

STUDI PENERAPAN KONSEP EKO HIDRAULIK UNTUK MITIGASI BANJIR DI SUNGAI PULISAN

Muhammad Mufli Fajar^{1*}, Tiny Mananoma², Jeffry S. F. Sumarauw³

^{1,2,3} Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

*e-mail: muhammadmufli1206@gmail.com

Abstract: The analysis began by finding the frequency of rain using the Log Pearson III method. The rain data used came from two rain posts, namely the Araren-Pinenek MRG rain post and the Maen Climatology rain post. The rainfall data used is the maximum daily rainfall data from 2002 to 2019. Rain flow modeling on the HEC-HMS komputer program using the HSS *Soil Conservation Services* method, and for water loss with the SCS *Curve Number (CN)*. For baseflow using the *recession* method. HSS SCS parameter calibration was performed before simulating flood discharge using peak discharge test. The calibrated parameters are *lag time*, curve number, *recession constant*, initial discharge and ratio to peak. For the limits of each parameter is adjusted to the standard values in the HEC-HMS komputer program. The peak discharge test results show 2.2 m³ / second. Then a flood discharge analysis was carried out with calibrated parameters using the HEC-HMS komputer program. The peak discharge results simulated each time are re-entered in the HEC-RAS komputer program, then simulating flow profiles including flow velocity and high elevation of the water table. The flood discharge plan used is the 25 years period of 24,5 m³/second by installing several Eco Hydraulic constructions such as vetiver grass, bush grass, bamboo plants, logs, and a combination of vetiver grass and logs. The flow speed of the existing cross-section with the application between vetiver grass and logs can be reduced by 62%. With the use of Eco Hydraulics, it can reduce and optimize flow speed and looks aesthetic considering Pulisan is a superpriority area.

Keywords: Pulisan River, Flood, Eco Hydraulics.

Abstrak: Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode *Log Pearson III*. Data hujan yang digunakan berasal dari dua pos hujan, yaitu pos hujan MRG Araren-Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2002 s/d 2019. Pemodelan hujan aliran pada program HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *initial discharge* dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program HEC-HMS. Hasil uji debit puncak menunjukkan 2,2 m³ /detik. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program HEC-RAS, kemudian mensimulasikan profil aliran antara lain kecepatan aliran dan elevasi tinggi muka air. Debit banjir rencana yang digunakan yaitu kala ulang 25 tahun 24,5 m³/detik dengan memasang beberapa konstruksi Eko Hidraulik seperti rumput vetiver, rumput semak, tanaman bambu, batang-batang kayu, serta kombinasi antara rumput vetiver dan batang-batang kayu. Kecepatan aliran penampang eksisting dengan adanya penerapan antara rumput vetiver dan batang-batang kayu dapat direduksi sebesar 62%. Dengan penggunaan Eko Hidraulik dapat mereduksi maupun mengoptimalkan kecepatan aliran dan terlihat estetik mengingat Pulisan merupakan kawasan superprioritas.

Kata kunci : Sungai Pulisan, Banjir, Eko Hidraulik.

PENDAHULUAN

Daerah Likupang yang terletak di Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu dari 5 destinasi superprioritas dan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) pariwisata yang telah ditetapkan oleh pemerintah pusat pada tanggal 06 Desember 2019. Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) didesain untuk menunjang sektor pembangunan ekonomi dan pariwisata di daerah tersebut. Teluk atau lebih tepatnya pantai Pulisan merupakan salah satu kawasan yang menjadi destinasi pariwisata yang paling diminati. Berdasarkan informasi yang ada, di desa Pulisan pernah terjadi banjir pada tahun 2019. Sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), maka salah satu prasyarat daerah tersebut harus bebas banjir.

