48		
		c	0.29	0.014	0.0013	0.029	0.043	15.51		
		d	0.30	0.015	0.0014	0.031	0.043	15.99		
		e	0.27	0.014	0.0013	0.029	0.043	14.63		
		f	0.22	0.013	0.0012	0.027	0.043	11.74		
		g	0.27	0.013	0.0012	0.027	0.043	14.41		
		h	0.26	0.012	0.0011	0.025	0.043	13.94		
		i	0.28	0.013	0.0012	0.027	0.043	15.12		
		j	0.26	0.012	0.0011	0.025	0.043	13.99		
		k	0.26	0.011	0.0010	0.023	0.043	13.87		
		Rata-rata			0.27	0.01	0.0012	0.03	0.04	14.38
		63°	0,085	a	0.38	0.017	0.0015	0.036	0.043	20.44
b	0.37			0.016	0.0014	0.033	0.043	20.03		
c	0.38			0.014	0.0013	0.029	0.043	20.61		
d	0.39			0.015	0.0014	0.031	0.043	21.07		
e	0.38			0.014	0.0013	0.029	0.043	20.44		
f	0.36			0.014	0.0013	0.029	0.043	19.28		
g	0.38			0.013	0.0012	0.027	0.043	20.47		
h	0.37			0.012	0.0011	0.025	0.043	19.99		
i	0.37			0.013	0.0012	0.027	0.043	20.12		
j	0.39			0.012	0.0011	0.025	0.043	20.90		
k	0.39			0.012	0.0011	0.025	0.043	20.84		
Rata-rata				0.38	0.01	0.0012	0.03	0.04	20.38	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 16: Hubungan antara titik pengamatan dan Angka Reynold (Re).

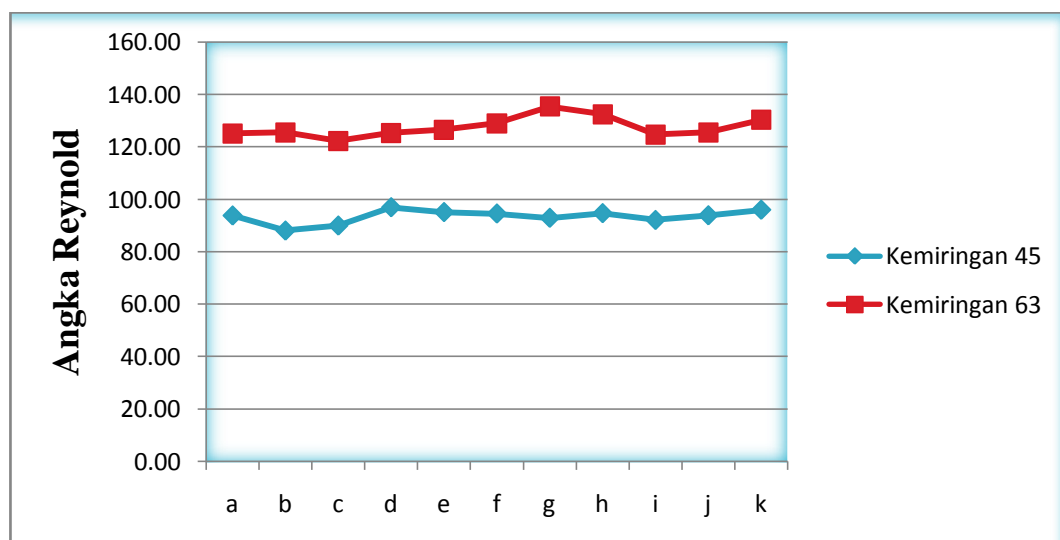
Dari hasil perhitungan jika kecepatan aliran semakin besar dan panjang karakteristik aliran juga bertambah besar maka angka Reynold akan semakin besar. Dan hasil analisis untuk angka Reynold (Re) dapat dilihat pada tabel 6 bahwa angka Reynold (Re) yang paling besar yaitu 20,90 terdapat pada pada kemiringan(S)  $63^\circ$  sehingga aliran yang terjadi pada pengamatan untuk Debit ( $Q_1$ ) :  $0,085 \text{ m}^3/\text{dt}$  adalah aliran laminar (aliran seragam)

Tabel 4. Perhitungan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_2$ ):  $2.690 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

Kemiringan (S)	Debit(Q)	No	Kec.Aliran(V)	Tinggi Muka Air(h)	Luas Penampang(A)	Luas Keliling Basah (P)	Jari-jari hidrolis(R)	Reynold(Re)
			m/det	m	m <sup>2</sup>	m	m	-
	m <sup>3</sup> /det	Titik	m/det	m	A	$(b+2)*h$	A/P	$u*L/v$
45°	2.690	a	0.28	0.020	0.0150	0.055	0.273	93.82
		b	0.26	0.020	0.0150	0.055	0.273	88.09
		c	0.26	0.017	0.0128	0.047	0.273	90.00
		d	0.28	0.018	0.0135	0.050	0.273	96.95
		e	0.28	0.019	0.0143	0.052	0.273	95.11
		f	0.28	0.018	0.0135	0.050	0.273	94.57

		g	0.27	0.017	0.0128	0.047	0.273	92.93
		h	0.28	0.017	0.0128	0.047	0.273	94.70
		i	0.27	0.016	0.0120	0.044	0.273	92.11
		j	0.28	0.015	0.0113	0.041	0.273	93.89
		k	0.28	0.015	0.0113	0.041	0.273	96.00
Rata-rata			0.27	0.02	0.0131	0.05	0.27	93.47
63°	2.690	a	0.37	0.023	0.0173	0.063	0.273	125.11
		b	0.37	0.023	0.0173	0.063	0.273	125.52
		c	0.36	0.021	0.0158	0.058	0.273	122.32
		d	0.37	0.022	0.0165	0.061	0.273	125.32
		e	0.37	0.022	0.0165	0.061	0.273	126.55
		f	0.38	0.019	0.0143	0.052	0.273	129.00
		g	0.40	0.020	0.0150	0.055	0.273	135.41
		h	0.39	0.018	0.0135	0.050	0.273	132.48
		i	0.37	0.016	0.0120	0.044	0.273	124.70
		j	0.37	0.016	0.0120	0.044	0.273	125.52
		k	0.38	0.016	0.0120	0.044	0.273	130.36
Rata-rata			0.37	0.02	0.01	0.05	0.27	127.48

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 17: Hubungan antara titik pengamatan dan Angka Reynold (Re).

