

**JURNAL PENELITIAN TEKNIK SIPIL**

# **Intensip**

**Informasi Teknik Sipil**



DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD RIFALDI MUSTAMIN 412 16 001

AULIA MAPPIDECENG DAUDE 412 16 014

**PROGRAM STUDI D-4 JASA KONSTRUKSI**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**2020**

# STRATEGI MITIGASI DALAM MENGURANGI DAMPAK BANJIR PADA SUNGAI BILA DI KABUPATEN SIDRAP

<sup>1</sup>Muhammad Rifaldi Mustamin, <sup>2</sup>Aulia Mappideceng Daude, <sup>3</sup>Abdul Rivai Suleman,  
<sup>4</sup>Hasdaryatmin Djufri

Program Studi D4 Jasa Konstruksi, Jurusan Teknik sipil  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

**Abstrak** - Permasalahan banjir yang terjadi di Kabupaten Sidrap pada umumnya dan khususnya di tiga kecamatan yaitu; Kecamatan Dua Pitue, Kecamatan Pitu Riawa, Kecamatan Pitu Riase yang merupakan dampak penurunan kinerja Sungai Bila. Penurunan kinerja Sungai Bila disebabkan oleh berkurangnya kapasitas sungai, pembangunan pada daerah aliran sungai, erosi tebing sungai sepanjang aliran sungai serta rusaknya beberapa tanggul. Untuk mengetahui kinerja bangunan pengendalian banjir (tanggul) Sungai Bila dibutuhkan penilaian kondisi fisik dan kinerja fungsi berdasarkan berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai – Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Adapun penilaian ini menunjukkan tingkat kerusakan prasarana fisik dengan nilai bobot 2,35 % dari 100% menunjukkan bahwa kondisi prasarana fisik masih dalam kondisi baik sedangkan kinerja fungsi bangunan pengendalian banjir dengan nilai bobot 87,17 % dari 100% menunjukkan bahwa kinerja prasarana fungsi bangunan masih berfungsi baik. Berdasarkan hasil *running* aplikasi *HEC-RAS* dengan debit banjir rancangan  $Q_{20} = 3929,30 \text{ m}^3/\text{det}$ , dapat diketahui bahwa luapan terjadi di atas mercu tanggul Sungai Bila setinggi 0,2 m hingga 2,9 meter pada beberapa titik. Sehingga strategi mitigasi yang paling tepat pada Sungai Bila adalah mitigasi struktur yaitu perbaikan tanggul yang rusak (pemeliharaan preventif) dan menambah tinggi tanggul yang meluap dan yang terancam melalui kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi dengan tinggi jagaan 1,2 meter dan lebar mercu tanggul tanah 5 m. Dengan adanya mitigasi struktur ini terjadi pengurangan luas area genangan banjir pada  $Q_2 = 23 \%$ ,  $Q_5 = 6 \%$ ,  $Q_{10} = 3 \%$ , dan  $Q_{20} = 3 \%$ .

Kata kunci : pengendalian banjir, debit banjir, tanggul, *HEC HMS 4.3*, *HEC RAS 5.0.7*.

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan jaringan yang berupa alur-alur pada permukaan bumi yang proses terbentuknya secara alamiah, mulai dari bentuk yang kecil sampai besar. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian kecil akan menguap kembali dan sebagian besar akan membentuk alur – alur kecil yang kemudian akan mengumpul menjadi alur yang besar. Sehingga sungai dapat dikatakan berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut. Aliran sungai dapat memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai kegiatan seperti irigasi, pembangkit tenaga listrik, pelayaran, perikanan, penyelidikan air untuk keperluan domestik dan industri serta kebutuhan lainnya, Loebis, Joesron., dkk (1993). Selain itu, sungai atau aliran air yang sangat banyak memberikan manfaat kepada manusia juga bisa

mendatangkan sebuah resiko yaitu banjir tahunan (Sebastian, Ligal, 2008).

Banjir merupakan permasalahan yang sering terjadi di sebagian wilayah Indonesia yang dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar seperti kerugian harta benda penduduk serta korban jiwa, maka sudah semestinya banjir harus ditangani dengan serius (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Kegiatan penanganan sungai bervariasi baik yang menyangkut besar kecilnya penanganan maupun dampaknya terhadap sungai secara keseluruhan. Semua kegiatan yang dilakukan pada sungai tidak boleh sembarangan, tetapi harus dengan dukungan ilmiah maupun pengalaman – pengalaman yang cukup (Siswoko, 1987).

Berbagai usaha perlindungan dan pengendalian sungai telah dilaksanakan di

Indonesia, tetapi usaha pemeliharaan sungai serta infrastruktur lainnya masih perlu ditingkatkan agar dapat menangani permasalahan yang timbul dari sungai tersebut di kemudian hari (Lotti, C dan Asosiasi, 2009).

Sungai Bila merupakan salah satu sungai yang mengalir Kabupaten Sidrap dengan panjang  $\pm 15.100$  m, lebar  $\pm 70$  m dan kedalaman  $\pm 4$  m, Anonim (2014). Kabupaten Sidrap merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan dengan luas wilayah  $189.8008,70$  Km<sup>2</sup> yang terdiri dari 11 kecamatan, 68 desa dan 38 kelurahan yang secara astronomis terletak membentang antara  $3^{\circ}43'$  -  $4^{\circ}09'$  LS dan  $119^{\circ}41'$  -  $120^{\circ}10'$  BT. Kabupaten Sidrap merupakan salah satu kota yang mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya. Jumlah penduduk Kabupaten Sidrap tahun 2016 sebanyak 292.985 jiwa, kemudian pada tahun 2017 meningkat menjadi 296.125 jiwa (Anonim, 2018).

Mengantisipasi pertumbuhan penduduk dan pengembangan aktivitas yang semakin meningkat dari tahun ke tahun dalam hal pembukaan lahan untuk kawasan pemukiman, perkebunan, pertambangan, perniagaan dan industri, maka dampak adanya perkembangan tersebut adalah pengaruh secara hidrologis terhadap tata guna lahan, pengisian air tanah dan limpasan banjir, Purwanto (2016). Pengaruh dari hal – hal tersebut yaitu menurunnya kualitas lingkungan termasuk menurunnya kualitas daerah aliran sungai sehingga menyebabkan terjadinya hal-hal yang dapat menimbulkan kerugian seperti kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim hujan (Qadri S, Wahyudin., dkk, 2016).

Menurut Qadri S, Wahyudin., dkk (2016), kondisi tersebut terjadi pula pada aliran Sungai Bila, antara lain ditandai dengan kejadian disekitar Sungai Bila berupa berkurangnya kapasitas sungai, peningkatan debit banjir, dan meluapnya Sungai Bila dan anak – anaknya, mengakibatkan kerusakan sarana fasilitas umum, areal persawahan, kebun dan daerah pemukiman serta terganggunya kelancaran arus lalu lintas pada Jalan Raya Trans Sulawesi, diperburuk lagi dengan adanya gerusan aliran sungai yang menimbulkan kerusakan tebing sungai yang mengancam fasilitas – fasilitas penting yang ada di sekitarnya.

Bedasarkan berita yang dilansir di media online Merdeka.com dan Berita Sidrap.com

tanggal 9 dan 13 juni 2019 menyebutkan Tiga kecamatan di Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan, terendam banjir akibat meluapnya Sungai Bila (Tanru Tedong). Kecamatan yang terendam antara lain Kecamatan Dua Pitue (8 Desa), Kecamatan Pitu Riawa (6 Desa) dan Kecamatan Pitu Riase (2 Desa). Penyebab utama banjir ini karena sejumlah tanggul di bantaran sungai jebol dan tingginya intensitas curah hujan sehingga meluapnya Sungai Bila.

Berdasarkan latar belakang diatas, menunjukkan bahwa permasalahan banjir yang terjadi di Kabupaten Sidrap pada umumnya dan khususnya di tiga kecamatan yaitu; Kecamatan Dua Pitue, Kecamatan Pitu Riawa, Kecamatan Pitu Riase yang merupakan dampak penurunan kinerja Sungai Bila. Penurunan kinerja Sungai Bila disebabkan oleh berkurangnya kapasitas sungai, pembangunan pada daerah aliran sungai, erosi tebing sungai sepanjang aliran sungai serta rusaknya beberapa tanggul. Oleh karena itu, sangat diperlukan adanya mitigasi dalam rangka untuk mengurangi dampak banjir pada Sungai Bila, maka dengan ini kami mengangkat judul **“Strategi Mitigasi Dalam Mengurangi Dampak Banjir Pada Sungai Bila di Kabupaten Sidrap”**.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui :

1. Bagaimana kondisi bangunan pengendalian banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap pada saat ini ?
2. Bagaimana kinerja bangunan pengendalian banjir Sungai Bila di Kabupten Sidrap ?
3. Bagaimana strategi mitigasi bencana banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap ?

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini:

1. Diperolehnya data dan informasi kondisi bangunan pengendalian banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap pada saat ini.
2. Diperolehnya hasil kinerja bangunan pengendalian banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap.
3. Rekomendasi strategi mitigasi bencana banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah (PP No.35 Tahun 1991), sungai adalah tempat - tempat dan wadah - wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan-kirinya serta pengalirannya oleh garis sempadan.

### 2.2 Banjir

Menurut Siswoko (1987), banjir adalah peristiwa terjadinya genangan pada lahan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) dan yang kedua adalah terjadinya limpasan air dari alur sungai yang disebabkan oleh karena debit yang mengalir pada sungai melebihi kapasitas pengalirannya.

### 2.3 Mitigasi Bencana Banjir

Menurut Undang – Undang No 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi dampak bencana, baik melalui pembangunan prasarana fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana Jadi mitigasi bencana banjir dapat diartikan serangkaian upaya yang dilakukan dalam meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat bencana banjir (Sambas, Amirul Mu'minin, 2017).