Analisis hidrologi dilakukan di kawasan DAS Pulisan untuk memprediksi besaran debit banjir sesuai kala ulang rencana (M. S. Islam et al., 2013; Ziana et al., 2018a). Analisis hidraulika dilakukan di alur sungai terpilih untuk memprediksi kapasitas tampung alur sungai. Mengingat desa Pulisan merupakan kawasan wisata, maka untuk sistem pengendalian banjir menggunakan konsep Eko Hidraulik. Konsep Eko Hidraulik merupakan salah satu bagian dari pengelolaan sumber daya air terpadu dan juga ramah lingkungan (Pertiwi, 2011). Penerapan konsep Eko Hidraulik pada sungai sebagai perlindungan dari erosi tebing sungai yaitu dengan pembuatan *riparian buffer strips* atau penanaman vegetasi pada tebing sungai (Kim et al., 2022; Sari, 2015). Tujuan penelitian adalah memberikan metode untuk mendesain penampang sungai secara Eko Hidraulik untuk menanggulangi banjir di Sungai Pulisan dengan mengoptimalkan kecepatan aliran di sungai dan pemilihan konstruksi vegetasi yang tepat.

Penggunaan Eko Hidraulik untuk perlindungan tebing baik usaha preventif maupun setelah terjadi kerusakan, masih sangat perlu dimasyarakatkan. Pada jaman modern, *Eco-Engineering* (Eko Hidraulik) menjadi populer di beberapa negara (Fajar et al., 2022; Mason, 2020; Statzner et al., 1988; Ziana et al., 2018b). Bangladesh merupakan salah satu negara yang paling terdampak oleh pemanasan global, implementasi Eko Hidraulik dapat menjadi solusi terbaik melawan pemanasan global (Giri et al., 2021; M. Islam et al., 2021; Yu et al., 2021).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode ini diperoleh beberapa keuntungan yaitu dapat berfungsi sebagai alat pengendali atau meretensi banjir, menjaga kelestarian ekologi, meningkatkan daya tahan terhadap erosi, biaya sangat

murah dibandingkan dengan konstruksi permanen beton atau pasangan batu, dan pemeliharaan relatif murah (Gasser et al., 2019; Goldberg et al., 2014; Mason, 2020). Hal ini dikuatkan dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa hidraulik ini sangat berperan terhadap keadaan lingkungan (Ramos et al., 2020). Berbeda dengan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan konsep Eko Hidraulik untuk mitigasi banjir.

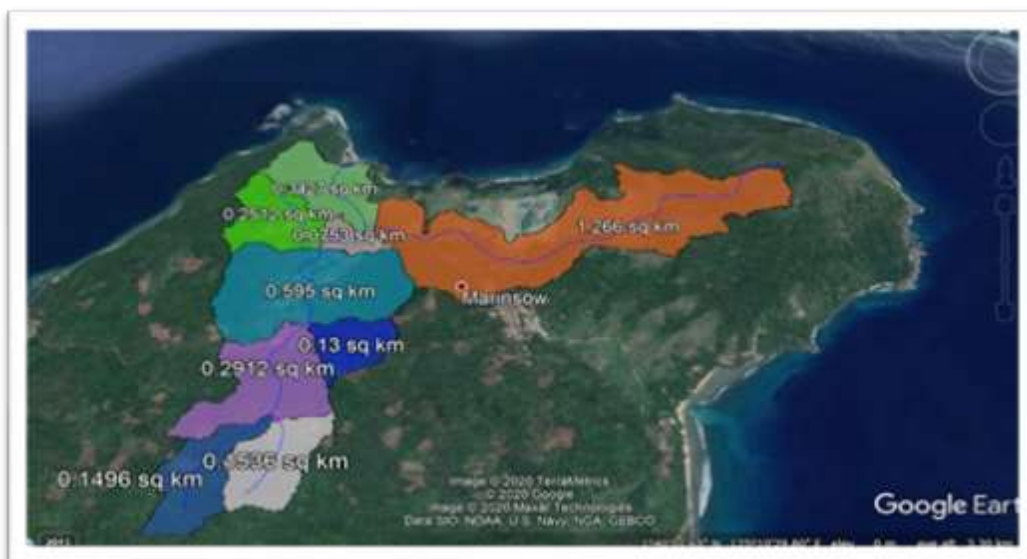
METODE

Jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pengumpulan data dengan menggunakan data sekunder yaitu berupa data dokumen. Penelitian ini disusun berdasarkan studi kasus melalui pengumpulan data sekunder yang selanjutnya dianalisis berdasarkan metode-metode yang tersedia. Tempat penelitian yaitu di DAS Pulisan yang terletak di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian berada di $1^{\circ}40'46''N$ $125^{\circ}08'47''E$. Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Pulisan. Luas DAS didapat dari data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Pulisan dari titik tinjau sebesar $3,25 \text{ km}^2$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Pulisan. Luas DAS didapat dari data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Sehingga diperoleh luas DAS Pulisan dari titik tinjau sebesar $3,25 \text{ km}^2$.



