

SKRIPSI GEOFISIKA

**ANALISIS LUAS GENANGAN AKIBAT KENAIKAN MUKA
AIR SUNGAI CALENDU**

Disusun dan diajukan oleh :

**ALYA AURELIA GOSTAF
H061171304**



DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS LUAS GENANGAN AKIBAT KENAIKAN MUKA
AIR SUNGAI CALENDU**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH :

ALYA AURELIA GOSTAF

H061171304

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS LUAS GENANGAN TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR

SUNGAI CALENDU

Disusun dan diajukan oleh:

ALYA AURELIA GOSTAF

H061 17 1304

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 8 Februari 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,


Dr. Sakka, M.Si
NIP. 196410251991031001


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

Ketua Departemen Geofisika,


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Alya Aurelia Gostaf
NIM : H061171304
Program Studi : Geofisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS LUAS GENANGAN TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR SUNGAI CALENDU

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 23 Februari 2022

Yang Menyatakan



Alya Aurelia Gostaf

ABSTRAK

Mata air Sungai Calendu berasal dari Gunung Lompobattang yang mengalir melewati pusat kota Bantaeng dan bermuara di laut Flores dengan kapasitas debit air berkisar 1-3 m³ per detik dan saat musim hujan mencapai 7-10 m³ per detik. Meluapnya sungai Calendu terjadi karena berbagai hal seperti pasang surut muara sungai, perubahan tata guna lahan, dan lainnya. Selain itu, meluapnya sungai Calendu diakibatkan curah hujan di Kabupaten Bantaeng berkisar 490,17 mm per bulan dan tersebar secara merata di setiap daerahnya.. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh debit, karakteristik DAS dan pasang surut terhadap luas genangan di sekitar sungai Calendu. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan *Unsteady Flow* dengan perangkat lunak *open source* yaitu HEC-RAS. Data yang digunakan yaitu nilai *manning* yang diperoleh dari peta penggunaan lahan, data debit kala ulang yang digunakan yaitu 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun untuk *input boundary condition* pada daerah hulu dan data pasang surut untuk *input boundary condition* daerah hilir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genangan berdampak pada 7 desa dan 3 kecamatan di sekitar daerah penelitian. Total luas genangan kala ulang 2 tahun adalah 338,76 Ha, desa Lamalaka lebih banyak dari desa lainnya yaitu seluas 141,54 Ha dan menggenangi 231 Ha lahan persawahan atau sekitar 9,8% luas DAS. Kala ulang 5 tahun seluas 387,52 Ha juga menggenangi desa Lamalaka seluas 158,77 Ha dan lahan persawahan sekitar 268,47 Ha atau sekitar 11,4% luas DAS, Kala ulang 10 tahun seluas 405,5 Ha menggenangi desa Lamalaka seluas 164,61 Ha dan lahan persawahan seluas 282, 17 Ha atau 12% dari luas DAS. Kala ulang 25 tahun seluas 417,81 Ha menggenangi desa Lamalaka 168,2 Ha dan lahan persawahan seluas 291,73 Ha atau 12,4% dari luas DAS dan kala ulang 50 tahun 422,72 Ha menggenangi desa Lamalaka 169,36 Ha dan lahan persawahan seluas 295,68 atau 12,6% dari luas DAS. Hasil penelitian ini diharapkan berguna dalam mitigasi bencana banjir yang terjadi apabila Sungai Calendu meluap.

Kata Kunci : Sungai Calendu, Hec-RAS, Metode *Unsteady Flow*, Luas Genangan

ABSTRACT

The Calendu River springs from Mount Lompobattang which flows through the city center of Bantaeng and empties into the Flores Sea with a water discharge capacity ranging from 1-3 m³ per second and during the rainy season it reaches 7-10 m³ per second. The overflow of the Calendu river occurs due to various things such as the ebb and flow of the river mouth, changes in land use, and others. In addition, the overflow of the Calendu river is caused by rainfall in Bantaeng Regency ranging from 490.17 mm per month and spread evenly in each area. This study uses the Unsteady Flow modeling method with open source software, namely HEC-RAS. The data used are manning values obtained from land use maps, return time discharge data used are 2, 5, 10, 25 and 50 years for input boundary conditions in the upstream area and tidal data for input boundary conditions in the downstream area. The results showed that inundation had an impact on 7 villages and 3 sub-districts around the study area. The total area of inundation at the 2-year return period is 338.76 Ha, Lamalaka village is more than other villages, which is 141.54 Ha and inundated 231 Ha of rice fields or about 9.8% of the watershed area. The 5th anniversary period of 387.52 Ha also inundated Lamalaka village of 158.77 Ha and rice fields of about 268.47 Ha or about 11.4% of the watershed area, 10th anniversary of 405.5 Ha inundated Lamalaka village of 164, 61 Ha and rice fields area of 282, 17 Ha or 12% of the watershed area. The 25th anniversary period of 417.81 Ha inundated Lamalaka village of 168.2 Ha and rice fields covering an area of 291.73 Ha or 12.4% of the watershed area and the 50 year anniversary of 422.72 Ha inundated Lamalaka village of 169.36 Ha and land rice fields covering an area of 295.68 or 12.6% of the watershed area. The results of this study are expected to be useful in mitigating flood disasters that occur when the Calendu River overflows.

