

UJIAN SKRIPSI

**PENGARUH DIAMETER BUTIRAN TERHADAP LAJU
SEDIMENTASI DI HILIR SUNGAI KAWARI
KABUPATEN JENEPONTO**



Disusun Oleh :

HASARMIN DZUL IKRAM : 105 81 1911 13

M. SYAHRIR. S : 105 81 2201 14

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

2020



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **PENGARUH DIAMETER BUTIRAN TERHADAP LAJU SEDIMENTASI DI HILIR SUNGAI KAWARI KABUPATEN JENEPONTO**

Nama : **HASARMIN DZUL IKRAM**
M. SYAHRIR S

Stambuk : **105 81 1911 13**
105 81 2201 14

Makassar, 14 November 2020

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT


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

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan




Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.

NBM : 1183 084



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Hasarmin Dzul Ikram dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1911 13 dan M. Syahrir S dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2201 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22201/091004/2020, 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 14 November 2020.

Makassar, 28 Rabiul Awal 1442 H
14 November 2020 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST, MT, IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S MT

2. Mahmuddin, ST., MT., IPM

3. Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Riswal K, ST, MT

Pembimbing II

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

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT

NBM : 855 500

**PENGARUH DIAMETER BUTIRAN TERHADAP LAJU
SEDIMENTASI DI HILIR SUNGAI KAWARI
KABUPATEN JENEPONTO**

**Hasarmin Dzul Ikram¹⁾ M. Syahrir S²⁾ Dr. Ir. Riswak K, ST, MT³⁾ Dr.
Ir. Nenny T. Karim ST, MT, IPM⁴⁾**

- ¹⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar
E-mail : hasarmindzulikram@gmail.com
Syahrirmuhammad77@gmail.com*
- ²⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar
E-mail : Pandibmr@yahoo.co.id*
- ³⁾ Dosen Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Makassar*
- ⁴⁾ Dosen Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Makassar*

Abstrak

Daerah Aliran Sungai Tamanroya yang terletak dikabupaten Jeneponto memiliki luas DAS 236,860 km² dan panjang 20 km, Salah satu masalah yang dirasakan penduduk sekitar sungai hampir tiap tahun adalah masalah banjir ketika musim penghujan tiba khususnya di Sungai Kawari.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis Pengaruh butiran sedimen terhadap kecepatan sedimentasi di Sungai Kawari yang diharapkan dapat mengurangi kerugian banjir. Penelitian ini dilakukan dengan analisis hidrologi dan Uji laboratorium sampel yang diambil di sungai Kawari. Selanjutnya data analisis klasifikasi sedimen dan laju sedimentasi di sungai kawari adalah Gradasi Partikel sedimen yang terdapat pada dasar Hilir Sungai Kawari Kabupaten Jeneponto berupa pasir dengan ukuran butiran sedang (medium sand). Dengan Diameter median (D50) besar butiran sebesar 0,3625 mm. Adapun Laju sedimentasi dasar persatuan lebar meningkat diakibatkan adanya pengaruh kecepatan aliran, dimana kecepatan aliran bertambah besar maka laju sedimentasinya semakin besar pula dengan nilai terbesar di hilir sebesar 31,32 m³/det dengan kecepatan aliran sebesar 1.66 m/det dengan persamaan Meyer Peter Formula dan sebesar 26,77 m³/det dengan kecepatan aliran sebesar 1.66 m/det dengan Persamaan Schochklitsch

Kata Kunci : Sungai Kawari, Studi karakteristik sedimen, Debit rancangan, HSS Nakayasu, Laju sedimentasi

Abstract

The Tamanroya River Basin, which is located in Jeneponto Regency, has a watershed area of 236,860 km² and a length of 20 km. One of the problems experienced by residents around the river almost every year is the problem of flooding when the rainy season arrives, especially in the Kawari River.

This final project aims to analyze the effect of sediment grains on sedimentation velocity in the Kawari River which is expected to reduce flood losses. This research was conducted by hydrological analysis and laboratory tests of samples taken from the Kawari river. Analysis of sediment classification data and sedimentation rate in the Kawari river is the gradation of sediment particles, which are then found in the lower reaches of the Kawari River in Jeneponto Regency in the form of medium sand. With a median diameter (D₅₀), the grain size is 0.3625 mm. The basic sedimentation rate of the unity width increases due to the influence of flow velocity, where the flow velocity increases, the sedimentation rate is also greater with the largest value downstream of 31.32 m³ / s with a flow rate of 1.66 m / s with the Meyer Peter equation. The formula for and is 26.77 m³ / s with a flow rate of 1.66 m / s with the Schochklitsch equation

Keywords: Kawari River, sediment characteristic study, design discharge, HSS Nakayasu, sedimentation rate

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga konsep tugas akhir untuk bahan Ujian Komprehensif dapat terselesaikan.

Tugas ini merupakan salah satu persyaratan kami dalam rangka menyelesaikan Program studi di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.

Melalui laporan konsep tugas akhir ini kami mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, bimbingan, saran dan petunjuk sehingga laporan ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan rasa hormat dan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST., MT, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Amrullah Mansida, ST.,MT., IPM selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekretaris Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

5. Bapak Ir. Riswal K, ST., MT dan Ibu Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.,IPM selaku pembimbing 1 dan 2 tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Kedua Orang tua kami yang selalu memberi dukungan secara moril maupun material dan doa kepada kami.
8. Saudari/saudari kami di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Pengairan khususnya Angkatan 2013, sahabat sepanjang masa.

Serta semua pihak yang telah membantu kami. Selaku manusia biasa tentunya kami tak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan laporan ini.

“Billahi Fii Sabilil Hak Fastabiqul Khaerat”.

Makassar, Oktober 2020

Penulis/Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERBAIKAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Maksud dan Tujuan Penulisan	3
D. Batasan Masalah	4
E. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAU PUSTAKA	6
A. Sungai.....	6
B. Erosi.....	7

C. Aliran.....	8
D. Hidrologi	14
E. Sedimen.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	39
A. Lokasi Penelitian.....	39
B. Waktu Penelitian.....	40
C. Alat Dan Bahan.....	40
D. Jenis Penelitian.....	42
E. Pengumpulan Data.....	43
F. Flow Chart Penelitian.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
A. Hasil Data	50
1. Data Curah Hujan Wilayah	51
2. Analisis Curah Hujan Wilayah	52
3. Data Diameter Butiran	53
B. Analisis Data	53
1. Analisis Curah Hujan Maksimun	54
2. Analisis Debit Banjir Rencana.....	59
3. Perhitungan KecepatanAliran.....	67
4. Perhitungan Diameter Butiran.....	72
5. Perhitungan Laju Sedimentasi	74

C. Pembahasan Analisis..... 85

BAB V PENUTUP 88

A. Kesimpulan 88

B. Saran 89

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judu	Halaman
Gambar 1.	Aliran turbulen dan laminar	12
Gambar 2.	Siklus Hidrologi (Asdak, 2010)	17
Gambar 3.	Klasifikasi Angkutan Sedimen (<i>Sumber: Soewarno, 1993</i>)... 33	
Gambar 4.	Transpor Sedimen Pada Aliran Air(<i>Sumber: Asdak C 2007</i>).. 33	
Gambar 5.	Peta Lokasi Penelitian	39
Gambar 6.	Metode pembagian patok	45
Gambar 7.	Flowchart Penelitian.....	49
Gambar 8.	Grafik Hidrograf Rancangan HSS Nakayasu	64
Gambar 9.	Grafik HSS Metode Nakayasu	66
Gambar 10.	Grafik Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang....	70
Gambar 11.	Grafik Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang....	73
Gambar 12.	Grafik Analisa saringan.....	75
Gambar 13.	Grafk hubungan Periode Tahunan Dan Volume Sedimen	76
Gambar 14.	Grafk hubungan Grafk hubungan Kecepatan Dan Debit Sedimen.....	77
Gambar 15.	Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Sedimen di Sungai Kawari.....	80
Gambar 16.	Grafik Hubungan Kecepatan dan Debit Sedimen di Hulu Sungai Kawari	81
Gambar 19.	Grafik Perbandingan laju sedimentasi persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch.....	86

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Reduce Variataed (Y_t).....	22
Tabel 2.	Reduced Mean (Y_n).....	22
Tabel 3.	Reduce Standard deviation (S_n).....	22
Tabel 4.	Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III	23
Tabel 5.	Harga Kritis Uji Kecocokan Smirnow-Kolmogorov.....	25
Tabel 6.	Klasifikasi ukuran butiran American Geophysical Union	28
Tabel 7.	Jenis Sedimen dan Ukuran Partikel Penyusunnya.....	29
Tabel 8.	Pembagian Daerah Aliran (<i>Polygon Thiessen</i>).....	50
Tabel 9.	Perhitungan Curah Hujan Metode Polygon Thiessen	51
Tabel 10.	Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-Rata	52
Tabel 11.	Analisis Parameter statistic Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata.....	54
Tabel 12.	Kesimpulan Pemilihan Jenis Metode.....	54
Tabel 13.	Analisis Curah Hujan Rancangan dengan Log Pearson Type III.....	56
Tabel 14.	Rekapitulasi Analisis Curah Hujan Rancangan untuk Periode Ulang Tahun (t) dengan Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	57
Tabel 15.	Perhitungan Hujan Jam – Jaman (mm/hari)	60
Tabel 16.	Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu	61

Tabel 17. Kordinat Hidrograf Satuan Sintetik dengan Metode Nakayasu.	62
Tabel 18. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.....	63
Tabel 19. Rekapitulasi Debit Puncak Berbagai Periode Ulang.....	65
Tabel 20. Luas Penampang Sungai Kawari	66
Tabel 21. Luas Penampang Sungai Kawari	67
Tabel 22. Kecepatan Aliran Hulu.....	68
Tabel 23. Kecepatan Aliran Hilir.....	69
Tabel 24. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	69
Tabel 25. hubungan Periode Tahunan Dan Volume Sedimen.....	75
Tabel 29. Perbandingan laju sedimentasi persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch di hilir Sungai Kawari.....	86

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang saluran (m^2)
A_i	= Luas daerah stasiun ke i (Km^2)
ΣA	= Luas daerah total (Km^2)
B	= lebar sungai (m)
C_s	= Koefisien kemencengan
C_s	= Koefisien skwennes
CA	= luas daerah aliran sungai (km^2)
d	= Curah hujan rerata daerah maksimum (mm)
G	= Variabel standar untuk X_t yang besarnya tergantung koefisien kemencengan C_s
h	= kedalaman sungai (m)
$\text{Log}X_t$	= Logaritma curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)
$\text{Log}X$	= Logaritma curah hujan rata-rata
m	= kemiringan saluran
n	= koefisien kekasaran manning
n	= jumlah data
P	= keliling basah (m)
P_i	= Curah hujan stasiun ke i (mm)
Q	= debit sungai (m^3/detik)
Q_b	= Debit banjir (m^3/detik)

Q_p	= debit puncak aliran (m^3/dt)
Q_s	= Debit kapasitas sungai ($m^3/detik$)
R	= jari-jari hidrolis (m)
R_o	= curah hujan satuan (mm)
S	= kemiringan dasar
S_d	= Standar deviasi
T_p	= tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf satuan (mm)
$T_{0,3}$	= waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai debit menjadi 30% dari debit puncak hidrograf satuan (mm)
V	= kecepatan aliran (m/detik)
V_s	= Jumlah Sedimen (m^3)
Q_B	= Berat sedimen per satuan waktu ($t/dt.m$)
γ_s dan γ	= berat spesifik sedimen dan air. (t/m^3)
q_c	= laju perpindahan sedimen
d	= Kedalaman aliran (m)
D	= Diameter butir sedimen (mm)
S	= Kemiringan Saluran
B	= Lebar Aliran Sedimen
q_b	= debit bed load

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraria karena sebagian besar penduduk Indonesia mata pencahariannya di bidang pertanian, selain itu pula petani membutuhkan irigasi sebagai media aliran air untuk kebutuhan lahannya. Pemenuhan utama dalam alokasi irigasi bersumber dari sungai, dari sungai ini kebutuhan air terutama air irigasi dan air bersih pada umumnya terpenuhi. Namun permasalahan yang sering muncul di sungai-sungai Indonesia adalah sedimentasi.

Sungai adalah lokasi yang paling baik untuk mengamati pengaruh alamiah dari angkutan sedimen. Sungai memperlihatkan variasi perubahan dalam morfologinya dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Pada beberapa lokasi, variasi pada komposisi sedimen memanjang dan melintang sungai memperlihatkan variasi gradasi yang dapat berupa pasir halus, pasir kasar, kerikil, maupun batuan. Hal ini menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen bergantung pada gradasi, yang meliputi variasi ukuran, kepadatan, bentuk, dan kebulatan butiran. Ukuran butiran dan variasi gradasi tidak hanya penting bagi perubahan morfologi sungai secara alamiah, tetapi mempunyai pengaruh yang besar dalam perancangan

bangunan sungai.

Sub DAS Kawari merupakan salah satu bagian dari DAS Taman Roya yang termasuk dalam kategori DAS prioritas I (satu) dengan luas wilayah 23.986,72 Ha atau 236,86 km². Secara geografis terletak di posisi 05° 28' 43,1" LS dan 119° 51' 17,8" BT BT dan secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Jeneponto. Wilayah aliran DAS Taman Roya berasal dari kaki gunung Lompobatang di wilayah Kabupaten Gowa di bagian utara dan mengalir ke selatan hingga Laut Flores di Kabupaten Jeneponto.

Sungai Kawari yang terletak di salah satu daerah di kabupaten Jeneponto mengalami permasalahan aliran sungai di karenakan terjadinya sedimentasi. Keberadaan sedimen yang berlebih di sungai Kawari mengakibatkan terjadinya pendangkalan sungai sehingga berdampak pada kemampuan sungai dalam mengalirkan air, atau kecepatan aliran sungai berkurang. Hal inilah yang mempengaruhi terjadinya banjir pada saat musim hujan dan juga mengurangi kapasitas tampang sungai.

Setelah melihat keadaan lapangan, sedimentasi yang terjadi di sungai Kawari diakibatkan oleh erosi yang dibawa oleh air kemudian terjadi pengendapan sedimen sehingga sungai mengalami pendangkalan dan juga terjadi penggerusan badan sungai dikarenakan oleh banjir saat musim hujan.

Berdasarkan fakta lapangan, maka perlu dilakukan penelitian kemudian di tulis dalam bentuk skripsi dengan judul **"Pengaruh diameter butiran**

terhadap laju sedimentasi di hilir sungai kawari kabupaten jeneponto”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Seberapa besar diameter butiran yang terdapat di hilir sungai Kawari.
2. Seberapa besar laju sedimentasi berdasarkan diameter butiran terjadi di hilir sungai Kawari.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk Mengetahui diameter butiran yang terdapat di hilir sungai Kawari
2. Untuk Menghitung besarnya laju sedimentasi berdasarkan diameter butiran yang terjadi di hilir sungai Kawari.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan khususnya keilmuan dalam bidang teknik sipil keairan tentang karakteristik dan laju sedimentasi yang terjadi pada sungai.
2. Memberikan masukan/informasi kepada instansi terkait tentang permasalahan sedimentasi disungai Kawari.
3. Sebagai bahan referensi dalam membuat perencanaan dalam meningkatkan optimalisasi fungsi sungai Kawari.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran angkutan sedimen hanya di satu titik yaitu di hilir sungai Kawari desa Kareloe kecamatan Bonto Ramba Kabupaten Jeneponto
2. Pengujian Karakteristik sedimen yaitu berat jenis sedimen dan analisis saringan sedimen.
3. Perhitungan laju sedimentasi sedimen menggunakan metode *Schochklitsch* Formula dan *Meyer Peter Formula*.
4. Perhitungan total sedimen dibatasi pada laju angkutan sedimen dasar (*bed load*).
5. Pengukuran debit air hanya debit air sesaat karena hanya dilakukan satu kali pengukuran.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dengan judul “Studi karakteristik sedimen dan laju sedimentasi disungai Kawari Kabupaten Jeneponto” dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan kajian literatur yang menjelaskan mengenai teori, temuan, dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk melaksanakan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metodologi atau cara penyajian mulai lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian, alat dan bahan, kebutuhan data, prosedur penelitian dan flow chart penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan Tentang Hasil Dari Penelitian Dan Pengumpulan Data Di lapangan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai adalah air tawar dari sumber alamiah yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah kemudian menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. Secara alami, sungai mengalir sambil melakukan aktivitas yang satu sama lain saling berhubungan. Aktivitas tersebut, antara lain erosi (pengikisan), pengangkutan (transportasi), dan pengendapan (sedimentasi). Ketiga aktivitas tersebut tergantung pada faktor kemiringan daerah aliran sungai, volume air sungai, dan kecepatan aliran.

