

KAJIAN PENANGANAN BANJIR SUNGAI ANAFRE DI KOTA JAYAPURA

Fanny Tendean¹, Suhardjono², Emma Yuliani²

¹Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Pengairan,

²Dosen Fakultas Teknik Jurusan pengairan.

e-mail: ftendean88@gmail.com.

Abstrak: Sungai Anafre terletak di kota Jayapura. Luas daerah pengaliran sungai (DPS) sungai Anafre mencapai $\pm 11,68 \text{ km}^2$, dengan panjang sungai $\pm 3,63 \text{ km}$. Kemiringan dasar sungai relatif curam, sering terjadi luapan pada musim hujan. Tingkat aktifitas di kawasan ini sangat tinggi. Maksud dari studi ini adalah mengetahui daerah-daerah mana saja yang mengalami banjir pada kala ulang debit 25 tahun dan 50 tahun kemudian dilakukan analisa perhitungan untuk mengetahui alternatif apa saja yang memungkinkan secara tepat dari segi teknis dan ekonomis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa kondisi eksisting sungai Anafre sehingga dapat diketahui titik-titik banjir, kemudian dilakukan normalisasi dengan perbandingan alternatif memperlebar, peninggian tanggul dan kombinasi (memperlebar dan peninggian tanggul). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh 16 titik daerah banjir pada kala ulang debit 25 tahun dan 19 titik daerah banjir pada kala ulang 50 tahun dari 61 titik saluran eksisting sungai Anafre. Secara teknis serta ekonomis terpilihlah alternatif 3 (kombinasi).

Kata kunci: Banjir, Sungai Anafre, Normalisasi, Teknis dan Ekonomis

ABSTRACT

The Anafre River is located in the city of Jayapura. The catchment area of the Anafre River reaches $\pm 11.68 \text{ km}^2$, and the river length is $\pm 3.63 \text{ km}$. Its river bottom is relatively steep and the river often overflows during the rainy season. This area has a very high level of activity. The aim of this study is to determine which areas are flooded on a discharge return period of 25 and 50 years and to analyze the best alternatives from technical and economic standpoints. This study analyzes the existing condition of the Anafre River to recognize flooded areas and compares widening, embankment elevation, and combinations of both as normalization alternatives. Calculations show that there were 16 flooded areas on a return period of 25 years and 19 flooded areas on a return period of 50 years, from 61 existing Anafre river channels. Third alternatives were selected (combination).

Key words: Flood, Anafre River, Normalization, Technically and Economically

A. PENDAHULUAN

Kota Jayapura adalah ibu kota Provinsi Papua yang merupakan pusat pemerintahan, perdagangan, perkonomian dan pemukiman penduduk. Tingkat aktifitas masyarakat di kawasan ini sangat tinggi. Perubahan tata guna lahan yang cukup pesat akibat bertambahnya pemukiman di sepadan sungai Anafre sehingga bagian muara sungai yang dalam bentuk alaminya merupakan daerah genangan banjir waktu hujan telah menjadi pemukiman liar. Akibatnya pada saat curah hujan tinggi, di daerah sekitar muara sungai Anafre sering mengalami banjir.

Kondisi geografis dan banyaknya pemukiman disepadan sungai Anafre normalisasi merupakan langkah yang paling efektif dimana alternatif yang dipakai berdasarkan nilai efisien dan eko-nomis dari normalisasi memperdalam, melebarkan dan kombinasi (memperdalam dan melebarkan).

Beberapa dugaan penyebab meluapnya sungai Anafre yang mengakibatkan banjir adalah banyaknya bangunan permanen di sepadan sungai mengakibatkan menyempitnya dimensi sungai, kondisi topografi dari sungai Anafre bagian hilir

yang cukup landai yang dan kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga sungai. Karena pada kondisi sungai Anafre saat ini sebagai tempat pembuangan limbah rumah tangga dan sampah secara praktis.

Berdasarkan latar belakang diatas perlu adanya suatu kajian untuk memperoleh konsep penanganan yang tepat dilihat dari segi teknis dan ekonomis.

Dalam melaksanakan studi ini, perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas pada kegiatan menata DAS di hulu. Karena pada penelitian ini tidak mengkaji tentang upaya mengurangi debit yang masuk tetapi memperbesar kapasitas tampungan terhadap debit banjir pada hilir sungai Anafre.
2. Tidak membahas pengaruh pasang surut air laut. Karena pengaruh pasang surut di muara sangat kecil terhadap *backwater* disebabkan sisi kiri dan kanan muara terlindungi oleh teluk.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil pengamatan lapangan yang didapatkan dari instansi berwenang. Karena data dari instansi berwenang diperoleh sesuai dengan hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan, sehingga dalam pemecahan masalah pada penelitian ini data-data yang dipakai dapat dipertanggungjawabkan sumbernya.
4. Menganalisa debit banjir pada kondisi eksisting. Karena permasalahan banjir dapat dipengaruhi oleh dua sebab, yaitu pada hulu sungai dan hilir sungai dan pada penelitian ini mencari penanganan masalah banjir pada daerah hilir sungai.
5. Tidak menganalisa sedimentasi pada sungai. Karena diasumsikan sungai dalam kondisi baik, di mana tidak ada pengaruh sedimentasi dari hulu sungai ataupun erosi pada sungai.
6. Alternatif pemilihan penanggulangan banjir pada sungai Anafre, dipilih sesuai dengan kondisi yang secara teknis pa-

ling memungkinkan diterapkan pada lokasi.