Keyword : Calendu River, Hec-RAS, Unsteady Flow Method, Inundation Area.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* karena berkat rahmat dan limpahan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah atas junjungan Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*.

Hanya dengan taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Luas Genangan Terhadap Kenaikan Muka Air Sungai Calendu**”. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan, kemampuan dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan serta masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan saya haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk kedua orang tua saya **Flin Jefry Gostaf, S.E** dan **Hetty Roesana, S.E** yang selalu memberikan segala cinta, kasih sayang, dan pengorbanan serta doa terbaik untuk penulis. Semoga Allah SWT memberi balasan yang terbaik. Aamiin.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Sakka, M.Si** selaku pembimbing utama yang selalu bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini serta saran dan arahan dalam persoalan akademik.
2. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.eng** selaku pembimbing pertama dan pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan selama penulisan skripsi.
3. Bapak **Alm. Prof. Dr. Dadang Ahmad S. M.Eng** dan bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun kepada penulis selama penulisan skripsi.
4. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh dosen Departemen Geofisika, Staf FMIPA Unhas, Staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, serta staf Perpustakaan FMIPA Unhas dan Staf Perpustakaan Umum atas semua ilmu yang telah diajarkan, pelayanan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Kakek **Ir. Syamsul Bahri** yang banyak memudahkan penulis dalam mengumpulkan data dari setiap instansi yang diperlukan, juga membantu penulis dari awal penelitian
7. **Aswar Syafnur, S.Si., M.Eng** selaku pembimbing bayangan yang banyak membantu penulis dalam kesulitan pengolahan data, akhirnya kak, saya lulus

8. **Indri Israyana, S.Psi** tante penulis yang banyak memberikan masukan dalam suka duka pengerjaan tugas akhir
9. Teman-teman **Geofisika 17** terkhusus **Rina, Danti, Unia, Daya, Ola, Reza, Ale** terima kasih sudah menjadi teman yang menghibur penulis selama ini.
10. **Rhara** teman SMA penulis yang sampai sekarang masih selalu bersama menemani penulis dan menyemangati penulis selama proses penulisan tugas akhir
11. Kepada **Puput** yang sudah menjadi teman berbagi keluh kesah dan **Kak Ria** yang sudah menjadi sosok kakak yang selalu membimbing ke jalan yang benar walaupun kadang berselisih paham.
12. Serta terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dan tidak sempat disebutkan satu persatu, semoga segala kebaikan saudara(i)-ku diterima sebagai ibadah di sisi-Nya.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, tapi sebagai manusia yang tak luput dari kesalahan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik-Nya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 2 Maret 2022



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Ruang Lingkup	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Daerah Aliran Sungai	4
II.2 Morfologi Sungai.....	5
II.3 Geometri Sungai.....	6
II.4 Stadia Sungai	7
II.5 Pasang Surut	9
II.6 Curah Hujan.....	10
II.7 HEC-RAS	15
II.8 Persamaan Dasar Aliran Tak Permanen	16
II.8.1 Persamaan Kontinuitas	16
II.8.2 Persamaan Momentum	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
III.1 Lokasi Penelitian.....	22
III.2 Tahapan Penelitian	23
III.2.1 Tahap Pengumpulan Data	23

III.2.2 Tahap Pengolahan Data.....	23
III.4 Bagan Alir	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
IV.1 Pengolahan Data Curah Hujan.....	26
IV.2 Perhitungan Data Debit Periode Kala Ulang	26
IV.3 Pengolahan Data Pasang Surut	28
IV.4 Pengolahan Data Raster	29
IV.5 Analisis Debit dan Ketinggian Muka Air pada Cross Section.....	29
IV.4 Analisis Sebaran Genangan Berdasarkan Debit Kala Ulang	41
IV.4 Analisis Sebaran Genangan Ditinjau dari Penggunaan Lahan	45
BAB V PENUTUP.....	48
V.I Kesimpulan	48
V.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Sungai	5
Gambar 2.2 Volume Elemen Kontrol Untuk Penurunan Persamaan Kontinuitas Dan Momentum	16
Gambar 2.3 Ilustrasi Dari Istilah Gaya Tekanan	18
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 3.2 Bagan Alir.....	25
Gambar 4.1 Hidrograf Debit Banjir Sungai Calendu	28
Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut	28
Gambar 4.3 Data Terrain	29
Gambar 4.4 Lokasi <i>Cross Sections</i>	30
Gambar 4.5 <i>Cross Section 563</i> Pada Kala Ulang 2 Tahun.....	30
Gambar 4.6 <i>Cross Section 563</i> Pada Kala Ulang 5 Tahun.....	31
Gambar 4.7 <i>Cross Section 563</i> Pada Kala Ulang 10 Tahun	31
Gambar 4.8 <i>Cross Section 563</i> Pada Kala Ulang 25 Tahun.....	32
Gambar 4.9 <i>Cross Section 563</i> Pada Kala Ulang 50 Tahun.....	32
Gambar 4.10 Grafik Kenaikan Elevasi Elevasi Muka Air Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 563</i>	33
Gambar 4.11 Grafik Debit Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 563</i>	33
Gambar 4.12 <i>Cross Section 2309</i> Pada Kala Ulang 2 Tahun.....	34
Gambar 4.13 <i>Cross Section 2309</i> Pada Kala Ulang 5 Tahun.....	34
Gambar 4.14 <i>Cross Section 2309</i> Pada Kala Ulang 10 Tahun.....	35
Gambar 4.15 <i>Cross Section 2309</i> Pada Kala Ulang 25 Tahun.....	35