Sungai merupakan bagian dari permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah yang disekitarnya dan menjadi tempat untuk mengalirnya air tawar menuju ke laut, danau, rawa atau ke sungai yang lain. Pada umumnya setiap aliran sungai dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah dan hilir.

Sungai adalah perairan terbuka yang mengalir kemudian mendapat masukan dari semua buangan berbagai kegiatan manusia di daerah pemukiman, pertanian, dan industri di daerah sekitarnya. Masukan buangan

ke dalam sungai akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor fisika, kimia, dan biologi di dalam perairan. Menurut Kusuma (2014)

B. Erosi

Proses-proses hidrologi langsung atau tidak langsung akan mempunyai kaitan dengan terjadinya erosi, transport sedimen, deposisi sedimen di daerah hilir, dan mempengaruhi karakteristik fisik, biologi, dan kimia yang secara keseluruhan mewakili status kualitas perairan. Perubahan tataguna lahan dan praktek pengelolaan DAS juga mempengaruhi terjadinya erosi, sedimentasi, dan pada gilirannya akan mempengaruhi kualitas air (*Asdak C, 2007*).

Secara umum, terjadinya erosi ditentukan oleh faktor-faktor iklim, topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah, dan tataguna lahan. Pemahaman tentang pengaruh erosi di daerah tangkapan air (*on-site*) dan dampak yang ditimbulkannya di daerah hilir (*off-site*) tidak hanya memerlukan pemahaman tentang proses-proses terjadinya erosi, tetapi juga memerlukan pemahaman tentang mekanisme transport sedimen melalui sungai. (*Asdak C, 2007*).

Dua penyebab utama terjadinya erosi yaitu erosi karena sebab alamiah dan erosi karena aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses erosi yang terjadi untuk mempertahankan keseimbangan tanah secara alamiah. Erosi karena faktor

alamiah umumnya masih memberikan media yang memadai untuk berlangsungnya pertumbuhan tanaman. Sedangkan erosi karena kegiatan manusia kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaedah-kaedah konservasi tanah atau kegiatan pembangunan yang bersifat merusak keadaan fisik tanah, antara lain pembuatan jalan di daerah dengan kemiringan lereng besar. (Asdak C, 2007)

C. Aliran

1. Karakteristik aliran

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

Karakter aliran yang paling sesuai untuk mengendapkan partikel sedimen adalah aliran laminar dengan kecepatan yang rendah. Banyak cara dilakukan untuk mendapatkan pola aliran yang seperti ini., seperti merancang posisi inlet dan outlet (pearson et.al, 1995).

Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan ρ (density) yang berbeda. Biasanya

pada saluran terbuka dua fluida itu adalah udara dan air dimana kerapatan udara jauh lebih kecil dari kerapatan air.

Aliran dalam suatu saluran dapat berupa aliran dalam saluran terbuka dan dapat pula berupa aliran dalam pipa. Kedua jenis aliran tersebut memiliki prinsip yang 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. Banyak factor yang berpengaruh terhadap pengendapan partikel dalam suatu aliran, tetapi yang terpenting adalah kecepatan endap dan karakteristik aliran (Takamatsu dan Naito, 1967). Karakteristik 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 berubah terhadap waktu dan segala variable disepanjang saluran sungai.
- 2) Aliran tidak tetap/tidak mantap (*unsteady flow*) yaitu apabila kecepatan 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 variable seperti kedalaman, luas, debit, konstan sepanjang saluran sama.
- 4) Aliran tidak seragam (*un-uniform flow*) yaitu aliran berubah-ubah (*varied flow*) sepanjang saluran terhadap kedalaman, luas, dan debit, yang terdiri dari: Aliran tetap berubah lambat laun (*gradually varied flow*) dan aliran tetap berubah dengan cepat (*rapide varied flow*).

2. Sifat aliran

Sifat-sifat aliran saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh adanya pengaruh kekentalan (*viscositas*) dan pengaruh gravitasi dalam perbandingannya dengan gaya-gaya kelembapan (*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 berbanding antara pengaruh gaya-gaya kekentalan yang dipertimbangkan maka aliran aliran dapat di bedakan menjadi aliran laminar, aliran turbulen, dan aliran transisi. Parameter yang digunakan sebagai dasar untuk membedakan sifat aliran tersebut adalah suatu parameter yang tidak berdimensi yaitu bilangan Reynold (Re).

1. Sifat-sifat aliran berdasarkan pengaruh gaya kelembapan dengan gaya kekentalan adalah sebagai berikut :

- a) Aliran laminar yaitu aliran dimana gaya-gaya kekentalan relative lebih besar disbanding dengan gaya kelembapan sehingga kekentalan berpengaruh besar pada sifat aliran. Partikel aliran ini seolah-olah bergerak secara teratur mengikuti 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.
- c) Aliran transisi yaitu aliran peralihan dari laminar ke aliran turbulen dimana kekentalan relative terhadap kecepatan.

Pengaruh kekentalan terhadap kelembapan dapat dinyatakan dengan bilangan Reynold dikenal juga dengan nama angka Reynold Angka ini menyatakan perbandingan 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)

μ =kekentalan (viscositas) kinematik cairan (m²/det)

kemudian dari berbagai percobaan dapat disimpulkan bahwa untuk saluran terbuka :

$Re < 500$ = aliran laminar

$500 < Re < 12.500$ = aliran transisi

$Re > 12.500$ = aliran turbulen



Gambar 1. (a). Aliran turbulen, (b). laminar

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 daripada kecepatan gelombangnya.

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energy air pada setiap penampang saluran, diperhitungkan terhadap dasar

saluran. Energy spesifik adalah energi relatif terhadap dasar saluran.

Besarnya energy ini adalah :

$$E = \frac{v^2}{2g} y \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

E = Energi Spesifik

V = Kecepatan Aliran

g = Percepatan Gravitasi

y = Kedalaman Aliran

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 sebagai berikut :

$$Fr = \frac{\tilde{v}}{\sqrt{g \cdot h}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

Fr = angka Froude

$\tilde{v}$ = kecepatan rata-rata aliran

h = kedalaman aliran

g = gaya gravitasi (m/det²)

sehingga :

- a) Aliran Kritis apabila $Fr = 1$, dimana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rambat gelombang

- b) Aliran Subkritis apabila $Fr < 1$, dimana kecepatan aliran lebih kecil dari kecepatan rambat gelombang
- c) Aliran Seperkritis apabila $Fr > 1$, Dimana kecepatan aliran lebih besar daripada kecepatan rambat gelombang.

D. Hidrologi

Hidrologi merupakan tahapan awal perencanaan suatu rancangan bangunan dalam suatu DAS untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut. Pada saat air hujan jatuh ke bumi, sebagian air jatuh langsung ke permukaan bumi dan ada juga yang terhambat oleh vegetasi (intersepsi). Intersepsi memiliki 3 macam, yaitu kehilangan intersepsi (*interception loss*), curahan tajuk (*through fall*) dan aliran batang (*stem flow*). Kehilangan intersepsi adalah air yang jatuh ke vegetasi tetapi belum sampai mencapai tanah sudah menguap. Curahan tajuk adalah air hujan yang tidak langsung jatuh ke bumi, tetapi terhambat oleh dedaunan terlebih dahulu. Aliran batang adalah air hujan yang jatuh ke vegetasi dan mengalir melalui batang vegetasi tersebut (Rahayu dkk, 2009).

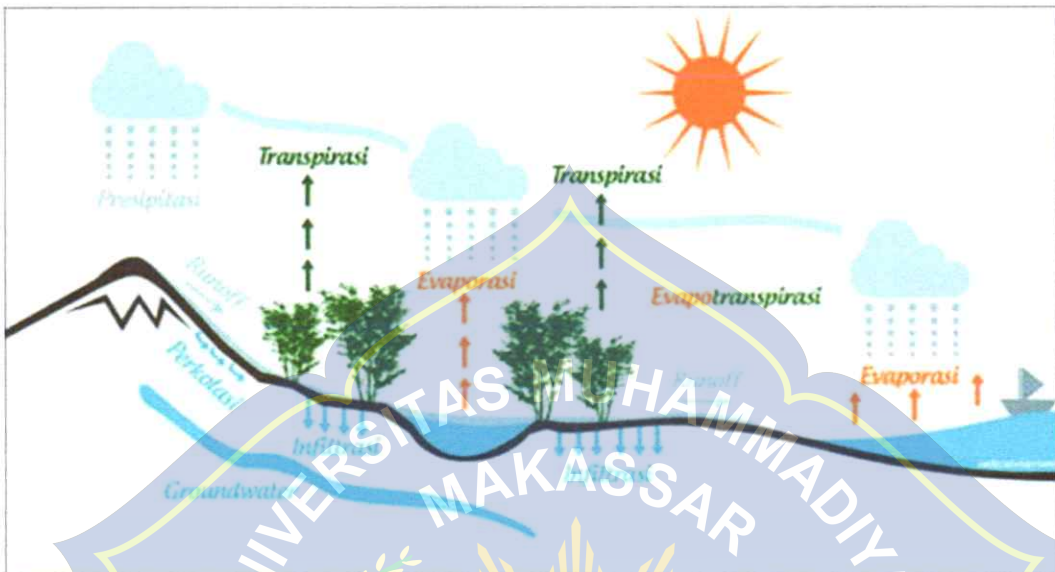
Air hujan yang terhambat vegetasi sebagian ada yang menguap lagi atau mengalami evaporasi ada juga yang kemudian jatuh ke permukaan tanah. Air hasil curahan tajuk ini mengalir di permukaan dan berkumpul di suatu tempat menjadi suatu aliran permukaan (*run off*) seperti sungai, danau

dan bendungan apabila kapasitas lengas tanah sudah maksimal yaitu tidak dapat menyerap air lagi. Dalam lengas tanah, ada zona aerasi yaitu zona transisi dimana air didistribusikan ke bawah (infiltrasi) atau ke atas (air kapiler). Semakin besar infiltrasi, tanah akan semakin lembab dan setiap tanah memiliki perbedaan kapasitas penyimpanan dan pori-pori tanah berbeda-beda. Vegetasi mengalami fotosintesis pada saat siang hari dan mengalami transpirasi. Peristiwa berkumpulnya uap air di udara dari hasil evaporasi dan transpirasi disebut evapotranspirasi. Evapotranspirasi dikontrol oleh kondisi atmosfer di muka bumi. Evaporasi membutuhkan perbedaan tekanan di udara. Potensi evapotranspirasi adalah kemampuan atmosfer memindahkan air dari permukaan ke udara, dengan asumsi tidak ada batasan kapasitas (Rahayu dkk, 2009).

Air yang jatuh di permukaan sebagian ada yang mengalami infiltrasi atau diserap oleh tanah. Kapasitas infiltrasi tergantung dari tekstur, vegetasi, lengas tanah, kemiringan lereng dan waktu. Air tersebut memasuki celah-celah batuan yang renggang di dalam bumi atau mengalami perkolasi untuk mengisi persediaan air tanah. Air tanah dapat muncul ke permukaan tanah karena air memiliki kapilaritas yang tinggi. Dalam air tanah ada zona penahan air (*aquifer*) yaitu menyediakan simpanan air yang besar yang mengatur siklus hidrologi dan berpengaruh pada aliran air. Air tanah juga dapat menyuplai debit air sungai apabila jalur air tanah terputus oleh jalur sungai. Air tanah dapat berkurang apabila

digunakan manusia untuk keperluan sehari-hari (Rahayu dkk, 2009). Selain itu, air yang langsung jatuh ke permukaan tanah langsung mengisi tampungan air (*channel storage*) contohnya sungai, danau dan bendungan lalu menjadi aliran permukaan. Tipe-tipe aliran adalah aliran di atas permukaan tanah (*overland flow*), aliran langsung di bawah permukaan (*sub surface storm flow*) dan aliran dasar (*base flow*). Aliran di atas permukaan tanah terjadi apabila ketika kapasitas presipitasi melebihi batas infiltrasi. Aliran langsung di bawah permukaan adalah air perkolasi yang bergerak di zona perkolasi yang bergerak horizon tanah. Aliran dasar adalah air yang bergerak di atas aliran air untuk pengukuran muka air. Tampungan air ini mengalami infiltrasi untuk mengisi persediaan air tanah apabila dasar suatu tampungan air jaraknya jauh dari tempat persediaan air tanah. Sebagian air pada tampungan air mengalami evaporasi kembali karena pengaruh panas matahari (Asdak, 2010). Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi-penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui

dahan-dahan ke permukaan tanah. Gambar 6. berikut merupakan gambar siklus hidrologi (Asdak, 2010).



Gambar 2. Siklus Hidrologi (Asdak, 2010)

1. Curah Hujan

Data curah hujan yang tercatat diproses berdasarkan area yang mendapatkan hujan sehingga didapat tinggi curah hujan rata-rata dan kemudian diramalkan besarnya curah hujan pada periode tertentu. Berikut dijabarkan tentang cara menentukan tinggi curah hujan areal. Dengan melakukan penakaran atau pencatatan hujan, kita hanya mendapat curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal.

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa

titik pos penakar atau pencatat (Sosrodarsono dan Takeda, 1987), yaitu Metode Aljabar, Metode Polygon Thiessen dan Metode Ishoyet. Namun pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Polygon Thiessen.

a) Metode Polygon Thiessen

Metode Polygon Thiessen digunakan untuk mengetahui luas daerah pengaruh. Pemilihan stasiun hujan yang akan dianalisis harus meliputi daerah yang dekat dengan bangunan yang akan direncanakan. Metode perhitungan ini yaitu dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili stasiun hujan yang disebut Koefisien Thiessen. Koefisien Thiessen didapatkan dengan cara membentuk daerah pengaruh, cara mencari daerah pengaruh yaitu dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos hujan. Untuk metode ini harus menggunakan minimal 3 stasiun hujan. Kelemahan menggunakan metode ini yaitu karena tidak memasukkan faktor topografi, tetapi penggunaan Metode Thiessen lebih teliti, obyektif dan dapat dipakai pada daerah yang memiliki titik pengamatan tidak merata. Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$P = \frac{P1Ai+PaA2+...+PnAn}{Ai+A2+A3}.....(4)$$

Keterangan :

P = curah hujan yang tercatat

A = Luas area polygon

n = banyaknya pos penakar hujan

2. Parameter Statistik

Variat dari suatu variabel hidrologi tidak semua sama dengan nilai rata-rata dan kemungkinan nilai variabel lebih kecil atau lebih besar dari rata-ratanya yang disebut dispersi. Maka dari itu perlu dilakukan parameter statistik, parameter yang dihitung meliputi :

a) Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(x-x')^2}{n-1}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

X = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

X = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

b) Koefisien Skewess (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(x) - x\}^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

X = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

X = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

c) Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{(x_i) - \bar{x}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

X = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

$\bar{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

d) Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

Sd = Standar deviasis

$\bar{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

3. Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis curah hujan rencana dengan periode tertentu, digunakan metode statistik yaitu Metode Log Normal, Metode Gumbel dan Log Pearson III.

a. Metode Gumbel

Metode Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti penggunaan pada analisis frekuensi banjir. . Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah :

$$X = \bar{X} + S \cdot K_t \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

X = nilai rerata sampel

S = standar deviasi nilai sampel

Frekuensi pada distribusi gumbel dapat dicari dengan pendekatan:

$$K_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

Y_t = *Reduce Variate*, sebagai fungsi kala ulang yang nilainya di ambil pada table 1.