Permasalahan yang ada dapat di rumuskan sebagai berikut:

- Pada kondisi eksisting sungai Anafre, daerah-daerah mana saja yang mengalami banjir pada kala ulang debit Q₂₅ dan Q₅₀?
- Alternatif apa saja yang secara teknis yang memungkinkan untuk pengendalian banjir pada sungai Anafre?
- Alternatif apa yang paling tepat dalam menanggulangi banjir di sungai Anafre bila dilihat dari segi teknis dan ekonomis?

B. TINJAUAN PUSTAKA

Banjir adalah meluapnya air sungai melalui tepi sungai yang menggenangi areal tertentu dan secara signifikan menimbulkan kerugian materi maupun non materi. Peristiwa banjir tidak akan menjadi masalah jika tidak mengganggu aktivitas manusia, permasalahan timbul setelah manusia melakukan kegiatan pada daerah dataran banjir yang potensi tergenangnya lebih besar dari dataran lain (Kodoatie, 2002).

Di perkotaan, banjir mengenai daerah-daerah perkampungan, perumahan, perdagangan, perkantoran, industri dan juga infrastruktur seperti jalan, jembatan, saluran drainasi, jaringan air bersih, dan lain-lain. Akibatnya sangat luas. Kerugian yang ditimbulkan sangat besar (Suhardjono, 2013).

Kegiatan normalisasi sungai di tengah kota, bukan lagi cara yang ampuh, karena, di samping menyangkut pemindahan penduduk dengan dampak sosialnya yang rumit, seringkali normalisasi hanya sebatas mengatasi permasalahan lokal (Hindarko, 2000).

1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan suatu saluran drainase atau sungai. Pada studi ini, analisa hidrologi di mulai dengan analisa hujan rata-rata maksimum

dengan menggunakan metode rata-rata aljabar.

Dan pada penelitian ini digunakan 2 stasiun hujan yaitu stasiun hujan DOK II Jayapura dan stasiun hujan BBMKG V-ENTROP. Sedangkan lama pengamatan untuk curah hujan adalah 10 tahun yaitu dari tahun 2004 sampai 2013.

Melakukan analisa frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*Independent*), dan terdistribusi secara acak.

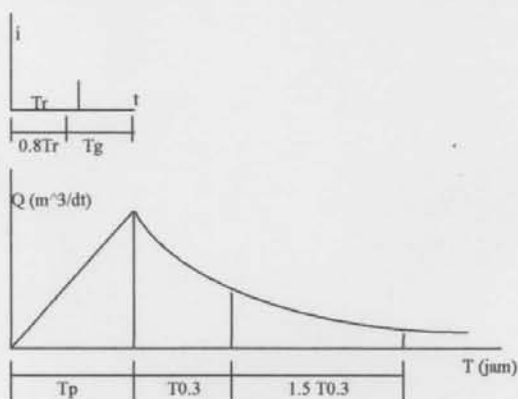
Model matematik distribusi peluang yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode:

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Dengan uji distribusi analisa frekuensi untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dengan sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter, yaitu:

1. Uji *Chi Square* (Uji *Chi-Kuadrat*)
2. Uji *Smirno-Kolmogorov*

Apabila dari pengujian terhadap distribusi frekuensi bisa sesuai parameter uji keduanya maka perumusan persamaan tersebut dapat diterima dan dipergunakan untuk perhitungan debit dengan menggunakan rumus hidrograf sintesis dari data hujan jam-jaman.



Gambar 1 Hidrograf Satuan *Nakayasu*
 Sumber: (Montarcih, 2010)

Dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik *Nakayasu* didapat suatu bentuk satuan hidrograf yang mendekati dengan sifat aliran banjir sungai yang ada, yang selanjutnya hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan-persamaan yang ada pada salah satu metode yang sesuai tersebut di atas.

2. Analisa Hidrolika

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu ditampung saluran eksisting tanpa terjadi peluapan air.

Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A$$

dengan :

- n : koefisien kekasaran manning
- Q : debit saluran (m³/dtk)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- I : slob saluran (m)
- A : luas penampang (m²)

Jenis dan bentuk saluran disesuaikan dengan keadaan lingkungan setempat. Berikut ini adalah tabel nilai koefisien kekasaran Manning yang lazim digunakan.

