



PERHITUNGAN DEBIT RENCANA BANJIR KALI ACAI UNTUK RENCANA PEMBANGUNAN *EARLY WARNING SYSTEM* (Studi Kasus: Kali Acai, Kota Jayapura)

Yosep Samuel Waromi¹, Asep Huddiankuwera², Muhammad Fauzi³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

samuelwaromi95@gmail.com, asephuddiankuwera@gmail.com, mohfauzi4@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung debit rencana banjir Kali Acai sebagai dasar perencanaan pembangunan *Early Warning System (EWS)* guna meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana banjir. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi dengan pendekatan distribusi statistik Log Pearson Type III dan Gumbel untuk memperkirakan debit banjir dengan berbagai periode ulang. Selain itu, pemodelan hidrolika dilakukan menggunakan *software* HEC-RAS 6.3 untuk mensimulasikan aliran banjir dan mengidentifikasi daerah rawan luapan. Hasil analisis hidrologi menunjukkan debit banjir rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun berturut-turut sebesar 91.258 m³/det, 128.150 m³/det, 149.398 m³/det, 170.637 m³/det, 173.233 m³/det, dan 192.609 m³/det. Pemodelan HEC-RAS mengungkapkan bahwa daerah di sepanjang Kali Acai, terutama di sekitar titik BM1, P30 dan P37, berpotensi mengalami luapan banjir dengan intensitas berbeda berdasarkan periode ulangnya. Berdasarkan temua tersebut, direkomendasikan penempatan sensor *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* di titik BM1 dan P30 untuk pemantauan ketinggian air secara real-time, serta sirine peringatan di P30 dan P37 untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mitigasi banjir melalui pendekatan teknis berupa perhitungan debit dan pemodelan hidrolika, serta pendekatan non-teknis melalui perancangan sistem peringatan dini yang efektif.

Kata Kunci: Debit banjir, Early Warning System, HEC-RAS, Kali Acai, Mitigasi banjir.

ABSTRACT

This study aims to calculate the flood discharge design of Kali Acai as a basis for planning the development of an *Early Warning System (EWS)* to enhance community preparedness for flood disasters. The methods used include hydrological analysis with the statistical distribution approaches of Log Pearson Type III and Gumbel to estimate flood discharge for various return periods. Additionally, hydraulic modeling was conducted using HEC-RAS 6.3 software to simulate flood flow and identify overflow-prone areas. The hydrological analysis results show that the design flood discharges for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years are 91.258 m³/s, 128.150 m³/s, 149.398 m³/s, 170.637 m³/s, 173.233 m³/s, and 192.609 m³/s, respectively. The HEC-RAS modeling revealed that areas along Kali Acai, particularly around points BM1, P30, and P37, are prone to flooding with varying intensities depending on the return period. Based on these findings, it is recommended to install *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* sensors at points BM1 and P30 for real-time water level monitoring, as well as warning sirens at P30 and P37 to provide early alerts to the community. This study makes a significant contribution to flood mitigation efforts through technical approaches involving discharge calculation and hydraulic modeling, as well as non-technical approaches through the design of an effective early warning system.

Keywords: Flood discharge, Early Warning System, HEC-RAS, Kali Acai, flood mitigation.



1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah, termasuk di Kota Jayapura, Papua. Kali Acai, sebagai salah satu sungai di wilayah ini, kerap mengalami banjir akibat curah hujan tinggi dan perilaku manusia seperti penggundulan hutan serta pembuangan sampah ke sungai. Banjir bandang yang melanda Distrik Sentani pada tahun 2019 dan kejadian banjir tahunan di titik-titik tertentu di Kota Jayapura menunjukkan urgensi untuk mengembangkan sistem mitigasi yang efektif. Salah satu pendekatan non-struktural yang dapat mengurangi dampak banjir adalah *Early Warning System* (EWS) atau Sistem Peringatan Dini Banjir.

EWS berbasis hidrologi dan hidraulika memerlukan data debit banjir rencana yang akurat untuk memprediksi potensi genangan dan menentukan lokasi pemasangan sensor. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung debit banjir rencana Kali Acai dengan berbagai periode ulang (2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun) menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan pemodelan hidraulika dengan *software* HEC-RAS. Hasil analisis ini akan menjadi dasar perencanaan EWS yang terintegrasi dengan sensor ketinggian air dan sistem komunikasi real-time.

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka peneliti melakukan penyelidikan untuk mengetahui Debit banjir rencana Kali Acai di Kota Jayapura adapun judul penelitian “Perhitungan Debit Rencana Banjir Kali Acai untuk Rencana Pembangunan *Early Warning System* (EWS)” sebagai berikut.

Metode

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari stasiun Skyland dan Kantor BWS (2011-2022) serta data topografi Kali Acai. Analisis hidrologi dilakukan dengan distribusi statistik (Log Normal, Log Pearson III, Gumbel, dan Normal) untuk menentukan curah hujan rencana, dilanjutkan dengan perhitungan debit menggunakan metode Nakayasu. Pemodelan hidraulika dengan HEC-RAS digunakan untuk mensimulasikan profil aliran dan identifikasi area rawan luapan.