Mitigasi bencana banjir dapat diklasifikasikan dalam dua cara, yaitu cara teknik/struktur dan cara non teknik/non struktur. Cara struktur dapat dilakukan melalui pengelolaan daerah banjir dengan membuat bendungan, bendung/dam pengendalian banjir, tanggul di sepanjang sungai, pengerukan dasar sungai, normalisasi sungai dan sebagainya, sedangkan cara non struktur dapat dilakukan dengan zonasi potensi rawan dan risiko banjir, memberikan sosialisasi dan peringatan dini upaya penyelamatan diri, membuat peraturan tata ruang agar pemanfaatan lahan yang tidak ramah lingkungan di daerah rawan banjir dan kawasan resapan air dapat dikendalikan, serta dengan memberikan penyuluhan kepada masyarakat terutama yang tinggal di daerah rawan banjir (Indradewa, Meilani Safira, 2008).

### 2.4 Pengisian Data Hilang

Untuk mengisi data hujan yang hilang akibat rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat data di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar dari tiga atau lebih stasiun terdekat disekitarnya (Triatmodjo, Bambang, 2014).

Pada kajian ini, pengisian data yang hilang dianalisis dengan rumus *reciprocal method*.

### 2.5 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi artinya menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman dan pengukuran, data tersebut harus betul – betul menggambarkan fenomena hidrologi sama seperti keadaan di lapangan (sebenarnya). Bisa dikatakan juga data hidrologi tersebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995).

Hal yang menyebabkan terjadinya kesalahan yaitu perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan cara pengukuran yang dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur (Triatmojo, Bambang, 2014).

Cara pengujian konsistensi dapat dilakukan dengan metode curve massa ganda dan RAPS, namun dalam kajian ini hanya digunakan metode kurva massa ganda.

### 2.6 Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang dibutuhkan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir yaitu curah hujan rata – rata di seluruh wilayah yang bersangkutan. Ada beberapa cara perhitungan curah hujan dari pengamatan di beberapa titik, yaitu cara rata-rata aljabar, cara Thiessen, dan cara garis Isohyet (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Menurut Suripin (2014), jika luas DAS 500 – 5000 km<sup>2</sup> maka menggunakan metode poligon Thiessen. Maka dalam kajian ini distribusi curah hujan wilayah menggunakan metode poligon Thiessen.

### 2.7 Analisa Distribusi Frekwensi

Analisa frekwensi bertujuan untuk menentukan besaran hujan dengan periode

ulang tertentu, Sukmara, Riyan Benny, (2015). Ada beberapa metode yang digunakan dalam analisis frekwensi untuk hidrologi, seperti distribusi normal, log normal, Gumbel, Pearson, Log Pearson, dsb (Triatmodjo, Bambang, 2014).

Dalam kajian ini metode yang digunakan dalam analisis dsitribusi ferkuensi yaitu metode log pearson III dan Gumbel type I.

## 2.9 Uji Kecocokan

Untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut diperlukan adanya pengujian parameter. Pengujian parameter yang sering digunakan yaitu chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

## 2.10 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang terjadi. Besarnya nilai koefisien pengaliran atau limpasan mempengaruhi besarnya debit banjir yang tergantung pada penggunaan lahan, jenis tanah, dan topografi daerah pengaliran (Sukmara, Riyan Benny, 2015).

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

No.	Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga C
1	Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75~0,90
2	Daerah perbukitan	0,7~0,8
3	Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5~0,75
4	Daerah dataran yang digarap	0,45~0,6
5	Daerah persawahan irigasi	0,7~0,8
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75~0,85
7	Sungai kecil di daerah dataran	0,45~0,75
8	Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50~0,75

Sumber : Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, 2002

## 2.11 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi/kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan yaitu :

- 1) Makin singkat hujan berlangsung, maka intensitasnya cenderung makin tinggi,
- 2) Makin besar periode ulangnya, maka makin tinggi intensitasnya.

Dalam kajian ini, intensitas hujan rencana dianalisis dengan rumus mononobe karena data yang tersedia hanya data hujan harian.

Rumus Mononobe, rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia (hanya data hujan harian) (Suripin, 2004).

## 2.12 Debit Banjir Rancangan

Untuk mendapatkan hubungan antara hujan yang jatuh dan debit yang terjadi maka dilakukan pengalih ragaman dari data hujan sehingga menjadi debit aliran. Dikarenakan tidak tersedianya debit pengamatan banjir di lokasi, maka analisis debit banjir biasanya menggunakan Metode Rasional dan pendekatan Hidograf Satuan Sintetis (HSS). Metode rasional ini terdiri dari metode melchior, metode weduwen, metode hasper, dan metode rasional. Pendekatan Hidograf Satuan Sintetis terdiri dari HSS Nakayasu, HSS Snyder, dan HSS Gamma 1, Br, Sri Harto, (1993). Selain itu ada beberapa metode yang termasuk HSS yang telah dikembangkan oleh beberapa instansi yaitu ITB (ITB 1 dan ITB 2) dan Brawijaya (Limantara) (SNI, 2016).

Karena DAS Bila termasuk DAS yang besar maka analisis debit banjir akan menggunakan metode Hidograf Satuan Sintesis. HSS adalah penurunan hidograf satuan berdasarkan data sungai pada DAS yang sama atau DAS yang terdekat tetapi memiliki karakteristik yang sama. Penurunan HSS suatu DAS harus dilakukan melalui langkah – langkah kalibrasi dan verifikasi sehingga model HSS yang dihasilkan dapat menggambarkan kondisinya yang sebenarnya (Kamiana, I Made, 2011).

Dalam kajian ini Metode HSS yang digunakan yaitu HSS Nakayasubdan ITB – II

## 2.12 AWLR/Lengkung Aliran Debit

Kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit pada lokasi penampang sungai tertentu disebut lengkung aliran debit. Debit sungai merupakan volume air yang melalui penampang basah dalam satuan waktu tertentu dalam  $m^3/detik$  atau  $l/detik$ .

Ada dua metode dalam pembuatan garis lengkung aliran yaitu metode logaritmik dan analitik (Winarno, Gunardi Djoko dkk., 2010).

- 1) Metode Logaritmik

- 2) Metode Analitik
  - a) Model Polinomial
  - b) Model Least Squart

### 2.13 Aplikasi HEC – HMS 4.3 (SCS curve number)

Menurut Anonim (2014), prosedur penggunaan aplikasi HEC-HMS adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat suatu project baru (*new project*).
- 2) Membuat *HMS Component Models*.
  - a) *Basin Model*.
  - b) *Meteorologic Model*.
  - c) *Control Specification*.
- 3) Membuat *Time Series Data*, seperti:
  - a) Data hujan.
  - b) Data debit.
- 4) Membuat *Paired data (jika diperlukan)*, seperti:
  - a) *Hidrograf satuan*.
  - b) *Hubungan Elevasi-tampungan*.
- 5) Membuat *Basin Models*.
- 6) Memilih dan mengisi *Basin Models*.
- 7) Mengisi *Meteorologic Model*.
- 8) Mengisi *Control Specification*.
- 9) Mengisi *Time-series Data*.
- 10) Mengisi *Paired Data*.
- 11) Memeriksa Data.
- 12) Melakukan *Simulation*.
- 13) Melakukan *Calibration* (jika tersedia data debit).

### 2.14 Menentukan Bilangan Kurva (Curve Number/CN)

Bilangan kurva merupakan fungsi dari karakteristik DAS berupa tipe penggunaan lahan. Bilangan kurva ditentukan berdasarkan penggunaan lahan dan jenis tanah. Oleh karena itu hal yang paling pertama dilakukan adalah menentukan jenis kelompok tanah (Pratiwi, Dimas Tiara, 2011).

Jenis tanah serta sifat hidrologinya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2. Klasifikasi Sifat Hidrologi Berdasarkan Tekstur Tanah.

No.	Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (fc)(mm/jam)	SCS Kelompok Hidrologi Tanah
1	Sand	210	A
2	Loamy sand	61	A
3	Sandy loam	26	B
4	Loam	13	B
5	Silty loam	6,9	C

6	Sandy clay loam	4,3	C
---	-----------------	-----	---

Lanjutan Tabel 2.2.

No.	Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (fc)(mm/jam)	SCS Kelompok Hidrologi Tanah
7	Silty clay loam	2,3	D
8	Clay loam	1,5	D
9	Sandy clay	1,3	D
10	Silty clay	1,0	D
11	Clay	0,5	D

Sumber : Triatmodjo, Bambang, 2014

Selanjutnya adalah menentukan nilai bilangan kurva berdasarkan penggunaan lahan berdasarkan tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai CN Untuk Beberapa Tataguna Lahan

Jenis Tataguna Tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tanah yang diolah dan ditanami				
1. Dengan konservasi	72	81	88	91
2. Tanpa Konservasi	62	71	78	81
Padang Rumput				
1. Kondisi jelek	68	79	86	89
2. Kondisi baik	39	61	74	80
Padang rumput: kondisi baik	30	58	71	78
Hutan				
1. Tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
2. Penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka, haaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
1. Kondisi baik: rumput menutup 75%	39	61	74	80
2. Kondisi sedang: rumput menutup 50%-75% luasan	49	69	79	84
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industry (72% kedap air)	81	88	91	93
Pemukiman				
Luas %kedap air				
1/8 acre atau kurang 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Tempat paker,atap, jalan mobil (dihalaman) Jalan	98	98	98	98
1. Perkerasan drainase	98	98	98	98
2. Kerikil	76	85	89	91
3. Tanah	72	82	87	89

Sumber : Triatmodjo, Bambang, 2014

Untuk DAS yang terdiri dari beberapa macam jenis tanah dan penggunaan lahan, maka nilai bilangan kurva ditetapkan sebagai nilai *composite* (gabungan). Bilangan kurva *composite* ditentukan berdasarkan bobot luas

bentuk penggunaan lahan yang ada didalam DAS (Pratiwi, Dimas Tiara, 2011).

Bilangan kurva *composite* ditentukan melalui persamaan berikut (US Feldman A.D., 2000) :

$$CN_{composite} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(54)$$

Keterangan :

CN : bilangan kurva tiap tipe penggunaan lahan

A : luas tipe penggunaan lahan subDAS ke-i (km<sup>2</sup>).