Tabel 1. Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi Tuang dilapis	0,014
kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber: (Triatmodjo,1993)

Normalisasi Sungai

Tujuan dari normalisasi sungai adalah memperbaiki atau menambah kapasitas penampang melintang sungai agar dapat dilewati banjir rencana secara aman sehingga tidak menimbulkan kerugian yang berarti.

Mengacu pada tujuan normalisasi sungai, berikut adalah jenis normalisasi sungai berdasarkan pekerjaan yang dilakukan:

1. Memperlebar penampang sungai

Langkah ini dapat dilakukan jika daerah sekitar sungai masih memiliki lahan yang cukup. Artinya tidak mengganggu tata guna lahan yang telah ada. Misalnya pemukiman.

2. Peninggian tanggul sungai

Langkah dimaksudkan menambah kapasitas sungai dengan peninggian tanggul sungai dari kedalaman awal.

3. Kombinasi

Gabungan dari mempelebar dan peninggian tanggul sungai dari keadaan eksisting.

3. Analisa Ekonomi

Dalam normalisasi sungai, diperlukan analisa dari segi teknik dan ekonomi. Analisa dari segi teknik secara detail diperlukan untuk menentukan kebutuhan total biaya normalisasi, sedangkan dari segi ekonomi analisa diperlukan untuk menentukan kelayakan.

C. METODE PENELITIAN

1. Deskripsi Daerah Studi

Lokasi sungai Anafre terletak di jantung kota Jayapura. Luas daerah pengaliran sungai (DPS) sungai Anafre mencapai $\pm 11,68 \text{ km}^2$, dengan total panjang sungai relatif pendek yaitu mencapai $\pm 3,63 \text{ km}$ dan lebar rata-rata dibagian hilir sungai $\pm 35 \text{ m}$ serta kemiringan dasar sungai relatif curam hal ini dapat diamati aliran sungai di tengah dan hulu kecepatannya relatif tinggi (Anonim, 2005).

Sungai Anafre dan daerah alirannya terletak di Kota Jayapura yang merupakan salah satu kota di wilayah Propinsi Papua, dan terletak di sebelah Timur Pu-

lau Irian Jaya dengan luas 94.000 Ha. Secara geografis kota Jayapura terletak pada titik koordinat $137^{\circ}27' - 1^{\circ}41'$ Bujur Timur dan $1^{\circ}27' - 3^{\circ}49'$ Lintang Selatan.

Secara administratif berbatasan dengan:

Sebelah Utara : Samudra Pasifik

Sebelah Timur : Negara Papua New Guinea

Sebelah Selatan : Distrik Arso

Sebelah Barat : Distrik Depapre

2. Tahap Persiapan

Inventarisasi data dari instansi terkait yaitu Dinas PU Kota Jayapura dan Balai Basar BMKG-V Kota Jayapura berhubungan dengan masalah penanggulangan banjir antara lain:

- Topografi sungai Anafre
- Tata guna lahan daerah studi
- Data curah hujan sungai Anafre dari beberapa stasiun hujan
- Penampang sungai Anafre
- Data harga satuan
- Data pasang surut

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul kemudian dilakukan analisa hidrologi untuk mendapatkan nilai debit banjir rencana yang digunakan untuk menentukan penampang yang cukup dan mampu menampung debit banjir. Di dalam analisa hidrologi terdapat beberapa perhitungan sebelum akhirnya mendapatkan nilai debit banjir rencana. Adapun langkah-langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut:

- Analisa curah hujan rata-rata daerah
- Melakukan uji distribusi dan penarikan kesimpulan
- Menghitung tinggi hujan rencana
- Menghitung debit banjir rencana berdasarkan periode ulang 25 tahun dan 50 tahun (Q_{25} dan Q_{50}).

Setelah perhitungan debit banjir rencana didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung penampang sungai yang mampu menampung debit banjir tersebut dan juga mengetahui keperluan perbaikan sungai. Adapun langkah-langkahnya yang ditempuh sebagai berikut:

- Menghitung kapasitas sungai keadaan eksisting
- Membandingkan kapasitas sungai dengan debit rencana
- Menentukan langkah yang paling efektif dalam pengendalian banjir
- Perhitungan ulang dimensi sungai setelah normalisasi jika terjadi luapan atau tidak mampu menampung debit rencana.
- Pengecakan kondisi lapangan daerah sekitar sungai. Terjadi genangan banjir atau bebas genangan banjir.