Lokasi di kali Acai, Panjang 2.473 km, luas DAS 13.57 km². Data diambil dari Curah hujan harian (2011-2022), topografi dan karakteristik sungai.

1. Analisis Hidrologi

Distribusi Curah Hujan :

- Menguji kecocokan distribusi (Log Normal, Log Pearson III, Gumbel, Normal) dengan uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov.
- Hasil Terbaik : Distribusi Gumbel (D kritis terkecil)



2. Perhitungan Debit Banjir :

- Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu :

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3.6 (0.3T_p + T_{0.3})}$$

- Parameter : $T_p = T_g + 0.8T_r$, $T_g = 0.21L^{0.7}$

3. Pemodelan Hidrolika

- Menggunakan *software* HEC-RAS (*steady flow analysis*)
- Data input : Geometri sungai, debit rencana dan koefisien Manning.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1, Analisis Curah Hujan Ekstrem

Berdasarkan data dari Stasiun Hujan Skyland dan Kantor BWS (2011-2022), dilakukan analisis frekuensi menggunakan empat distribusi statistik :

- Distribusi Log Normal :
 - Parameter Utama : $\log X = 4.757$, $S_x \log X = 0.341$
 - Curah hujan 100- Tahunan : 257.313 mm
- Distribusi Log Pearson Type III :
 - Koefisien kemencengan (C_s) = 1.60
 - Koefisien kurtosis (C_k) = 7.76
 - Curah hujan 100- tahunan : 230.74 mm
- Distribusi Gumbel :
 - Reduced mean (Y_n) = 0.536
 - Reduced standar deviation (S_n) = 1.112
 - Curah hujan 100- tahunan : 303.92 mm
- Distribusi Normal :
 - Mean = 127.67 mm
 - Standar deviasi = 45.22
 - Curah hujan 100- tahunan : 224.528 mm

Uji Kesesuaian Distribusi



- Uji Chi-Square menunjukkan semua distribusi diterima (X^2 hitung $< X^2$ kritis)
- Uji Smirnov-Kolmogorov memilih Log Pearson III sebagai terbaik (DCR = 0.29)

2. Perhitungan Debit Banjir

Metode Nakayasu :

Parameter DAS Kali Acai :

- Luas DAS (A) = 13.57 km²
- Panjang Sungai (L) = 4.36 km
- $T_g = 0.21 \times L^{(0.7)} = 0.824$ jam
- $T_r = 0.75 \times T_g = 0.618$ jam
- $T_p = T_g + 0.8T_r = 1.318$ jam
- $T_{0.3} = \alpha \times T_g = 1.648$ jam ($\alpha = 2$)

Hasil debit puncak :

- 2-tahunan : 91.258 m³/det
- 5-tahunan : 128.150 m³/det
- 10-tahunan : 149.398 m³/det
- 25-tahunan : 170.637 m³/det
- 100-tahunan : 192.609 m³/det

3. Pemodelan Hidraulika HEC-RAS

Input Model :

- 52 penampang melintang @50m (total 2.5 km)
- Koefisien Manning (n) = 0.035 – 0,05
- Analisis aliran tunak (steady flow)

Hasil Simulasi :

- Genangan dominan terjadi di :
 - Ruas hulu – tengah (Section 10 – 20)
 - Ruas hilir (Section 30 – 37)
- Tinggi genangan maksimum : 1.29 m (14 Oktober 2023)
- Efek backwater signifikan di section 50

Pembahasan



1. Kinerja Metode Statistik

Distribusi Log Pearson III terbukti paling sesuai untuk karakteristik hujan wilayah ini, ditunjukkan oleh :

- Nilai Dcr terkecil (0.29) pada uji Smornov-Kolmogorov
- Koefisien kemencengan ($C_s = 1.60$) yang merepresentasikan ekor distribusi panjang
- Konsistensi hasil pada berbagai periode ulang.

2. Dinamika Banjir Kali Acai

Hasil pemodelan HEC-RAS mengungkapkan :

1. Pola Genangan

- Genangan cepat di hulu (Section 10-20) karena kapasitas saluran terbatas
- Genangan persisten di hilir (Section 30-37) akibat :
 - Efek backwater dari pertemuan sungai
 - Pengaruh pasang laut (tinggi pasang 1.29 m)

2. Karakteristik Hidrograf

- Waktu konsentrasi (T_c) = 4.96 jam
- Puncak banjir terjadi 1.318 jam setelah hujan
- Durasi banjir total ± 24 jam

3. Desain Sistem Peringatan Dini

Strategi Penempatan Sensor :