Gambar 4.16 <i>Cross Section 2309</i> Pada Kala Ulang 50 Tahun.....	36
Gambar 4.17 Grafik Kenaikan Elevasi Muka Air Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 2309</i>	37
Gambar 4.18 Grafik Debit Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 2309</i>	37
Gambar 4.19 <i>Cross Section 3357</i> Pada Kala Ulang 2 Tahun.....	38
Gambar 4.20 <i>Cross Section 3357</i> Pada Kala Ulang 5 Tahun.....	38
Gambar 4.21 <i>Cross Section 3357</i> Pada Kala Ulang 10 Tahun.....	39
Gambar 4.22 <i>Cross Section 3357</i> Pada Kala Ulang 25 Tahun.....	39
Gambar 4.23 <i>Cross Section 3357</i> Pada Kala Ulang 50 Tahun.....	40
Gambar 4.24 Grafik Kenaikan Elevasi Muka Air Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 3357</i>	41
Gambar 4.25 Grafik Debit Tiap Kala Ulang <i>Cross Section 3357</i>	41
Gambar 4.26 Pemodelan Luas Genangan Banjir Kala Ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 Tahun	42
Gambar 4.27 Grafik Luas Dan Persentase Luas Genangan.....	45
Gambar 4.28 Persentase Keseluruhan Genangan Pada Penggunaan Lahan.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien kekasaran manning	7
Tabel 4.1 Nilai Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III	26
Tabel 4.2 Debit Banjir Rancangan Sungai Calendu, Bantaeng $T_{(25)}$	27
Tabel 4.3 Luas Daerah Tergenang	43
Tabel 4.4 Luas Genangan Penggunaan Lahan pada Semua Kala Ulang.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sungai Calendu mempunyai mata air dari Gunung Lompobattang mengalir melewati pusat kota dan bermuara di laut Flores. Kapasitas debit air pada kondisi normal berkisar antara 1-3 m³ per detik dan pada saat musim hujan mencapai 7-10 m³ per detik. Pada saat ini sungai Calendu dimanfaatkan sebagai irigasi desa. Sungai Calendu memiliki Panjang 23,5 Km dan melintasi Kota Bantaeng. Sungai Calendu secara periodik menimbulkan bencana hampir setiap tahun (BAPPEDA 2016).

Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam yang mempunyai dampak besar bagi kelangsungan hidup manusia. Beberapa permasalahan pokok yang menyebabkan terjadinya banjir di Sungai Calendu, Kabupaten Bantaeng sebagian besar disebabkan oleh adanya endapan atau sedimentasi pada alur sungai, faktor morfologi, stadia sungai Calendu yang berada pada tahap stadia muda, dan curah hujan yang cukup tinggi serta pengaruh air balik (*back water*) yang terjadi saat pasang laut dalam kondisi tinggi. (Anandhita and Hambali 2015).

Kabupaten Bantaeng tergolong iklim tropis basah dimana jumlah hari hujannya berkisar 426 hari per tahun. Sebagian besar wilayah Bantaeng mendapat curah hujan merata sepanjang tahun.

Pada saat terjadi luapan muka air perlu dilakukan upaya-upaya pengendalian banjir agar dampak negatif yang ditimbulkan dapat diminimalisir. Peningkatan banjir juga dapat berdampak pada kegagalan bangunan pengendali banjir seperti bendung, tanggul, saluran drainase dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan karena bangunan pengendali banjir tidak mampu menahan beban gaya akibat debit banjir yang telah mengalami peningkatan akibat perubahan elevasi air sungai yang tinggi.

Sulaeman,dkk (2017) dalam penelitiannya “Analisis Genangan Banjir Akibat Luapan Bengawan Solo untuk Mendukung Peta Risiko Bencana Banjir di Kabupaten Bojonegoro” menganalisis pemodelan 1D dan 2D genangan banjir menggunakan *software* HEC-RAS, analisis daerah terdampak menggunakan ARCGis 10 dan data topografi yang digunakan berupa *Digital Elevation Model* (DEM) dengan *grid* 30 x 30 m. Hasil dari penelitiannya diperoleh data debit tiap kala ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun secara berturut adalah 126,48 km², 169,23 km², 225,69 km², 240,62 km², dan 246,37 km². Daerah dengan tingkat ancaman banjir yang tinggi berada di Kecamatan Kanor, Malo dan Trucuk dengan nilai lebih dari 0,7 pada debit kala ulang 2 tahun sampai 10 tahun sedangkan tingkat ancaman pada daerah permukiman yang paling luas adalah di Kecamatan Bojonegoro.

Berdasarkan penjabaran kondisi Kabupaten Bantaeng dan penjelasan dari jurnal penelitian Sulaeman,dkk (2017) , maka penulis ingin melakukan analisis pengaruh genangan terhadap kenaikan muka air sungai Calendu, Kabupaten Bantaeng dengan menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS 5.0.7.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh curah hujan terhadap besar debit banjir di Sungai Calendu?
2. Bagaimana pengaruh debit dan pasang surut terhadap kenaikan muka air Sungai Calendu?
3. Bagaimana pengaruh debit dan pasang surut terhadap luas genangan di sekitar Sungai Calendu?