Dari hasil perhitungan jika kecepatan aliran semakin besar dan panjang karakteristik aliran juga bertambah besar maka angka Reynold akan semakin besar. Dan hasil analisis untuk angka Reynold (Re) dapat dilihat pada tabel 7 bahwa angka Reynold (Re) yang paling besar yaitu 135,41 terdapat pada kemiringan (S)  $63^\circ$  pada titik g sehingga aliran yang terjadi pada pengamatan untuk Debit ( $Q_2$ ):  $2.690 \text{ m}^3/\text{dt}$ . adalah aliran laminar (aliran seragam).

### 3. Rekapitulasi Angka Froude (Fe) dan Angka Reynold (Re).

Tebel 5. Rekapitulasi Angka Froude (Rr) dan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_1$ ):  $0,085 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

No	Kemiringan (S)	Debit ( $Q_1$ )	Tinggi muka air (H)	Kecepatan (V)	Froude (Fr)	Reynold (Re)	Keterangan	
	°	m <sup>3</sup> /det	m	m/det	-	-		
a	45°	0.0850	0.015	0.27	0.70	14.49	subkritis	laminar
b			0.015	0.27	0.70	14.48	subkritis	laminar
c			0.014	0.29	0.78	15.51	subkritis	laminar
d			0.015	0.30	0.77	15.99	subkritis	laminar
e			0.014	0.27	0.73	14.63	subkritis	laminar
f			0.013	0.22	0.61	11.74	subkritis	laminar
g			0.013	0.27	0.75	14.41	subkritis	laminar
h			0.012	0.26	0.75	13.94	subkritis	laminar
i			0.013	0.28	0.79	15.12	subkritis	laminar
j			0.012	0.26	0.76	13.99	subkritis	laminar
k			0.011	0.26	0.78	13.87	subkritis	laminar
a	63°	0.0850	0.017	0.38	0.93	20.44	subkritis	laminar
b			0.016	0.37	0.94	20.03	subkritis	laminar
c			0.014	0.38	1.03	20.61	kritis	laminar
d			0.015	0.39	1.02	21.07	superkritis	laminar
e			0.014	0.38	1.02	20.44	subkritis	laminar



f			0.014	0.36	0.97	19.28	subkritis	laminar
g			0.013	0.38	1.06	20.47	subkritis	laminar
h			0.012	0.37	1.08	19.99	subkritis	laminar
i			0.013	0.37	1.05	20.12	subkritis	laminar
j			0.012	0.39	1.13	20.90	superkritis	laminar
k			0.012	0.39	1.13	20.84	superkritis	laminar

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6. Rekapitulasi Angka Froude (Rr) dan Angka Reynold (Re) pada Debit ( $Q_2$ ): 2.690 m<sup>3</sup>/dt.

No	Kemiringan (S)	Debit ( $Q_2$ )	Tinggi muka air (H)	Kecepatan (V)	Froude (Fr)	Reynold (Re)	Keterangan	
	°	m <sup>3</sup> /det	m	m/det	-	-		
a	45°	2.6900	0.020	0.28	0.62	93.82	subkritis	laminar
b			0.020	0.26	0.58	88.09	subkritis	laminar
c			0.017	0.26	0.65	90.00	subkritis	laminar
d			0.018	0.28	0.68	96.95	subkritis	laminar
e			0.019	0.28	0.65	95.11	subkritis	laminar
f			0.018	0.28	0.66	94.57	subkritis	laminar
g			0.017	0.27	0.67	92.93	subkritis	laminar
h			0.017	0.28	0.68	94.70	subkritis	laminar
i			0.016	0.27	0.68	92.11	subkritis	laminar
j			0.015	0.28	0.72	93.89	subkritis	laminar
k			0.015	0.28	0.73	96.00	subkritis	laminar
a			63°	2.6900	0.023	0.37	0.77	125.11
b	0.023	0.37			0.78	125.52	subkritis	laminar
c	0.021	0.36			0.77	122.32	subkritis	laminar
d	0.022	0.37			0.79	125.32	subkritis	laminar
e	0.022	0.37			0.82	126.55	subkritis	laminar
f	0.019	0.38			0.88	129.00	subkritis	laminar
g	0.020	0.40			0.90	135.41	subkritis	laminar
h	0.018	0.39			0.92	132.48	subkritis	laminar
i	0.016	0.37			0.92	124.70	subkritis	laminar

j			0.016	0.37	0.93	125.52	subkritis	laminar
k			0.016	0.38	0.97	130.36	subkritis	laminar

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4. Analisis Pengaruh Kemiringan Saluran terhadap Perubahan Pola Aliran.

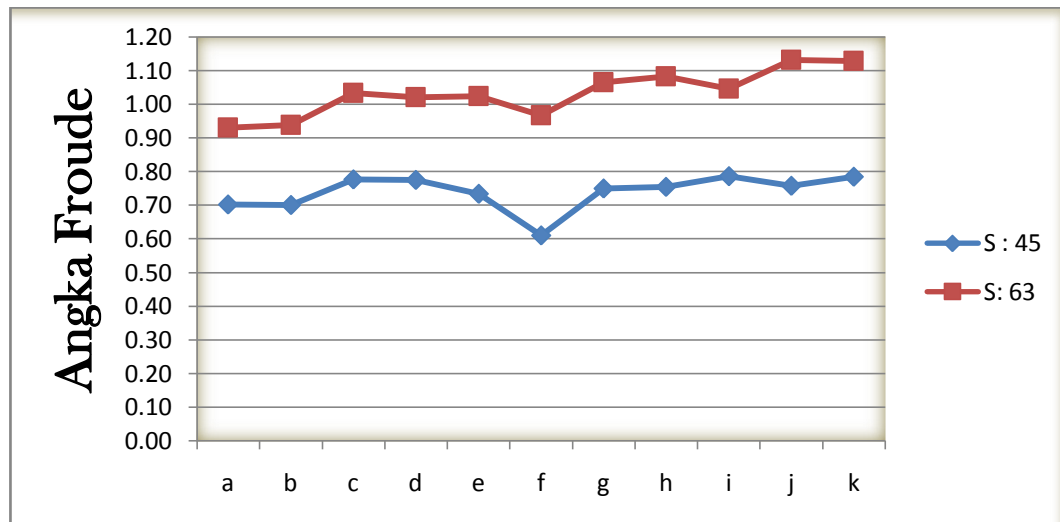
Pada penelitian ini dibuat sebuah model saluran terbuka dan dibagi menjadi dua running yaitu running pertama dimana pada model saluran terbuka menggunakan kemiringan(s)  $45^\circ$  dan running kedua dengan kemiringan(s)  $63^\circ$  dengan masing-masing variasi debit dimana debit ( $Q_1$ ):  $0,085 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan debit banjir( $Q_2$ ):  $2.690 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan aliran tanpa mengandung sedimen

Pada running pertama dan kedua dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang mempengaruhi perubahan pola aliran seperti kecepatan aliran (V), angka Froude (Fr), angka Reynold (Re), dan tinggi muka air (H), hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran dan perubahan pola aliran.