Setelah volume penampang galian didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung biaya normalisasi berdasarkan perhitungan harga satuan di lokasi Studi. Adapun langkah-langkahnya yang ditempuh sebagai berikut:

- Menghitung harga satuan.
- Menghitung total volume galian normalisasi
- Menghitung total rencana anggaran biaya.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Perhitungan curah hujan rata-rata digunakan untuk mengetahui besarnya hujan harian maksimum yang terjadi pada suatu daerah. Dalam studi ini, perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode Aljabar di mana cara ini digunakan karena daerah tersebut berada pada daerah yang datar dan penempatan alat ukur tersebar merata. Berdasarkan dari studi sebelumnya, ada dua stasiun hujan yang berada di sekitar DAS sungai Anafre, yaitu stasiun hujan DOK II Jayapura dan stasiun hujan BBMKG V-ENTROP.

Perhitungan hujan pada tahun 2012, tercatat curah hujan maksimum pada stasiun hujan DOK II Jayapura adalah 140 mm, stasiun hujan BBMKG V-ENTROP adalah 50 mm sehingga nilai hujan rata-rata pada tahun 2012 adalah:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

$$R = \frac{140 + 50}{2} = 95 \text{ mm}$$

Begitu juga untuk perhitungan hujan rata-rata untuk tahun-tahun berikutnya. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel perhitungan curah hujan rata-rata di bawah ini:

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)
1	2009	198
2	2005	144
3	2011	143
4	2004	140
5	2007	125
6	2010	114
7	2012	95
8	2008	70
9	2013	69
10	2006	69

Sumber: Perhitungan

Dari data perhitungan di atas, kemudian dilakukan analisa frekuensi hujan untuk menguji kebenaran perhitungan secara absolut.

Kesimpulan Analisa Frekuensi

Kesimpulan diperoleh dari hasil uji kecocokan Chi-Square dan Smirnov Kolmogorov untuk menentukan persamaan distribusi yang dipakai dalam perhitungan selanjutnya (debit banjir rencana) adalah menggunakan metode Log Person type III karena hanya metode ini yang memenuhi uji kecocokan.

Tabel 3 Kesimpulan Hasil Distribusi

Persamaan Distribusi	Uji Kecocokan							
	Chi-Square				Smirnov-Kolmogorov			
	X ²	Nilai	Xh ²		Dmaks	Nilai	Do	
Gumbel	4,4	>	3,841	Not Ok	0,1	<	0,375	OK
Log Perason type III	1,2	<	3,841	OK				

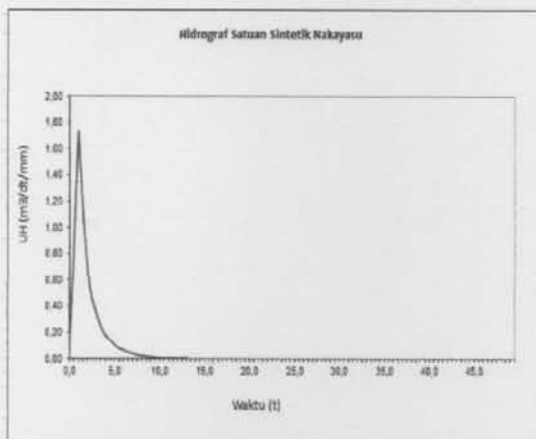
Sumber: Perhitungan

Untuk membuat hidrograf banjir pada sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan observasi hidrograf ban-

jinnya, maka perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu, misalnya waktu untuk mencapai hidrograf, lebar dasar saluran, luas, kemiringan saluran, panjang alur terpanjang, koefisien limpasan, dan sebagainya.

Dalam perhitungan hidrograf sungai Anafre digunakan metode hidrograf satuan sintetik, yaitu: hidrograf satuan *Nakayasu*.

Hidrograf dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Hidrograf Satuan *Nakayasu* Sungai Anafre
Sumber: Hasil Analisis

Parameter hidrograf:

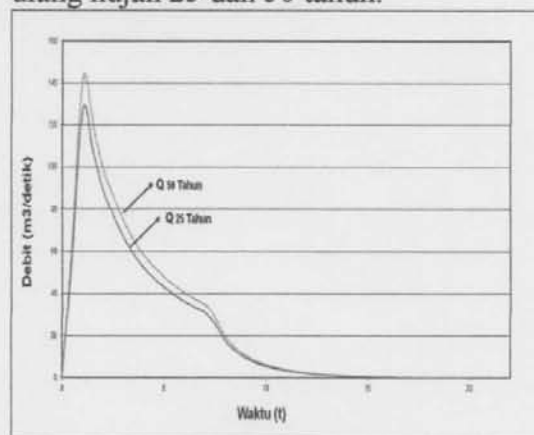
$$\begin{aligned}
 A &= 11,7 \text{ Km}^2 \\
 L &= 3,6 \text{ Km} \\
 R_0 &= 1 \text{ mm} \\
 T_r &= 0,259 \text{ jam} \\
 t_g &= 0,21 + L^{0,70} \quad (L < 15 \text{ Km}) \\
 &= 0,21 + 3,6^{0,70} \\
 &= 0,518 \text{ jam} \\
 T_P &= t_g + (0,8 \times t_r) \\
 &= 0,518 + (0,8 \times 0,259) \\
 &= 0,725 \text{ jam} \\
 \alpha &= 2,31 \text{ (untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat)} \\
 T_{0,3} &= \alpha \times t_g \\
 &= 2,31 \times 0,518 \\
 &= 1,199 \text{ jam} \\
 Q_p &= \frac{A \cdot R}{3,6 (0,3 T_P + T_{0,3})}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11,6 \cdot 1}{3,6 (0,30,725 + 1,199)} \\
 &= 2,29 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