**2.15 Aplikasi HEC – RAS 5.0.7**

Menurut Aviva, Yulia Nur (2018), prosedur dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS adalah sebagai berikut:

- 1) Memulai projek baru.
- 2) Memasukkan data geometri.
- 3) Memasukkan data aliran dan kondisi batas.
- 4) Melakukan perhitungan hidrolika
- 5) Menampilkan dan mencetak hasil dalam bentuk data dan grafik
- 6) Penyusunan laporan.

**2.16 Penilaian Kinerja Tanggul Sungai**

Untuk mendapatkan nilai kondisi fisik, fungsional, dan kondisi biaya O & P digunakan verifikasi seperti tercantum dalam tabel-tabel berikut ini :

Tabel 2.4. Verifikasi Untuk Indikator Fisik Prasarana.

Nilai Kondisi Fisik (Tingkat Kerusakan)	Kategori	Keterangan	Nilai Ekuivalen terhadap Kondisi Awal
<10%	Baik	Bangunan baru/masih baru, cukup dengan pemeliharaan rutin	Baik
10-20%	Rusak ringan	Sudah beroperasi penuh, memerlukan pemeliharaan normal	Cukup

21-40%	Rusak sedang	Beroperasi tapi memerlukan pemeliharaan intensif(korektif)	Sedang
>40%	Rusak berat	Tidak beroperasi, bangunan mulai rusak	Jelek

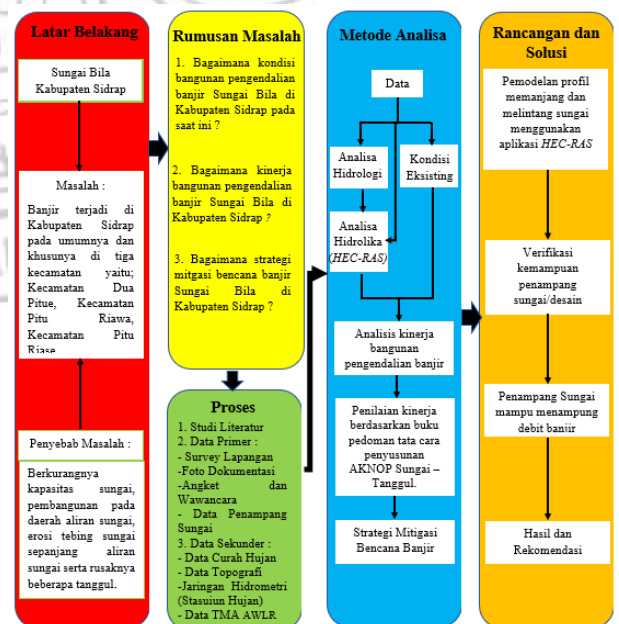
Sumber : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2016

Tabel 2.5. Verifikasi untuk indikator Fungsionalitas Prasarana.

Nilai Kondisi Fungsionalitas	Kategori	Keterangan	Nilai Ekuivalen terhadap Kondisi Awal
>80%	Berfungsi baik (mantap)	Optimal, fungsi pelayanan memenuhi syarat-syarat pengoperasian	Baik
61-80%	Cukup (kurang mantap)	Marginal kurang memenuhi syarat-syarat pengoperasian	Cukup
40-60%	Kurang berfungsi (kritis)	Sub marginal, tidak memenuhi syarat-syarat pengoperasian	Sedang
<40%	Tidak berfungsi	Gagal, tidak berfungsi	Jelek

Sumber : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2016

**2.16 Kerangka Berpikir**



Gambar 2.1 Kerangka Berpikir

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Rancangan penelitian

Penelitian mengenai strategi mitigasi dalam mengurangi dampak banjir pada Sungai Bila di Kabupaten Sidrap menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif dalam hal ini untuk mendapatkan indeks kinerja dan strategi mitigasi bencana banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap.

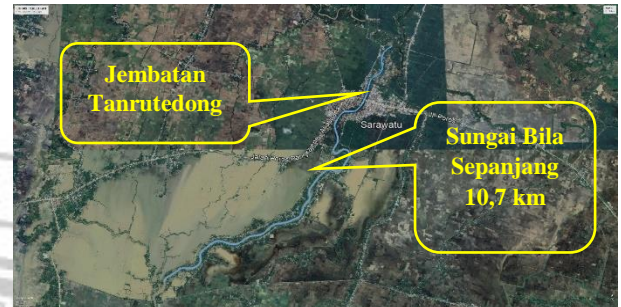
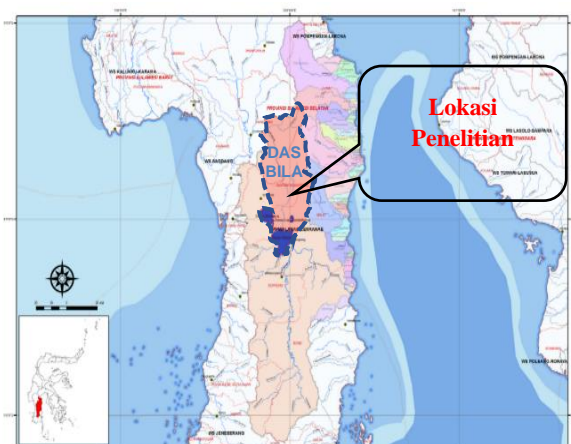
Kondisi bangunan pengendalian banjir Sungai Bila dapat diketahui melalui survey langsung ke lapangan kemudian indeks kinerja fisik bangunan pengendalian banjir dianalisis berdasarkan pedoman tata cara penyusunan AKNOP sungai - tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Selanjutnya indeks kinerja fungsi bangunan pengendalian banjir dapat diketahui dengan melakukan analisis hidrologi data sekunder yang kemudian dilanjutkan ke analisis hidrolika dan analisa profil muka air menggunakan aplikasi *HEC-RAS 5.0.7* dengan data penampang sungai untuk mengetahui apakah terjadi limpasan atau tidak, kemudian fungsi bangunan pengendalian dianalisis berdasarkan pedoman tata cara penyusunan AKNOP sungai - tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016.

Setelah menilai kinerja fisik dan fungsi bangunan pengendalian banjir maka langkah selanjutnya adalah memberikan rekomendasi strategi mitigasi bencana banjir Sungai Bila. Strategi mitigasi bencana banjir tersebut akan dilakukan dengan metode struktur.

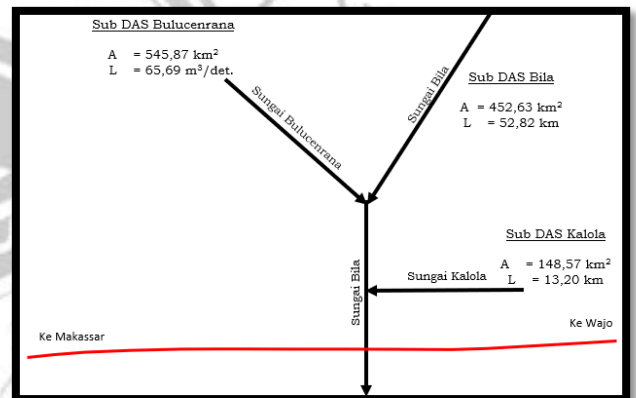
### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat

Tempat penelitian berada di Sungai Bila, Kabupaten Sidrap, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelusuran hidraulik untuk analisis banjir dilaksanakan sepanjang 10,7 km, yang dimulai pada pertemuan Sungai Bulucenrana dan Sungai Bila atau pada koordinat  $3^{\circ}52'49.82''\text{LS}$  dan  $120^{\circ}0'32.07''\text{BT}$  hingga  $3^{\circ}56'18.85''\text{LS}$  dan  $119^{\circ}57'29.81''\text{BT}$ .



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3.2 Skema Sungai

#### 3.2.2 Waktu

Adapun waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Juli 2020.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- 1) Peralatan Survey, seperti
  - a) Meteran
  - b) Kamera
  - c) Total Station TKS-202
  - d) Prisma
  - e) GPS Geodetik CHC M5+
  - f) Statif/tripod
  - g) Alat tulis untuk mencatat.



- 2) Komputer/laptop, lengkap dengan aplikasi *Microsoft Office 2016*, *AutoCAD 2016*, *AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009*, *ArcGIS 10.6*, *PCLP*, *Global Mapper 20*, *HEC-HMS 4.3*, dan *HEC-RAS 5.0.7* yang sudah terinstal yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengolah data.

### 3.1.2 Bahan

Adapun bahan yang dimaksud disini adalah data – data yang diperlukan dalam pengerjaan skripsi ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Data kondisi sungai.
- 2) Data penampang sungai
- 3) Data topografi.
- 4) Data curah hujan
- 5) Data TMA AWLR (Automatic Water Level Recorder).
- 6) Data jenis tanah
- 7) Data tata guna lahan

## 3.4 Jenis dan Sumber Data

Adapun jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

### 3.4.1 Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil survey dan pengukuran langsung di Sungai Bila di Kabupaten Sidrap yang dilengkapi dengan dokumentasi. Data primer yang diperlukan pada penelitian ini adalah kondisi eksisting dan data penampang Sungai Bila di Kabupaten Sidrap.

### 3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data – data yang dikumpulkan dari berbagai instansi – instansi terkait yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWSPJ) Unit Hidrologi, Dinas Sumber Daya Air, Cipta Karya, dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Selatan dan instansi – instansi terkait lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

## 3.5 Metode Penelitian

Tinjauan dilakukan pada hilir Sungai Bila, Kabupaten Sidrap, Provinsi Sulawesi Selatan,

adapun bentuk metode penelitian adalah sebagai berikut :

### 3.5.1 Persiapan

Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan berbagai keperluan atau perlengkapan penelitian seperti formulir dan kuesioner yang berfungsi untuk memperoleh informasi mengenai bencana banjir yang terjadi, kamera sebagai alat dokumentasi, GPS Geodetik untuk mengukur alur sungai (tracking), total station untuk pengukuran melintang sungai, APD seperti sepatu boots, laptop yang telah terinstal aplikasi *Microsoft Office 2016*, *AutoCAD 2016*, *AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009*, *ArcGIS 10.6*, *PCLP*, *Global Mapper 20*, *HEC-HMS 4.3*, dan *HEC-RAS 5.0.7* dan untuk mengolah data serta peralatan penunjang lainnya.