Tabel 7. Kecepatan aliran pada debit ( $Q_1$ ):  $0.0850 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

Titik pengamatan	Perbandingan kemiringan		Tinggi muka air (H)	
	$45^\circ$	$63^\circ$		
A	26.92278797	37.97813453	0.27	0.38
B	26.90397812	37.2053507	0.27	0.37
C	28.8055189	38.28440431	0.29	0.38
D	29.71494167	39.1372247	0.30	0.39
E	27.18269173	37.97255829	0.27	0.38
F	21.80883497	35.82236761	0.22	0.36
G	26.77001845	38.02576673	0.27	0.38
H	25.90123323	37.14331138	0.26	0.37
I	28.09372321	37.37621754	0.28	0.37
J	25.98202638	38.83250076	0.26	0.39
K	25.76337694	38.71109054	0.26	0.39

Sumber: Data Pengamatan



Gambar 18:Kecepatan rata-rata pada Debit ( $Q_1$ ):  $0.0850 \text{ m}^3/\text{dt}$ . dan variasi kemiringan (S)

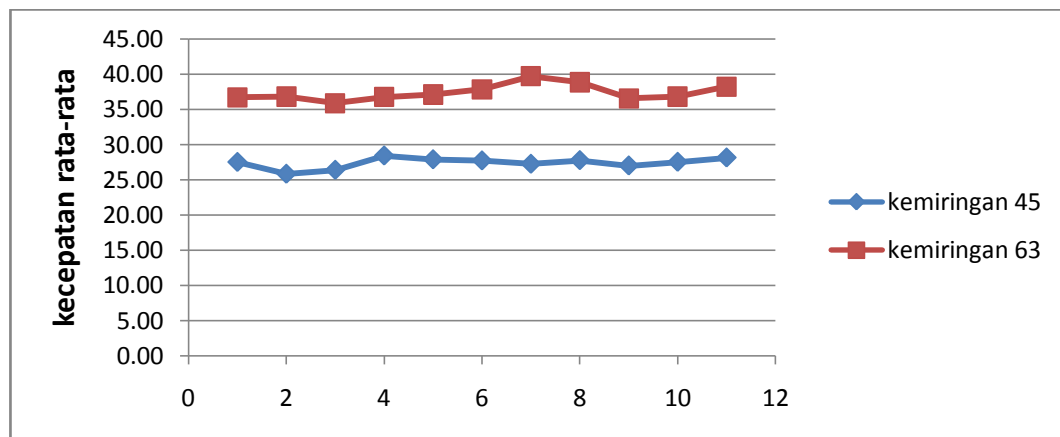
Dari gambar 18 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata yang terbesar yaitu  $39,1 \text{ cm/dtk}$  terdapat pada kemiringan (S)  $63^\circ$  di titik pengamatan g dan kecepatan rata-rata yang terkecil yaitu  $21,8$  yang terdapat pada kemiringan (S)  $45^\circ$  di titik pengamatan f.

Tabel 8. Rata-rata kecepatan pada Debit ( $Q_2$ ):  $2.690 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

titik pengamatan								rata-rata
no titik	Kemiringan(S)	Potongan Vertikal	Potongan horisontal					
			1	2	3	4	5	
A	45°	1	29.2	27.3	28.3	26.3	26.5	27.52
B		2	26.6	27.2	20.8	28.1	26.5	25.84

C		3	27.1	27.4	26.5	23.1	27.9	26.40
D		4	28.4	28.2	27.6	28.3	29.7	28.44
E		5	28.3	27.4	26.8	28.0	29.0	27.90
F		6	27.7	28.6	25.3	28.4	28.7	27.74
G		7	28.2	25.3	26.7	27.9	28.2	27.26
H		8	28.4	29.1	29.6	26.6	25.2	27.78
I		9	29.0	25.8	28.5	26.6	25.2	27.02
J		10	29.4	28.8	28.1	27.7	23.7	27.54
K		11	27.1	28.4	28.0	28.0	29.3	28.16
A	63°	1	36.0	36.2	37.5	37.4	36.4	36.70
B		2	35.7	37.6	39.6	35.8	35.4	36.82
C		3	35.6	36.6	36.6	36.5	34.1	35.88
D		4	37.1	38.4	34.7	36.0	37.6	36.76
E		5	37.7	36.8	37.3	37.7	36.1	37.12
F		6	36.7	37.3	39.2	39.1	36.9	37.84
G		7	39.4	39.6	39.5	39.5	40.6	39.72
H		8	39.2	39.0	39.4	38.3	38.4	38.86
I		9	36.7	37.7	37.4	35.5	35.6	36.58
J		10	38.4	35.3	38.5	38.1	33.8	36.82
K		11	38.4	36.9	37.6	39.0	39.3	38.24

Sumber: Data Pengamatan



Gambar 19: Kecepatan rata-rata pada debit ( $Q_2$ ): 2.690 m<sup>3</sup>/dt. dan variasi kemiringan (S)