1. Perhitungan Debit

Perhitungan hidrograf debit banjir periode ulang 25 tahun dan 50 tahun dengan metode *Nakayasu*, diperoleh debit banjir $Q_{25} = 127,81 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit banjir $Q_{50} = 142,50 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Berikut adalah hidrograf debit banjir metode *Nakayasu* dengan periode kala ulang hujan 25 dan 50 tahun:



Gambar 3. Hidrograf *Nakayasu* Periode ulang hujan 25 dan 50 Tahun
Sumber: Hasil Analisis

2. Analisa Kapasitas Sungai

Perhitungan kapasitas sungai dilakukan untuk mengetahui kondisi penampang sungai di lapangan (eksisting) peninjauan kapasitas sungai dilakukan pada saat air tepat akan meluap (*full bank capacity*) dengan memperhatikan tinggi tanggul kanan ataupun tinggi tanggul kiri terendah. Adapun contoh perhitungan kapasitas sungai *full bank capacity* sungai Anafre dapat dilihat pada contoh perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan pada titik RS-100.21

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang Eksisting} &= 14,508 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas penampang pengerukan} &= 10,451 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling penampang Eksisting} &= 0,781 \text{ m} \\
 \text{Keliling penampang setelah pengerukan} &= 16,923 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari Hidrolis kondisi eksisting (R)} &= 13,385 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari Hidrolis setelah pengerukan (R)} &= 0,781 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kekasaran Manning (n) = 0,025

(saluran alam sedikit berumput)

Kapasitas Sungai

$$= \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}$$

Kapasitas Sungai Eksisting

$$= \frac{1}{0,025} \cdot 10,451 \cdot 0,644^{\frac{2}{3}} \cdot 0,022^{\frac{1}{2}}$$

$$= 46,071 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Kapasitas Sungai Pengerukan

$$= \frac{1}{0,025} \cdot 13,214 \cdot 0,780^{\frac{2}{3}} \cdot 0,022^{\frac{1}{2}}$$

$$= 66,265 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Setelah didapatkan nilai dari kapasitas sungai (baik kondisi sungai eksisting dan setelah pengerukan), kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan debit yang terjadi akibat hujan kala ulang 50 tahun ($142.502 \text{ m}^3/\text{detik}$) dan kala ulang 25 tahun ($127.814 \text{ m}^3/\text{detik}$). Penampang melintang pada kala ulang 50 tahun dan penampang melintang sungai titik pada kala ulang 25 tahun tidak mampu menampung debit yang terjadi sehingga terjadi banjir maka pada section tersebut perlu dilakukan perlakuan agar aman.

Berdasarkan analisa tersebut maka dilakukan perhitungan selanjutnya untuk mengetahui titik-titik di mana kapasitas saluran tidak mampu menahan banjir untuk kala ulang 50 tahun dan 25 tahun. Prioritas pemilihan titik banjir diutamakan pada dimensi sungai eksisting (jika untuk sungai eksisting dinyatakan kondisi banjir sedangkan berdasarkan perhitungan aman, maka yang dijadikan acuan adalah kondisi sungai eksisting).

Langkah Pengendalian Banjir

Berdasarkan perhitungan kapasitas sungai maka langkah selanjutnya adalah pengendalian titik-titik banjir di mana kapasitas sungai tidak mampu menahan debit banjir dengan kala ulang 50 tahun dan 25 tahun, mengatasi kondisi banjir tersebut maka dipilihlah beberapa alternatif penanggulangan banjir, antara lain:

1. Pelebaran sungai
2. Peninggian tanggul
3. Kombinasi pelebaran dan peninggian

Berdasarkan tiga alternatif diatas maka nantinya dilakukan pemilihan, di

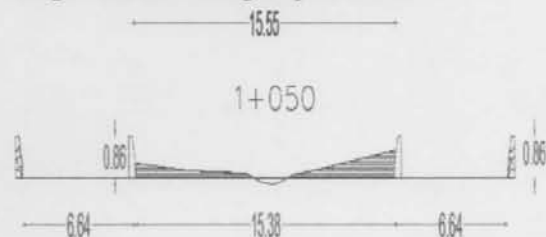
mana kriteria pemilihan didasarkan atas kriteria teknis dan aspek ekonomis. Metode pemilihan kriteria pengendalian dilakukan dengan cara perbandingan. Perbandingan yang dilakukan berupa nilai ekonomis yang dikeluarkan untuk biaya penanggulangan banjir.