Sumber : “Data Balai Wilayah Sungai Sulawesi I”

Gambar 1. DAS Pulisan

Perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum menghasilkan hujan rata – rata yang mengikuti sebaran Log *Pearson* III. Hujan rencana untuk kala ulang 5 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

| Kala Ulang (tahun) | Hujan Rencana (mm) |
|-----------------------|-----------------------|
| 5 | 119,95 |
| 25 | 172,01 |
| 50 | 198 |

Debit banjir rencana kala ulang 5 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

| Kala Ulang (tahun) | Debit (m ³ /detik) |
|-----------------------|----------------------------------|
| 5 | 14,8 |
| 25 | 24,5 |
| 50 | 30 |

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semua penampang pada alur 7 sungai Pulisan mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 25 tahun. Berikut adalah hasil simulasi untuk setiap penampang pada alur 7 sungai Pulisan dengan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun.

Tabel 3. Hasil Simulasi Penampang Eksisting dengan Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

| River Sta. | ID Sta. | Min Ch Elev (m) | W. S. Elev (m) | LOB Elev (m) | ROB Elev (m) | Velocity Channel (m/s) | Top Width (m) | L Freeboard (m) | R Freeboard (m) | Keterangan |
|------------|---------|-----------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------|
| 41 | 0+595 | 36.1 | 37.41 | 38.1 | 38.1 | 2.18 | 11.22 | 0.69 | 0.69 | AMAN |
| 40 | 0+590 | 36.1 | 37.33 | 38.1 | 38.1 | 2.35 | 10.93 | 0.77 | 0.77 | AMAN |
| 39 | 0+580 | 36 | 37.3 | 38 | 38 | 2.2 | 11.19 | 0.7 | 0.7 | AMAN |
| 38 | 0+565 | 35.92 | 37.22 | 37.92 | 37.92 | 2.2 | 11.19 | 0.7 | 0.7 | AMAN |
| 37 | 0+553 | 35.8 | 37.19 | 37.8 | 37.8 | 2.01 | 11.55 | 0.61 | 0.61 | AMAN |
| 36 | 0+538 | 35.78 | 37.07 | 37.78 | 37.78 | 2.22 | 11.15 | 0.71 | 0.71 | AMAN |
| 35 | 0+526 | 35.7 | 37.01 | 37.7 | 37.70 | 2.19 | 11.2 | 0.69 | 0.69 | AMAN |
| 34 | 0+506 | 35.6 | 36.89 | 37.6 | 37.6 | 2.21 | 11.17 | 0.71 | 0.71 | AMAN |
| 33 | 0+487 | 35.5 | 36.78 | 37.5 | 37.5 | 2.25 | 11.1 | 0.72 | 0.72 | AMAN |
| 32 | 0+478 | 35.42 | 36.74 | 37.42 | 37.42 | 2.15 | 11.27 | 0.68 | 0.68 | AMAN |
| 31 | 0+469 | 35.38 | 36.7 | 37.37 | 37.37 | 2.15 | 11.29 | 0.67 | 0.67 | AMAN |
| 30 | 0+453 | 35.3 | 36.61 | 37.3 | 37.3 | 2.17 | 11.24 | 0.69 | 0.69 | AMAN |
| 29 | 0+433 | 35.2 | 36.5 | 37.2 | 37.2 | 2.2 | 11.19 | 0.7 | 0.7 | AMAN |
| 28 | 0+426 | 35.16 | 36.46 | 37.16 | 37.16 | 2.18 | 11.21 | 0.7 | 0.7 | AMAN |
| 27 | 0+415 | 35.09 | 36.41 | 37.09 | 37.09 | 2.14 | 11.3 | 0.68 | 0.68 | AMAN |