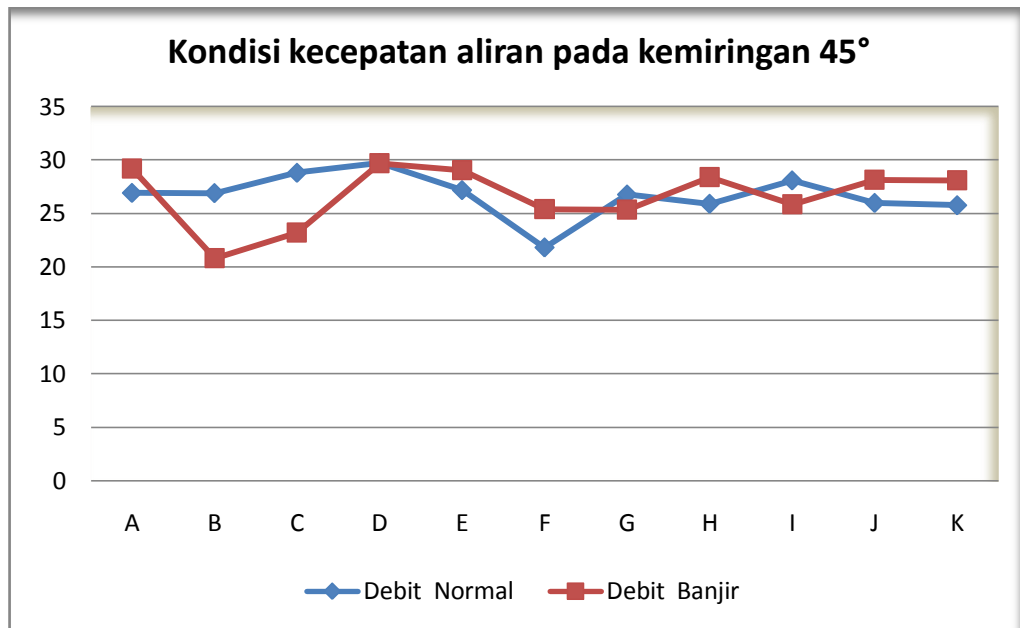
Dari gambar 19 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata yang terbesar yaitu 39721 cm/dtk terdapat pada kemiringan (S) 63° di titik pengamatan g dan kecepatan rata-rata yang terkecil yaitu 25,8 yang terdapat pada kemiringan (S) 45° di titik pengamatan b..

Untuk hasil perhitungan debit ( $Q_1$ ) dan debit ( $Q_2$ ) dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 9. Rata-Rata Kecepatan aliran pada kemiringan(S): 45° antara Debit( $Q_1$ ):0.0850 m<sup>3</sup>/dt. dan Debit( $Q_2$ ): 2.690 m<sup>3</sup>/dt.

Titik pengamatan	Debit (Q)	
	( $Q_1$ ) :0.0850 m <sup>3</sup> /dt	( $Q_2$ ) : 2.690 m <sup>3</sup> /dt.
A	26.92278797	29.20252161
B	26.90397812	20.81285904
C	28.8055189	23.18937674
D	29.71494167	29.70274655
E	27.18269173	29.05488849
F	21.80883497	25.39123132
G	26.77001845	25.36764904
H	25.90123323	28.40881069
I	28.09372321	25.87398219
J	25.98202638	28.14005077
K	25.76337694	28.08901219

Sumber: Data Pengamatan



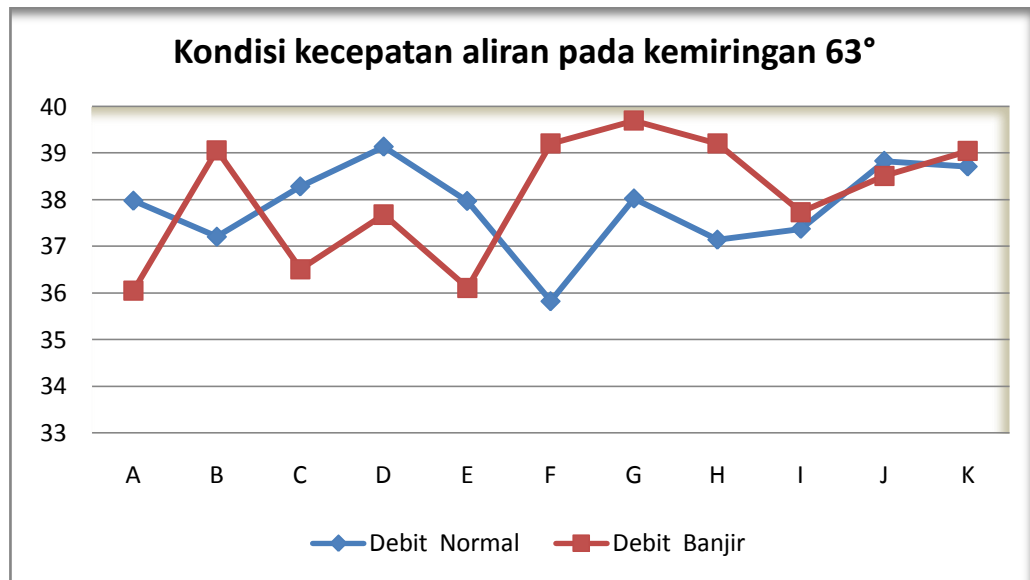
Gambar 20: Hubungan antara kecepatan rata-rata dengan kemiringan(S): 45° pada (Q<sub>1</sub>):0.0850 m<sup>3</sup>/dt dan (Q<sub>2</sub>): 2.690 m<sup>3</sup>/dt

Dari gambar 20 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata yang terbesar yaitu 29,7 cm/dtk terdapat pada kemiringan (S) 45° di titik pengamatan d pada debit normal dan kecepatan rata-rata yang terkecil yaitu 20,8 yang terdapat pada kemiringan (S) 45° di titik pengamatan b pada debit banjir.

Tabel 10.Rata-Rata Kecepatan aliran pada kemiringan (S) 63° antara Debit (Q<sub>1</sub>):0.0850 m<sup>3</sup>/dt dan (Q<sub>2</sub>): 2.690 m<sup>3</sup>/dt

Titik pengamatan	Debit (Q)	
	Normal (Q <sub>1</sub> )	Banjir (Q <sub>2</sub> )
A	37.97813453	36.04893159
B	37.2053507	39.06282918
C	38.28440431	36.5061989
D	39.1372247	37.67982705
E	37.97255829	36.11129578
F	35.82236761	39.20943838
G	38.02576673	39.69976074
H	37.14331138	39.20555619
I	37.37621754	37.73281327
J	38.83250076	38.51395689
K	38.71109054	39.04313134