I.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini dibatasi pada proses pengumpulan data sekunder, pengolahan data, pemodelan genangan banjir menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7, dan analisis data untuk mengidentifikasi tinggi kenaikan muka air dan besar potensi debit banjir pada kala ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan besar debit banjir berdasarkan pengaruh curah hujan
2. Menentukan kenaikan muka air Sungai Calendu akibat debit banjir dan pasang surut air laut
3. Menentukan luas genangan berdasarkan debit dan pasang surut

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah tempat berkumpulnya air di suatu tempat yang berasal dari hujan yang jatuh dan mengalir dengan takarannya. Sungai ini merupakan drainase alam yang mempunyai jaringan sungai dengan penampangnya, mempunyai areal tangkapan hujan atau disebut Daerah Aliran Sungai (Sucipta et al. 2019).

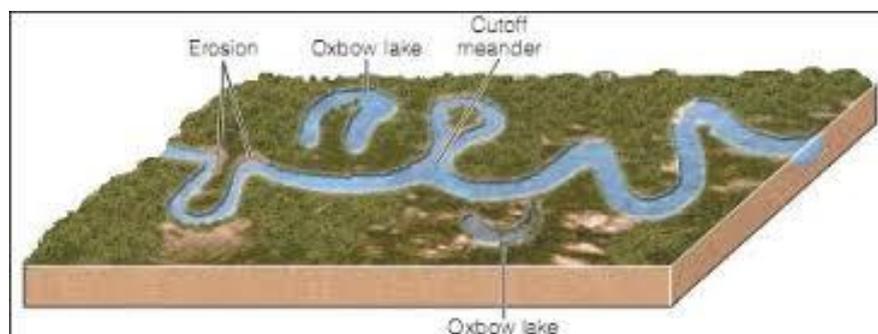
Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum adalah suatu hamparan wilayah atau kawasan yang dibatasi oleh punggung bukit yang berfungsi menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada satu titik. Pada Daerah Aliran Sungai dikenal dua wilayah yaitu wilayah pemberi air (daerah hulu) dan wilayah penerima air (daerah hilir). Kedua daerah tersebut saling berhubungan dan memengaruhi dalam unit ekosistem daerah aliran sungai. Fungsi DAS yaitu sebagai area penangkapan air (*catchment area*), penyimpanan air (*water storage*), dan penyalur air (*distribution water*) (Halim 2014).

Untuk menentukan batas DAS diperlukan peta topografi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksudkan, masing-masing titik dihubungkan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu di ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu (Raco, Jansen, and Hendratta 2019).

II.2 Morfologi Sungai

Geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu disebut morfologi sungai. Proses perubahan dari morfologi sungai telah terjadi sejak terbentuknya sungai dan berlangsung secara terus-menerus. Perubahan tata guna lahan akan menyebabkan perubahan morfologi terjadi sangat cepat di karenakan perubahan tata guna lahan memiliki dampak terhadap berkurangnya fungsi resapan air dan meningkatkan aliran air permukaan yang berujung meningkatnya debit aliran sungai. Penyebab lain perubahan morfologi sungai yaitu pasang-surut, material pembentuk tebing sungai serta transportasi (Kurniawan, Sutikno, and Sujatmoko 2017).

Morfologi sungai akan mengalami perkembangan baik secara memanjang ataupun melintang. Suatu aktivitas atau kejadian di wilayah sungai akan menyebabkan perubahan baik fisik maupun biotik dengan waktu yang lebih cepat dari perubahan secara alamiah. Perubahan morfologi sungai dapat diperhatikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Morfologi Sungai (Kinthen,dkk. 2018).

Sungai mengalir dari mata air ke anak sungai, beberapa anak sungai yang mengalami proses pelapukan, erosi, pelarutan dan lain sebagainya akan bergabung dan membentuk sungai utama.

II.3 Geometri Sungai

Geometri sungai adalah alur, palung, lembah sungai secara horizontal dan vertikal dimana parameter yang diperlukan adalah panjang, lebar, kemiringan, elevasi dan kekasaran, data-data tersebut dapat berupa :

1. Data koordinat sungai atau tebing sungai yang ditinjau untuk menyusun skematisasi sungai
2. Posisi titik percabangan sungai dan lokasi jembatan yang ada
3. Data potongan memanjang sungai yang meliputi jarak memanjang pada tebing kiri dan tebing kanan, elevasi dasar tebing kiri dan tebing kanan
4. Data *cross section* sungai dari muara ke arah hulu yang diambil dari hasil pengukuran topografi
5. Posisi batas palung sungai (tebing kiri dan tebing kanan) pada *data cross section*
6. Angka kekasaran *manning* pada palung dan bantaran sungai. Untuk koefisien *manning* dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Koefisien kekasaran *manning* (*Army Corps of Engineers USA*, 1998)

Penggunaan lahan	Nilai manning
Bandara/Pelabuhan	0,06
Pemukiman	0,08
Pertanian	0,045
Sawah	0,04
Semak Belukar	0,035
Hutan	0,05
Tubuh air	0,033
Lahan Terbuka	0.035

II.4 Stadia Sungai

Sungai yang diketahui saat ini merupakan proses yang terus menerus berlangsung dan akan terus berkembang. Tahap perkembangan sungai terbagi menjadi 5 stadia, yaitu stadia awal, stadia muda, stadia dewasa, stadia tua dan stadia peremajaan (*rejuvenation*).