1. AWLR (*Automatic Water Level Recorder*):

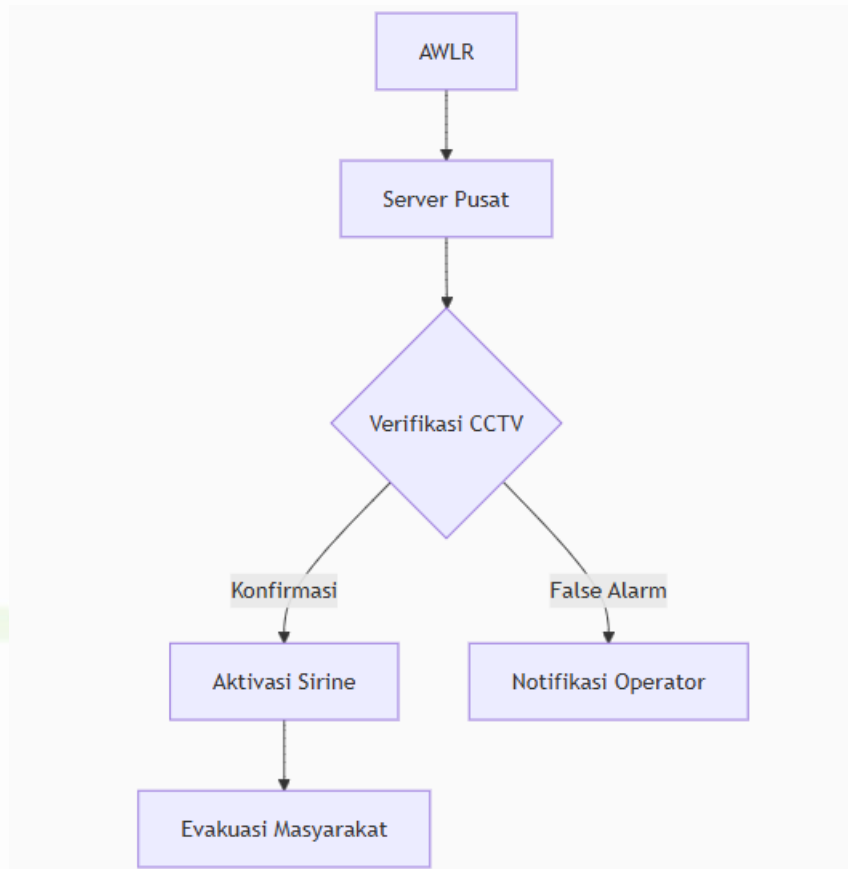
- BM1 : Deteksi dini banjir hulu
- Section 30 : Monitoring efek backwater

2. *Early Warning System* :

- Lokasi : Section 30 dan 37
- Threshold level :
 - Siaga 1 : 80% debit 2-tahunan
 - Siaga 2 : 100% debit 5-tahunan
 - Siaga 3 : 120% debit 10-tahunan



Integrasi Sistem



Rekomendasi Teknis

Aspek Hidrologi :

- Penambahan stasiun hujan otomatis
- Kalibrasi model dengan data banjir historis

Aspek Hidraulika :

- Normalisasi sungai prioritas di Section 15-20 dan 30-37
- Pembangunan tanggul darurat di Section 30-35

Manajemen Banjir :

1. Struktural

- Pengerukan sedimentasi tahunan
- Pembangunan kolam retensi di hulu

2. Non-Struktural

- Simulasi evakuasi 6 bulanan



- Pelatihan operator EWS rutin

Keterbatasan Studi

1. Ketersediaan data :

- Periode data hujan terbatas (11 tahun)
- Tidak ada debit lapangan untuk kalibrasi

2. Asumsi Model :

- Tidak mempertimbangkan perubahan tata guna lahan
- Efek sedimentasi diabaikan

3. PENUTUP

Kesimpulan

1. Debit banjir rencana Kali Acai berkisar $91.26 - 192.61 \text{ m}^3/\text{det}$ untuk periode ulang 2 – 100 tahun
2. Daerah rawan genangan teridentifikasi di Section 10-20 dan 30-70
3. Sistem EWS terpadu direkomendasikan dengan :
 - Dua titik AWLR (BM1 dan Section 30)
 - Sirine peringatan di Section 30 dan 37
 - Protokol respon 3- level siaga

Implikasi Praktis :

- Desain ini dapat diaplikasikan untuk sungai-sungai kecil di Papua dengan karakteristik serupa
- Kerangka kerja analisis dapat diadopsi untuk studi sejenis di wilayah tropis basah

Saran Penelitian Lanjutan :

1. Pemodelan 2D untuk analisis genangan lebih detail
2. Studi kerentanan sosial-ekonomi masyarakat terdampak
3. Integrasi Sistem dengan prediksi cuaca berbasis AI

DAFTAR PUSTAKA

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air. (2017). *Modul Perhitungan Hidrologi*.

Erny Mulyandari ST., M.Eng. (2022). *Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.

BNPB.go.id. (2023). *Definisi Bencana*.

LPPM UNS. (2013). *Sistem Peringatan Dini Banjir (Early Warning System)*.

Soemarto, C.D. (1986/1987). *Hidrologi Teknik*.

Van Te Chow. (1997). *Metode Analisis Hidrolika*.

Analisa Konsultan. (2023). *Data dan Perhitungan Hidrologi & Hidrolika*.