Sumber: Data Pengamatan



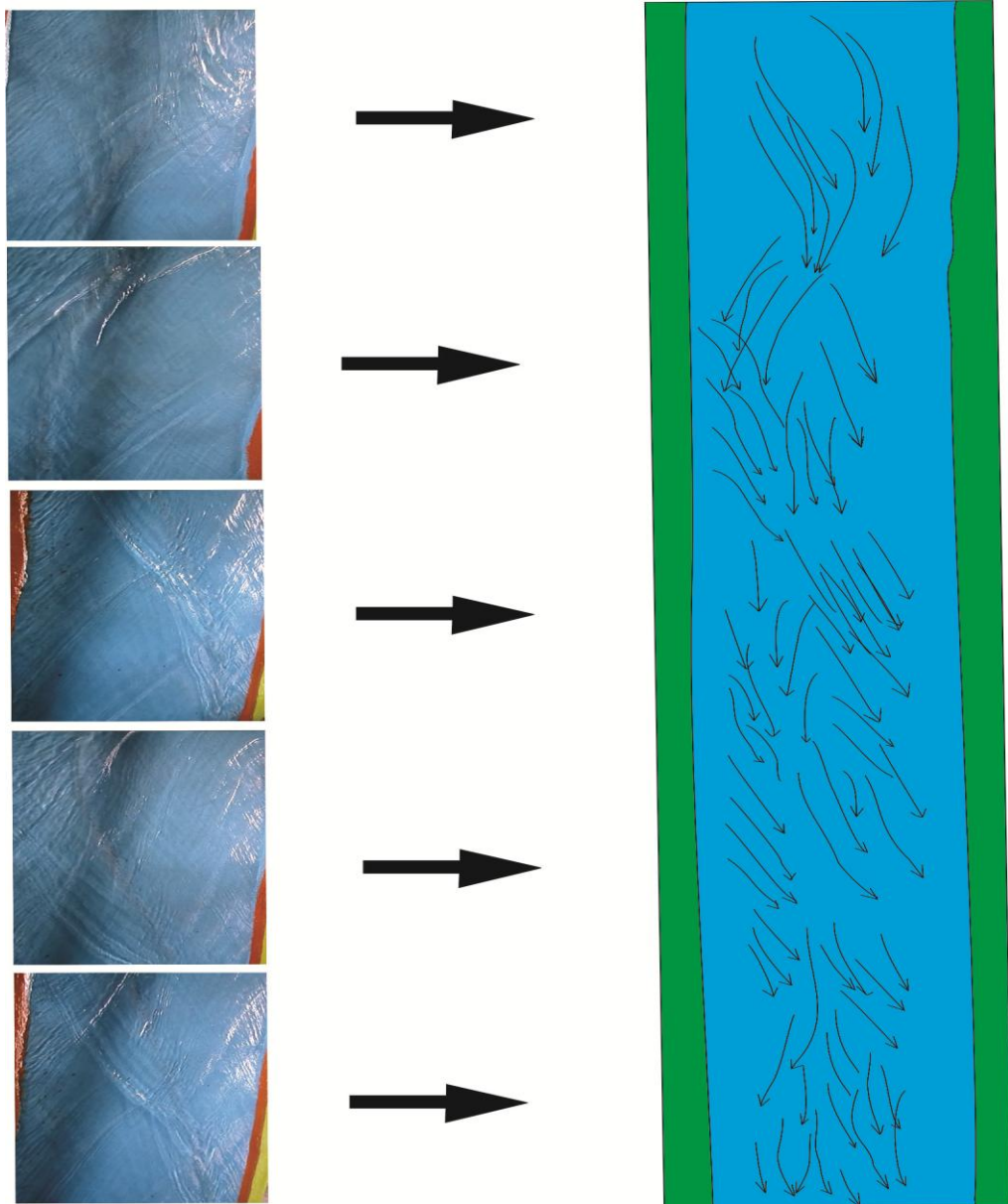
Gambar 21: Hubungan antara kecepatan rata-rata dengan kemiringan (S) 63° pada Debit ( $Q_1$ ): 0.0850 m<sup>3</sup>/dt dan ( $Q_2$ ): 2.690 m<sup>3</sup>/dt

Dari gambar 21 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata yang terbesar yaitu 39,6 cm/dtk terdapat pada kemiringan (S) 63° di titik pengamatan g pada debit banjir dan kecepatan rata-rata yang terkecil yaitu 36,1 yang terdapat pada kemiringan (S) 63° di titik pengamatan e pada Debit( $Q_2$ ): 2.690 m<sup>3</sup>/dt.

## B. Pola Aliran

Kondisi aliran dalam saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebas cenderung berubah menurut ruang dan waktu, disamping itu ada hubungan ketergantungan antara lain kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan bebas. Kondisi fisik saluran terbuka jauh lebih bervariasi dibandingkan dengan saluran tertutup. Berikut ini adalah pola aliran yang terjadi pada saluran

1. Pada kemiringan (S)  $45^\circ$



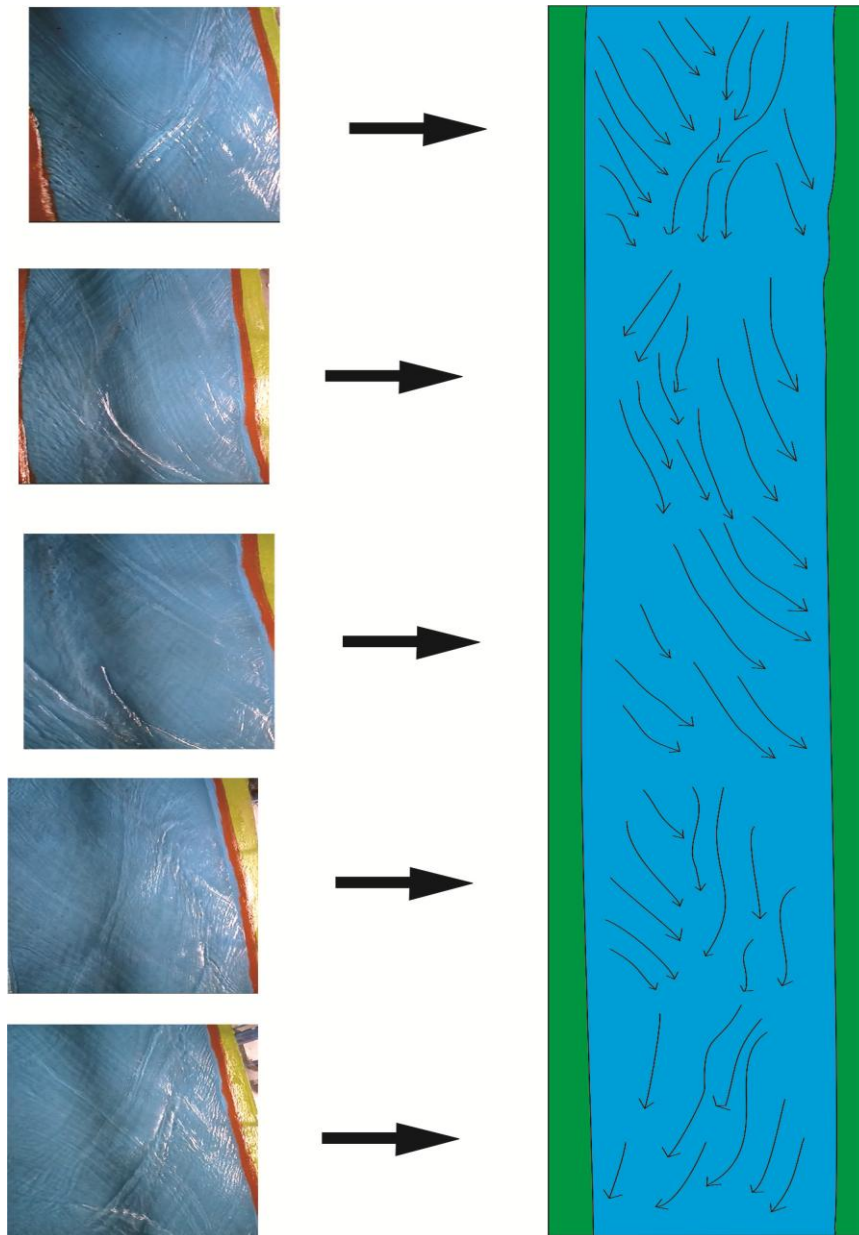
Gambar 22. Ilustrasi Pola aliran yang terjadi pada kemiringan (S)  $45^\circ$