- a) Stadia awal sungai dicirikan dari bentuk sungai yang belum memiliki pola aliran teratur seperti sungai pada umumnya. Sungai dengan tahapan awal

umunya berkembang di daerah dataran pantai yang mengalami pengangkatan atau di atas permukaan lava yang masih baru.

- b) Stadia muda sungai dicirikan dari bentuk aktivitas alirannya yang mengerosi ke arah vertikal. Erosi tersebut menghasilkan lembah yang menyerupai huruf V. Pada tahap ini didominasi dengan air terjun dan aliran yang deras.
- c) Stadia dewasa dicirikan dengan mulai terbentuknya dataran banjir (*flood plain*) kemudian membentuk *meander*. Aliran sungai sudah memperlihatkan keseimbangan laju erosi vertikal dan laju erosi lateral pada tahapan dewasa.
- d) Stadia tua dicirikan dengan meander yang mendominasi sungai dan dataran banjir yang semakin lebar. *Oxbow Lake* dan rawa mulai terbentuk di sisi sungai dan erosi lateral lebih dominan dibanding erosi vertikal.
- e) Stadia peremajaan yaitu perkembangan sungai yang Kembali didominasi oleh erosi vertikal dibanding erosi lateral. Proses ini terjadi akibat terjadinya pengangkatan di daerah sungai tua sehingga sungai Kembali menjadi stadia muda atau awal (*rejuvenation*). Peremajaan sungai terjadi Ketika tingkat dasar sungai turun bisa disebabkan oleh penurunan muka air laut atau pengangkatan daratan. Kedua hal ini merupakan dampak dari terjadinya zaman es dan antar es.

Sungai Calendu merupakan sungai dengan stadia muda menuju dewasa, dimana penampang sungai berbentuk V di hulu dan berbentuk U di hilir.

II.5 Pasang Surut

Pasang surut (*ocean tide*) adalah fenomena naik turunnya air laut secara periodik akibat gaya gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Selain menyebabkan pasang surut, gaya gravitasi juga menyebabkan perubahan bentuk bumi dan atmosfer. Gaya pembangkit pasang surut adalah resultan dari gaya sentrifugal dan gaya gravitasi benda-benda luar angkasa seperti bulan dan matahari (Effendi, dkk., 2017)

Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut. Gravitasi berbanding lurus dengan massa, tetapi berbanding terbalik dengan jarak. Berdasarkan hukum tersebut, meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, namun jarak bulan ke bumi jauh lebih kecil sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi pengaruhnya lebih besar dibanding matahari terhadap bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari menghasilkan dua tonjolan pasang surut gravitasional di laut.

Definisi lain pasang surut yaitu gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi (*High Water/RW*) dan lembah gelombang disebut surut atau pasang renda (*Low Water/LW*). Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut atau tunggang pasang surut (*tidal range*) yang bisa mencapai beberapa meter hingga puluhan meter. Periode pasang surut juga bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit.

Tipe pasang surut berdasarkan periode dan keteraturannya terbagi menjadi 3 tipe dasar yaitu :

- a) Pasang surut tipe harian tunggal (*diurnal type*), yaitu terjadi 1 kali pasang dan 1 kali surut dalam waktu 24 jam
- b) Pasang surut tipe tengah harian/harian ganda (*semi diurnal type*), yaitu terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam waktu 24 jam
- c) Pasang surut tipe campuran (*mixed tides*), yaitu terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda dalam waktu 24 jam

Dalam sebulan, variasi harian dari rentang pasang-surut berubah secara sistematis terhadap siklus bulan. Rentang pasang surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi lantai samudera.

Pengaruh pasang surut yang masuk ke estuari dapat menyebabkan kenaikan muka air, baik pada waktu air pasang maupun air surut. Selama periode pasang, air dari laut dan air dari sungai masuk ke muara dan terakumulasi dalam jumlah yang sangat besar, dan pada periode surut volume air yang dialirkan ke laut maka kedalaman aliran akan cukup besar (Surinati, 2018).

II.6 Curah Hujan

Presipitasi merupakan istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam

rangkaian siklus hidrologi. Jika uap air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan dan jika berbentuk padat disebut salju (Susilowati dan Sadad 2015)

Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan satu *milimeter* adalah air hujan setinggi satu *milimeter* yang tertampung pada tempat datar seluas 1 m² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir dan meresap.

Indonesia berada di wilayah tropis sehingga memiliki curah hujan tahunan yang tinggi, curah hujan semakin tinggi di daerah pegunungan. Curah hujan yang tinggi di wilayah tropis pada umumnya dihasilkan dari proses konveksi dan pembentukan awan hujan panas. Pada dasarnya curah hujan dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Agar terjadi gerakan ke atas, atmosfer harus dalam kondisi tidak stabil. Kondisi tidak stabil terjadi jika udara yang naik lembab dan *lapse rate* udara lingkungannya berada di antara *lapse rate* adiabatik kering dan *lapse rate* adiabatik jenuh (Mulyono, 2014)

Kabupaten Bantaeng tergolong iklim tropis basah dengan curah hujan tahunan rata-rata setiap bulan 490,17 mm dengan jumlah hari hujan berkisar 426 hari per tahun. Kabupaten Bantaeng mendapatkan hujan pada sektor barat musim hujan yaitu antara bulan Oktober – Maret dan pada musim timur yang berlangsung antara April – September. Maka dapat disimpulkan, sebagian besar wilayah Bantaeng mendapat curah hujan merata sepanjang tahun. Sifat hujan pada musim barat yaitu curah

hujannya relatif rendah, tetapi hari hujannya agak panjang, sedangkan sifat hujan sektor timur curah hujannya lebih deras tetapi hari hujannya relatif pendek.