### 3.5.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan dari hasil survey dan pengukuran langsung untuk *mengumpulkan* informasi sebagai data primer dan pengambilan data sekunder diambil secara langsung di instansi yang terkait.

Teknik pengambilan data informasi yaitu :

- 1) Mempersiapkan segala sesuatu yang akan digunakan untuk survey ke lapangan agar penelitian berjalan dengan lancar.
- 2) Melihat dan memperhatikan kondisi bangunan di lapangan.
- 3) Melakukan pengukuran memanjang dan melintang sungai.
- 4) Mengkoordinasikan/mengkomunikasikan waktu untuk pengambilan data pada instansi terkait.
- 5) Mengumpulkan data-data dan di *input* ke dalam *Microsoft Office* yang akan digunakan untuk menganalisis dan menilai kinerja bangunan.

### 3.5.3 Metode Pengolahan Data

Metode untuk melakukan penilaian kinerja bangunan pengendalian banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi bangunan pengendalian banjir pada saat ini dan melakukan analisa hidrologi serta analisa hidrolika dan profil muka air dengan data penampang sungai (*HEC-RAS 5.0.7*)

berdasarkan AKNOP Sungai-Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Selanjutnya hasil analisis hidrologi akan digunakan kembali, kemudian di running menggunakan HEC-RAS 5.0.7 dengan data penampang yang baru (desain) untuk memberikan strategi mitigasi bencana banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap.

### 3.6 Analisis Data

Analisis dilakukan terhadap data-data yang diperlukan yaitu data curah hujan, data topografi, jaringan hidrometi (stasiun hujan), data TMA AWLR, dan data penampang sungai. Dalam proses analisis data, peneliti menganalisis kondisi bangunan penendalian banjir dan melakukan analisis hidrologi dan hidrolika untuk menilai kinerja bangunan pengendalian banjir Sungai Bila, sedangkan untuk strategi mitigasi bencana banjir dilakukan dengan metode struktur.

#### 3.6.1 Analisis Kondisi Bangunan Pengendalian Banjir

Berdasarkan batasan masalah maka kondisi fisik yang ditinjau hanya pada bangunan pengendalian banjir. Kondisi yang ditinjau adalah kondisi kerusakan yang terjadi pada bangunan. Dari kondisi yang ada tersebut menunjukkan bahwa Sungai Bila mengalami penurunan kinerja. Kerusakan yang ada kemudian akan di lampirkan beserta dokumentasinya.

#### 3.6.2 Analisis Hidrologi

Analisis ini menggunakan data – data yang diambil dari instansi yang terkait berupa data curah hujan, jaringan hidrometi (stasiun hujan), data topografi dan data TMA AWLR. Dari data – data tersebut akan di analisis sampai memperoleh debit banjir rancangan.

##### 1) Data Curah Hujan dan Jaringan Hidrometri (stasiun hujan)

Data curah hujan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu berasal dari data curah hujan tahun 1994 sampai tahun 2019 di 10 stasiun yaitu Barukku, Bila Riase, E5 Bulucenrana, E6 Dongi, Betao, Tanrutedong, Watang Kalola, Tingaporasi, Talangriaja, dan Maroangin.

##### 2) Data Topografi

Data topografi yang dimaksud yaitu peta rupa bumi Sidenreng, Anabanua, Enrekang, Compong, Belajen, dan Bonelemo yang diterbitkan oleh BAKOSURTANAL dengan skala 1 : 50.000. Analisis data topografi dilakukan untuk mengetahui luas daerah aliran Sungai Bila.

##### 3) Data AWLR

Data Tinggi Muka Air (TMA) yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu berasal dari AWLR Tanrutedong mulai dari tahun 1994 sampai tahun 2019. Dari data tersebut akan dicari debit sesaat yang kemudian dibuat suatu kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit yang disebut dengan lengkung aliran debit.

##### 4) Data jenis tanah

Data jenis tanah dibutuhkan untuk menentukan kelas tanah berdasarkan karakteristik tanah pada suatu DAS. Dari kelas tanah tersebut akan diperoleh *Curve Number* (CN) sesuai dengan tata guna lahannya masing – masing pada setiap DAS.

##### 5) Data tata guna lahan

Dari data tata guna lahan akan diperoleh luas masing – masing penggunaan lahan. Luas dan *Curve Number* (CN) yang telah diperoleh dari masing – masing penggunaan lahan akan digunakan untuk mendapatkan nilai *Curve Number Combination* pada suatu DAS.

#### 3.6.3 Analisis Hidrolika dan Analisis Profil Muka Air Menggunakan Aplikasi HEC – RAS 5.0.7

Data yang diperlukan pada analisis ini yaitu data penampang sungai dan data debit banjir.

##### 1) Data Penampang Sungai

Data penampang sungai yang dibutuhkan yaitu data potongan memanjang dan melintang Sungai Bila. Analisis data penampang sungai bertujuan untuk mengetahui besarnya kapasitas daya tampung Sungai Bila sepanjang 10,7 km yang dimulai pada pertemuan Sungai Bulucenrana dan Sungai Bila.

##### 2) Debit banjir rencana

Debit banjir rencana didapat dari analisa hidrologi yang terdiri dari analisis data curah hujan dan analisis data luas daerah aliran sungai dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500, dan 1000 tahun. Debit banjir dipilih berdasarkan Q1000 tahun yang paling mendekati dengan debit

yang diperoleh dari pembacaan grafik creager.

Setelah data penampang sungai dan debit banjir rencana sudah didapatkan, maka data tersebut di input ke dalam aplikasi *HEC-RAS 5.0.7* kemudian di *running*. Hasil dari *running* tersebut kita dapat mengetahui elevasi muka air sungai melimpas atau tidak, atau dengan kata lain apakah debit banjir rancangan masih bisa ditampung oleh Sungai Bila atau tidak.

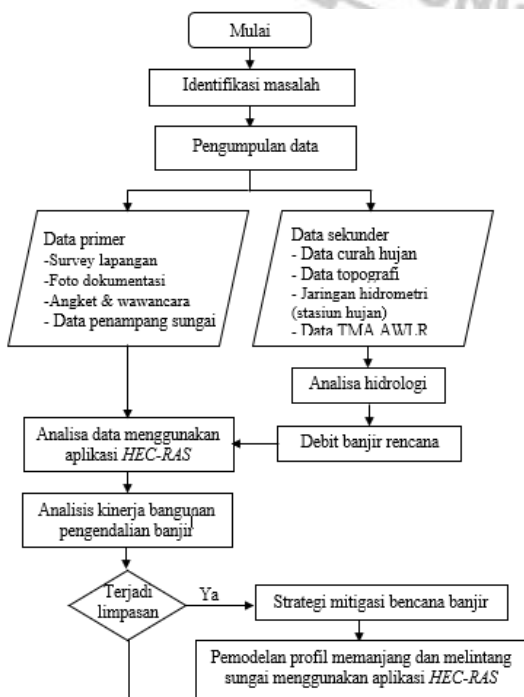
### 3.6.4 Penilaian Kinerja Bangunan Pengendalian Banjir

Kinerja bangunan pengendalian banjir dapat dinilai dari hasil analisis hidrologi, analisis hidrolika dan analisis profil muka air yang berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai-Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Dari penilaian kinerja tersebut dapat diambil sebuah keputusan untuk meningkatkan kembali kinerja bangunan pengendalian banjir tersebut sebagai salah satu strategi mitigasi bencana banjir di sungai bila.

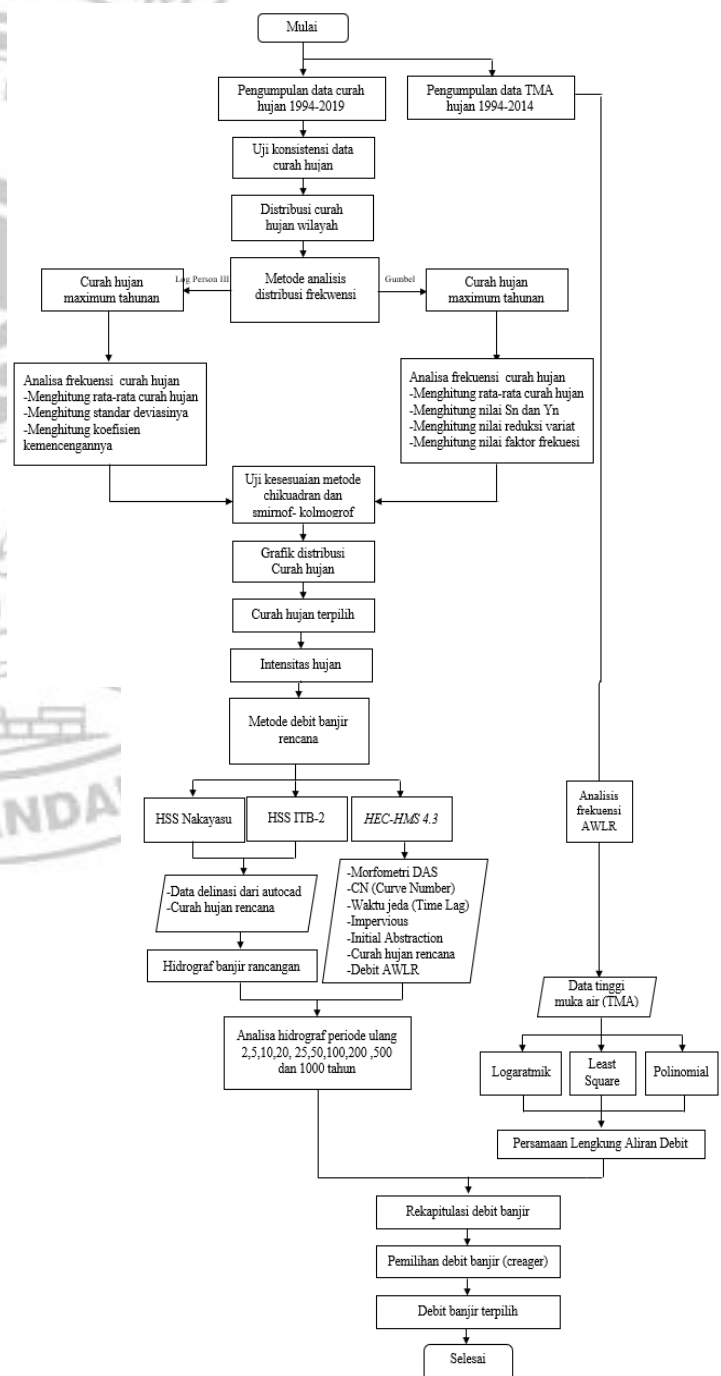
### 3.6.5 Strategi Mitigasi Bencana Banjir

Apabila Sungai Bila tidak dapat menampung debit banjir rancangan maka strategi penanganannya adalah melakukan mitigasi secara struktur sehingga Sungai Bila dapat menampung debit banjir rencana yang diperoleh. Pendesainan ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *HEC-RAS 5.0.7*.