Y_n = *Reduce Mean* yang nilainya di Lampiran lampiran table 7

S_n = *Reduce Standard Deviation*, yang nilainya di ambil dari lampiran 1 tabel 8

Tabel 1.Reduce Variataed (Y_t)

Periode Ulang (Tahun)	<i>Reduced Varate</i>
2	0,3665
5	14,999
10	22,502
20	29,606
25	31,985
50	39,019
0	46,001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*,2004

b. Metode Log Pearson III

Data-data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata- rata, standard deviasi dan koefisien kepengcengan. Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Triatmodjo, 2009) :

$$\text{Log}X_t=\text{log}X+K. S_x \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- X = nilai rata-rata dari curah hujan
- K = faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kepengcengan,dapat dilihat pada lampiran 1 tabel 6
- Sx = standar deviasi

c. Uji kecocokan Smirnov-kolmogorov

Uji kecocokan Smornov – Kolmogorov merupakan uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Cara menggunakan uji yaitu dengan membandingkan probabilitas untuk setiap varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya akan terdapat perbedaan (D) tertentu. Syarat persamaan distribusiditerima apabila harga Dmaks yang dihitung lebih kecil dari Do kritis, namun apabila Dmaks lebih besar dari Do kritis maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2. Harga Kritis Uji Kecocokan Smirnow-Kolmogorov

Jumlah data n	α derajat kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n>50	1.07/n	1.22/n	1.36/n	1.63/n

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, 2004

4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit aliran permukaan. Pada umumnya metode perhitungan aliran permukaan yang disajikan adalah metode empirik yang merupakan hasil penelitian lapangan dari para ahli hidrologi.

a. Metode Rasional

Menurut Imam Subarkah (1980). Metode ini mengasumsikan bahwa laju pengaliran maksimum terjadi jika lama hujan sama dengan waktu konsentrasi daerah alirannya. Atau dapat juga diartikan debit puncak akibat intensitas berlangsung selama atau lebih lama dari waktu tiba banjir atau konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh hujan yang jatuh pada titik terjauh DAS untuk mencapai outletnya.

Rumus rasional ini hanya digunakan untuk menemukan banjir maksimum bagi saluran – saluran (sungai – sungai) dengan daerah aliran kecil. Kira – kira 100 -200 acres atau kira – kira 40 – 80 ha.

Metode ini pertama kali digunakan di Irlandia oleh Mulvaney pada tahun 1847 dengan pemikiran secara rasional yang dinyatakan secara aljabar dengan:

$$Q = C.I.A.....(12)$$

Dimana :

A = luas daerah aliran sungai (m^2)

I = intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama tenggang waktu konsentrasi (innci/jam)

C = angka pengaliran (tak terdefenisi)

Jika digunakan satuan metric, maka rumus tersebut diatas menjadi :

$$Q = 0,278 C.I.A \text{ m}^3/\text{det}.....(13)$$

Persamaan ini dapat diartikan bahwa jika hujan sebesar 1 mm/jam selama 1 jam pada DAS seluas 1 km^2 pada permukaan yang licin ($c = 1$) maka akan terjadi debit air sebesar 0,278 m^3/det .

Untuk melengkapi kebutuhan persamaan tersebut di atas maka perlu dicari nilai intensitas I dan waktu konsentrasi t_c

E. Sedimen

Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan maupun jenis erosi tanah lainnya. 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. Sedimen dari hasil erosi yang dibawa oleh aliran air dari daerah hulu dan kemudian mengendap di daerah hilir. Proses erosi di hulu meninggalkan dampak hilangnya kesuburan tanah sedangkan pengendapan sedimen di hilir seringkali menimbulkan persoalan seperti pendangkalan sungai dan waduk di daerah hilir (*Asdak C, 2007*).

Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam aliran air disebut muatan sedimen dan merayap didasar sungai disebut sedimen merayap. Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran-ukuran partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, liat, debu, pasir.

Ukuran partikel sedimen merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. *Abdul Ghani, dkk. (2012)* menggunakan klasifikasi berdasarkan ukuran U.S Army Corps Engineer (USACE) untuk analisa saringan sampel sedimen. *Syahrul Purnawan, Dkk. (2011)* menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda

Beberapa ahli hidrolika menggunakan klasifikasi ukuran buiran menurut AGU (*American Geophysical Union*) sebagai mana yang ditunjukkan pada table 1. Ponco (1989) menyatakan bahwa batu besar dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam.

Tabel 6. Klasifikasi ukuran butiran American Geophysical Union

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range (mm)	Nama
4096-2048	Batu Sangat Besar (Very Large Boulders)	1-1/2	Pasir Kasar (Coarse Sand)
2048-1024	Batu Besar (Large Boulders)	1/2-1/4	Pasir Sedang (Medium Sand)
1024-512	Batu Sedang (Medium Boulders)	1/4-1/8	Pasir Halus (Fine Sand)
512-256	Batu Kecil (Small Boulders)	1/8-1/16 (S/D 0.0625 mm)	Pasir Sangat Halus (Very Fine Sand)
256-128	Kerakal Besar (Large Cobbles)	1/16-1/32	Lumpur Kasar (Coarse Silt)
128-64	Kerakal Kecil (Small Cobbles)	1/32-1/64	Lumpur Sedang (Medium Silt)
64-32	Kerikil Sangat Kasar (Very Coarse Gravel)	1/64-1/128	Lumpur Halus (Fine Silt)
32-16	Kerikil Kasar (Coarse Gravel)	1/128-1/256	Lumpur Sangat Halus (Very Fine Silt)

16-8	Kerikil Sedang (Medium Gravel)	1/256-1/512	Lempung Kasar (Coarse Clay)
8-4	Kerikil Halus (Fine Gravel)	1/512-1/1024	Lempung Sedang (Medium Clay)
4-2	Kerikil Sangat Halus (Very Fine Gravel)	1/1024-1/2048	Lempung Halus (Fine Clay)
2-1	Pasir Sangat Kasar (Very Coarse Sand)	1/2048-1/4096	Lempung Sangat Halus (Very Fine Clay) Koloid

Sumber : Garde & Raju, 1985

Dengan mengasumsikan konsentrasi sedimen disemua bagian panjang melintang sama, maka Asdak (2007) menyatakan :

$$Q_s = 0,0864 \times C \times Q \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

Q_s = Debit sedimen (ton/hari)

C = konsentrasi sedimen

Q = debit sungai (m^3/det)

Tabel 3. Jenis Sedimen dan Ukuran Partikel Penyusunnya

Jenis Sedimen	Ukuran Partikel (mm)
Liat	< 0,0039
Debu	0,0039 - 0,0625
Pasir	0,0625 - 2,0
Pasir Besar	2,0 - 64,0

(Sumber: Asdak C, 2007)

Besarnya ukuran sedimen yang terangkut aliran air ditentukan oleh interaksi faktor-faktor seperti karakteristik saluran, ukuran sedimen yang

masuk ke badan saluran/sungai, debit aliran, dan karakteristik fisik partikel sedimen. Besarnya sedimen yang masuk ke dalam saluran/sungai dan besarnya debit ditentukan oleh faktor iklim, topografi, geologi, vegetasi, dan cara bercocok tanam di daerah tangkapan air yang merupakan asal datangnya sedimen. Intraksi dari faktor-faktor tersebut akan menentukan jumlah dan tipe sedimen serta kecepatan transport sedimen.

Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Sedimen yang terdapat di saluran dapat menyebabkan perubahan dimensi saluran dari dimensi asal saluran serta dapat mempengaruhi energi spesifik penampang saluran sehingga secara tidak langsung dapat mengakibatkan kurang optimumnya kinerja saluran irigasi (Priyantoro, 1987).

Menurut Soemarto (1993), dalam konteks pengelolaan DAS, kegiatan pengelolaan dilakukan umumnya bertujuan untuk mengendalikan dan menurunkan laju sedimentasi karena kerugian yang ditimbulkan oleh adanya proses sedimen jauh lebih besar daripada manfaat yang diperoleh.

Adapun beberapa dampak yang diakibatkan dari sedimentasi yaitu sebagai berikut:

- a) Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya permukaan

air sehingga dapat mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi.

Hal tersebut dapat juga mengakibatkan aliran mengering dan mencari alur baru.

- b) Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran dialiri air yang penuh dengan sedimen akan terjadi pengendapan di saluran tersebut, sedangkan untuk pengerukan sedimen itu diperlukan biaya yang cukup besar dan akan menyebabkan terhentinya operasi saluran.
- c) Di waduk, pengendapan sedimen di waduk-waduk akan mengurangi volume aktifnya. Sebagian besar jumlah sedimen yang dialirkan oleh waduk adalah sedimen yang dialiri sungai-sungai ke waduk, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsoran tebing-tebing waduk yang berasal dari geruan tebing-tebing waduk oleh limpasan permukaan. Butir-butiran yang kasar akan diendapkan dibagian hulu waduk, sedangkan yang halus diendapkan dengan bendungan, dan sebagian dapat dibilas ke bawah jika terjadi banjir saat permukaan air waduk masih rendah.
- d) Di bendungan atau pintu-pintu air, yang menyebabkan terjadinya kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintu tersebut. Juga karena pembentukan pulau-pulau pasir (*sand bars*) di hulu bendungan atau pintu air sehingga aliran air yang lewat bendungan atau pintu terganggu.

1. Proses Transpor Sedimen

Sedimen yang sering dijumpai di dalam sungai baik terlarut atau tidak terlarut merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan iklim. Hasil pelapukan batuan induk tersebut kita kenal sebagai partikel-partikel tanah. Pengaruh tenaga kinetis air hujan dan aliran air permukaan untuk kasus di daerah tropis, partikel-partikel tanah tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen. Oleh adanya transpor sedimen dari tempat yang lebih tinggi ke daerah hilir dapat menyebabkan pendangkalan waduk sungai dan saluran irigasi (Asdak C, 2007).

Kecepatan transpor sedimen adalah hasil perkalian antara berat partikel sedimen dengan kecepatan rata-rata partikel tersebut. Telah diketahui bahwa perkalian antara gaya yang bekerja pada suatu benda dengan jarak adalah tenaga penggerak. Sementara kecepatan gerak suatu benda adalah jarak dibagi lama waktu benda tersebut bergerak. Proses yang terjadi ketika aliran air sungai/saluran mengangkut sedimen dapat disamakan dengan alat transportasi pada umumnya yang memiliki hubungan karakteristik yaitu laju kerja diperoleh dari perkalian kekuatan yang tersedia dengan efisiensi.

Besarnya transpor sedimen dalam aliran sungai merupakan fungsi dari suplai sedimen dan energi aliran sungai. Ketika besar energi aliran sungai melampaui besar suplai sedimen, akan terjadi degradasi sungai. Pada sisi lain, ketika suplai sedimen lebih besar dari pada energi aliran sungai, akan terjadi aggradasi sungai.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan, pengendapan dan pemadatan dari sedimen itu sendiri. Dimana proses ini 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 tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen (Soewarno, 1993).

Berdasarkan mekanisme pergerakannya angkutan sedimen dibedakan tiga transport sedimen antara lain: (Asdak C, 2007)

a) Sedimen Dasar

Sedimen dasar (*bed load transport*) merupakan angkutan partikel sedimen yang bergerak tidak jauh dari dasar saluran dan proses pergerakannya secara bergeser, merayap, menggelinding ataupun meloncat akan tetapi tidak lepas dari dasar saluran atau sungai. Muatan sedimen dasar umumnya merupakan bagian terbesar dari seluruh jumlah angkutan sedimen. Kualitas dan kuantitas material yang terbawa oleh aliran

tergantung dari penyebaran erosi di daerah pegunungan, derajat kemiringan lereng, struktur geologi dan vegetasi.

b) Sedimen Melompat

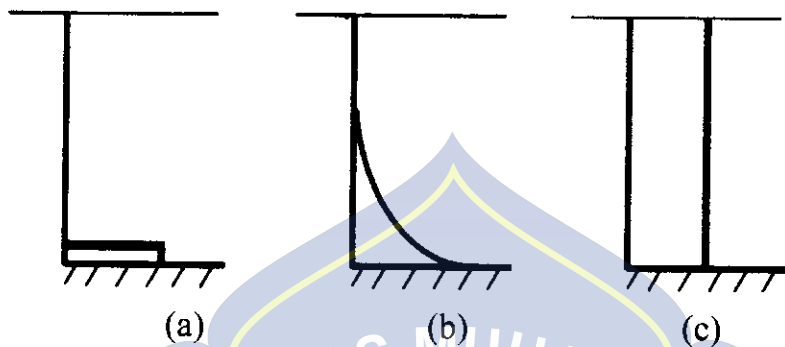
Sedimen melompat (*Wash load transport*) merupakan angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung dan pasir. Partikel yang lebih besar cenderung bergerak dengan cara melompat terbawa oleh aliran air. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.

c) Sedimen Melayang

Sedimen melayang (*suspended load transport*) merupakan angkutan sedimen yang melayang di dalam aliran sungai atau saluran yang terutama terdiri dari butiran-butiran halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali intraksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulen aliran. Kecepatan aliran pada saat mengangkut sedimen lebih besar dibandingkan pada saat pengendapannya, dengan demikian ada hubungan antara debit aliran dengan konsentrasi muatan sedimen walaupun hubungan tersebut mungkin kolerasinya rendah.

Angkutan dasar yang terangkut dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *bed load* dan *suspended load*. Di samping angkutan dasar juga ada angkutan sedimen sangat halus yang disebut dengan *wash load*. Materialnya tidak berasal dari dasar sungai, oleh karena itu besarnya volume *wash load* tidak tergantung pada kondisi hidrolis sungai akan tetapi

tergantung pada kondisi lahan daerah aliran sungai. Jumlah total ketiga jenis angkutan sedimen tersebut merupakan debit sedimen total.



Gambar 3. Klasifikasi Angkutan Sedimen; (a). Bedload, (b).Suspendedbed, (c). Washload (Sumber: Soewarno, 1993)



Gambar 4. Transpor Sedimen Pada Aliran Air (Sumber: Asdak C, 2007)

2. Analisa kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diperlukan untuk mengetahui seberapa besarpengaruhnya terhadap hasil sedimen bila kecepatan alirannya berbeda. Untuk itu kecepatan aliran perlu dicari dengan menggunakan rumus :

$$U = Q/A.....(11)$$

Dimana :

U : Kecepatan aliran (m/detik)

Q : Debit aliran (m³/detik)

A : Luas penampang saluran (m²)

3. Analisa Angkutan Sedimen

a) Volume Angkutan Sedimen

Dari hasil pengambilan data di lapangan dan laboratorium, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui karakteristik sedimen.

Untuk mendapatkan jumlah sedimen yang lewat pada suatu periode tertentu (*Sediment rate*), maka dilakukan metode perhitungan jumlah sedimen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_s = \frac{Q_B}{(\gamma_s - \gamma_w)} \times 3600 \dots \dots \dots (24)$$

Dimana :

V_s = Jumlah Sedimen (m³)

Q_B = Berat sedimen per satuan waktu (t/dt.m)

γ_s dan γ = berat spesifik sedimen dan air. (t/m³)

b) Debit sedimen

Nilai sedimen dasar (*bed load*) dapat kita peroleh dengan menggunakan rumus angkutan sedimen yang dikembangkan oleh para ahli hidrolika yang meliputi :

1) Pendekatan Metode Schochklitsch

Metode Schochklitsch dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Q_B = B \times Q_b \dots \dots \dots (25)$$

$$q_B = 2500 \times S^{3/2} (q - q_c) \dots \dots \dots (26)$$

$$q = d \times u \dots \dots \dots (27)$$

$$q_c = \frac{1944 \times 10^{-5} \times D}{S^{4/3}} \dots \dots \dots (28)$$

Dimana :

Q_B = Berat sedimen per satuan waktu (t/dt.m)

q_B = Berat Sedimen per satuan waktu (t/dt.m)

q_c = laju perpindahan sedimen

d = Kedalaman aliran (m)

D = Diameter butir sedimen (mm)

S = Kemiringan Saluran

B = Lebar Aliran Sedimen

2) Pendekatan Meyer Peter

Ahli yang pertama kali menemukan pendekatan dengan parameter slope energi ini adalah Meyer-Peter (1934). Meyer-Peter melakukan studi laboratorium secara intensif mengenai *sediment transport*, dan kemudian

menemukan rumus *bed load* dengan menggunakan sistem metrik sebagai berikut :

$$\frac{0,4q_b^{2/3}}{d} = \frac{q^{2/3}S}{d} - 17 \dots\dots\dots(29)$$

$$q_b^{2/3} = \left[\frac{q^{2/3}S}{d} - 17 \right] \left[\frac{d}{0,4} \right] \dots\dots\dots(30)$$

Dimana :

q_b = debit bed load

q = debit air

S = kemiringan dasar Sungai

d = diameter butiran sedimen

Bilangan konstan 17 dan 0,4 hanya valid untuk pasir dengan berat jenis 2,65 dan persamaan ini dapat pula dipakai pada sedimen yang berdiameter besar.