Intensitas curah hujan di definisikan sebagai jumlah curah hujan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/tahun, dan sebagainya. Data yang digunakan untuk analisis curah hujan yaitu nilai maksimum, minimum dan nilai rata-rata.

Perhitungan Curah Hujan Daerah memerlukan data curah hujan rata-rata di daerah yang bersangkutan dan mencakup beberapa stasiun curah hujan. Ada beberapa cara dalam perhitungan curah hujan daerah, satu diantaranya yaitu Metode Log Pearson III.

Persamaan distribusi Log Pearson III adalah sebagai berikut (Triadmojo, 2008)

$$\log XT = \log \bar{X} + K_{tr} \cdot SI \quad (2.1)$$

Dimana:

Log XT = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun

$$\log \bar{X} = \text{Harga rata-rata dari data} = \frac{\sum_i^n \log(x_i)}{n}$$

SI = Standar deviasi

$$\text{Dengan periode ulang T } C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log x})^3} \quad (2.2)$$

Dimana :

C_s = Koefisien Kemencengan

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan Metode Log Perason III digunakan untuk menghitung debit banjir dengan menggunakan salah satu metode hidrograf satuan yaitu, Metode Nakayasu yang dikembangkan oleh DR. Nakayasu.

Dalam analisa metode nakayasu, parameter yang diperlukan yaitu (Enung, 2016)

- T_r : Waktu resesi atau satuan waktu curah hujan (jam)
- T_p : Waktu dari awal bajir sampai puncak histograf (jam)
- T_g : Waktu konsentrasi (jam)
- A : Koefisien karakteristik DAS
- Q_p : Debit puncak banjir
- $T_{0.3}$: Tenggang waktu dari T sampai waktu 30% debit puncak (jam)

1. Waktu puncak (T_p) dirumuskan sebagai berikut

$$T_p = t_g + 0.058 t_r \quad (2.3)$$

Dimana

$$t_g = 0.21L^{0.7} \quad \text{untuk panjang sungai (L) < 15km}$$

$$t_g = 0.4 + 0.058L \quad \text{untuk panjang sungai (L) > 15km}$$

$$t_r = 0.5 T_g \text{ sampai } T_g$$

2. Persamaan tenggang waktu dari T sampai waktu 30% debit puncak ($T_{0.3}$)

yaitu

$$T_{0.3} = \alpha T_g \quad (2.4)$$

Dimana :

$$\alpha = 1 \text{ untuk DAS biasa}$$

$\alpha = 1.5$ untuk DAS dengan hidrograf naik yang lambat dan hidrograf turun yang cepat.

3. Mencari debit pada hidrograf menggunakan persamaan berikut

a. Untuk bagian lengkung naik, $0 \leq t \leq T_p$

$$Q_a = Q_p \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2.4} \quad (2.5)$$

Dimana :

Q_a : debit sebelum mencapai puncak banjir

T_p : waktu dari permulaan hujan sampai waktu puncak banjir

b. Untuk bagian lengkung turun

- Dari T_p sampai $T_{0.3}$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3^{\frac{t-T_p}{T_{0.3}}} \quad (2.6)$$

- Dari $T_{0.3}$ sampai $T_{0.09}$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3^{\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}}} \quad (2.7)$$

- Waktu untuk $T_{<0.09}$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}} \quad (2.8)$$

Dimana

Q_{d1} : debit antara T_p sampai $T_{0.3}$

$T_{0.3}$: tenggang waktu antara Q_p sampai $Q_{0.3}$ (jam)

Q_{d2} : debit antara $T_{0.3}$ sampai $T_{0.09}$

$T_{0.09}$: tenggang waktu antara $Q_{0.3}$ sampai $Q_{0.09}$ (jam) = $1.5 \cdot T_{0.3}$

Q_{d3} : debit untuk $T_{<0.09}$

4. Setelah hidrograf satuan ditemukan, maka debit banjir dapat ditentukan dengan mengalikan nilai hidrograf satuan dengan curah hujan kala ulang.

II.7 HEC-RAS

HEC-RAS adalah seperangkat prosedur, alat, dan utilitas untuk memproses data geospasial di ArcGIS menggunakan antarmuka pengguna grafis (GUI). Antarmuka memungkinkan persiapan data geometris untuk diimpor ke HEC-RAS dan hasil simulasi proses yang diekspor dari HEC-RAS. Untuk membuat file impor, pengguna harus memiliki model medan digital (DTM) yang ada dari sistem sungai dalam format ArcInfo TIN. Pengguna membuat serangkaian tema garis yang berkaitan dengan pengembangan data geometris untuk HEC-RAS. Tema yang dibuat adalah *Stream Centerline*, *Flow Path Centerlines* (opsional), *Main Channel Banks* (opsional), dan *Cross Section Cut Lines* disebut sebagai RAS Themes.

Tema RAS tambahan dapat dibuat / digunakan untuk mengekstrak data geometris tambahan untuk diimpor di HEC-RAS. Tema-tema ini termasuk Penggunaan Lahan, Penjajaran Tanggul, Area Arus yang Tidak Efektif, dan Area Penyimpanan.