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada saluran terbuka dan pengamatan yang dilakukan melalui video dapat kita simpulkan bahwa pola aliran yang terjadi pada saluran terbuka ialah aliran seragam (uniform) dimana



pada aliran ini seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada saluran sepanjang aliran adalah konstan.

2. Pada kemiringan (S)  $63^\circ$



Gambar 23. Pola aliran yang terjadi pada kemiringan (S)  $63^\circ$

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada saluran terbuka dan pengamatan yang dilakukan melalui video dapat kita simpulkan bahwa pola

aliran yang terjadi pada saluran terbuka ialah aliran seragam (uniform) dimana pada aliran ini seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada saluran sepanjang aliran adalah konstan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan terhadap uji model laboratorium analisis pengaruh kemiringan saluran terhadap perubahan pola aliran diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Debit ( $Q$ ) aliran pada saluran terbuka menunjukkan kedalaman air normal sehingga perbedaan elevasi kemiringan pada saluran dapat terlihat dengan jelas.
2. Dari data yang diambil pada perhitungan bilangan *Froude* yang terjadi pada variasi kemiringan saluran, jenis aliran yang terjadi pada kemiringan ( $S$ ) :  $45^\circ$  termasuk dalam jenis aliran subkritis dengan nilai  $Fr < 1$  berbeda pada kemiringan ( $S$ )  $63^\circ$  dimana terjadi jenis aliran kritis dan superkritis . Berdasarkan bilangan *Reynolds* jenis aliran yang terjadi pada kedua variasi kemiringan ialah laminar dimana nilai  $Re < 500$ .
3. Berdasarkan variasi kemiringan ( $S$ ) saluran, kondisi kecepatan aliran terbesar terjadi pada kemiringan ( $S$ )  $63^\circ$ . Pada penelitian ini perbedaan pola aliran yang terjadi tidak begitu dipengaruhi oleh perbedaan kemiringan saluran yang kami tentukan.

4. Jenis pola aliran yang terjadi pada saluran ialah aliran seragam (uniform), dimana pada aliran ini seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada saluran sepanjang aliran adalah konstan.

## **B. SARAN**

Masih adanya perbedaan antara hasil perhitungan secara numerik dengan perhitungan berdasarkan pengukuran adanya kekurangan-kekurangan yang perlu disempurnakan pada model saluran yang dibuat, maka disarankan:

1. Untuk penelitian lanjutan, disarankan meneliti pengaruh kecepatan aliran dengan variasi kemiringan yang lebih dari dua variasi kemiringan.
2. Perlu ketelitian dari alat ukur yang digunakan serta penyempurnaan dari model saluran yang dibuat.
3. Untuk meningkatkan keakuratan pengamatan serta pengambilan data yang lebih cermat, diperlukan peralatan ukur yang lebih canggih dan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak Chay, 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow Ven Te.1989. Hidrolika Saluran Terbuka (*Open Channel Hydrolics*) Terjemahan. Erlangga, Jakarta.
- Dinas PU dan PP No. 35 Tahun 1995 Tentang Sungai.
- Frans Robyanto, 2012. POLA ALIRAN SUNGAI  
<http://geouh10.blogspot.co.id/2012/10/pola-aliran-sungai.html>  
(diakses 14 Desember 2016 )
- Gambaran umum wilayah Provinsi Papua Barat tahun 2015
- Gunadi Muliando, 2003. *Simulasi Aliran Pada Saluran Terbuka Dan Perubahan Dasar Saluran Akibat Pergerakan Sedimen Dasar (Bed Load )*.  
*Program Pascasarjana Intitut Teknologi Bandung.*
- Hamzah, 2009.*Defenisi Sungai*.
- Haryono Kusumosubroto, 2011. Aliran Debris Dan Lahar UGM.
- H.R.Muliyanto, 2005.*Sungai Fungsi dan Sifat- sifatnya*.
- Nur Yuwono, 1996. Hukum Dasar Model.
- Nur Yuswantoro. 1991, (<http://googlee>, diakses 12 Desember 2016)
- Polantolo, 2008. Penanggulangan Bantaran Sungai.
- Sobirin, 2003. Proses Konservasi Hidrolis Sungai Dan Air Tanah.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*.

Sudaryoko, Y. 1986. Pedoman Penanggulangan Banjir. Departemen Pekerjaan Umum  
Badan Penerbit Pekerjaan Umum

Skeptical Inquirer, 2015. Pola Aliran Sungai

(<https://skepticalinquirer.wordpress.com/2015/01/23/pola-aliran-sungai/> diakses januari 2017 )

Tanjung Panduwijayan, 2011. Definisi, Permasalahan Dan Karakteristik Sungai di  
Indonesia

(<http://tanjungpanduwijayan2011.blogspot..id/2011/04/definisi-permasalahan-dankarakteristik.html>)

Diakses 10 Desember 2016 )

UU No.35 Tahun 1991 Tentang Sungai.