Faktor yang menentukan laju sedimentasi, antara lain :

- 1) Jumlah dan intensitas hujan
- 2) Tipe tanah dan formasi geologi
- 3) Penutupan tanah
- 4) Penggunaan lahan
- 5) Topografi
- 6) Kondisi drainasi alami yang meliputi: bentuk, jaringan, kerapatan, gradien, ukuran, dan arah

7) Runoff

8) Karakteristik sedimen, seperti ukuran butir dan mineralogi; dan

9) Karakteristik hidrolika saluran (sungai)

4. Data Daerah Aliran Sungai Kawari

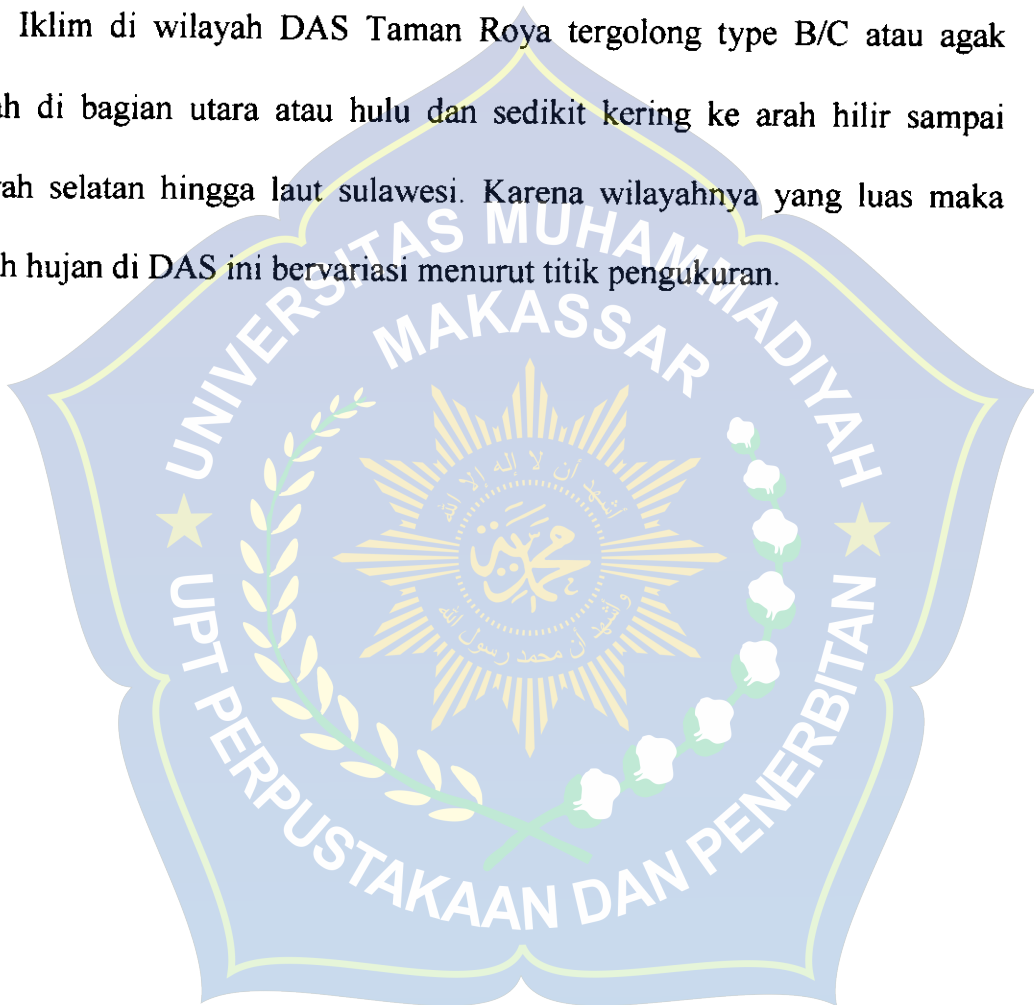
Sub DAS Kawari merupakan salah satu bagian dari DAS Taman Roya yang termasuk dalam kategori DAS prioritas I (satu) dengan luas wilayah 23.986,72 Ha atau 236,86 km². Secara geografis terletak di posisi 05° 28' 43,1" LS dan 119° 51' 17,8" BT dan secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Jeneponto. Wilayah aliran DAS Taman Roya berasal dari kaki gunung Lompobatang di wilayah Kabupaten Gowa di bagian utara dan mengalir ke selatan hingga Laut Flores di Kabupaten Jeneponto.

Tingkat kelerengan atau kemiringan lahan di masing-masing sub DAS didominasi oleh kelas sedang (15 – 25%) yang tersebar merata di semua sub DAS meskipun ada beberapa sub DAS yang didominasi kelas lereng yang sangat curam (>45 %), terutama pada bagian utama di kaki hilir gunung Lompobatang.

Permukaannya adalah Andosol cokelat yang umumnya berwarna hitam mendominasi wilayah ini, kerapatan tidak kurang dari 0,85% gr/cm³, banyak mengandung bahan amorf, atau lebih dari 60% terdiri dari abu vulkanik yang merupakan letusan gunung Lompobatang, dan biasanya terdapat pada wilayah miring agak berbukit sampai agak curam (bagian

hulu), Jenis tanah di DAS didominasi jenis Litosol, Kompleks Mediteran, Regosol, Aluvial dan Grumusol. Sedangkan jenis batuannya terdiri atas: Andesit, Aluvium, Marmer, Batu Gamping, Tufit Tefra berbutir dan hanya sedikit yang berjenis Batu Lumpur.

Iklim di wilayah DAS Taman Roya tergolong type B/C atau agak basah di bagian utara atau hulu dan sedikit kering ke arah hilir sampai daerah selatan hingga laut Sulawesi. Karena wilayahnya yang luas maka curah hujan di DAS ini bervariasi menurut titik pengukuran.



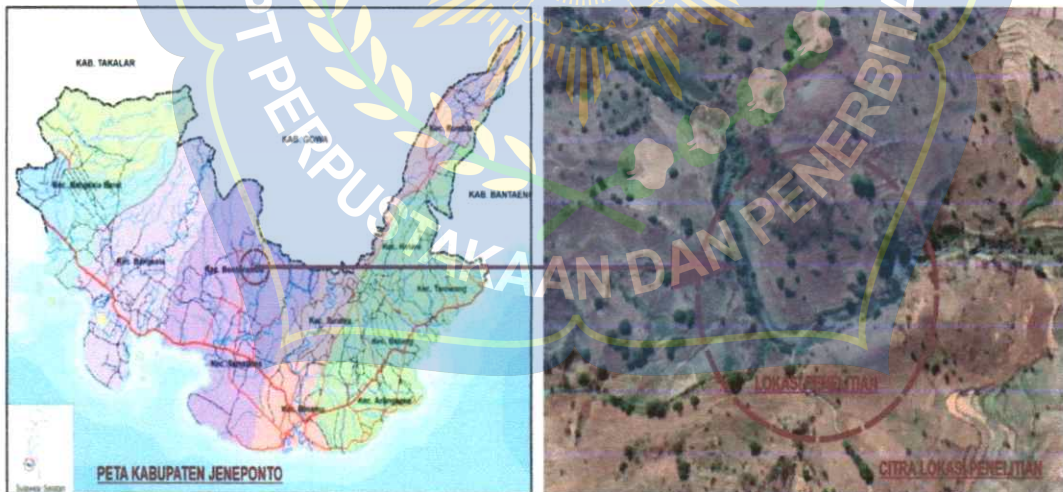
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan pada Daerah aliran sungai Kawari desa Kareloe Kecamatan Bonto Ramba Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan dan pengujian butiran sedimen akan dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian(Sumber : Google Earth, 2019)

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 (tiga) bulan. Dimana pada bulan pertama pengajuan Judul dan pengurusan administrasi, dan bulan kedua sampai ketiga adalah studi literatur dan pengumpulan data, analisa data dan proses penyelesaian penelitian.

B. Alat Dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat

Alat yang digunakan adalah :

- a. Alat ukur berupa bak ukur dan meter roll.
- b. Curren meter untuk mengukur kecepatan air
- c. Jam atau stopwatch untuk mengukur waktu kecepatan aliran
- d. Kertas dan alat tulis untuk menganalisa data
- e. Kamera untuk mengambil dokumentasi penelitian

2. Bahan

Bahan yang diperlukan adalah :

- a. Buku dan jurnal yang menunjang penelitian ini

b. Data-data berupa

- 1) Data Primer
- 2) Data Sekunder

C. Jenis Penelitian Dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian dengan metode kuantitatif deskriptif yaitu metode perhitungan dan penjabaran hasil pengolahan data lapangan dari lokasi yang ditinjau untuk memberikan gambaran yang lebih detail mengenai suatu gejala atau fenomena. Penelitian meliputi pengambilan data di lapangan dengan bentuk pengukuran kemudian dianalisis di laboratorium.

2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan 2 (dua) sumber data antara lain sebagai berikut

1) Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung oleh peneliti dari lokasi penelitian, data primer berupa data sedimen dan data debit aliran yang bersumber dari aliran Sungai Kawari. Adapun data-data yang dimaksudkan meliputi :

a) Data Sedimen

Data sedimen adalah data yang nantinya akan menjadi sampel pada pengujian Laboratorium untuk pemeriksaan karakteristik sedimen dan laju sedimentasi. Dimana, sampel sedimen ini diambil langsung pada lokasi Sungai Kawari. Adapun pemeriksaan karakteristik sedimen meliputi konsentrasi sedimen, berat jenis sedimen, dan diameter sedimen.

b) Data Debit Aliran

Data ini adalah data dari hasil pengukuran kecepatan aliran yang diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi penelitian yang selanjutnya dibuat hubungan dengan luas penampang sungai hingga didapatkan nilai debit air. Adapun yang dimaksud adalah berupa data lebar dan kedalaman sungai yang kemudian akan digunakan untuk memperoleh profil dan luas dari penampang sungai.

2) Data sekunder

Data sekunder adalah data yang berhubungan dengan penelitian yang kita lakukan. Pengambilan/pengumpulan data sekunder dapat diperoleh berdasarkan acuan dan literatur yang relevan dengan materi, karya tulis ilmiah yang berhubungan dengan penelitian atau dengan mendatangi instansi terkait untuk mengambil data - data yang dibutuhkan. Adapun data-data yang diperlukan meliputi data curah hujan, data topografi, data debit aliran, dan data kemiringan dasar sungai lokasi penelitian

D. Metode Pengumpulan Data

Untuk menunjang permasalahan di lokasi, perlu dilakukan pengumpulan data dengan melakukan metode yang meliputi :

1) Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengambilan sampel secara langsung di Sungai Kawari Yang meliputi:

- a. Pengambilan Sampel Sedimen.
- b. Pengukuran Penampang Hilir Sungai

2) Metode Pelaksanaan Pengujian Laboratorium

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik sedimen yang terdapat pada aliran sungai Kawari.

E. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk mengolah data dalam penulisan ini adalah metode kuantitatif yaitu metode perhitungan dan penjabaran hasil pengolahan data lapangan dari lokasi yang ditinjau. Studi penelitian ini dilakukan sesuai urutan dibawah ini.

Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Survei lapangan

Survei dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapangan dan juga melihat langsung kondisi yang ada di lokasi penelitian dan menentukan titik pengambilan data.

2. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dan mempelajari pustaka yang berhubungan dengan Perbaikan Alur dari berbagai sumber seperti berupa literature buku, artikel laporan penelitian, catatan kuliah, jurnal, maupun data dari internet.

3. Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer diperoleh dengan mengadakan kunjungan langsung di daerah penelitian sehingga diperoleh kondisi lapangan yang sebenarnya. Pengumpulan data primer dapat dilakukan dengan mengukur langsung.

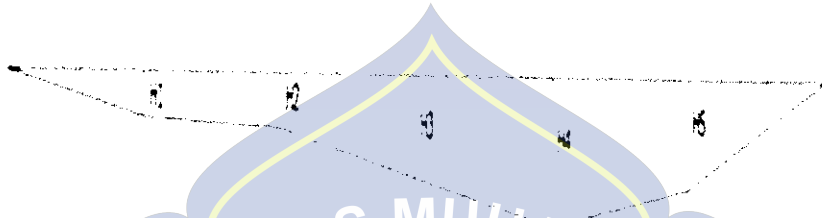
1) Pengambilan Sampel Sedimen.

Metode yang dilakukan pada pengambilan sampel sedimen yaitu dengan cara turun langsung ke aliran Sungai Kawari dan mengambil sedimen yang mengendap pada dasar sungai. Sedimen yang diambil di lokasi adalah sedimen asli yang mengendap pada dasar sungai.

2) Pengukuran Penampang Hilir Sungai

a) Prosedur-prosedur yang dilakukan pada saat pengukuran yaitu :

- b) Mengukur dimensi sungai, berupa pengukuran lebar penampang sungai.
- c) Memasang tali yang telah dibagi menjadi 5 ruas untuk lebar permukaan air yang telah ditandai dengan jarak masing-masing



antar ruas.

Gambar. 6 Metode pembagian patok

- d) Membentangkan tali tersebut tegak lurus dengan arah aliran sungai.
- e) Mencatat kedalaman pada tiap titik pengukuran.

b. Data sekunder

Data sekunder, merupakan data yang dapat diperoleh dari instansi pemerintah seperti Dinas PU Provinsi Sulawesi Selatan, Balai Besar Wilayah Sungai Jeneberang (BBWSJ) atau instansi swasta yang terkait untuk menunjang hasil tugas akhir lebih baik, misal data curah hujan dan lain-lain.

4. Pelaksanaan Pengujian Laboratorium

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik sedimen yang terdapat pada aliran sungai Kawari.

Diameter sedimen dapat diketahui dengan menggunakan dua metode yaitu dengan metode analisa saringan dan hidrometer. Untuk pengujian sampel sedimen yang telah kami siapkan adalah pengujian analisa saringan. Karena sampel terdiri dari batu kecil dan pasir. Dimana pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) sedimen yang tertahan saringan no. 200.

Adapun langkah-langkah pengujian analisa saringan yaitu :

- 1) Sampel kering oven sebanyak 500 gram, yang lolos saringan No. 4.
- 2) Bersihkan masing-masing saringan #4, #8, #16, #40, #50, #100, #200, dan pan yang akan digunakan, lalu timbang masing-masing saringan tersebut dan susun sesuai standard yang dipakai.
- 3) Masukkan sampel kedalam susunan saringan tersebut.
- 4) Lalu guncangkan saringan selama ± 15 menit,
- 5) Setelah dilakukan pengguncangan, biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan agar debu-debu mengendap.
- 6) Timbang berat masing-masing saringan beserta benda uji yang tertahan didalamnya, demikian pula halnya dengan pan.