| 26 | 0+397 | 34.95 | 36.36 | 36.95 | 36.95 | 1.98 | 11.62 | 0.59 | 0.59 | AMAN |
| 25 | 0+378 | 34.92 | 36.21 | 36.92 | 36.92 | 2.23 | 11.14 | 0.71 | 0.71 | AMAN |
| 24 | 0+353 | 34.77 | 36.08 | 36.77 | 36.77 | 2.17 | 11.24 | 0.69 | 0.69 | AMAN |
| 23 | 0+328 | 34.64 | 35.96 | 36.64 | 36.64 | 2.14 | 11.30 | 0.68 | 0.68 | AMAN |
| 22 | 0+303 | 34.52 | 35.8 | 36.52 | 36.52 | 2.24 | 11.11 | 0.72 | 0.72 | AMAN |
| 21 | 0+288 | 34.44 | 35.71 | 36.44 | 36.44 | 2.25 | 11.1 | 0.73 | 0.73 | AMAN |
| 20 | 0+265 | 34.29 | 35.61 | 36.29 | 36.29 | 2.15 | 11.28 | 0.68 | 0.68 | AMAN |
| 19 | 0+245 | 34.20 | 35.45 | 36.2 | 36.2 | 2.31 | 11 | 0.75 | 0.75 | AMAN |
| 18 | 0+228 | 34.08 | 35.37 | 36.08 | 36.08 | 2.21 | 11.16 | 0.71 | 0.71 | AMAN |
| 17 | 0+203 | 33.94 | 35.22 | 35.94 | 35.94 | 2.24 | 11.12 | 0.72 | 0.72 | AMAN |
| 16 | 0+178 | 33.8 | 35.08 | 35.8 | 35.8 | 2.23 | 11.13 | 0.72 | 0.72 | AMAN |
| 15 | 0+156 | 33.68 | 34.93 | 35.68 | 35.68 | 2.32 | 10.98 | 0.75 | 0.75 | AMAN |
| 14 | 0+131 | 33.51 | 34.59 | 35.51 | 35.51 | 2.79 | 10.31 | 0.92 | 0.92 | AMAN |
| 13 | 0+118 | 33.35 | 34.5 | 35.35 | 35.35 | 2.55 | 10.62 | 0.85 | 0.85 | AMAN |
| 12 | 0+093 | 33.13 | 34.24 | 35.13 | 35.13 | 2.68 | 10.45 | 0.89 | 0.89 | AMAN |
| 11 | 0+068 | 32.85 | 33.9 | 34.85 | 34.85 | 2.88 | 10.2 | 0.95 | 0.95 | AMAN |
| 10 | 0+048 | 32.2 | 32.97 | 34.2 | 34.2 | 4.19 | 9.1 | 1.23 | 1.23 | AMAN |
| 9 | 0+043 | 32.12 | 33.01 | 34.12 | 34.12 | 3.53 | 9.56 | 1.11 | 1.11 | AMAN |
| 8 | 0+038 | 31.89 | 32.71 | 33.89 | 33.89 | 3.92 | 9.27 | 1.18 | 1.18 | AMAN |
| 7 | 0+033 | 31.75 | 32.59 | 33.75 | 33.75 | 3.82 | 9.34 | 1.16 | 1.16 | AMAN |
| 6 | 0+026 | 31.67 | 32.8 | 33.67 | 33.67 | 2.62 | 10.53 | 0.87 | 0.87 | AMAN |
| 5 | 0+020 | 31.6 | 32.77 | 33.6 | 33.6 | 2.52 | 10.67 | 0.83 | 0.83 | AMAN |
| 4 | 0+015 | 31.45 | 32.81 | 33.45 | 33.45 | 2.06 | 11.45 | 0.64 | 0.64 | AMAN |
| 3 | 0+010 | 31.45 | 32.77 | 33.45 | 33.45 | 2.14 | 11.29 | 0.68 | 0.68 | AMAN |
| 2 | 0+005 | 31.46 | 32.68 | 33.46 | 33.46 | 2.38 | 10.88 | 0.78 | 0.78 | AMAN |
| 1 | 0+000 | 31.44 | 32.61 | 33.44 | 33.44 | 2.5 | 10.69 | 0.83 | 0.83 | AMAN |

Konstruksi perkuatan tebing dipasang menggunakan pasangan bronjong yang diisi dengan konstruksi hijau seperti rumput vetiver, rumput semak, tanaman bambu, batang-batang kayu, serta kombinasi antara rumput vetiver dan batang-batang kayu. Simulasi dilakukan dengan mengganti atau mengubah nilai kekasaran (n) *Manning* pada tebing sungai dengan menggunakan beberapa konstruksi hijau tersebut.