Data profil permukaan air dan data kecepatan yang diekspor dari simulasi HEC-RAS dapat diproses oleh HEC-GeoRAS untuk analisis GIS untuk pemetaan dataran banjir, perhitungan kerusakan banjir, restorasi ekosistem, serta kesiapsiagaan dan tanggap peringatan banjir (*Army Corps of Engineers USA*, 1998).

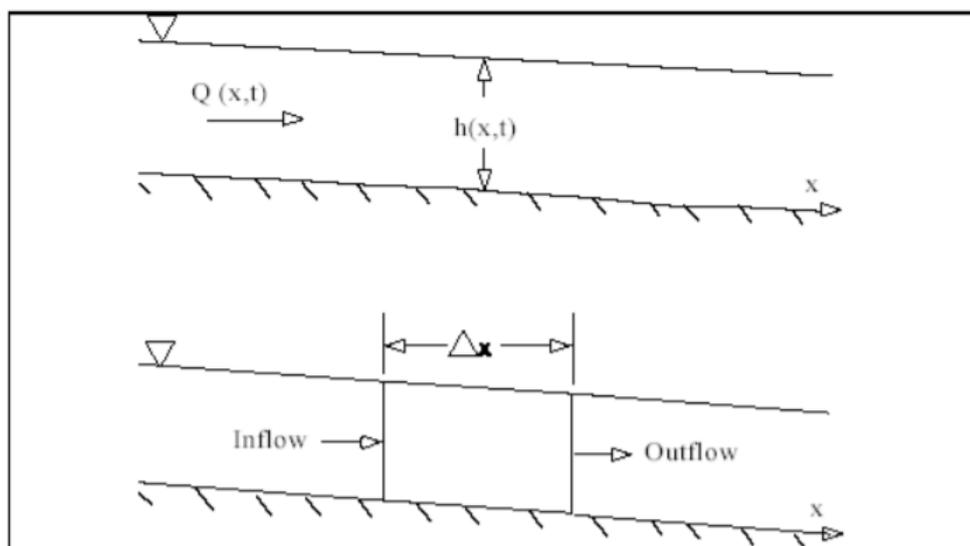
HEC-RAS menitik beratkan pada analisa hidraulika pada sebuah sungai. Analisis hidraulika penampang saluran dihitung dengan menggunakan HEC-RAS dapat mengetahui elevasi muka air pada penampang saluran saat suatu debit air melalui

saluran tersebut. Analisis yang dilakukan yaitu analisis aliran *steady*, *unsteady*, dan *sediment transport*. Aliran *steady* merupakan aliran yang jumlah cairannya mengalir secara konstan tiap detiknya melalui bagian apapun. Aliran *steady* terbagi dua yaitu, *uniform flow* dan *non uniform flow*. Aliran *unsteady flow* merupakan aliran yang jumlah cairannya mengalir secara tidak konstan tiap detiknya melalui bagian apapun.

II.8 Persamaan Dasar Aliran Tak Permanen

Pada aliran tak permanen, HEC-RAS menggunakan persamaan kekekalan massa (*continuity, conservation of mass*) dan persamaan momentum. Kedua persamaan tersebut dituliskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial lalu diselesaikan dengan metode *finite difference approximation* berskema implisit.

II.8.1 Persamaan Kontinuitas



Gambar 2.2 Volume Elemen Kontrol untuk Penurunan Persamaan Kontinuitas dan Momentum (Ginting, 2019)

Gambar 2.2 menunjukkan pertimbangan volume control dasar dimana jarak x diukur sepanjang saluran pada titik tengah dari volume control aliran dan luas total aliran dinotasikan $Q_{(x|t)}$ dan A_t . Luas total aliran merupakan jumlah luas aktif (A) dan luas simpanan saluran diam (S) (Ginting, 2019).

Laju aliran masuk ke volume kontrol ditulis (Ginting, 2019)

$$Q - \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.9)$$

Laju aliran keluar

$$Q + \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.10)$$

Laju perubahan simpanan

$$\frac{\partial q}{\partial x} \Delta x \quad (2.11)$$

Diasumsikan Δx kecil, maka perubahan massa pada volume kontrol adalah

$$\rho \frac{\partial AT}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_1 \right] \quad (2.12)$$

Dimana Q_t adalah aliran lateral yang masuk ke volume kontrol dan ρ adalah kerapatan fluida. Bentuk akhir persamaan kontinuitas hasil penyederhanaan dari pembagian $\rho \Delta x$ adalah

$$\frac{\partial AT}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - ql = 0 \quad (2.13)$$

Dimana ql adalah lateral inflow persamaan panjang.