5. Pengolahan Data

Setelah semua data yang dibutuhkan diperoleh langkah selanjutnya adalah pengolahan data sehingga didapatkan besar debit, seperti :

- a. Mengolah data curah hujan
- b. Analisis Curah Hujan wilayah dengan menggunakan metode Polygon Thiessen

$$d = \frac{(AP_1.A_1 + P_2.A_2 + \dots + P_n.A_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

- c. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan menggunakan metode distribusi Log Pearson Type III

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } X} + G \cdot S_x$$

- d. Menghitung Q_p (Debit) banjir rancangan dengan menggunakan metode hidrogrf HSS Nakayasu

$$Q_p = \frac{C_A \cdot R_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

- e. Menghitung kapasitas sungai menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$A = (B + mh) \cdot h$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = B + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

- f. Menghitung Tinggi Muka Air

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q^2 (B + 2m)}{g (B + m)^3}}$$

- g. Perkiraan angkutan sedimen dan volume sedimen tertampung dengan persamaan rumus sebagai berikut

Metode Schocklitsch

- $QB = B \times Qb$
- $qB = 2500 \times S^{3/2} (q - qc)$
- $q = d \times u$
- $qc = \frac{1944 \times 10^{-5} \times D}{S^{4/3}}$

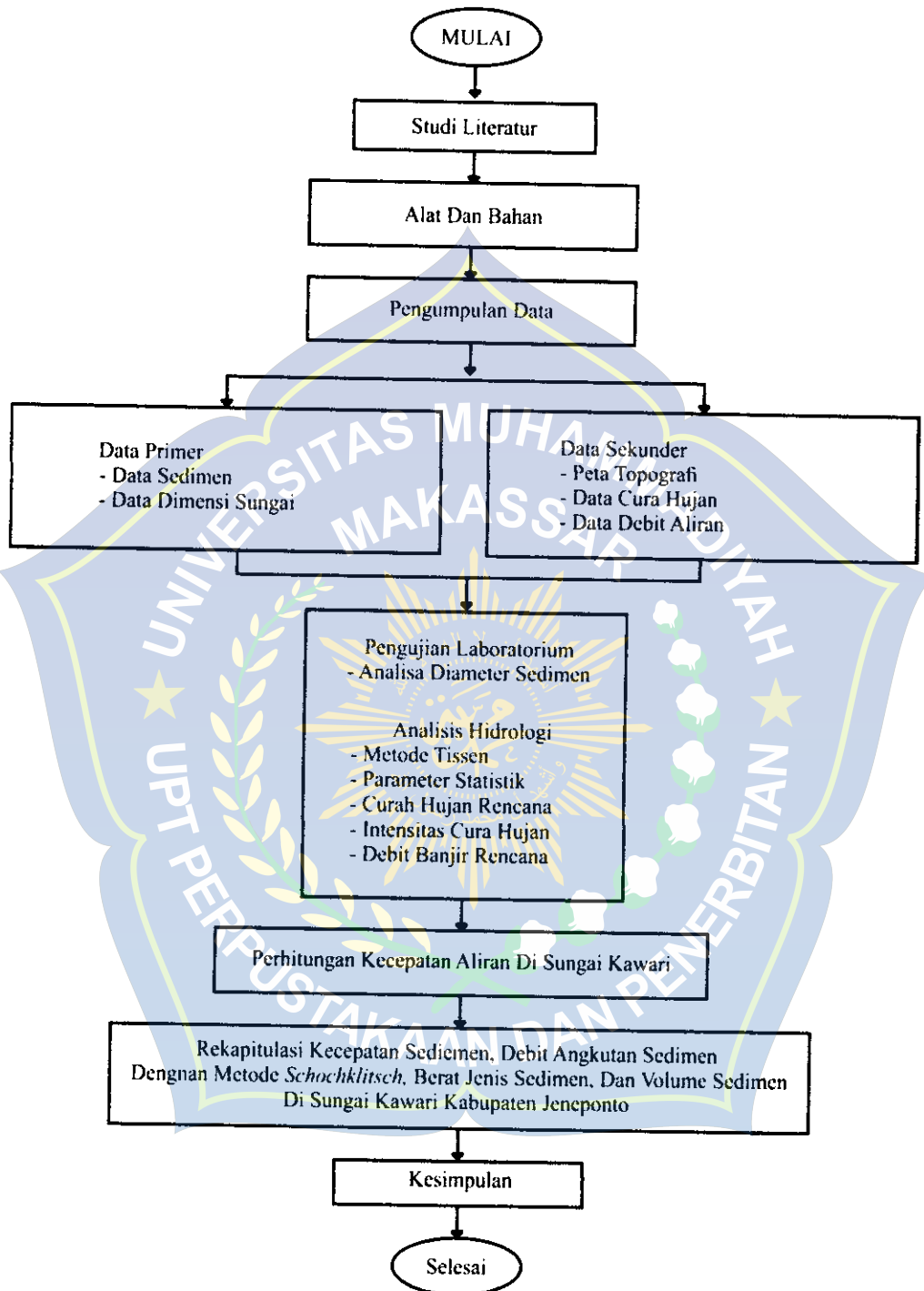
Metode Meyer Peter Formula

$$\frac{0,4q_b^{2/3}}{d} = \frac{q^{2/3}S}{d} - 17$$

$$q_b^{2/3} = \left[\frac{q^{2/3}S}{d} - 17 \right] \left[\frac{d}{0,4} \right]$$

Persamaan ini digunakan untuk mengetahui volume sedimen sekali banjir dan volume sedimen tertampung di sungai Kawari.

F. Flowchart Penelitian



Gambar .7. Flowchart Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Data

1. Data Curah Hujan Harian Wilayah

Curah hujan rata-rata wilayah dihitung menggunakan Metode *Polygon Thiessen*. Untuk analisis ini dipakai data curah hujan yang terdiri dari 3 stasiun pencatatan curah hujan yaitu curah hujan Stasiun Paitana, curah hujan Stasiun Pabentengan, curah hujan Stasiun Taman Roya dengan masing-masing stasiun curah hujan selama 10 tahun mulai tahun 2010 sampai dengan tahun 2019. Adapun pembagian daerah aliran menggunakan metode *Polygon Thiessen* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 4. Pembagian Daerah Aliran (*Polygon Thiessen*)

NAMA STASIUN	AREA	LUAS	
		Luas DAS (Km2)	Koefisien Thiessen
PABENTENGAN	1	22,8	0,10
PAITANA	2	98,60	0,42
TAMAN ROYA	3	115,46	0,49
Jumlah		236,86	1,00

Sumber : Perhitungan

2. Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui curah hujan rata – rata yang terjadi di daerah pengaruh. Untuk mengetahui luas daerah Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan Metode Thiessen. Pehitungan dilakukan dengan menganalisis data-data curah hujan tahunan maksimum dan koefisien Thiessen. Metode Thiessen memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \\ &= \frac{37 \times 155.65 + 37 \times 22.80 + 0 \times 98.60}{155.65 + 22.80 + 98.60} \\ &= \frac{5490.80}{236.86} \\ &= 32.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan tabel 5 , curah hujan rata-rata terendah berada pada tahun 2012 Yang bernilai 27.06 dan curah hujan rata-rata tertinggi berada pada tahun 2019 yaitu 131.15

Tabel 5. Perhitungan curah hujan Metode Polygon Thiessen

NO	Tahun Kejadian	Stasiun Curah Hujan			Rata-Rata Polygon Thiessen	Hujan Harian Max
		Pambentengan	Paitana	Taman Roya		
		0,10	0,42	0,49		
		(mm)			(mm)	
1	2010	85	0	0	8,18	32,05
		0	77	0	32,05	
		15	0	56	28,74	
2	2011	225	0	0	21,66	35,68
		0	77	0	32,05	
		135	10	38	35,68	
3	2012	60	0	0	5,78	27,06
		0	65	0	27,06	
		0	3	38	19,77	
4	2013	112	22	0	19,94	91,80
		75	85	45	64,54	
		0	80	120	91,80	
5	2014	280	28	32	54,21	54,21
		0	80	0	33,30	
		28	2	45	25,46	
6	2015	190	10	0	22,45	43,70
		108	80	0	43,70	
		8	0	46	23,19	
7	2016	95	0	11	14,51	40,51
		10	95	0	40,51	
		8	0	65	32,46	
8	2017	145	0	0	13,96	39,02
		0	75	16	39,02	
		40	0	39	22,86	
9	2018	85	0	0	8,18	44,19
		0	60	0	24,98	
		0	16	77	44,19	
10	2019	60	0	0	5,78	131,15
		0	150	115	118,50	
		0	75	205	131,15	
JUMLAH						539,37
RATA-RATA						53,94

3. Data diameter sedimen

Penentuan diameter sedimen dalam hal ini adalah melalui percobaan analisa saringan yang dilakukan di laboratorium untuk peroleh nilai diameter butiran yang seragam atau d_{50} dari sedimen tersebut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0	0.00	100.00
14	2.36	48.3	48.1	10.15	89.87
16	1.4	125.2	176.6	38.20	62.80
40	0.425	115.8	279.4	61.96	39.04
60	0.3	94.7	386.7	82.67	18.33
100	0.15	42.8	454	88.43	8.57
200	0,075	32.2	458.8	95.49	2.51
Pan	0	11.9	474.7	100.00	0.00

Sumber: Hasil pengukur

B. Analisis Data

1. Analisis Curah Hujan Maksimun

Hasil Rekapitulasi perhitungan hujan maksimum harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 7, sebagai berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

NO	Kejadian			Hujan Maksimum Harian Rata-Rata
	Tahun	Bulan	Tanggal	
1	2010	Oktober	18	32,05
2	2011	Desember	15	35,68
3	2012	Juli	6	27,06
4	2013	Januari	5	91,80
5	2014	Januari	15	54,21
6	2015	April	9	43,70
7	2016	Februari	28	40,51
8	2017	April	9	39,02
9	2018	Januari	22	44,19
10	2019	Januari	21	131,15

Sumber : Perhitungan

2. Analisis Frekuensi dan Curah Hujan

Dengan menggunakan analisis parameter statistic untuk mengetahui metode perhitungan curah hujan yang dapat digunakan.

a. Analisa Parameter Statistik

$$\begin{aligned}
 \text{Harga rata-rata } (X_i) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\
 &= \frac{1}{10} (539,4) \\
 &= 53,94
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Standar deviasi } (S) &= \sqrt{\frac{\sum (x - x')^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{9532,60}{9}}
 \end{aligned}$$

$$= 32.54$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien variasi } (C_v) &= \frac{s}{x} \\ &= \frac{32.54}{63.94} \\ &= 0,51\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien Skewnes } (C_s) &= \frac{n \sum_{i=1}^n ((x) - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \\ &= \frac{10.(470886,59)}{(10-1)(10-2)32.54^3} \\ &= 1,89\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien kurtosis } (C_k) &= \frac{n^2 \sum_{i=1}^n ((x) - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \\ &= \frac{10^2 \times 15239828,86}{(10-1)(10-2)(10-3)32.54^4} \\ &= 6,820\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, selanjutnya dihitung analisis parameter statistik curah hujan maksimum harian rata-rata. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 8, berikut ;

Tabel 8. Analisis Parameter statistic Curah Hujan Maksimum Harian Rata Rata

No	Tahun	CH (mm) (Xi)	(Xi - X)	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
1	2010	32,05	-21,88	478,89	-10479,87	229337,23
2	2011	35,68	-18,26	333,27	-6084,18	111071,63
3	2012	27,06	-26,88	722,48	-19419,45	521974,36
4	2013	91,80	37,86	1433,42	54270,16	2054698,42
5	2014	54,21	0,27	0,07	0,02	0,01
6	2015	43,70	-10,24	104,83	-1073,35	10989,71
7	2016	40,51	-13,43	180,31	-2421,20	32511,79
8	2017	39,02	-14,92	222,51	-3319,14	49510,82
9	2018	44,19	-9,74	94,91	-924,63	9007,85
10	2019	131,15	77,21	5961,90	460338,22	35544252,34
Jumlah		539,37		9532,60	470886,59	38563354,16
Rata-rata (Xr) =		53,94				

Sumber : Perhitungan

Setelah diperoleh hasil pada tabel 11, selanjutnya untuk menentukan jenis metode yang digunakan dapat dilihat pada tabel 12, sebagai berikut;

Tabel 9. Kesimpulan Pemilihan Jenis Metode

No	Distribusi	Syarat	Hitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0,00 Ck = 3,00	Cs = 1,550 Ck = 6,435	Tidak Dipilih
2	Gumbel	Cs = 1,13 Ck = 5,40	Cs = 1,550 Ck = 6,435	Tidak Dipilih
3	Log Pearson Type II	Tidak memenuhi sifat-sifat seperti kedua distribusi di atas		Dipilih

Sumber : Perhitungan

Dari analisis parameter statistik di atas, dapat dilihat pada tabel 12 diperoleh nilai Cs dan Ck tidak memenuhi syarat untuk metode normal dan Gumbel. Maka, metode yang digunakan adalah metode Log Pearson Type

III, karena untuk metode ini tidak memiliki syarat nilai Cs dan Ck seperti distribusi yang lain.

b. Analisis Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III

Adapun langkah perhitunganya sebagai berikut;

$$\text{Nilai rata-rata (Log Xi)} = \frac{\sum \text{Log x}}{n}$$

$$= \frac{16,8}{10}$$

$$= 1,68$$

$$\text{Standar deviasi (Sx)} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xrt})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,39837}{9}}$$

$$= 0,21$$

$$\text{Koefisien skewness (Cs)} = \frac{n \sum (\log - \log x)^3}{(n-1)(n-2)(\sum \log x)^3}$$

$$= \frac{10 \cdot (0,0841)}{(10-1)(10-2)(0,26)^3}$$

$$= 1,255$$

Hitung curah hujan rancangan untuk kala ulang 10 tahun;

$$\text{Log Xt} = \text{Log Xi} + G \cdot Sx$$

$$= 1,68 + (0,033) \cdot (0,21)$$

$$= 1,635$$

$$X = \text{antilog X}$$

$$X_t = 43,105$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10. Analisis Curah Hujan Rancangan dengan Log Pearson Type III

No.	Periode Ulang Tahun (t)	P (%)	Xi	Log Xi	$(\text{Log Xi} - \text{Log Xrt})^2$	$(\text{Log Xi} - \text{Log Xrt})^3$
1	11,00	9,09	32,05	1,506	0,02997	-0,00519
2	6,00	18,18	35,68	1,552	0,01602	-0,00203
3	4,33	27,27	27,06	1,432	0,06086	-0,01501
4	3,50	36,36	91,80	1,963	0,08056	0,02287
5	3,00	45,45	54,21	1,734	0,00303	0,00017
6	2,67	54,55	43,70	1,640	0,00148	-0,00006
7	2,43	63,64	40,51	1,608	0,00510	-0,00036
8	2,25	72,73	39,02	1,591	0,00769	-0,00067
9	2,11	81,82	44,19	1,645	0,00113	-0,00004
10	2,00	90,91	131,15	2,118	0,19252	0,08447
Jumlah			539	16,79	0,39837	0,08414
Rata-Rata			53,94	1,68	0,03984	0,01530

Sumber : Perhitungan

Tabel 11. Rekapitulasi Analisis Curah Hujan Rancangan untuk Periode Ulang Tahun (t) dengan Distribusi *Log Pearson Type III*

No.	Periode Ulang Tahun (t)	P (%)	G	Log Rt	Rt
1	2	50	-0,211	1,635	43,105
2	5	20	0,748	1,836	68,594
3	10	10	1,368	1,967	92,655
4	25	4	2,136	2,128	134,428
5	50	2	2,688	2,245	175,639
6	100	1	3,222	2,357	227,442

Sumber : Perhitungann (Catatan : Nilai G diperoleh dari tabel frekuensi harga G metode Log Pearson Type III)

Dari tabel 14, dapat dinyatakan bahwa hasil perhitungan curah hujan rencana untuk periode ulang Q_{10} tahun = 92,655 mm, Q_{25} tahun = 134,428 mm, Q_{50} tahun = 175,639 mm dan Q_{100} tahun = 227,442 mm

3. Analisis Debit Banjir Rancangan

a. Curah Hujan Jam-Jaman

Pada analisis ini tidak memiliki data pencatatan hujan jam-jaman, maka perhitungan pola distribusi hujan menggunakan rumus Mononobe;

$$I_t = \left[\frac{R_{24}}{t} \right] \left[\frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

Dimana:

I_t = Intensitas hujan dalam t jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 hari

T = Waktu mulai hujan

t = Waktu konsentrasi hujan

Adapun lama waktu konsentrasi hujan (t) di Indonesia rata-rata $t = 5$ jam, maka diperoleh;

$$\text{Untuk } t = 1 \text{ jam, maka diperoleh } R_1 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{1} \right]^{2/3} = 0,5848 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 2 \text{ jam, maka diperoleh } R_2 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{2} \right]^{2/3} = 0,3684 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 3 \text{ jam, maka diperoleh } R_3 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{3} \right]^{2/3} = 0,2811 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 4 \text{ jam, maka diperoleh } R_4 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{4} \right]^{2/3} = 0,2321 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 5 \text{ jam, maka diperoleh } R_5 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{5} \right]^{2/3} = 0,2000 \cdot R_{24}$$