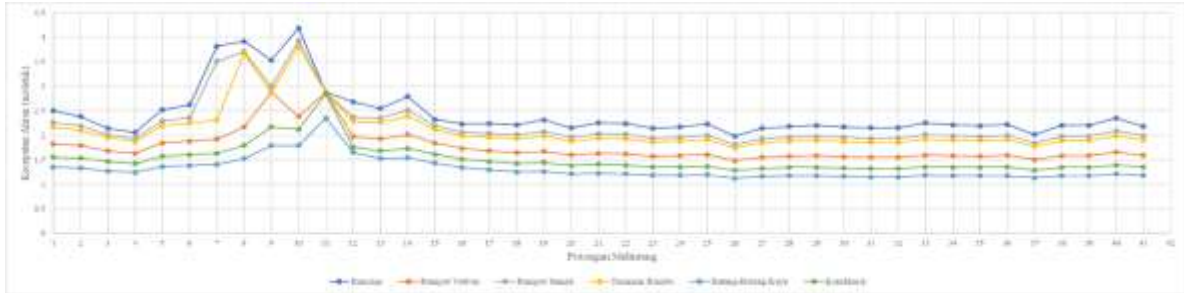
Berikut adalah hasil simulasi kecepatan aliran pada setiap penampang dengan dipasang beberapa Eko Hidraulik berdasarkan pembebanan debit rencana kala ulang 25 tahun.

Tabel 4. Hasil Simulasi Kecepatan Aliran dengan Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