Perhitungan untuk perbandingan ketiga metode tersebut adalah sebagai berikut:

Perencanaan normalisasi dengan pelebaran (Alternatif 1)

Normalisasi pelebaran dengan mengeruk kanan kiri sungai secara teknis sangat baik, namun dalam pelaksanaannya juga tidak mudah. Pelebaran sungai tergantung dari tata guna lahan di sekitarnya. Apabila sudah dipadati penduduk maka persoalan menonjol yang terjadi adalah pembebasan tanah.

Cara ini mungkin kurang efektif untuk dilaksanakan pada sungai Anafre, di mana penyempitan lebar sungai diakibatkan tumbuhnya pemukiman di kanan kiri sungai. Berikut gambar normalisasi sungai Anafre dengan pelebaran.



Gambar 4. Normalisasi Alternatif 1 Kala Ulang Q_{25}

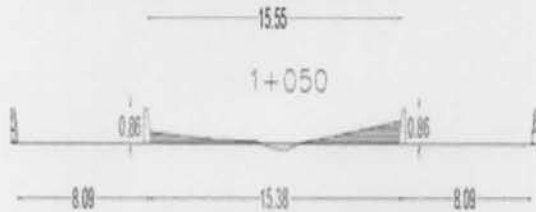
Sumber: Hasil Analisis

1. Alternatif = 1
2. Kala Ulang = Q_{25}
3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = $508,95 \text{ m}^3$
6. Jarak Antar Penampang = 50 m

Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS 100.20 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian $4788,192 \text{ m}^3$

1. Alternatif = 1

2. Kala Ulang = Q_{50}
3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = 604,65 m³
6. Jarak Antar Penampang = 50 m



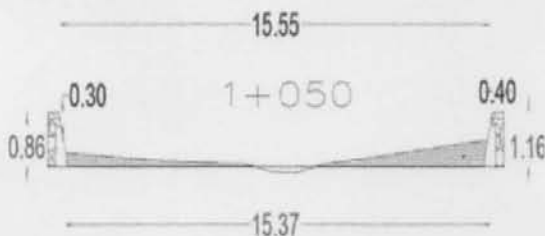
Gambar 5. Normalisasi Alternatif 1 Kala Ulang Q_{50}
Sumber: Hasil Analisis

Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS100.21 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian 4082,455 m³

Perencanaan normalisasi dengan peninggian tanggul (Alternatif 2)

Normalisasi pelebaran dan pendalaman atau sistem kombinasi dilakukan mengingat kapasitas sungai Anafre tidak lagi mampu mencukupi dan menampung debit banjir rencana yang terjadi dan padatnya pemukiman di sekitar sepadan sungai sehingga cara seperti ini yang mungkin mampu menampung debit banjir tersebut.

Penggambaran untuk mendapatkan volume galian pada normalisasi sungai dengan menggunakan AutoCAD 2009. Berikut gambar normalisasi sungai Anafre dengan pelebaran dan pendalaman.



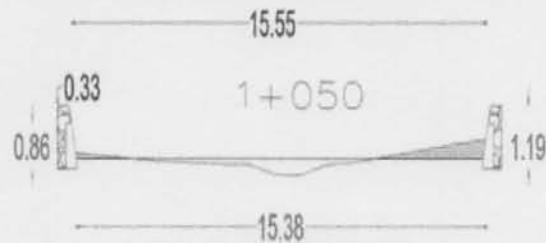
Gambar 6. Normalisasi Alternatif 2 Kala Ulang Q_{25}
Sumber: Hasil Analisis

1. Alternatif = 2
2. Kala Ulang = Q_{25}

3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = 94,95 m³
6. Jarak Antar Penampang = 50 m

Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS100.21 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian 1137,323 m³

1. Alternatif = 2
2. Kala Ulang = Q_{50}
3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = 83,7 m³
6. Jarak Antar Penampang = 50 m



Gambar 7. Normalisasi Alternatif 2 Kala Ulang Q_{50}
Sumber: Hasil Analisis

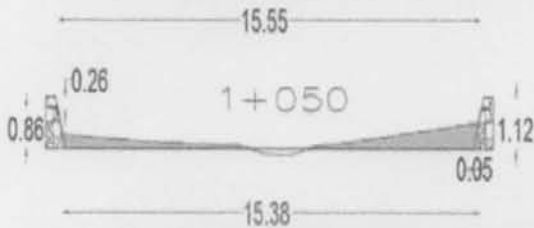
Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS.-100.21 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian 83,7 m³

Perencanaan normalisasi dengan pelebaran dan peninggian tanggul (alternatif 3)

Normalisasi dengan memperdalam sungai, dilakukan dengan peninggian atau pelebaran sungai. Tujuannya agar kapasitas sungai dalam menampung debit banjir.