Dari perhitungan di atas mengenai intensitas hujan jam-jaman, maka dengan menggunakan rumus di bawah ini diperoleh hujan jam-jaman sebagai berikut;

$$Rt = [t \cdot Rt] - [(t - 1) \cdot (T - 1)]$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 1 jam, diperoleh } R_1 &= [1 \times 0,5848 R_{24}] - [(1 - 1) \times (1 - 1)] \\ &= (0,5848 R_{24}) - (0 \times 0) \end{aligned}$$

$$= 0,5848 \times 100\% = 58,48 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 jam, diperoleh } R_2 &= [2 \times 0,3684 R_{24}] - [(2 - 1) \times (0,5848)] \\ &= (0,7368 R_{24}) - (1 \times 0,5848) \end{aligned}$$

$$= 0,1520 \times 100\% = 15,20 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 3 jam, diperoleh } R_3 &= [3 \times 0,2646R_{24}] - [(3 - 1) \times (0,3467R_{24})] \\
 &= (0,7937R_{24}) - (2 \times 0,3467) \\
 &= 0,1066 \times 100\% = 10,66 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 4 jam, diperoleh } R_4 &= [4 \times 0,2184R_{24}] - [(4 - 1) \times (0,2646R_{24})] \\
 &= (0,8736R_{24}) - (3 \times 0,2646) \\
 &= 0,0849 \times 100\% = 8,49 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 5 jam, diperoleh } R_5 &= [5 \times 0,1882R_{24}] - [(5 - 1) \times (0,2184R_{24})] \\
 &= (0,9410R_{24}) - (4 \times 0,2184) \\
 &= 0,0717 \times 100\% = 7,17 \%
 \end{aligned}$$

b. Curah Hujan Efektif

Untuk mencari curah hujan rancangan efektif jam-jaman dalam periode ulang tertentu, data yang diperlukan:

Untuk prosedur perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$T_r = 10 \text{ tahun}$$

$$R_{maks} = 92,655$$

$$C = 0,78 \text{ (koefisien pengaliran)}$$

$$R_n = c \cdot R_{maks}$$

$$= 0,78 \times 92,655$$

$$= 72,27 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Jadi, curah hujan efektif} = 58,480\% \times R_n$$

$$= 58,480\% \times 72,27$$

$$= 42,264 \text{ mm/hari}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

Untuk melihat rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada tabel 15, sebagai berikut;

Tabel 12. Perhitungan Hujan Jam – Jaman (mm/hari)

Waktu	Ratio	Kumulatif	Curah Hujan Rencana			
			10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
1	58,480	58,480	42,264	61,319	80,117	103,747
2	15,200	73,681	10,985	15,938	20,824	26,966
3	10,663	84,343	7,706	11,180	14,608	18,916
4	8,489	92,832	6,135	8,901	11,629	15,059
5	7,168	100,000	5,181	7,516	9,820	12,717
Hujan Efektif			72,271	104,854	136,998	177,405
Koefesien Pengaliran			0,78	0,78	0,78	0,78
Prob. Hujan Maksimum			92,655	134,428	175,639	227,442

Sumber : Perhitungan

c. Analisis Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

Untuk menganalisis debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan. Adapun data-data diketahui sebagai berikut :

Luas DAS (A)	= 236,86 km ²
Panjang sungai utama (L)	= 16 km
Koefisien Pengaliran (C)	= 0,78
Parameter alfa (α)	= 2,229

$$\begin{aligned}
 \text{Hujan satuan (Ro)} &= 1,00 \\
 t_g &= 0,40 + (0,058 \times L) \quad (L > 15 \text{ km}) &= 1,850 \\
 t_r &= (0,5 \text{ sd. } 1,0) \text{ } t_g, \text{ diambil } t_r = 1 \text{ } t_g &= 1,480 \\
 T_p &= t_g + (0,8 \times t_r) &= 3,304 \\
 T_{0,3} &= a \times t_g &= 4,123 \\
 Q_p &= (A \times R_o) / (3,6 \times ((0,3 \times T_p) + T_{0,3})) &= 13,072
 \end{aligned}$$

Tabel 13. Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
1	Lengkung (Kurva) Naik	Qd0	$Q_p \cdot (t/T_p)^{2,4}$
2	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 1	Qd1	$Q_p \cdot 0,3^{[(t-T_p)/T_{0,3}]}$
3	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 2	Qd2	$Q_p \cdot 0,3^{(t-T_p+0,5 \cdot T_{0,3})/(1,5 \cdot T_{0,3})}$
4	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 3	Qd3	$Q_p \cdot 0,3^{(t-T_p+1,5T_{0,3})/(2 \cdot T_{0,3})}$

Sumber : Perhitungan

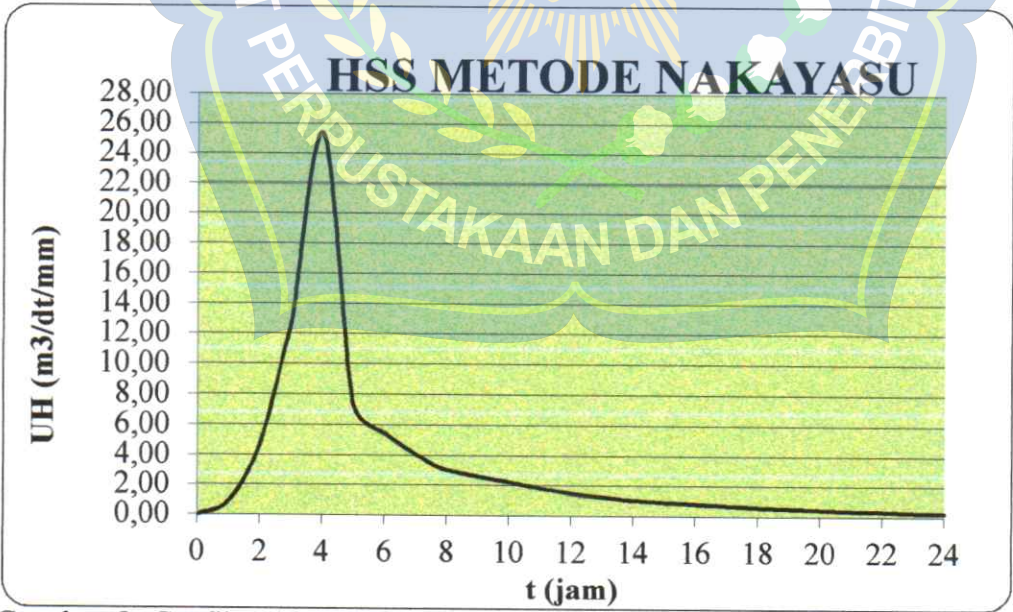
Dari tabel 13, diperoleh lengkung kurva naik (Qd₀) berada pada waktu (t) 3,04 jam, lengkung kurva turun tahap 1 (Qd₁) berada pada waktu (t) 7,157 jam, lengkung kurva turun tahap 2 (Qd₂) berada pada waktu (t) 13,34 jam, lengkung kurva turun tahap 3 (Qd₃) berada pada waktu (t) 24 jam.

Untuk hasil perhitungan koordinat hidrograf dapat dilihat pada tabel 14 berikut:

Tabel 14. Kordinat Hidrograf Satuan Sintetik dengan Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	ket	t (jam)	Q (m ³ /dt)	ket
0,000	0,00000	Qd0	15,900	0,80	Qd3
1,000	0,91		16,000	0,79	
2,000	4,80		17,000	0,68	
3,000	12,72		18,000	0,59	
3,034	13,07		19,000	0,51	
4,000	25,37	Qd1	20,000	0,44	Qd3
5,000	7,36		21,000	0,38	
6,000	5,49		22,000	0,33	
7,000	4,10		23,000	0,28	
7,157	3,92		24,000	0,25	
8,000	3,06	Qd2			
10,000	2,25				
11,000	1,85				
12,000	1,52				
13,000	1,25				
13,341	1,17				
14,000	1,03				

Sumber : Perhitungan



Gambar 8. Grafik Hidrograf Rancangan HSS Nakayasu

Dari tabel 17 di atas, diperoleh grafik hidrograf rancangan dengan metode HSS Nakayasu. Yang dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini.

Dari gambar 110 dapat dinyatakan bahwa debit puncak pada perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS Nakayasu Q_{puncak} sebesar $10,473 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan berada pada waktu 4,461 jam.

Untuk hasil perhitungan masing-masing pada periode ulang Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} dan Q_{100} dapat dilihat pada lampiran 1.

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode HSS Nakayasu, dapat dilihat pada tabel 15 ;

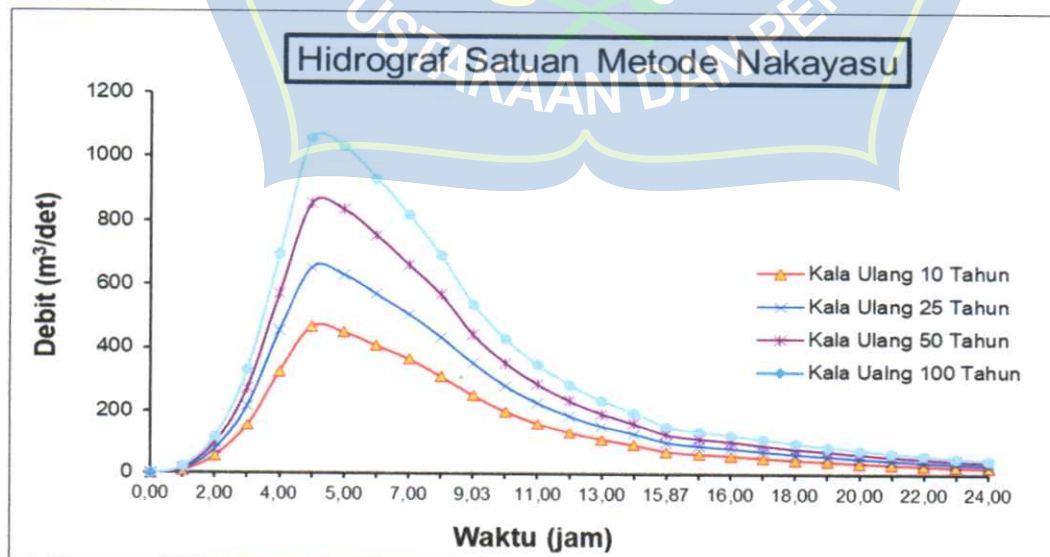
Tabel 15. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.

Jam	Qt	Qp (m ³ /dtk)			
Ke	(m ³ /dtk)	10	25	50	100
0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
1,000	0,911	38,50	55,86	72,99	94,51
2,000	4,808	213,23	309,35	404,19	523,40
3,000	12,723	597,59	867,00	1132,80	1466,91
3,034	13,072	734,91	1066,23	1393,10	1803,98
4,000	25,378	1348,46	1956,39	2556,15	3310,06
5,000	7,362	793,66	1151,46	1504,46	1948,19
6,000	5,498	654,92	950,18	1241,47	1607,63
7,000	4,106	514,06	745,82	974,46	1261,87
7,157	3,922	429,86	623,65	814,84	1055,17
8,000	3,066	276,17	400,67	523,50	677,90
10,000	2,255	212,86	308,83	403,51	522,52
11,000	1,856	172,16	249,78	326,35	422,60
12,000	1,528	141,45	205,22	268,13	347,22
13,000	1,257	113,94	165,31	215,98	279,68

13,341	1,257	98,37	142,72	186,48	241,48
14,000	1,035	85,34	123,81	161,77	209,48
15,900	0,810	70,29	101,97	133,23	172,53
16,000	0,798	64,33	93,33	121,94	157,91
17,000	0,690	56,60	82,11	107,28	138,93
18,000	0,596	49,24	71,44	93,34	120,87
19,000	0,515	42,72	61,97	80,97	104,85
20,000	0,445	37,42	54,29	70,94	91,86
21,000	0,385	32,34	46,92	61,30	79,38
22,000	0,332	27,94	40,54	52,97	68,60
23,000	0,287	24,15	35,04	45,78	59,28
24,000	0,248	20,87	30,28	39,56	51,22
Qmax		1348,46	1956,39	2556,15	3310,06

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 15, rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dapat dinyatakan bahwa debit banjir rencana maksimum periode ulang Q10 tahun = 514,06 m³/dtk, Q25 tahun = 745,82 m³/dtk, Q50 tahun = 974,46 m³/dtk dan Q100 tahun = 3310,06 m³/dtk. Untuk grafik hidrograf banjir HSS Nakayasu dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini.



Gambar 9. Grafik HSS Metode Nakayasu (*Sumber : Perhitungan*)

Tabel 16 Rekapitulasi Debit Puncak Berbagai Periode Ulang

NO	Kala Ulang	Q Banjir Rancangan
		m ³ /det
1	2	627,33
2	5	998,28
3	10	1348,46
4	25	1956,39
5	50	2556,15
6	100	3310,06

Sumber : Perhitungan

4. Perhitungan Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap hasil sedimen bila kecepatan alirannya berbeda. Untuk itu kecepatan aliran perlu dicari, dengan menggunakan rumus

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

a. Perhitungan luas penampang (A) di hulu

Tabel 17. Luas Penampang Sungai Kawari

No	Titik	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	Jari jari hidrolis(m)	Keliling basah(m)
1	Titik 1	5	0,55	2,75	0,45	6,1
2	Titik 2	5	0,50	2,5	0,42	6,0
3	Titik 3	5	0,42	2,1	0,36	5,84
4	Titik 4	5	0,25	1,25	0,23	5,5
Jumlah		20	1,72	8,6	1,45	23,44

Nilai dari lebar dan kedalaman di peroleh dari lapangan, sedangkan nilai pada luas adalah perolehan dari perkalian dari lebar dan kedalaman.

$$\begin{aligned}
 A_{\text{titik 1}} &= \text{Lebar}_{\text{titik 1}} \times \text{Kedalaman}_{\text{titik 1}} \\
 &= 4 \times 0,55 \\
 &= 2,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Pada titik selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, sehingga diperoleh luas penampang pada hulu Sungai Kawari yaitu 8,68 m² dengan rata-rata 2,15 m².

b. Perhitungan luas penampang (A) di hilir

Tabel 18. Luas Penampang Sungai Kawari

No	Titik	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	Jari jari hidrolis(m)	Keliling basah(m)
1	Titik 1	4	0,65	2,6	0,49	5,3
2	Titik 2	4	0,70	2,8	0,52	5,4
3	Titik 3	4	0,72	2,88	0,53	5,44
4	Titik 4	4	0,65	2,6	0,49	5,3
Jumlah		16	2,72	10,88	2,03	21,44
Rata-Rata		4	0,68	2,72	0,51	5,36

Nilai dari lebar dan kedalaman di peroleh dari lapangan, sedangkan nilai pada luas adalah perolehan dari perkalian dari lebar dan kedalaman.

$$\begin{aligned}
 A_{\text{titik 1}} &= \text{Lebar}_{\text{titik 1}} \times \text{Kedalaman}_{\text{titik 1}} \\
 &= 4 \times 0,65 \\
 &= 2,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Pada titik selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, sehingga diperoleh luas penampang pada hilir Sungai Kawari yaitu 10,88 m² dengan rata-rata 2,72 m².

c. Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai Kawari

Dari table 18 maka dapat di hitung kecepatan untuk Sungai Kawari adalah :

a) Kecepatan Aliran di hulu

$$V_{\text{titik 1}} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{titik 1}} = \frac{1}{0,04} 0,45^{\frac{2}{3}} 0,00736^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,26 \text{ m/s}$$

Selanjutnya dapat di lihat pada Tabel 19.

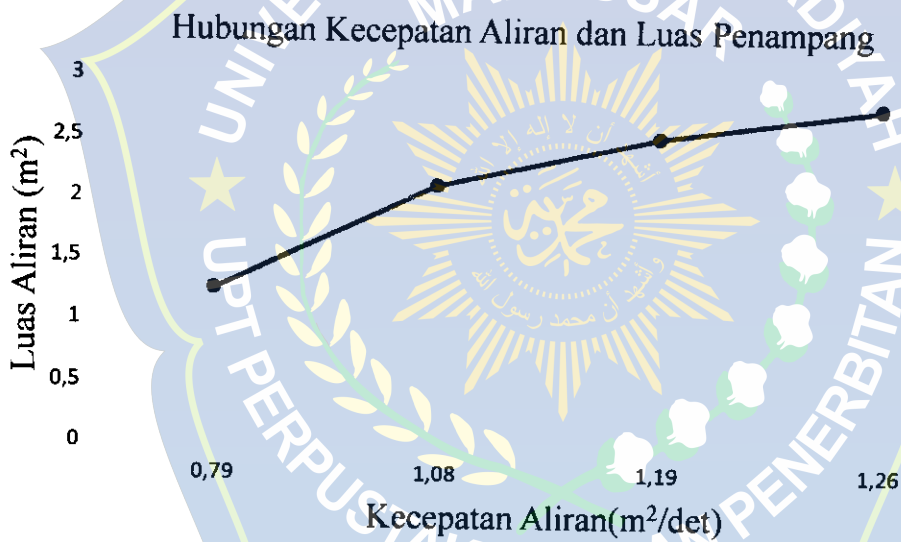
Tabel 19. Kecepatan Aliran di hulu

No	Titik	Kemiringan sungai (S)	Koefisien manning (n)	Jari-jari hidrolis(m) (R)	Kecepatan Aliran(m ² /det) (V)
1	Titik 1	0,00736	0,04	0,45	1,26
2	Titik 2			0,42	1,19
3	Titik 3			0,36	1,08
4	Titik 4			0,23	0,79
Jumlah				1,45	4,34
Rata rata				0,36	1,08

Sumber : Perhitungan

Tabel 20. Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang di hulu

Titik	Luas Penampang(A) (m ²)	Kecepatan Aliran(V) (m ² /det)
1	2,75	1,26
2	2,5	1,19
3	2,1	1,08
4	1,25	0,79



Gambar 10. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang

b) Kecepatan Aliran di hilir

$$V_{\text{titik 1}} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{titik 1}} = \frac{1}{0,04} 0,49^{\frac{2}{3}} 0,00736^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,33 \text{ m/s}$$

Selanjutnya dapat di lihat pada Tabel 19.