| River Sta. | ID Sta. | Min Ch El (m) | LOB Elev (m) | ROB Elev (m) | Velocity Channel (m/s) | | | | | |
|------------|---------|---------------|--------------|--------------|------------------------|----------------|--------------|---------------|--------------------|-----------|
| | | | | | Eksisting | Rumput Vetiver | Rumput Senak | Tanaman Bambu | Batang-Batang Kayu | Kombinasi |
| 41 | 0+595 | 36.1 | 38.1 | 38.1 | 2.18 | 1.59 | 1.99 | 1.9 | 1.18 | 1.35 |
| 40 | 0+590 | 36.1 | 38.1 | 38.1 | 2.35 | 1.65 | 2.09 | 1.99 | 1.21 | 1.39 |
| 39 | 0+580 | 36 | 38 | 38 | 2.2 | 1.58 | 1.98 | 1.89 | 1.17 | 1.34 |
| 38 | 0+565 | 35.92 | 37.92 | 37.92 | 2.2 | 1.58 | 1.98 | 1.89 | 1.17 | 1.34 |
| 37 | 0+553 | 35.8 | 37.8 | 37.8 | 2.01 | 1.5 | 1.84 | 1.77 | 1.13 | 1.28 |
| 36 | 0+538 | 35.78 | 37.78 | 37.78 | 2.22 | 1.59 | 2 | 1.91 | 1.17 | 1.35 |
| 35 | 0+526 | 35.7 | 37.7 | 37.7 | 2.19 | 1.57 | 1.97 | 1.89 | 1.17 | 1.34 |
| 34 | 0+506 | 35.6 | 37.6 | 37.6 | 2.21 | 1.58 | 1.99 | 1.9 | 1.17 | 1.34 |
| 33 | 0+487 | 35.5 | 37.5 | 37.5 | 2.25 | 1.59 | 2.01 | 1.92 | 1.18 | 1.35 |
| 32 | 0+478 | 35.42 | 37.42 | 37.42 | 2.15 | 1.55 | 1.94 | 1.85 | 1.15 | 1.32 |
| 31 | 0+469 | 35.38 | 37.37 | 37.37 | 2.15 | 1.55 | 1.93 | 1.85 | 1.15 | 1.32 |
| 30 | 0+453 | 35.3 | 37.3 | 37.3 | 2.17 | 1.56 | 1.96 | 1.87 | 1.16 | 1.33 |
| 29 | 0+433 | 35.2 | 37.2 | 37.2 | 2.2 | 1.58 | 1.97 | 1.89 | 1.17 | 1.34 |
| 28 | 0+426 | 35.16 | 37.16 | 37.16 | 2.18 | 1.57 | 1.96 | 1.88 | 1.17 | 1.34 |
| 27 | 0+415 | 35.09 | 37.09 | 37.09 | 2.14 | 1.55 | 1.93 | 1.85 | 1.16 | 1.32 |
| 26 | 0+397 | 34.95 | 36.95 | 36.95 | 1.98 | 1.48 | 1.81 | 1.74 | 1.12 | 1.28 |
| 25 | 0+378 | 34.92 | 36.92 | 36.92 | 2.23 | 1.6 | 2 | 1.91 | 1.19 | 1.36 |
| 24 | 0+353 | 34.77 | 36.77 | 36.77 | 2.17 | 1.58 | 1.96 | 1.88 | 1.18 | 1.35 |
| 23 | 0+328 | 34.64 | 36.64 | 36.64 | 2.14 | 1.57 | 1.94 | 1.86 | 1.18 | 1.35 |
| 22 | 0+303 | 34.52 | 36.52 | 36.52 | 2.24 | 1.62 | 2.02 | 1.93 | 1.21 | 1.39 |
| 21 | 0+288 | 34.44 | 36.44 | 36.44 | 2.25 | 1.63 | 2.03 | 1.94 | 1.22 | 1.4 |
| 20 | 0+265 | 34.29 | 36.29 | 36.29 | 2.15 | 1.6 | 1.96 | 1.88 | 1.21 | 1.38 |
| 19 | 0+245 | 34.2 | 36.2 | 36.2 | 2.31 | 1.67 | 2.07 | 1.98 | 1.26 | 1.44 |
| 18 | 0+228 | 34.08 | 36.08 | 36.08 | 2.21 | 1.64 | 2.01 | 1.93 | 1.25 | 1.42 |
| 17 | 0+203 | 33.94 | 35.94 | 35.94 | 2.24 | 1.68 | 2.04 | 1.96 | 1.29 | 1.46 |
| 16 | 0+178 | 33.8 | 35.8 | 35.8 | 2.23 | 1.73 | 2.06 | 1.99 | 1.34 | 1.51 |
| 15 | 0+156 | 33.68 | 35.68 | 35.68 | 2.32 | 1.84 | 2.19 | 2.12 | 1.43 | 1.61 |
| 14 | 0+131 | 33.51 | 35.51 | 35.51 | 2.79 | 2.01 | 2.51 | 2.39 | 1.54 | 1.73 |
| 13 | 0+118 | 33.35 | 35.35 | 35.35 | 2.55 | 1.93 | 2.35 | 2.26 | 1.52 | 1.68 |
| 12 | 0+093 | 33.13 | 35.13 | 35.13 | 2.68 | 1.97 | 2.37 | 2.28 | 1.65 | 1.76 |
| 11 | 0+068 | 32.85 | 34.85 | 34.85 | 2.88 | 2.88 | 2.88 | 2.88 | 2.35 | 2.85 |
| 10 | 0+048 | 32.2 | 34.2 | 34.2 | 4.19 | 2.38 | 3.93 | 3.8 | 1.79 | 2.12 |
| 9 | 0+043 | 32.12 | 34.12 | 34.12 | 3.53 | 2.88 | 2.99 | 2.88 | 1.79 | 2.17 |
| 8 | 0+038 | 31.89 | 33.89 | 33.89 | 3.92 | 2.17 | 3.71 | 3.67 | 1.52 | 1.79 |
| 7 | 0+033 | 31.75 | 33.75 | 33.75 | 3.82 | 1.92 | 3.51 | 2.31 | 1.4 | 1.63 |
| 6 | 0+026 | 31.67 | 33.67 | 33.67 | 2.62 | 1.88 | 2.36 | 2.25 | 1.38 | 1.6 |
| 5 | 0+020 | 31.6 | 33.6 | 33.6 | 2.52 | 1.84 | 2.29 | 2.19 | 1.36 | 1.57 |
| 4 | 0+015 | 31.45 | 33.45 | 33.45 | 2.06 | 1.63 | 1.94 | 1.87 | 1.24 | 1.42 |
| 3 | 0+010 | 31.45 | 33.45 | 33.45 | 2.14 | 1.68 | 2.01 | 1.95 | 1.27 | 1.46 |
| 2 | 0+005 | 31.46 | 33.46 | 33.46 | 2.38 | 1.79 | 2.19 | 2.1 | 1.33 | 1.53 |
| 1 | 0+000 | 31.44 | 33.44 | 33.44 | 2.5 | 1.82 | 2.26 | 2.17 | 1.35 | 1.55 |