II.8.2 Persamaan Momentum

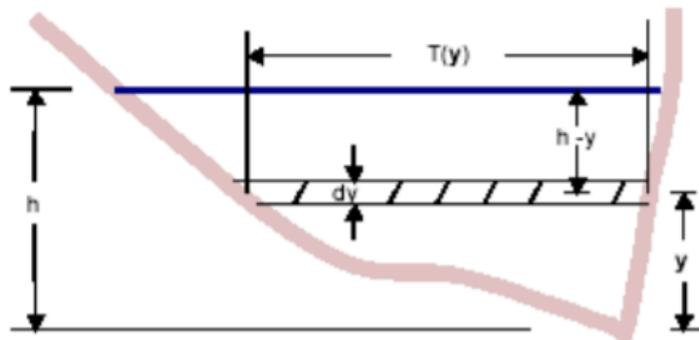
Konservasi momentum dinyatakan dalam hukum Newton II (Ginting, 2019).

$$\sum F_x = \frac{dM}{dt} \quad (2.14)$$

Konservasi momentum untuk volume kontrol dinyatakan bahwa total laju dari momentum yang masuk ke volume (flux momentum) ditambah semua jumlah gaya eksternal yang bereaksi pada volume akan sama dengan laju akumulasi momentum dan merupakan penerapan persamaan vektor pada arah -x flux momentum (MV) adalah massa fluida kali kecepatan pada arah aliran. Tiga gaya akan dipertimbangkan adalah gaya tekanan, gravitasi, dan gaya gesek (Ginting, 2019).

1. Gaya tekanan

Distribusi tekanan diasumsikan menjadi hidrostatis dan total gaya tekanannya adalah integral dari tekanan-luas hasil atau produksi diatas penampang melintangnya. Persamaan gaya tekanan pada beberapa titik dituliskan pada persamaan 2.15 dan kasus umumnya diilustrasikan pada gambar 2.3 yaitu penampang melintang yang tidak beraturan.



Gambar 2.3 Ilustrasi dari istilah gaya tekanan (Ginting, 2019)

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy \quad (2.15)$$

Dimana h adalah kedalaman, y jarak diatas saluran invest dan $T(y)$ adalah fungsi lebar yang berhubungan dengan lebar penampang melintang terhadap jarak diatas saluran invest. Jika F_p adalah gaya tekanan pada arah

x pada titik tengah volume kontrol, maka gaya pada bagian hulu dari volume kontrol dapat dituliskan pada persamaan 2.16

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.16)$$

Dan pada bagian hilir

$$F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.17)$$

Jumlah gaya tekan untuk volume kontrol dapat dituliskan

$$Fp_n = \left| F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B \quad (2.18)$$

Dimana Fp_n adalah jumlah total gaya tekan untuk volume kontrol dan F_B adalah gaya yang digunakan oleh bank pada arah x pada fluida, disederhanakan menjadi

$$Fp_n = -\frac{\partial F_p}{\partial x} \Delta x + F_B \quad (2.19)$$

Persamaan diferensial 2.15 menggunakan hukum Leibnitz's dan didistribusikan ke dalam persamaan 2.19 maka akan diperoleh

$$Fp_n = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T_{(y)} dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T_{(y)}}{\partial x} dy \right] + F_B \quad (2.20)$$

Integral pertama pada persamaan 2.20 adalah luas penampang melintang (A), integral kedua (dikalikan dengan $-\rho g \Delta x$) adalah gaya tekan yang digunakan oleh fluida pada banknya, persisnya sama besar, tetapi kebalikan arah ke F_B . Oleh karena itu gaya tekan dituliskan pada persamaan 2.21

$$Fp_n = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \quad (2.21)$$

2. Gaya Gravitasi

Gaya gravitasi fluida pada volume kontrol arah x adalah (Ginting, 2019)

$$F_g = \rho g A \sin \theta \Delta x \quad (2.22)$$

Dimana θ adalah sudut yang membuat saluran invert dengan horizontal.

Untuk saluran alami θ adalah lebih kecil dari $\sin \theta$ sehingga mendekati

$\tan \theta = -\frac{\partial z_0}{\partial x}$, dimana z_0 adalah invert elevasi. Maka gaya gravitasi ditulis

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x \quad (2.23)$$

Gaya ini akan positif untuk slop negatif.

3. Gaya Gesek

Gaya gesek antara saluran dengan fluida dapat ditulis (Ginting, 2019)

$$F_f = -\tau_0 \rho \omega x \quad (2.24)$$

Dimana τ_0 adalah rata-rata boundary tekanan shear (gaya/satuan luas) yang terjadi pada fluida dan ρ adalah *wetted perimeter*. Tanda negatif mengidentifikasi bahwa aliran dalam arah positif sumbu x dan gaya menuju ke arah negatif sumbu x.

Dari analisis dimensional, τ_0 dapat diexpansikan dalam istilah koefisien gesek, C_0 pada persamaan 2.25

$$\tau_0 = \rho C_0 V^2 \quad (2.25)$$

Koefisien gesek berhubungan dengan koefisien chezy

$$C_0 = \frac{9}{c^2} \quad (2.26)$$

Selanjutnya, persamaan chezy ditulis

$$\vartheta = C \sqrt{RS_f} \quad (2.27)$$

Substitusikan persamaan 2.25, 2.26, dan 2.27 ke 2.24 dan hasil penyederhanaannya dinyatakan dalam gaya gesek

$$F_y = \rho g A S_f \Delta x \quad (2.31)$$

Dimana S_f merupakan kemiringan gesek, bernilai positif untuk arah aliran arah sumbu x positif. Kemiringan harus berhubungan dengan aliran dan ketinggian secara tradisional, persamaan kekasaran manning dan chezy dapat digunakan.

Persamaan manning ditulis (Ginting, 2019)

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{2,208R^{\frac{4}{3}}A^2} \quad (2.29)$$

Dimana R adalah jari-jari hidraulik, n adalah koefisien kekasaran manning.