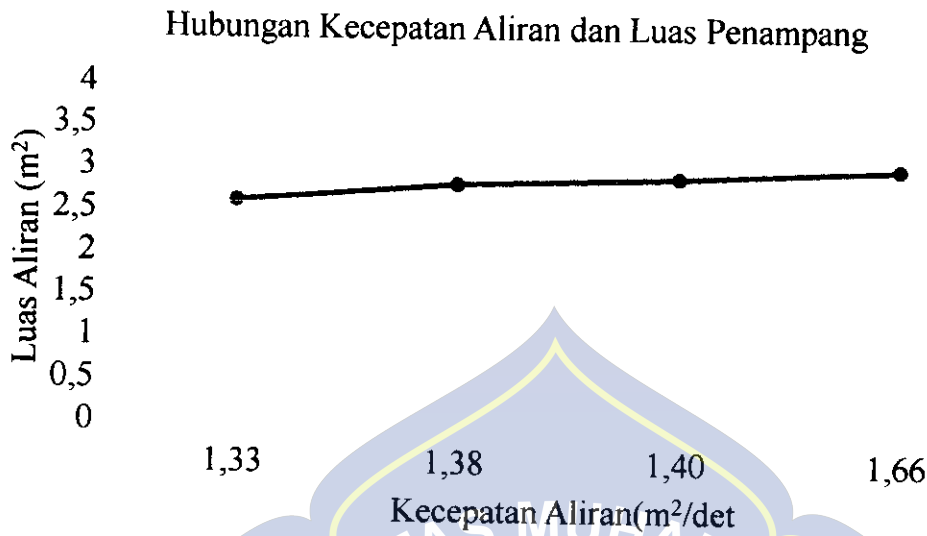
Tabel 21. Kecepatan Aliran di hilir

No	Titik	Kemiringan sungai (S)	Koefisien manning (n)	Jari-jari hidrolis (R)	Kecepatan Aliran (V)
1	Titik 1	0,00736	0,04	0,49	1,33
2	Titik 2			0,52	1,38
3	Titik 3			0,53	1,40
4	Titik 4			0,55	1,66
Jumlah				2,03	5,45
Rata rata				0,51	1,36

Sumber : Perhitungan

Tabel 22. Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang di hilir

Titik	Luas Penampang(A) (m ²)	Kecepatan Aliran(V) (m ² /det)
1	2,6	1,33
2	2,8	1,38
3	2,88	1,40
4	3.1	1,66



Gambar 11. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran dan Luas Penampang

5. Perhitungan diameter sedimen

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium Data Sampel sedimen

Dapat di lihat Pada table.6

Menghitung Saringan No.50:

a. Saringan No.50 (D_{50})

$$\frac{\text{Saringan No. 60} - \text{Saringan No. 40}}{\text{Saringan No. 60} - 50} = \frac{\text{Diameter 60} - \text{Diameter 40}}{\text{Diameter 60} - D_{50}}$$

$$\frac{60 - 40}{60 - 50} = \frac{0,30 - 0,425}{0,30 - D_{50}}$$

$$\frac{20}{10} = \frac{-0,125}{0,30 - D_{50}}$$

$$-1,25 = 6 - 20 D_{50}$$

$$20 D_{50} = 6 + 1,25$$

$$20 D_{50} = 7,25$$

$$D_{50} = \frac{7,25}{20}$$

$$D_{50} = 0,3625 \text{ mm}$$

b. Saringan No. 50 (Lolos Saringan)

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Saringan No. 60} - \text{Saringan No. 40}}{\text{Saringan No. 60} - 50} \\ &= \frac{\text{Lolos saringan 60} - \text{Lolos saringan 40}}{\text{Lolos saringan 60} - D_{50}} \end{aligned}$$

$$\frac{60 - 40}{60 - 50} = \frac{18,33 - 39,04}{18,33 - D_{50}}$$

$$\frac{20}{10} = \frac{-20,71}{18,33 - D_{50}}$$

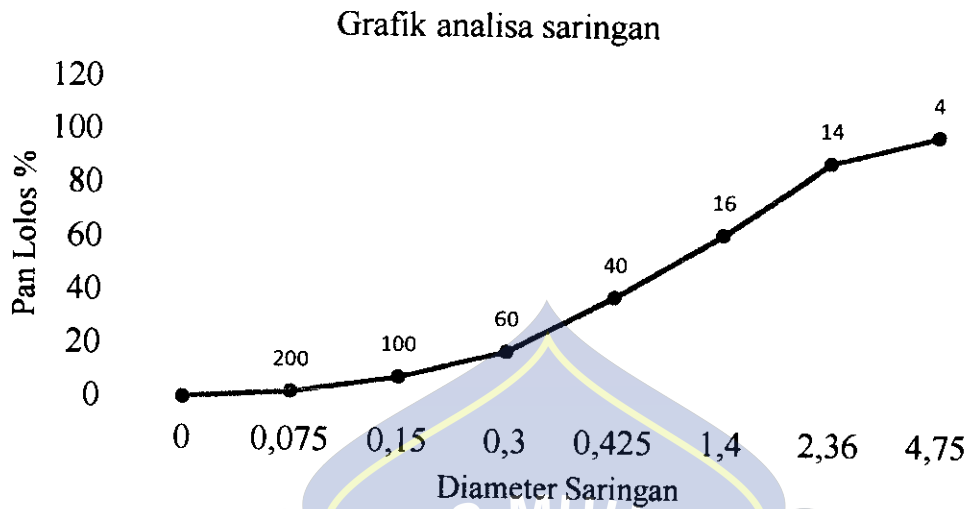
$$-207,1 = 366,6 - 20 D_{50}$$

$$20 D_{50} = 366,6 + 207,1$$

$$20 D_{50} = 573,7$$

$$D_{50} = \frac{573,7}{20}$$

$$D_{50} = 28.7 \%$$



Gambar 12. Grafik Analisa saringan

Dari grafik hasil pengujian analisa saringan dapat diketahui bahwa keseluruhan sampel sedimen lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm), sedangkan diameter butiran sedimen yang lolos sekitar 50% berada pada saringan No. 16 (1,4 mm) dengan besar butiran sebesar 0,3625 mm. Dan nilai persen lolos = 0 berada pada saringan No. 200 (0,075 mm). Sehingga dari hasil pengujian analisa saringan tersebut dapat kita peroleh bahwa sedimen yang terdapat pada *dasar* Hilir Sungai Kawari berupa pasir sedang dengan ukuran butiran sedang (medium sand).

6. Perhitungan Laju Sedimentasi

a. Metode Meyer Peter

Untuk perhitungan sedimen dengan rumus Metode Meyer Peter di gunakan nilai-nilai meliputi:

Untuk Kala ulang 2 Tahun

$$D_{50} = 0,0003625 \text{ m (pengukuran diameter sedimen)}$$

$$Q = 627,33 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$S = 0,00736$$

Selanjutnya nilai-nilai yang telah diperoleh diatas dimasukkan kedalam formula pendekatan Metode Meyer Peter untuk memperoleh nilai debit sedimen pada Sungai Kawari adalah sebagai berikut,

$$\frac{0,4q_b^{2/3}}{d} = \frac{q^{2/3}S}{d} - 17$$

$$q_b^{2/3} = \left[\frac{q^{2/3}S}{d} - 17 \right] \left[\frac{d}{0,4} \right]$$

$$q_b^{2/3} = \left[\frac{q^{2/3}S}{d} - 17 \right] \left[\frac{d}{0,4} \right] = \left[\frac{627,33^{2/3} \times 0,00736}{0,0003625} - 17 \right] \left[\frac{0,0003625}{0,4} \right]$$

$$q_b^{2/3} = 1470,877 \times 0,000906 = 1,34$$

$$q_b = 1,54 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_B = B \times q_B$$

$$= 16 \times 1,54$$

$$= 24,64 \text{ m}^3/\text{det}$$

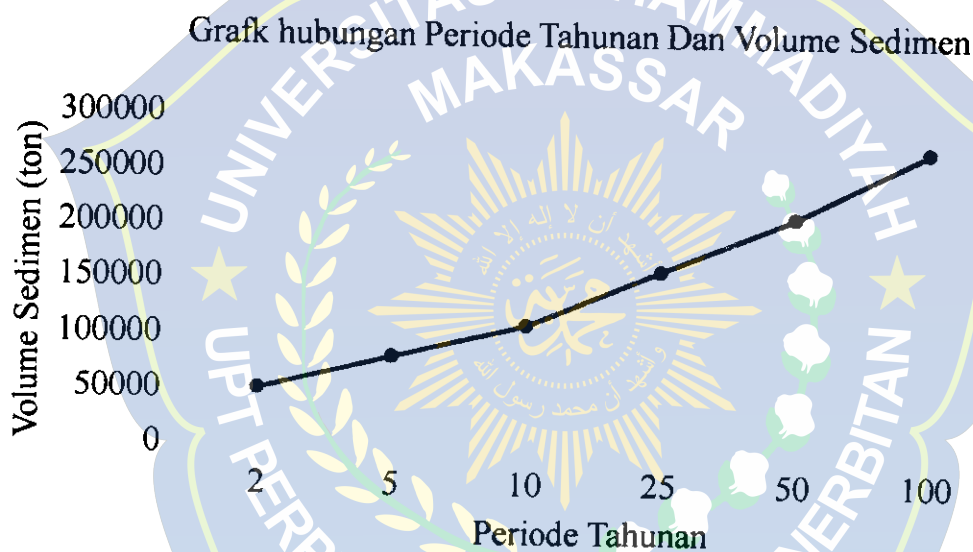
$$V_s = \frac{Q_B}{(\gamma_s - \gamma_w)} 3600$$

$$= \frac{24,64}{(1,65)} 3600 = 49.959,29 \text{ ton/det}$$

Selanjutnya dapat di lihat pada tabel 23.

NO	Kala Ulang	Q Banjir Rancangan (m ³ /det)	Debit sediemen(q _b) (m ³ /det)	Debit sediemen(Q _B) (m ³ /det)	Jumlah Sedimen(Vs) (ton)
1	2	627,33	1,54	24,64	49.959,29
2	5	998,28	2,29	36,61	79.885,77
3	10	1348,46	3,18	49,57	108.169,53
4	25	1956,39	4,51	72,10	157.310,97
5	50	2556,15	5,89	94,33	205.821,72
6	100	3310,06	7,64	122,29	266.825,74

Sumber : Perhitunga

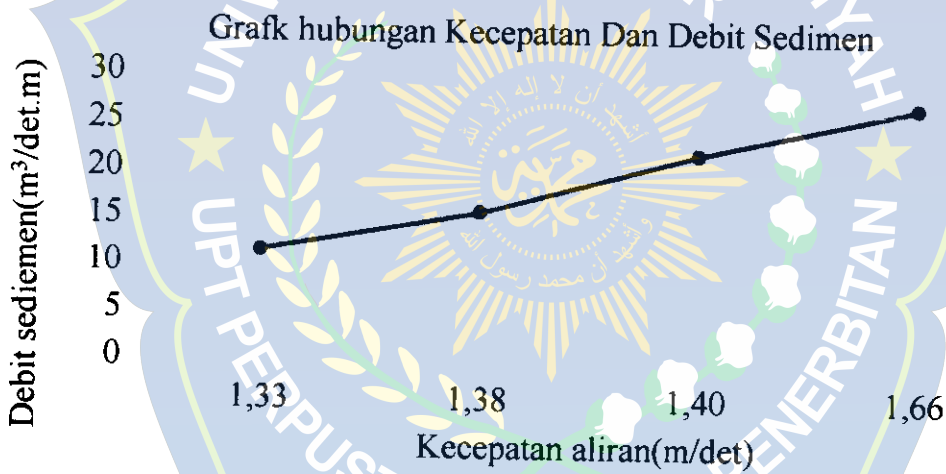


Gambar 13. Grafk hubungan Periode Tahunan Dan Volume Sedimen

Volume Sedimen sekali banjir yang melewati *Sungai KAwari* perkala ulang 2 – 100 tahun adalah pada Kala ulang 2 tahun sebesar 49.959,29 ton/det dan pada kala ulang 100 tahun sebesar 266.825,74 ton/det.

Tabel 24. Hubungan Kecepatan aliran Dengan Debit Sedimen Metode Meyer Peter Formula

NO	Kecepatan aliran(V) (m/det)	Debit sediemen(Q _B) (m ³ /det.m)
1	1,33	11,34
2	1,38	15,46
3	1,40	21,68
4	1,66	26,77



Gambar 14. Grafik hubungan Grafik hubungan Kecepatan Dan Debit Sedimen

b. Metode Schockklitsch

Untuk perhitungan sedimen dengan rumus Metode Schockklitsch di gunakan nilai-nilai meliputi:

Perhitungan pada hulu Sungai Kawari

$$D_{50} = 0,0003625 \text{ m (pengukuran diameter sedimen)}$$

$$h_1 = 0,55 \text{ m}$$

$$V_1 = 1,26 \text{ m/det}$$

$$S = 0,00736$$

$$B = 16 \text{ m}$$

Selanjutnya nilai-nilai yang telah diperoleh diatas dimasukkan kedalam formula pendekatan Schochklitsch untuk memperoleh nilai debit sedimen pada di Hulu Sungai Kawari adalah sebagai berikut,

$$q = h \times V$$

$$= 0,55 \times 1,26$$

$$= 0,69 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$q_c = \frac{1944 \times 10^{-5} \times D}{S^{4/3}}$$

$$= \frac{1944 \times 10^{-5} \times 0,0003625}{0,00736^{4/3}}$$

$$= 0,00492 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$q_B = 2500 \times S^{3/2} (q - q_c)$$

$$= 2500 \times 0,00736^{3/2} (0,69 - 0,00492)$$

$$= 1,087 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$Q_B = B \times q_B$$

$$= 16 \times 1,087$$

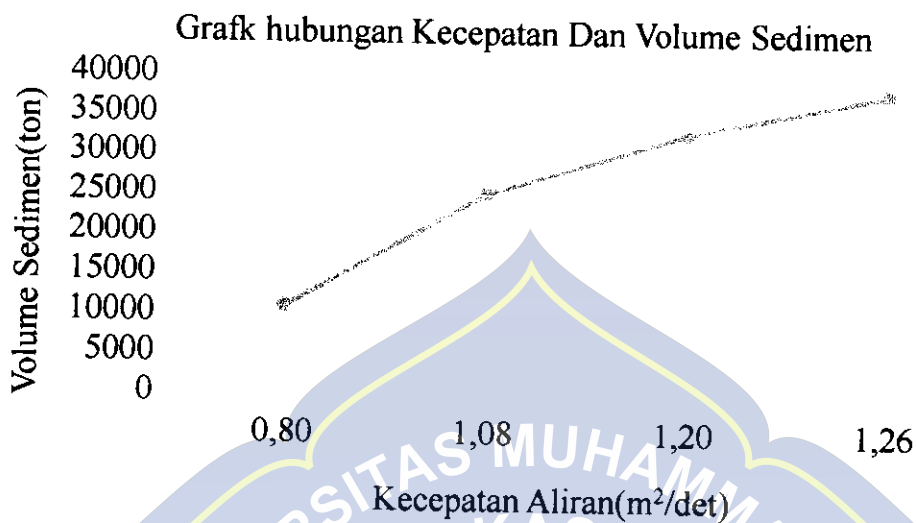
$$= 17,39 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$V_s = \frac{Q_B}{(\gamma_s - \gamma_w)} 3600$$