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan memasang Eko Hidraulik dapat mereduksi kecepatan aliran di sungai Pulisan.

Hubungan vegetasi pada penampang sungai memberikan pengaruh terhadap perubahan kecepatan aliran dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran terhadap Jenis Konstruksi Eko Hidraulik

Gambar 2 adalah grafik yang menunjukkan bahwa kecepatan aliran dengan penampang eksisting adalah 2,5 m/detik namun dengan adanya kombinasi antara vegetasi rumput vetiver dan batang-batang kayu kecepatan aliran menjadi 1,55 m/detik atau kecepatan aliran dapat direduksi sebesar 62%.

Pembahasan

Daur Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Menurut Bambang Triatmodjo (dikutip dalam Fajar dkk., 2020), daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap menjadi uap air. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Air yang tertinggal di permukaan tanah sebagian menguap menjadi embun, tapi sebagian besar dari air ini bergabung menjadi aliran dan mengalir sebagai air limpasan permukaan menuju sungai (Tang et al., 2018).

Dengan menggunakan data hujan hasil analisis frekuensi, dihitung hidrograf debit banjir dengan menggunakan program HEC-HMS. Metode perhitungan yang digunakan

adalah Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Services* yang memperhitungkan parameter DAS seperti luas DAS dan kelambatan waktu (*lag time*). Kehilangan air hujan dalam program dihitung dengan menggunakan nilai *SCS Curve Number* yang didasari pada jenis penutup lahan DAS Pulisan. Sementara untuk aliran dasar atau *Baseflow* menggunakan metode *recession*. Analisis hidraulika pada riset ini menggunakan program HEC-RAS dilakukan dengan data masukan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS-SCS yang diolah menggunakan program komputer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n Manning*).

Pada penelitian ini, dilakukan kalibrasi parameter HSS-SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan melakukan uji debit puncak. Dalam kalibrasi ini, parameter yang akan dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow*, dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program HEC-HMS. Hasil uji kalibrasi menunjukkan debit puncak yang terjadi yaitu 2,2 m³/detik. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program HEC-HMS.

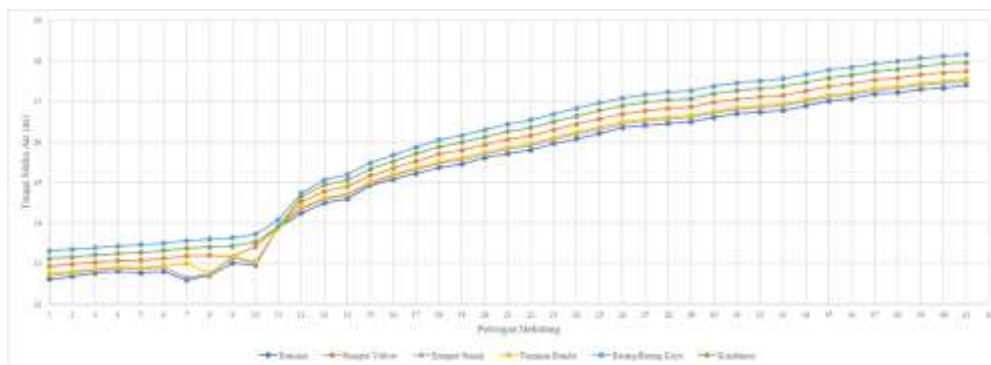
Berdasarkan dari hasil tabel diketahui dengan memasang Eko Hidraulik dapat mereduksi kecepatan aliran di sungai Pulisan. Hal ini disebabkan adanya hambatan serta dengan penggunaan Eko Hidraulik selain mereduksi kecepatan juga terlihat estetik mengingat Pulisan merupakan kawasan superprioritas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran dengan penampang eksisting adalah 2,5 m/detik namun dengan adanya kombinasi antara vegetasi rumput vetiver dan batang-batang kayu kecepatan aliran menjadi 1,55 m/detik atau kecepatan aliran dapat direduksi sebesar 62%. Kecepatan aliran akan semakin besar apabila tidak ada vegetasi pada tebing sungai. Fungsi vegetasi pada tebing sungai yaitu sebagai komponen untuk memperlambat laju aliran air menuju hilir sehingga energi banjir menuju hilir dapat diredam.