## 3.7 Bagan Alir Penelitian

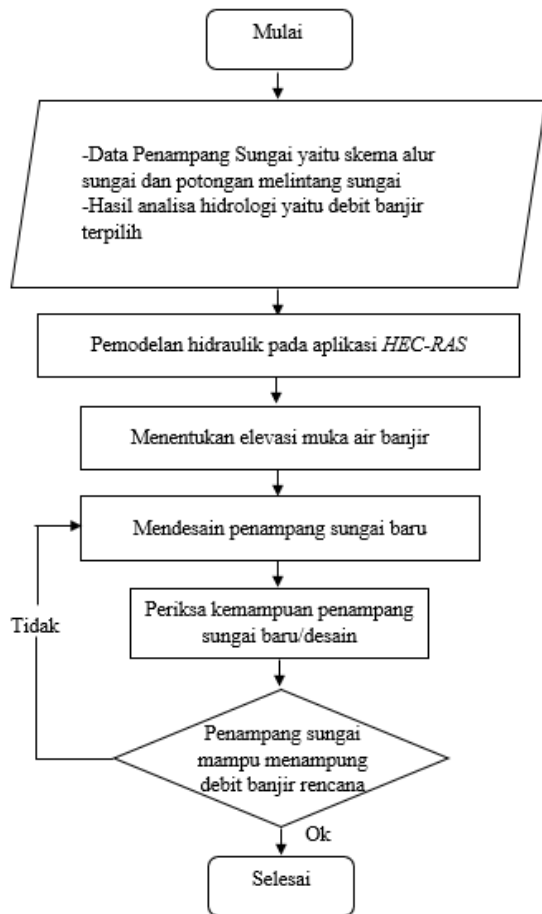


Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian 3.8 Bagan Alir Analisis Hidrologi



Gambar 3.3 Bagan Alir Analisis Hidrologi

### 3.9 Bagan Alir Analisis Hidrolika Menggunakan HEC - RAS



Gambar 3.4 Bagan Alir Analisis Hidrolika Menggunakan HEC - RAS

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1. Kondisi Bangunan Pengendalian Banjir





Bangunan pengendalian banjir Sungai Bila mulai dioperasikan pada tahun 1997, namun seiring berjalannya waktu, bangunan ini mengalami penurunan dalam hal kinerja yang tentunya akan berpengaruh terhadap kinerja bangunan pengendalian banjir. Penurunan fungsi – fungsi bangunan dipengaruhi oleh erosi tanggul tanah, pembuangan sampah disungai, maupun beberapa kerusakan yang terjadi pada dinding pasangan batu yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuan Sungai Bila menampung debit banjir yang terjadi. Dari kondisi demikian menunjukkan bahwa bangunan ini mengalami penurunan kinerja.

Jenis kerusakan yang ada pada tiap – tiap segmen tanggul seperti yang disebutkan di atas kemudian di ukur dan di total keseluruhan. Hasil inventarisasi kondisi fisik bangunan pengendalian banjir dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Titik Lokasi Kerusakan Tanggul Sumber : Google Earth, 2020.

Tabel 4.1. Inventarisasi Lapangan Bangunan Tanggul Sungai Bila

No.	Kondisi dan Daftar Kerusakan dan Dokumentasi Bangunan	Panjang (m)	Lokasi/Koordinat
1	Keruntuhan pada tanggul pasangan batu bagian kiri 	26.2	Patok 9 - 10 atau 3°53'15.95"LS dan 120° 0'19.94"BT
2	Patahan pada tanggul pasangan batu bagian kiri 	6.4	Patok 9 - 10 atau 3°53'15.98"LS dan 120° 0'19.89"BT
3	Keruntuhan pada tanggul pasangan batu bagian kanan 	37	Patok 23 - 24 atau 3°53'44.69"LS dan 120° 0'0.22"BT
4	Keruntuhan pada tanggul pasangan batu bagian kiri 	39.1	Patok 21 - 22 atau 3°53'43.51"LS dan 120° 0'6.54"BT

kinerja fisik tanggul. Nilai kondisi fisik (tingkat kerusakan) yaitu sebesar 2,35%.

#### 4.1.2.2 Penilaian Kinerja Fungsi Bangunan Pengendalian Banjir

Untuk melakukan penilaian terhadap kinerja fungsi tanggul berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai – Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Verifikasi untuk indikator fungsionalitas prasarana dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Sebelum melakukan penilaian kinerja fungsi bangunan pengendalian banjir, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu analisis hidrologi hingga memperoleh debit banjir terpilih kemudian di input ke dalam aplikasi *HEC-RAS 5.0.7* untuk mengetahui lokasi yang terjadi limpasan.

##### 1) Curah Hujan Harian Maksimum

Perhitungan curah hujan maksimum adalah curah hujan terbesar dalam satu hari tiap – tiap stasiun hujan, selama satu bulan untuk tiap – tiap tahun. Data curah hujan maksimum tahunan yang terjadi di DAS Bila, Bulucenrana, dan Kalola dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2. Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan									
	Barauku	Bila Riase	E5 Bulucenrana	E6 Dengi	Betao	Tanrutedong	Watasng Kalola	Tingaraposi	Talangriaja	Maroangin
1994	158	178	100	100	98	65	100	49	151	106
1995	127	210	156	117	80	115	125	215	251	121
1996	150	248	161	183	60	77	115	205	248	139
1997	155	308	133	120	80	133	95	150	278	144
1998	160	409	160	150	104	96	92	310	150	126
1999	110	160	153	70	73	225	72	230	70	161
2000	85	249	166	211	77	240	105	115	25	125
2001	251	237	170	133	124	108	95	150	87	138
2002	200	315	195	154	128	143	160	200	59	161
2003	169	315	127	160	300	143	115	150	100	107
2004	175	112	104	187	150	103	155	95	138	120
2005	167	111	107	98	300	175	135	115	98	117
2006	70	120	110	98	25	70	180	125	120	80
2007	160	201	160	114	120	160	160	80	83	154
2008	321	87	189	141	250	112	180	85	102	103
2009	109	102	109	110	120	120	111	109	104	100
2010	130	120	125	19	340	125	60	35	138	145
2011	131	75	86	86	45	95	190	20	66	90
2012	121	90	94	180	119	105	200	15	133	117
2013	130	113	87	150	95	93	180	18	69	97
2014	149	97	105	75	85	85	33	19	120	64
2015	77	130	160	120	60	64	125	12	94	123
2016	80	155	103	118	72	150	190	10	110	109
2017	240	89	83	112	67	69	170	42	90	77
2018	199	136	130	105	115	67	150	15	150	140

Sumber : Unit Hidrologi BBWSPJ dan Seksi Hidrologi SDA

##### 2) Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda

Sebelum Data Curah Hujan Harian Maksimum digunakan dalam analisis hidrologi,

Lanjutan Tabel 4.1.

No.	Kondisi dan Daftar Kerusakan dan Dokumentasi Bangunan	Panjang (m)	Lokasi/Koordinat
7	Erosi pada tanggul tanah bagian kanan 	40	Patok 32 - 33 atau 3°54'4.52"LS dan 119°59'44.57"BT
8	Erosi pada tanggul tanah bagian kiri 	70	Patok 46 - 47 atau 3°54'25.80"LS dan 119°59'57.25"BT

Sumber : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2016

Berdasarkan Tabel 4.1 tersebut diatas, diperoleh data dan kondisi mengenai kerusakan yang terjadi pada tanggul pasangan batu dan tanggul tanah dari panjang 10,7 km terdapat kerusakan sepanjang 251,86 m.

#### 4.1.2. Penilaian Kinerja Bangunan Pengendalian Banjir

##### 4.1.2.1 Penilaian Kondisi Fisik Bangunan Pengendalian Banjir

Untuk melakukan penilaian terhadap kondisi fisik tanggul berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai – Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Verifikasi untuk indikator fisik prasarana dapat dilihat pada Tabel 2.4

Berdasarkan hasil ukur dari beberapa titik kerusakan selanjutnya dihitung presentase

terlebih dahulu dilakukan uji konsistensi Kurva Massa Ganda dengan hasil sebagai berikut

Tabel 4.3 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Metode Kurva Massa Ganda

Nama Stasiun	Nilai R
Barukku	0,9939
Bila Riase	0,9742
E5 Bulucenrana	0,9989
E6 Dongi	0,9973
Betao	0,9749
Tanrutedong	0,9976
Watang Kalola	0,9715
Tingaraposi	0,9187
Talang Riaja	0,9864
Maroangin	0,9987

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.3. dapat diketahui bahwa Nilai R dari 10 stasiun yang digunakan mendekati 1, yang artinya hubungan antara stasiun sangat kuat.

### 3) Curah Hujan Wilayah

Hujan harian maksimum tahunan untuk seluruh wilayah DAS Bila, Bulucenrana, dan Kalola (hujan wilayah), dihitung memakai cara perataan dengan Poligon Thiessen. Berikut hasil pembagian curah hujan wilayah menggunakan Poligon Thiessen.