Namun cara seperti ini juga perlu memperhatikan dasar saluran yang baru, yang harus diselaraskan dengan dasar saluran di bagian hulu dan hilirnya. Secara teknisnya pengerukan harus dilakukan dari hulu hingga hilir sungai, tidak bisa sepotong-potong. Pada sungai Anafre kondisi banjir tidak terjadi pada semua titik pengamatan banjir, hanya pada titik-titik tertentu saja terjadi banjir. Berikut gambar normalisasi sungai Anafre dengan pelebaran dan pendalaman

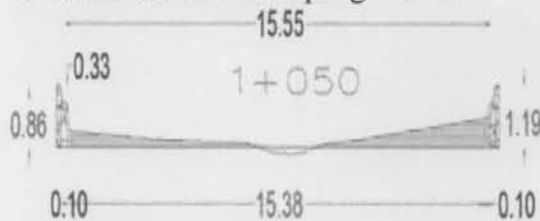
1. Alternatif = 3
2. Kala Ulang = Q_{25}
3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = $78,5 \text{ m}^3$
6. Jarak Antar Penampang = 50 m



Gambar 8. Normalisasi Alternatif 3 Kala Ulang Q_{25}
 Sumber: Hasil Analisis

Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS100.21 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian $78,5 \text{ m}^3$

1. Alternatif = 3
2. Kala Ulang = Q_{50}
3. Titik = RS 100.21
4. Skala = 1:100
5. Galian = $84,35 \text{ m}^3$
6. Jarak Antar Penampang = 50 m



Gambar 9. Normalisasi Alternatif 3 Kala Ulang Q_{50}
 Sumber: Hasil Analisis

Pada hasil perhitungan volume galian normalisasi sungai pada titik RS-100.21 dengan menggunakan program AutoCAD diperoleh volume galian sebesar $84,35 \text{ m}^3$.

3. Rencana Anggaran Biaya

Dari volume galian dapat dihitung besaran biaya berdasarkan harga satuan di Kota Jayapura.

Rencana anggaran biaya dalam kajian ini hanya menghitung biaya normalisasi. Biaya ini berupa kisaran dalam menaksir besarnya biaya yang dikeluar-

kan untuk pengendalian banjir sungai Anafre.

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Tahap pertama dalam menghitung biaya normalisasi sungai Anafre adalah mendapatkan harga dasar upah, bahan, dan alat dari standar biaya belanja di kota Jayapura. Dari data tersebut kemudian melakukan analisa harga satuan pekerjaan, untuk memperoleh harga satuan untuk setiap kegiatan biaya normalisasi sungai Anafre.

Berikut ini adalah tabel analisa harga satuan untuk kegiatan galian tanah biasa dan galian alat berat:

Tabel 4. Analisa Harga Satuan Pokok Kegiatan Galian Tanah Biasa

No.	Item Pekerjaan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJA				
1	Mandor	OH	0,030	Rp. 164.500	Rp. 4.935
2	Pekerja	OH	0,750	Rp. 100.000	Rp. 75.000
Sub Total I					Rp. 79.935
II	MATERIAL				
Sub Total II					0
III	PERALATAN				
Sub Total III					0
Biaya Langsung (Sub Total I s/d III)					Rp. 79.935
IV	OVER HEAD DAN KEUNTUNGAN (10 % dari Biaya Langsung)				Rp. 7.994
V	JUMLAH				Rp. 87.929
VI	HARGA SATUAN PEKERJAAN (Rp/m ³)				Rp. 87.900

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. Analisa Harga Satuan Pokok Kegiatan Galian Alat Berat

No.	Item Pekerjaan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJA				
1	Mandor	OH	0,010	Rp. 164.500	Rp. 1.645
2	Pekerja	OH	0,526	Rp. 100.000	Rp. 52.600
Sub Total I					Rp. 54.245
II	MATERIAL				
Sub Total II					0
III	PERALATAN				
1	Buldozer	unit/jam	0,004	Rp. 330.000	Rp. 1.155
2	Excavator/Backhoe	unit/jam	0,076	Rp. 297.000	Rp. 22.572
3	Dump Truck	unit/jam	0,074	Rp. 153.000	Rp. 11.322
Sub Total III					Rp.35.049
Biaya Langsung (Sub Total I s/d III)					Rp. 89.294
IV	OVER HEAD DAN KEUNTUNGAN (10 % dari Biaya Langsung)				Rp. 8.929
V	JUMLAH				Rp. 98.223
VI	HARGA SATUAN PEKERJAAN (Rp/m ³)				Rp. 98.200

Sumber: Perhitungan

b. Analisa Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil analisa harga satuan pekerjaan, kemudian dilakukan perhitungan terhadap nilai volume setiap item dari masing-masing pekerjaan normalisasi sungai Anafre pada kala ulang tertentu, dalam hal ini pada kala ulang Q_{25} tahun dan Q_{50} tahun.