Wicak15, Pola Aliran Sungai (<http://wicak93.blogspot.co.id/2013/05/pola-aliran-sungai.html> diakses Desember 2016 )

Wikipedia Ensiklopedia Bebas, 2009, (*Largest Rivers in the United States*)

Yodi Isnaini, 2006. Fungsi Bantaran Sungai (*high water channel*).

1. angkareynold

Kemiringan	Debit	No	Kec.Aliran	Tinggi Muka Air	Luas Penampang	Luas Keliling Basah	Jari-jari hidro	Reynold
	m3/det		Titik	m/det	m	m2	m	m
		A				$(b+2)*h$	A/P	$u*L/v$
45°	0,085	a	0.27	0.015	0.0014	0.031	0.043	14.49
		b	0.27	0.015	0.0014	0.031	0.043	14.48
		c	0.29	0.014	0.0013	0.029	0.043	15.51
		d	0.30	0.015	0.0014	0.031	0.043	15.99
		e	0.27	0.014	0.0013	0.029	0.043	14.63
		f	0.22	0.013	0.0012	0.027	0.043	11.74
		g	0.27	0.013	0.0012	0.027	0.043	14.41
		h	0.26	0.012	0.0011	0.025	0.043	13.94
		i	0.28	0.013	0.0012	0.027	0.043	15.12
		j	0.26	0.012	0.0011	0.025	0.043	13.99
		k	0.26	0.011	0.0010	0.023	0.043	13.87
		Rata-rata			0.27	0.01	0.0012	0.03
63°	0,085	a	0.38	0.017	0.0015	0.036	0.043	20.44
		b	0.37	0.016	0.0014	0.033	0.043	20.03
		c	0.38	0.014	0.0013	0.029	0.043	20.61
		d	0.39	0.015	0.0014	0.031	0.043	21.07
		e	0.38	0.014	0.0013	0.029	0.043	20.44
		f	0.36	0.014	0.0013	0.029	0.043	19.28
		g	0.38	0.013	0.0012	0.027	0.043	20.47
		h	0.37	0.012	0.0011	0.025	0.043	19.99
		i	0.37	0.013	0.0012	0.027	0.043	20.12
		j	0.39	0.012	0.0011	0.025	0.043	20.90
		k	0.39	0.012	0.0011	0.025	0.043	20.84
		Rata-rata			0.38	0.01	0.0012	0.03

2.angka reynold pada Q<sub>2</sub>

Kemiringan	Debit	No	Kec.Aliran	Tinggi Muka Air	Luas Penampang	Luas Keliling Basah	Jari-jari hidro	Reynold
	m3/det		m/det	m	m <sup>2</sup>	m	m	-
		Titik			A	(b+2)*h	A/P	u*L/v
45°	2.690	a	0.28	0.020	0.0150	0.055	0.273	93.82
		b	0.26	0.020	0.0150	0.055	0.273	88.09
		c	0.26	0.017	0.0128	0.047	0.273	90.00
		d	0.28	0.018	0.0135	0.050	0.273	96.95
		e	0.28	0.019	0.0143	0.052	0.273	95.11
		f	0.28	0.018	0.0135	0.050	0.273	94.57
		g	0.27	0.017	0.0128	0.047	0.273	92.93
		h	0.28	0.017	0.0128	0.047	0.273	94.70
		i	0.27	0.016	0.0120	0.044	0.273	92.11
		j	0.28	0.015	0.0113	0.041	0.273	93.89
		k	0.28	0.015	0.0113	0.041	0.273	96.00
Rata-rata			0.27	0.02	0.0131	0.05	0.27	93.47
63°	2.690	a	0.37	0.023	0.0173	0.063	0.273	125.11
		b	0.37	0.023	0.0173	0.063	0.273	125.52
		c	0.36	0.021	0.0158	0.058	0.273	122.32
		d	0.37	0.022	0.0165	0.061	0.273	125.32
		e	0.37	0.022	0.0165	0.061	0.273	126.55
		f	0.38	0.019	0.0143	0.052	0.273	129.00
		g	0.40	0.020	0.0150	0.055	0.273	135.41
		h	0.39	0.018	0.0135	0.050	0.273	132.48
		i	0.37	0.016	0.0120	0.044	0.273	124.70
		j	0.37	0.016	0.0120	0.044	0.273	125.52
		k	0.38	0.016	0.0120	0.044	0.273	130.36
Rata-rata			0.37	0.02	0.01	0.05	0.27	127.48



Tabel . rata-rata kecepatan yang terjadi dalam tiap kemiringan

titik pengamatan								rata-rata
no titik	kemiringan	Potongan Vertikal	Potongan horisontal					
			1	2	3	4	5	
A	45°	1	29.2	27.3	28.3	26.3	26.5	27.52
B		2	26.6	27.2	20.8	28.1	26.5	25.84
C		3	27.1	27.4	26.5	23.1	27.9	26.40
D		4	28.4	28.2	27.6	28.3	29.7	28.44
E		5	28.3	27.4	26.8	28.0	29.0	27.90
F		6	27.7	28.6	25.3	28.4	28.7	27.74
G		7	28.2	25.3	26.7	27.9	28.2	27.26
H		8	28.4	29.1	29.6	26.6	25.2	27.78
I		9	29.0	25.8	28.5	26.6	25.2	27.02
J		10	29.4	28.8	28.1	27.7	23.7	27.54
K		11	27.1	28.4	28.0	28.0	29.3	28.16
A	63°	1	36.0	36.2	37.5	37.4	36.4	36.70
B		2	35.7	37.6	39.6	35.8	35.4	36.82
C		3	35.6	36.6	36.6	36.5	34.1	35.88
D		4	37.1	38.4	34.7	36.0	37.6	36.76
E		5	37.7	36.8	37.3	37.7	36.1	37.12
F		6	36.7	37.3	39.2	39.1	36.9	37.84
G		7	39.4	39.6	39.5	39.5	40.6	39.72
H		8	39.2	39.0	39.4	38.3	38.4	38.86
I		9	36.7	37.7	37.4	35.5	35.6	36.58
J		10	38.4	35.3	38.5	38.1	33.8	36.82
K		11	38.4	36.9	37.6	39.0	39.3	38.24