Gambar 4.2 Poligon Thiessen Sub DAS Bila, Bulucenrana, dan Kalola .

Sumber : Hasil Analisa di ArcGIS, 2020

### 4) Menentukan Bilangan Kurva (Curve Number/CN)

### a) Tekstur Tanah

Tekstur tanah pada DAS Bila yang diteliti terdiri dari sandy clay loam, sandy loam dan loam. Berikut merupakan peta tanah untuk DAS Bila:



Gambar 4.3 Peta Tanah DAS Bila.

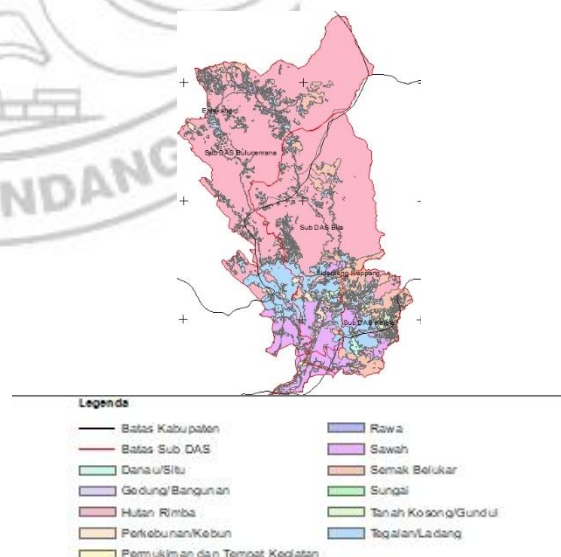
Tabel 4.4 Klasifikasi Tanah DAS Bila Secara Hidrologi.

Soil Sample	Kode	Pengelompokan Tanah Secara Hidrologi
AF		C
AO		C
JE		B
BE		B

Sumber : Hasil Perhitungan

### b) Tata Guna Lahan

Tekstur tanah pada DAS Bila yang diteliti terdiri dari sandy clay loam, sandy loam dan loam. Berikut merupakan peta tanah untuk DAS Bila:



Gambar 4.4 Peta Tata Guna Lahan DAS Bila

Tabel 4.5 Tata Guna Lahan DAS Bila.

No	Penggunaan Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )
----	------------------	-------------------------

1	Sungai	7.23
2	Permukiman dan Tempat Kegiatan	5.70
3	Semak Belukar	122.28
4	Tanah Kosong/Gundul	13.04
5	Danau/Situ	4.30
6	Gedung/Bangunan	0.12
7	Sawah	109.98
8	Tegalan/Ladang	138.57
9	Perkebunan/Kebun	23.52
10	Hutan Rimba	722.29
11	Rawa	0.04
Total		1147.07

Sumber : Hasil Perhitungan

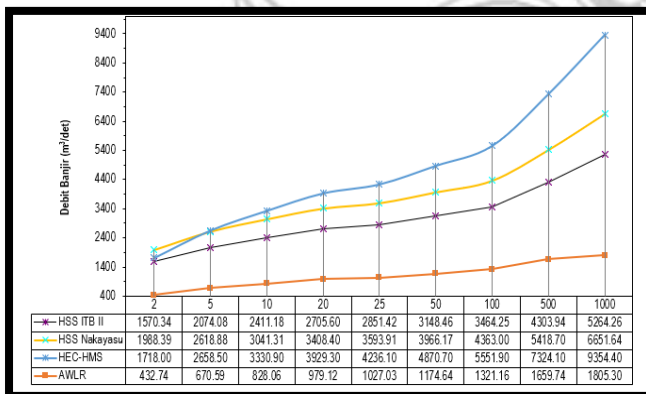
Tabel 4.6 Nilai CN DAS Bila.

No.	SubDAS	Nilai CN
1	Bila	76
2	Bulucenrana	76
3	Kalola	71

Sumber : Hasil Perhitungan

### 5) Debit Banjir Rancangan

Setelah melewati proses uji konstensi, distribusi curah hujan, analisi frekwensi (Log Pearson III dan Gumbel Type 1), dispersi, uji kecocokan dan dan analisis intensitas hujan maka debit banjir rancangan DAS Bila dapat diperoleh sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Debit Banjir Rancangan DAS Bila Dengan Berbagai Kala Ulang.

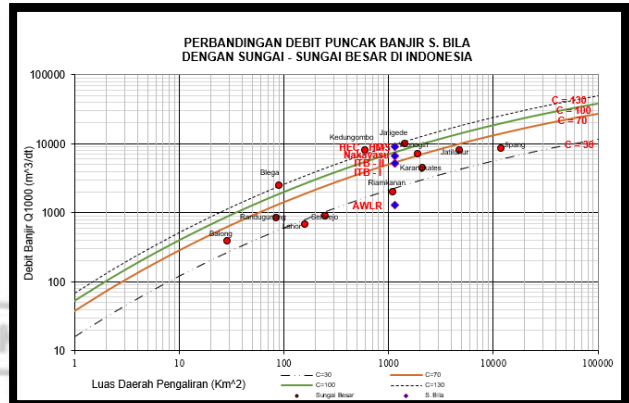
### 6) Grafik Creager

Grafik Creager digunakan untuk membandingkan hasil analisis debit banjir rencana Q 1000, yang paling mendekati Q1000 grafik Creager merupakan debit banjir yang terpilih.

Menurut Sosrodarsono, Suyono dan Takeda (2002), harga C = 100 digunakan untuk menghitung debit puncak suatu kemungkinan banjir terbesar yang hanya sekali terjadi sepanjang eksistensi dari sungai yang

bersangkutan dan pengalaman – pengalaman menunjukkan bahwa angka tersebut realistis.

Berdasarkan pendapat diatas, maka nilai koefisien Creager yang digunakan C = 100. Grafik Creager dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Creager Sub DAS Bila

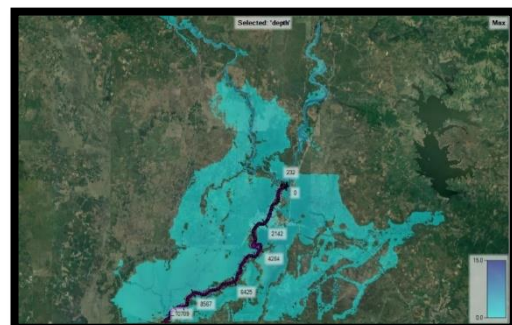
Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa kala ulang 1000 tahun dari keempat metode yang digunakan yang paling mendekati C = 100 grafik Creager adalah metode SCS (HEC – HMS) dan untuk mengoptimalkan kinerja bangunan sungai jika dilakukan normalisasi mengingat debit yang dihasilkan dari metode SCS (HEC – HMS) lebih besar dibandingkan metode lain.

### 7) Analisa Hidrolika/Penentuan Elevasi MAB

Setelah data debit banjir, data pengukuran eksisting sungai dan data tata guna lahan diketahui maka penentuan elevasi muka air banjir dan luas area genangan bisa di lakukan menggunakan aplikasi HEC-RAS. Berikut merupakan hasil running luas area dan tinggi genangan banjir :



Gambar 4.7. Area Genangan Banjir Kala Ulang 2 Tahun

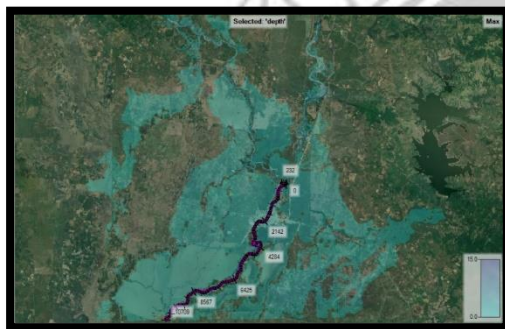


Berikut merupakan beberapa dokumentasi banjir yang pernah terjadi di Kabupaten Sidrap :

Gambar 4.8. Area Genangan Banjir Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 4.9. Area Genangan Banjir Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 4.10. Area Genangan Banjir Kala Ulang 20 Tahun

Tabel 4.7 Luas Area dan Tinggi Genangan Banjir Setiap Kala Ulang

No	Kala Ulang	Tata Guna Lahan	Tinggi genangan rata - rata (m)	Luas Genangan (km <sup>2</sup> )
1	2 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1	1.031
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 1	40.795
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.1 - 0.6	1.039
2	5 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.5	1.361
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 2	48.383
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.1 - 1.5	1.336
3	10 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.5	1.511
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 2	52.168
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.2 - 1.5	1.478
4	20 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.5	1.613
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 2.5	55.319
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.2 - 1.5	1.590

Sumber : Hasil Analisisa HEC-RAS



Gambar 4.11. Banjir Sungai Bila Tahun 2012



Gambar 4.12. Banjir Sungai Bila Tahun 2019.



Gambar 4.13. Banjir Sungai Bila Tahun 2020.

Debit banjir yang digunakan dalam penentuan elevasi muka banjir untuk perencanaan tanggul didasarkan pada lokasi sungai yang ditinjau. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau No. 28/PRT/M/2015 bahwa desain tanggul banjir disyaratkan mengikuti ketentuan sebagai berikut

- Untuk ibukota kabupaten/kota digunakan periode ulang Q10 – Q20.
- Untuk ibukota provinsi/kota besar digunakan periode ulang Q20 – Q50.
- Untuk ibukota negara/metropolitan digunakan periode ulang Q50-Q100

Dari pernyataan diatas maka debit banjir rancangan kala ulang 20 tahun (HEC – HMS) yang digunakan dalam penentuan elevasi muka air banjir untuk perencanaan tanggul.

Dari hasil penentuan elevasi muka air banjir menggunakan aplikasi HEC-RAS dapat diketahui beberapa titik(*cross section*) pada Sungai Bila tidak dapat menampung debit banjir yang ada. Berikut merupakan elevasi muka air banjir pada setiap cross section.