$$= \frac{17,39}{(1,65)} 3600 = 37.947,12 \text{ ton}$$

Selanjutnya dapat di lihat pada tabel 25

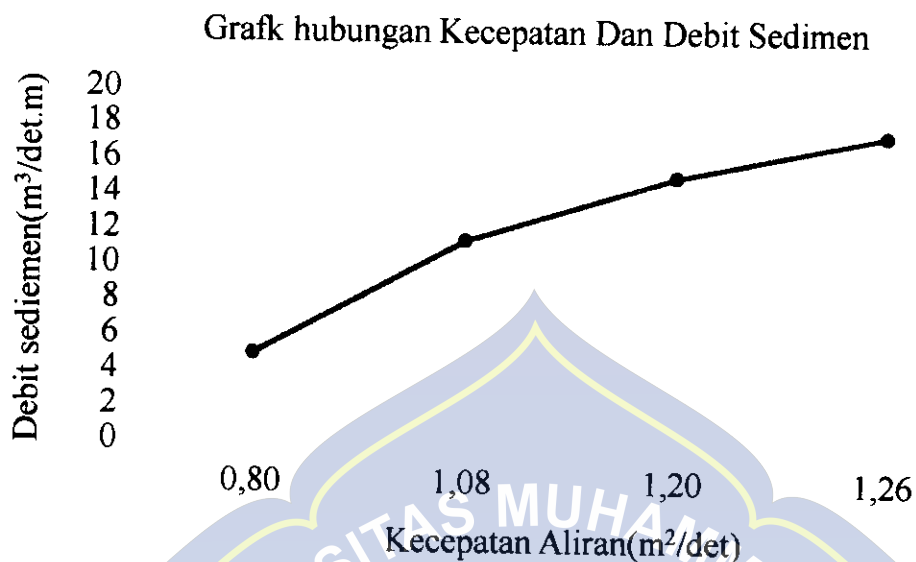
No	1	2	3	4
Kecepatan Aliran (m/det) (V)	1,26	1,19	1,08	0,79
Kedalaman(m) (h)	0,55	0,50	0,42	0,25
Debit Air(m ² /det) (q)	0,69	0,59	0,45	0,29
Laju Perpindahan Sedimen(m ² /det) (q _c)	0,00492			
Debit Sedimen(m ³ /det) (q _B)	1,087	0,936	0,711	0,307
Debit Sedimen(m ³ /det) (Q _B)	17,39	14,98	11,38	4,92
Volume Sedimen(Ton) (Vs)	37.947,12	32.695,04	24.829,95	10.732,63



Gambar 15. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Sedimen di Sungai Kawari

Tabel 26. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Debit sedimen di hulu Sungai Kawari

NO	Kecepatan aliran(V) (m/det)	Debit sediemen(Q_B) ($m^3/det.m$)
1	0.79	4,92
2	1.08	11,38
3	1,19	14,99
4	1.26	17,39



Gambar 16. Grafik Hubungan Kecepatan dan Debit Sedimen di Hulu Sungai Kawari

Perhitungan pada hilir Sungai Kawari

$$D_{50} = 0,0003625 \text{ m (pengukuran diameter sedimen)}$$

$$h_l = 0,65 \text{ m}$$

$$V_l = 1,33 \text{ m/det}$$

$$S = 0,00736$$

$$V_s = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$V_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$B = 16 \text{ m}$$

Selanjutnya nilai-nilai yang telah diperoleh diatas dimasukkan kedalam formula pendekatan Schochklitsch untuk memperoleh nilai debit sedimen pada di Hilir Sungai Kawari adalah sebagai berikut,

$$q = h \times V$$

$$= 0,65 \times 1,33$$

$$= 0,86 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$q_c = \frac{1944 \times 10^{-5} \times D}{S^{4/3}}$$

$$= \frac{1944 \times 10^{-5} \times 0,0003625}{0,00736^{4/3}}$$

$$= 0,00492 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$q_B = 2500 \times S^{3/2} (q - q_c)$$

$$= 2500 \times 0,00736^{3/2} (0,86 - 0,00492)$$

$$= 1,36 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$Q_B = B \times q_B$$

$$= 16 \times 1,36$$

$$= 21,77 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$V_s = \frac{Q_B}{(\gamma_s - \gamma_w)} 3600$$

$$= \frac{121,77}{(1,65)} 3600 = 47.513,12 \text{ ton}$$

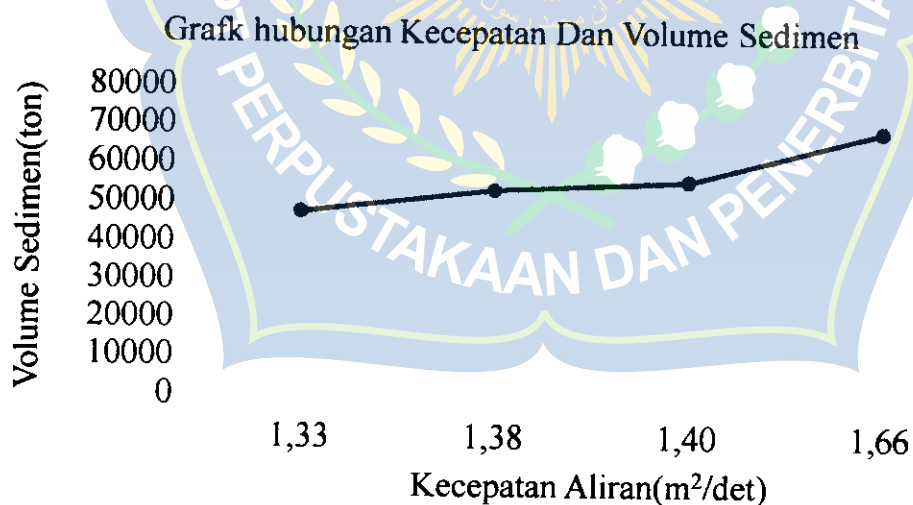
Selanjutnya dapat di lihat pada tabel 27

Tabel 27. Debit angkutan volume sedimen aliran Sungai Kawari

No	1	2	3	4
Kecepatan Aliran (m/det) (V)	1,33	1,38	1,40	1,33
Kedalaman(m) (h)	0,65	0,70	0,72	0,65

Debit Air(m^2/det) (q)	0,86	0,97	1,01	0,87
Laju Perpindahan Sedimen(m^2/det) (q_c)	0,00492			
Debit Sedimen(m^3/det) (q_B)	1,36	1,52	1,59	1,36
Debit Sedimen(m^3/det) (Q_B)	21,77	24,35	25,44	21,78
Volume Sedimen(Ton) (V_s)	47.513,12	53.125,54	55.417,71	47.513,12

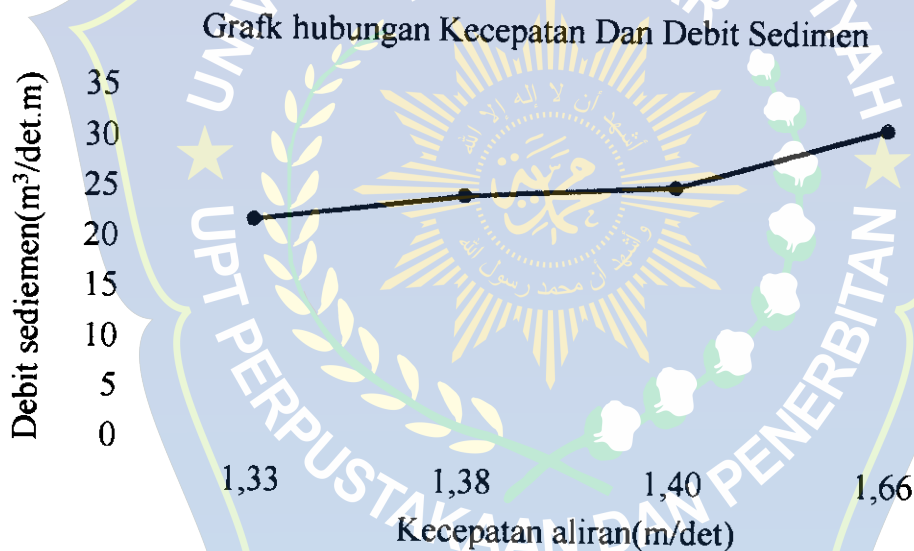
Sumber : Perhitungan



Gambar 17. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Sedimen di Sungai Kawari

Tabel 28. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Debit sedimen di hilir Sungai Kawari

NO	Kecepatan aliran(V) (m/det)	Debit sediemen(Q _B) (m ³ /det.m)
1	1,33	21,77
2	1,38	24,35
3	1,40	25,49
4	1,66	31,32



Gambar 18. Grafik Hubungan Kecepatan dan Debit Sedimen di Hulu Sungai Kawari

Berdasarkan perhitungan dan grafik hubungan kecepatan Aliran dan Debit sedimen dapat dilihat bahwa laju sedimentasi yang terjadi di hilir sungai Kawari Kabupaten Jenepono adalah akibat adanya pengaruh kecepatan aliran, dimana kecepatan aliran bertambah besar maka laju

sedimentasinya semakin besar pula. Dimana Laju sedimentasi terbesar Di hilir adalah $31,32 \text{ m}^3/\text{det.m}$ dengan kecepatan aliran sebesar $1,66 \text{ m/det}$ dan laju sedimentasi terkecil sebesar $21,77 \text{ m}^3/\text{det.m}$ dengan kecepatan aliran sebesar $1,33 \text{ m/det}$.

C. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengumpulan data baik bersifat primer maupun sekunder, kemudian pengujian diameter sampel sedimen di laboratorium, selanjutnya menjadi dasar dalam pengolahan data untuk mendapatkan klasifikasi diameter sedimen dan laju sedimentasi dengan pendekatan literatur yang telah di tentukan maka di dapatkan hasil sebagai berikut

1. Diameter butiran sedimen

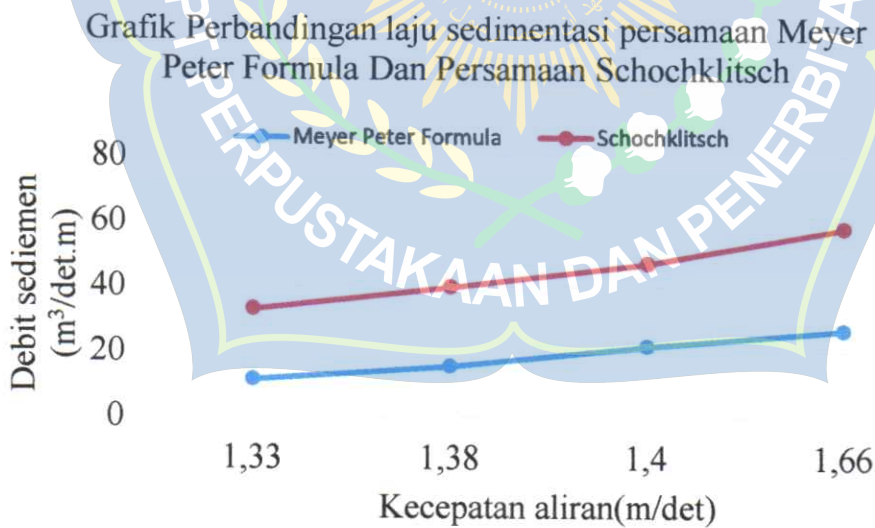
Dari grafik hasil pengujian analisa saringan dapat diketahui bahwa keseluruhan sampel sedimen lolos pada saringan No. 4 ($4,75 \text{ mm}$), sedangkan diameter butiran sedimen yang lolos sekitar 50% berada pada saringan No. 16 ($1,4 \text{ mm}$) dengan besar butiran sebesar $0,3625 \text{ mm}$. Dan nilai persen lolos = 0 berada pada saringan No. 200 ($0,075 \text{ mm}$). Sehingga dari hasil pengujian analisa saringan tersebut kemudian di klasifikasikan berdasarkan Standar AGU (American Geophysical union) dapat kita peroleh bahwa sedimen yang terdapat pada *dasar* Hilir Sungai Kawari berupa pasir dengan ukuran butiran sedang (medium sand).

2. Laju sedimentasi

Berdasarkan persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch maka di dapatkan laju sedimentasi di hilir Sungai Kawari adalah sebagai berikut

Tabel 29. Perbandingan laju sedimentasi persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch di hilir Sungai Kawari

Meyer Peter Formula		Schochklitsch	
Kecepatan aliran(m/det) (V)	Debit sediemen (m ³ /det.m) (Q _B)	Kecepatan aliran(m/det) (V)	Debit sediemen (m ³ /det.m) (Q _B)
1,33	11,34	1,33	21,77
1,38	15,46	1,38	24,35
1,40	21,68	1,40	25,49
1,66	26,77	1,66	31,32



Gambar 19. Grafik Perbandingan laju sedimentasi persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch

Dari grafik menunjukkan bahwa Dengan menggunakan persamaan Meyer Peter Formula Dan Persamaan Schochklitsch laju sedimentasi di hilir sungai kawari kabupaten jenepono di pengaruhi dengan meningkatnya Kecepatan Aliran dengan nilai laju sediementasi dapat di lihat pada table. 29 di atas.



BABV

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka yang dapat disimpulkan dari tugas akhir ini adalah.

1. Dari hasil penelitian Gradasi Partikel sedimen yang terdapat pada *dasar* Hilir Sungai Kawari Kabupaten Jenepono berupa pasir dengan ukuran butiran sedang (medium sand). Dengan Diameter median (D50) besar butiran sebesar 0,3625 mm.
2. Laju sedimentasi dasar persatuan lebar meningkat diakibatkan adanya pengaruh kecepatan aliran, dimana kecepatan aliran bertambah besar maka laju sedimentasinya semakin besar pula dengan nilai terbesar di hilir sebesar $31,32 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan kecepatan aliran sebesar 1.66 m/det dengan persamaan Meyer Peter Formula dan sebesar $26,77 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan kecepatan aliran sebesar 1.66 m/det dengan Persamaan Schochklitsch

B. Saran

1. Perlu perhatian serius pemerintah berkaitan dengan sedimen bedload yang terjadi di hilir Sungai Kawari Kabupaten Jeneponto terutama penanggulangannya.
2. Untuk Perpustakaan Jurusan Sipil dan Perpustakaan Umum dan fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar sebaiknya menyiapkan dan melengkapi buku-buku sipil tentang sedimen untuk menunjang proses belajar mengajar dan penyusunan tugas akhir.
3. Agar kiranya instansi-instansi terkait memberikan dan melengkapi data-data yang berhubungan dengan keadaan Sungai Kawari.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C.2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gaja Mada University Press, Yogyakarta
- Pearson et.al,1995. Karakter aliran yang paling sesuai untuk menegndapkan partikel sedimen, (<http://google> diakses 2 Februari 2020)
- Ahmad Nasirul Usman, 2015. Tugas Ilmiah sedimentasi (Proses Sedimentasi)
- Roby Hanbali, Yayuk Apriyanti, 2016. *Studi Karasteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng Kabupaten Bangka Belitung*. Jurnal Profil Vol 4 No.2, Teknik sipil Universitas Bangka Belitung
- Achmad Syarifuddin, dkk (2013). *Perencanaan Normalisasi Sungai Kali Gunting Kabupten Jomang Provinsi Jawa Timur*. Jurnal Ilmiah. Jurusan Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya Malang.
- Anonim, *Komponen-Komponen Ekosistem DAS Hulu*. www.Rudycet.com.
- Massinai M.A, 2011. *Peranan Tektonik Dalam Berkontribusi Membentuk Geomorfologi Wilayah DAS Jeneberang*. Program Pasca Sarjana UNPAD : Bandung
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- Asdak, 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press. A
- Asdak Chay, 2004. *Hidrologi dan Pengelolahan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Gaja Mada, Yogyakarta.

Arsyak, 2006. *Konservasi Tanah dan Air. Bandung* : Penerbit IPB (IPB Pres).

Chow, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka. Penerbit Erlangga, Jakarta*,
Soewarno, (1995). "*Hidrologi*", *Aplikasi Metode statistic untuk analisa jilid I*, Penerbit Nova – Bandung.

Suyono Sosrodarsono, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Penerbit Pradnya Paramita - Jakarta

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan* ,Cv Andi Offset, Yogyakarta.

Sri Harto Br. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama

Triadmojo. B. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 *Tentang Sungai*.

Rangga Raju, K.G. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta : Erlangga