Rencana anggaran biaya normalisasi pengendalian banjir sungai Anafre pada setiap alternatif 1 (pelebaran), alternatif 2 (peninggian) dan alternatif 3 (kombinasi) pengendalian banjir ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Analisa Rencana Anggaran Biaya Galian Tanah Biasa

Debit kala ulang	Alternatif		
	Pelebaran saluran	Peninggian Saluran	Kombinasi
Debit Q_{25}	Rp. 2.759.519.978	Rp. 1.395.253.796	Rp. 1.417.555.768
Debit Q_{50}	Rp. 2.258.535.004	Rp. 1.318.801.838	Rp. 1.313.755.729

Sumber: perhitungan

Tabel 7. Analisa Rencana Anggaran Biaya Galian Alat Berat

Debit kala ulang	Alternatif		
	Pelebaran saluran	Peninggian Saluran	Kombinasi
Debit Q_{25}	Rp. 3.082.876.699	Rp. 1.658.747.699	Rp. 1.583.662.985
Debit Q_{50}	Rp. 2.523.187.001	Rp. 1.473.337.207	Rp. 1.467.699.801

Sumber: perhitungan

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya dan berlandaskan pada rumusan masalah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil analisis perhitungan debit banjir rencana diperoleh nilai debit kala ulang Q_{25} sebesar $127,814 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan Q_{50} sebesar $142,502 \text{ m}^3/\text{dt}$. Untuk simulasi pengaruh besaran debit banjir rencana Q_{25} terhadap saluran eksisting pengukuran terdapat 16 titik daerah banjir dari 61 titik saluran eksisting

pengukuran, sedangkan untuk de-bit banjir rencana Q_{50} terdapat 19 titik daerah banjir dari 61 titik saluran eksisting pengukuran.

- Alternatif 1 dari segi ekonomis tidak efisien karena membutuhkan biaya yang lebih besar dari alternatif 2 dan Alternatif 3 juga dari segi teknis tidak memenuhi karena membutuhkan lahan yang besar.

Alternatif 2 dari segi ekonomis lebih efisien dari pada alternatif 3 dan 1, di mana rencana anggaran normalisasi baik secara galian tanah biasa maupun galian tanah alat berat tidak sebesar alternatif 1 dan alternatif 3. Namun dari segi teknis pelaksanaannya akan mempengaruhi terhadap bangunan struktur yang lain dan akan berpengaruh terhadap outlet drainase perkotaan yang akan masuk ke sungai karena tanggul pada sungai lebih tinggi.

Alternatif 3 dari segi ekonomi tidak sebesar alternatif 2 namun dari segi teknis alternatif 3 merupakan alternatif yang lebih tepat dari pada alternatif 2 dan 1 dimana dalam kegiatannya dapat menyesuaikan terhadap bangunan struktur dan kondisi tata guna lahan karena di sepadan sungai Anafre sudah dipadati dengan rumah penduduk.

- Melihat beberapa aspek kelayakan, Alternatif 3 merupakan alternatif yang paling tepat dan baik dilaksanakan dimana dalam kegiatannya dapat menyesuaikan terhadap bangunan struktur dan kondisi tata guna lahan karena di sepadan sungai Anafre sudah dipadati dengan rumah penduduk.

2. Saran

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan, maka disarankan:

- Nomalisasi sungai merupakan langkah yang efektif sesuai dengan tataguna lahan karena tidak memerlukan lahan yang besar dan dimensi yang lebar untuk bisa menampung debit banjir.
- Sebaiknya pemukiman-pemukiman yang berada pada sepadan sungai da-

pat direlokasikan oleh pemerintah daerah setempat ke tempat yang tidak mengganggu fungsi sungai.

3. Perlunya peran serta pemerintah daerah setempat untuk selalu memberikan informasi terhadap masyarakatnya akan pentingnya fungsi sungai bagi kehidupan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2005. "*Profil Kota Jayapura*". Pemerintah Kota Jayapura.
Hindarko, 2000. *Drainase Perkotaan*. Jakarta: ESHA.

Kodoatie, R.J. dkk. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*, Yogyakarta: Cetakan I, Pustaka Pelajar.

Montarcih, 2010. *Hidrologi Praktis*, Bandung : Lubuk Agung.

Suhardjono, 2013. *Drainase Perkotaan*. Buku Ajar tidak dipublikasikan: Universitas Brawijaya

Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.