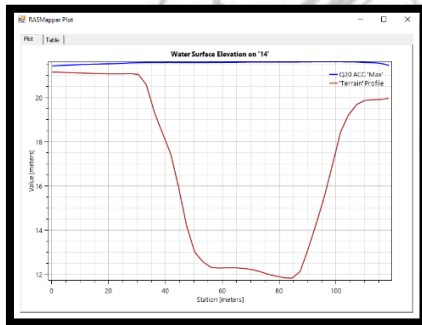


Tabel 4.8 Elevasi Muka Air Banjir Pada Setiap Cross Section Sungai Bila

Patok	Elevasi MAB (m)	Patok	Elevasi MAB (m)	Patok	Elevasi MAB (m)	Patok	Elevasi MAB (m)	Patok	Elevasi MAB (m)	Patok	Elevasi MAB (m)
P.0	+22.17	P.20	+21.31	P.40	+20.71	P.60	+19.98	P.80	+19.73	P.100	+18.84
P.1	+22.15	P.21	+21.28	P.41	+20.71	P.61	+19.91	P.81	+19.73	P.101	+18.83
P.2	+22.11	P.22	+21.26	P.42	+20.71	P.62	+19.88	P.82	+19.72	P.102	+18.82
P.3	+22.11	P.23	+21.12	P.43	+20.70	P.63	+19.87	P.83	+19.63	P.103	+18.79
P.4	+22.10	P.24	+20.99	P.44	+20.70	P.64	+19.87	P.84	+19.33	P.104	+18.78
P.5	+22.10	P.25	+20.99	P.45	+20.69	P.65	+19.87	P.85	+19.30	P.105	+18.76
P.6	+22.09	P.26	+20.98	P.46	+20.69	P.66	+19.87	P.86	+19.26	P.106	+18.75
P.7	+22.09	P.27	+20.98	P.47	+20.69	P.67	+19.86	P.87	+19.20	P.107	+18.70
P.8	+22.09	P.28	+20.97	P.48	+20.68	P.68	+19.86	P.88	+19.17	P.108	+18.74
P.9	+22.08	P.29	+20.95	P.49	+20.68	P.69	+19.86	P.89	+19.17	P.109	+18.66
P.10	+22.08	P.30	+20.95	P.50	+20.63	P.70	+19.86	P.90	+19.16	P.110	+16.61
P.11	+22.07	P.31	+20.94	P.51	+20.62	P.71	+19.85	P.91	+19.16		
P.12	+22.01	P.32	+20.94	P.52	+20.37	P.72	+19.85	P.92	+19.15		
P.13	+21.76	P.33	+20.90	P.53	+20.22	P.73	+19.82	P.93	+19.12		
P.14	+21.63	P.34	+20.88	P.54	+20.16	P.74	+19.79	P.94	+19.12		
P.15	+21.47	P.35	+20.85	P.55	+20.13	P.75	+19.79	P.95	+19.07		
P.16	+21.44	P.36	+20.74	P.56	+20.11	P.76	+19.78	P.96	+19.00		
P.17	+21.38	P.37	+20.71	P.57	+20.08	P.77	+19.77	P.97	+18.84		
P.18	+21.33	P.38	+20.71	P.58	+20.05	P.78	+19.74	P.98	+18.84		
P.19	+21.32	P.39	+20.71	P.59	+20.03	P.79	+19.72	P.99	+18.84		

Sumber : Hasil Analisis HEC-RAS

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui luapan banjir yang terjadi pada tanggul pasangan batu dan tanggul tanah dari panjang 10,7 km terjadi luapan sepanjang 1373,92 m.



Gambar 4.14. Cross Section P.14 Meluap

#### 4.1.3. Strategi Mitigasi Bencana Banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap

Berdasarkan Tabel 4.8, terjadi luapan pada Sungai Bila setinggi 0,2 m – 2,9 m pada kala ulang 20 tahun, sehingga sangat diperlukan adanya strategi mitigasi bencana banjir pada Sungai Bila. Strategi mitigasi bencana banjir dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode struktur dan non struktur.

Berdasarkan Gambar 4.4 Peta Tata Guna Lahan DAS Bila, pada sungai Bila yang ditinjau sangat sulit untuk melakukan mitigasi non struktur karena lahan yang sudah banyak dialih fungsikan sebagai lahan pemukiman yang padat penduduk dan sawah yang merupakan sumber penghasilan utama dari Kabupaten Sidrap, sehingga strategi mitigasi yang paling tepat adalah mitigasi struktur yaitu perbaikan tanggul yang rusak (pemeliharaan preventif) dan menambah tinggi tanggul yang meluap dan yang terancam melalui kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi mengingat sudah adanya tanggul yang dibangun pada sungai bila.

Dalam penelitian ini tanggul yang di rehabilitasi diharapkan bisa menampung debit banjir sampai dengan Q20 tahun. Hal ini didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau No. 28/PRT/M/2018, dengan tinggi jagaan dan lebar mercu berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 4.9 Tinggi Jagaan Standar Tanggul

No	Debit Banjir Rencana	Tinggi Jagaan
	(m <sup>3</sup> /dt)	(m)
1	< 200	0,6
2	200 – 500	0,8
3	500 – 2000	1,0
4	2000 - 5000	1,2
5	5000 - 10000	1,5
6	>10.0000	2,0

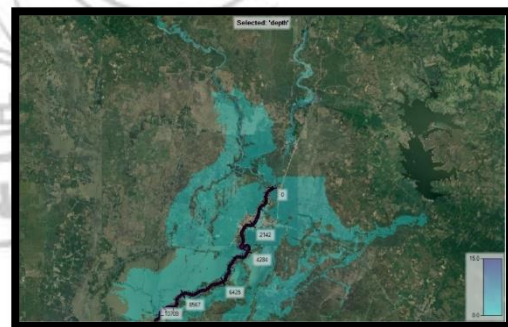
Sumber : Sosrodarsono, Suyono dan Tominaga, Masateru 1994

Tabel 4.10 Lebar Standar Mercu Tanggul Tanah

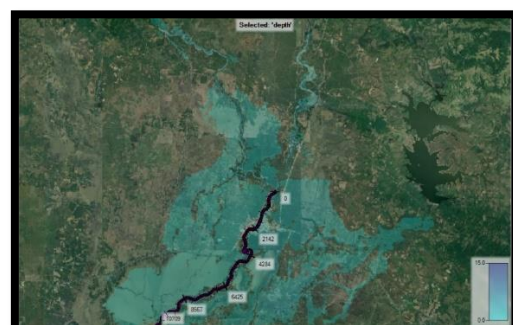
No	Debit Banjir Rencana	Lebar Mercu
	(m <sup>3</sup> /dt)	(m)
1	< 500	3
2	500 - 2000	4
3	2000 - 5000	5
4	5000 - 10000	6
5	5000 - 10000	7

Sumber : Sosrodarsono, Suyono dan Tominaga, Masateru 1994

Berikut merupakan hasil *running* luas area dan tinggi genangan banjir setelah dilakukan perbaikan dan penambahan tinggi tanggul (rehabilitasi) :



Gambar 4.15. Area Genangan Banjir Kala Ulang 2 Tahun Setelah Rehabilitasi



Gambar 4.16. Area Genangan Banjir Kala Ulang 5 Tahun Setelah Rehabilitasi



Gambar 4.17. Area Genangan Banjir Kala Ulang 10 Tahun Setelah Rehabilitasi



Gambar 4.18. Area Genangan Banjir Kala Ulang 20 Tahun

Tabel 4.11 Luas Area dan Tinggi Genangan Banjir Setelah Rehabilitasi Setiap Kala Ulang

No	Kala Ulang	Tata Guna Lahan	Tinggi genangan rata - rata (m)	Luas Genangan (km <sup>2</sup> )
1	2 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 – 0.8	0.723
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 1	40.149
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.1 - 0.5	1.123
2	5 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.3	1.183
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 – 1.8	48.839
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.1 – 1.3	1.420
3	10 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.4	1.377
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 - 2	52.316
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.2 - 1,5	1.564
4	20 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	0.2 - 1.3	1.501
		Sawah, Kebun, dan Ladang	0.2 – 2.3	55.281
		Tanah kosong dan Semak - Semak	0.2 – 1.5	1.657

Tabel 4.12 Perubahan Luas Area Genangan Banjir Sebelum dan Setelah Rehabilitasi Setiap Kala Ulang

No	Kala Ulang	Tata Guna Lahan	Luas Genangan Sebelum Rehabilitasi (km <sup>2</sup> )	Luas Genangan Setelah Rehabilitasi (km <sup>2</sup> )	Persentase Perubahan Area Genangan (%)	Total Persentase Perubahan Area Genangan (%)
1	2 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	1.031	0.723	- 29.874	- 23
		Sawah, Kebun, dan Ladang	40.795	40.149	- 1.584	
		Tanah kosong dan Semak – Semak	1.039	1.123	+ 8.085	
2	5 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	1.361	1.183	- 13.079	- 6
		Sawah, Kebun, dan Ladang	48.383	48.839	+ 0.942	
		Tanah kosong dan Semak – Semak	1.336	1.420	+ 6.287	
3	10 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	1.511	1.377	- 8.868	- 3
		Sawah, Kebun, dan Ladang	52.168	52.316	+ 0.284	
		Tanah kosong dan Semak – Semak	1.478	1.564	+ 5.819	
4	20 Tahun	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	1.613	1.501	- 6.944	- 3
		Sawah, Kebun, dan Ladang	55.319	55.281	- 0.069	
		Tanah kosong dan Semak – Semak	1.590	1.657	+ 4.214	

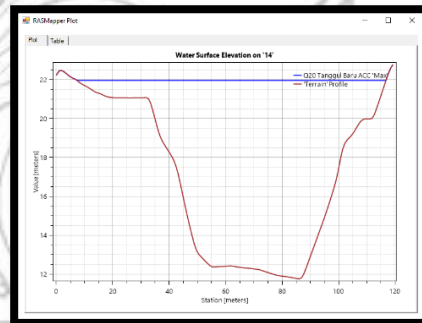
Sumber : Hasil Analisis HEC-RAS

Keterangan :

(-) : Mengalami pengurangan area genangan

(+) : Mengalami penambahan area genangan

Berikut merupakan *cross section* yang telah ditambahkan tinggi mercu tanggul mengalami luapan di Sungai Bila



Gambar 4.19. Cross Section P.14 Setelah Rehabilitasi

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1. Kondisi Bangunan Pengendalian Banjir

Berdasarkan hasil inventarisasi dilapangan, bangunan pengendalian banjir di Sungai Bila terdiri dari tanggul pasangan batu dan tanggul tanah terdapat beberapa segmen yang mengalami kerusakan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

### 4.2.2. Penilaian Kinerja Bangunan Pengendalian Banjir

Dalam kajian ini penulis menentukan penilaian kinerja bangunan pengendalian banjir,

khususnya tanggul pasangan batu dan tanggul tanah di Sungai Bila dengan penilaian kinerja berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai – Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016.