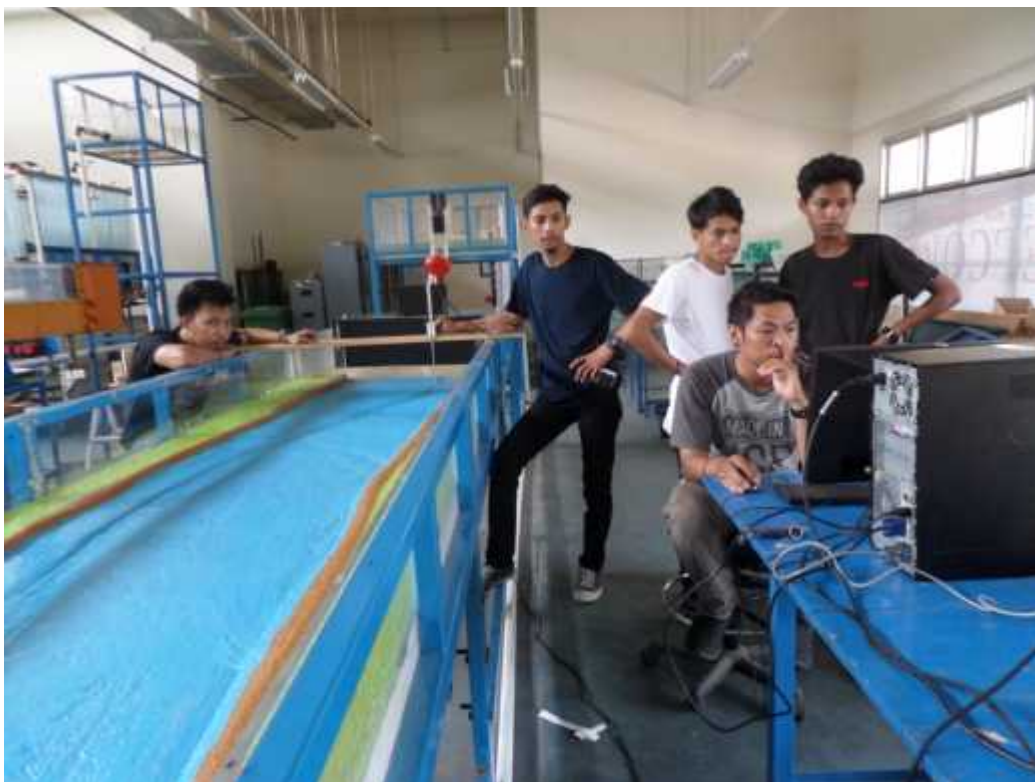
## LAMPIRAN 1

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian

1. Saluran terbuka (fluem) multi guna berukuran panjang 10m, lebar



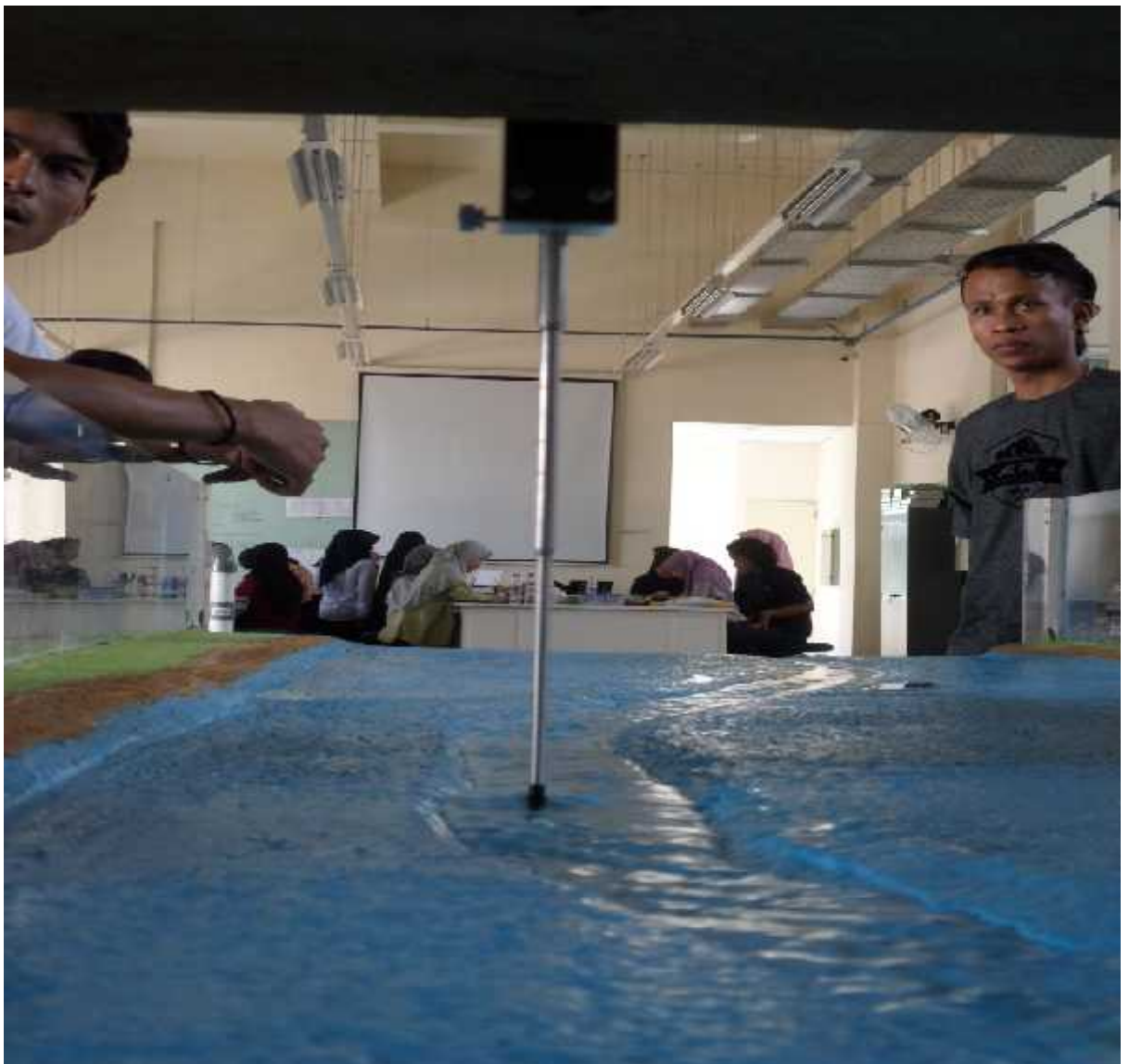
- Unit Current meter dan , yang berfungsi mengukur kecepatan aliran dan komputer untuk menyimpan hasil pengambilan data di setiap titik.



LAMPIRAN 2  
Dokumentasi Penelitian



Mengalirkan debit normal dan debit banjir







Pengambilan data debit banjir setiap titik