#### 4.2.2.1 Penilaian Kondisi Fisik Bangunan Pengendalian Banjir

Berdasarkan Tabel 2.4, tingkat kerusakan prasarana fisik dengan nilai bobot 2,35 % dari 100% menunjukkan bahwa kondisi prasarana fisik yang terdiri dari tanggul pasangan batu dan tanggul tanah masih dalam kondisi baik.

#### 4.2.2.2 Penilaian Kinerja Fungsi Bangunan Pengendalian Banjir

Analisis hidrolika menggunakan debit banjir rancangan kala ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun untuk menganalisis kapasitas penampang Sungai Bila.

Berdasarkan Gambar 4.7 – 4.10 dapat diketahui banjir yang terjadi di Kabupaten Sidrap disebabkan karena meluapnya Sungai Bila, Bulucenrana dan Kalola. Jadi banjir yang terjadi di area lokasi penelitian tidak semuanya disebabkan oleh Sungai Bila. Selain itu banjir yang sering terjadi juga disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan jebol/rusaknya beberapa bagian pada tanggul.

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui luas area dan tinggi genangan banjir yang disebabkan oleh ketiga sungai tersebut.

Berdasarkan gambar 4.11, 4.12, dan 4.13 dapat diketahui banjir yang terjadi pada tahun 2012 yaitu kala ulang 50 tahun, tahun 2019 yaitu kala ulang 100 tahun, dan tahun 2020 yaitu kala ulang 2 tahun.

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui elevasi muka air banjir dan bagian mana saja yang terjadi luapan pada kala ulang 20 Tahun .

Berdasarkan Tabel 2.5, kinerja fungsi bangunan pengendalian banjir dengan nilai bobot 87,17 % dari 100% menunjukkan bahwa kinerja prasarana fungsi bangunan yang terdiri dari tanggul pasangan batu dan tanggul tanah masih berfungsi baik.

#### 4.2.3. Strategi Mitigasi Bencana Banjir Sungai Bila di Kabupaten Sidrap

Berdasarkan Gambar 4.15 – 4.18 dan Tabel 4.11 dapat diketahui luas area dan tinggi genangan banjir yang disebabkan oleh ketiga sungai tersebut setelah rehabilitasi.

Pada Gambar 4.14 dan 4.19 dapat dilihat perbandingan sebelum dan setelah rehabilitasi.

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat diketahui berapa persen pengurangan lahan yang tergenang setelah dilakukan mitigasi secara struktur yaitu perbaikan tanggul yang rusak (pemeliharaan preventif) dan menambah tinggi tanggul yang meluap dan yang terancam melalui kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi. Walaupun tanggul pada Sungai Bila sudah di rehabilitasi, banjir akan tetap terjadi karena Sungai Bulucenrana dan Kalola juga memberikan dampak bencana banjir pada Kabupaten Sidrap.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil survei dan investigasi lapangan menunjukkan bahwa kondisi bangunan pengendalian banjir Sungai Bila mengalami penurunan kinerja karena terdapat beberapa kerusakan yang terjadi pada tanggul tanah yang diakibatkan oleh erosi permukaan lereng dan tanggul pasangan yang runtuh/jebol.
- 2) Kinerja bangunan pengendalian banjir Sungai Bila dinilai berdasarkan buku pedoman tata cara penyusunan AKNOP Sungai – Tanggul menurut Direktorat Jendral Sumber Daya Air tahun 2016. Tingkat kerusakan prasarana fisik dengan nilai bobot 2,35 % dari 100% menunjukkan bahwa kondisi prasarana fisik masih dalam kondisi baik sedangkan kinerja fungsi bangunan pengendalian banjir dengan nilai bobot 87,17 % dari 100% menunjukkan bahwa kinerja prasarana fungsi bangunan masih berfungsi baik.
- 3) Strategi mitigasi yang paling tepat pada Sungai Bila adalah mitigasi struktur yaitu perbaikan tanggul yang rusak (pemeliharaan preventif) dan menambah tinggi tanggul yang meluap dan yang terancam melalui kegiatan pemeliharaan

dan rehabilitasi dengan tinggi jagaan 1,2 meter dan lebar mercu tanggul tanah 5 m. Dengan adanya mitigasi struktur ini terjadi pengurangan luas area genangan banjir pada Q2 = 23 %, Q5 = 6 %, Q10 = 3 %, dan Q20 = 3 %.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang berkaitan dengan tugas akhir ini sebagai berikut:

- 1) Sebaiknya, pemerintah/instansi terkait lebih memperhatikan kondisi fisik pada bangunan sungai di Sungai Bila dengan melakukan kegiatan operasi dan pemeliharaan secara rutin setiap tahunnya sehingga kinerja fisik bangunan sungai tidak mengalami penurunan.
- 2) Sebaiknya, penilaian kinerja bangunan sungai dilakukan secara rutin setiap tahun oleh dinas/instansi terkait sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan kegiatan operasi dan pemeliharaan bangunan sungai.
- 3) Perlu dilakukan penelitian yang sama terhadap Sungai Bulucenrana dan Kalola agar mitigasi bencana banjir di Kabupaten Sidrap lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor: 35 Tahun 1991 tentang Sungai, Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Anonim. 2014. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sidrap. (Online), (<https://www.bappenas.go.id/id/>), diakses 22 Oktober 2019
- Anonim. 2014. Petunjuk Penggunaan Model HEC-HMS 3.5. Semarang.
- Anonim. 2015. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai Dan Garis Sempadan Danau, Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Anonim. 2018. Statistik Daerah Kabupaten Sidenreng Rappang 2018. Badan Pusat Statistik. (Online), (<http://www.bps.go.id>), diakses 22 Oktober 2019.
- Anonim. 2019. Tanrutedong Banjir lagi, Pemukiman Warga Mulai Terendam. Berita Sidrap. (Online), (<https://beritasidrap.com/read/7606/tanrutedong-banjir-lagi-pemukiman-warga-mulai-terendam>), diakses 21 Oktober 2019.
- Anonim. 2019. Sungai Tanru Tedong Meluap, Tiga Kecamatan Di Sidrap Sulsel Terendam Banjir. Merdeka. (Online), (<https://www.merdeka.com/peristiwa/sungai-tanru-tedong-meluap-tiga-kecamatan-di-sidrap-sulsel-terendam-banjir.html>), diakses 21 Oktober 2019.
- Aviva, Yulia Nur. 2018. Studi Laju Sedimentasi Waduk Sampean Baru Menggunakan Program HEC-RAS 5.0.3. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Br, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Yogyakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air. 2016. Tata Cara Penyusunan Angka Kebutuhan Nyata Operasi & Pemeliharaan Sungai – Tanggul. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum.
- Feldman A.D. 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual. California : Hydrologic Engineering Center, Institute For Water Resources, US Army Corps of Engineers.
- Inradewa, Meilani Safira. 2008. Potensi Dan Upaya Penanggulangan Bencana Banjir Sungai Wolowona, Nangaba Dan Kaliputih Di Kabupaten Ende. Tesis. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Cetakan ke - 1. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kodoatie, Robert J dan Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Prespektif Lingkungan*. Cetakan ke -1. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Loebis, Joesron dkk. 1993. *Hidrologi Sungai*. Cetakan ke - 1. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Lotti, C dan Asosiasi. 2009. Perencanaan Pemeliharaan Sungai dan Bangunannya. Roma : Government of Republic of Indonesia

- Ministry of Public Works Directorate General of Water Resources.
- Pratiwi, Dimas Tiara. 2011. Analisis Hidrograf Menggunakan *HEC-HMS* (Studi Kasus : DAS Citarum *Hulu*). Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Purwanto. 2016. Studi Pengendalian Banjir Sungai Loa Buah Kota Samarinda. *Media Sains*, Vol. 9, No. 1, April 2016, Hlm. 31 – 41.
- Qadri S, Wahyudin dkk. 2016. Studi Penanganan Banjir Sungai Bila Kabupaten Sidrap. *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 7, No. 2, Desember 2016, Hlm. 277-288.
- Sambas, Amirul Mu'minin. 2017. Kajian Kawasan Berpotensi Banjir dan Mitigasi Bencana Pada Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Walanae Kecamatan Dua Bocoe Kabupaten Bone. Skripsi. Makassar : Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Sebastian, Lital. 2008. Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir. *Dinamika Teknik Sipil*, Vol.8, No.2, Juli 2008, Hlm 162 – 169.
- Siswoko. 1987. *River Engineering and Flood Control* , Kursus Teknik Pengembangan Sungai. Yogyakarta : Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI. 2016. Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Soewarno.1995. *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung : Nova.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku, Takeda. 2002. *Bendung Type Urugan*. Cetakan ke -5. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku, Takeda. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Cetakan ke -9. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono dan Tominaga, Masateru.. 1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Cetakan ke -2. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sukmara, Riyan Benny. 2015. *Analisa Penanggulangan Banjir Sungai Karang Mumus Samarinda*. Tesis. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suripin, Takeda. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2014. *Hidrologi Terapan*. Cetakan ke -4. Yogyakarta : Beta Offset.
- Winarno, Gunardi Djoko dkk. 2010. *Buku Ajar Hidrologi Hutan*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. 2007. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (Online), ([https://www.bnpb.go.id/ppid/file/UU\\_24\\_2007.pdf](https://www.bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf)), diakses 25 Januari 2020.