Selain untuk melihat kecepatan aliran di sungai, berikut hasil simulasi tinggi muka air pada setiap penampang dengan dipasang beberapa Eko Hidraulik berdasarkan pembebanan debit rencana kala ulang 25 tahun.

Tabel 5. Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

| River Sta. | ID Sta. | Min Ch El (m) | LOB Elev (m) | ROB Elev (m) | W.S. Elev (m) | | | | | |
|------------|---------|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|--------------------|-----------|
| | | | | | Eksisting | Rumput Vetiver | Rumput Semak | Tanaman Bambu | Batang-Batang Kayu | Kombinasi |
| 41 | 0+595 | 36.1 | 38.1 | 38.1 | 37.41 | 37.75 | 37.5 | 37.55 | 38.16 | 37.96 |
| 40 | 0+590 | 36.1 | 38.1 | 38.1 | 37.33 | 37.71 | 37.45 | 37.5 | 38.12 | 37.93 |
| 39 | 0+580 | 36 | 38 | 38 | 37.3 | 37.66 | 37.4 | 37.45 | 38.07 | 37.87 |
| 38 | 0+565 | 35.92 | 37.92 | 37.92 | 37.22 | 37.58 | 37.32 | 37.37 | 37.99 | 37.79 |
| 37 | 0+553 | 35.8 | 37.8 | 37.8 | 37.19 | 37.53 | 37.28 | 37.33 | 37.93 | 37.74 |
| 36 | 0+538 | 35.78 | 37.78 | 37.78 | 37.07 | 37.44 | 37.18 | 37.22 | 37.84 | 37.65 |
| 35 | 0+526 | 35.7 | 37.7 | 37.7 | 37.01 | 37.37 | 37.11 | 37.16 | 37.78 | 37.58 |
| 34 | 0+506 | 35.6 | 37.6 | 37.6 | 36.89 | 37.26 | 37 | 37.05 | 37.67 | 37.47 |
| 33 | 0+487 | 35.5 | 37.5 | 37.5 | 36.78 | 37.15 | 36.89 | 36.94 | 37.56 | 37.37 |
| 32 | 0+478 | 35.42 | 37.42 | 37.42 | 36.74 | 37.11 | 36.85 | 36.9 | 37.51 | 37.32 |
| 31 | 0+469 | 35.38 | 37.37 | 37.37 | 36.7 | 37.06 | 36.81 | 36.85 | 37.46 | 37.27 |
| 30 | 0+453 | 35.3 | 37.3 | 37.3 | 36.61 | 36.98 | 36.72 | 36.77 | 37.38 | 37.19 |
| 29 | 0+433 | 35.2 | 37.2 | 37.2 | 36.5 | 36.87 | 36.61 | 36.66 | 37.27 | 37.07 |
| 28 | 0+426 | 35.16 | 37.16 | 37.16 | 36.46 | 36.83 | 36.57 | 36.62 | 37.23 | 37.04 |
| 27 | 0+415 | 35.09 | 37.09 | 37.09 | 36.41 | 36.77 | 36.52 | 36.57 | 37.17 | 36.98 |
| 26 | 0+397 | 34.95 | 36.95 | 36.95 | 36.36 | 36.69 | 36.45 | 36.5 | 37.08 | 36.89 |
| 25 | 0+378 | 34.92 | 36.92 | 36.92 | 36.21 | 36.57 | 36.32 | 36.37 | 36.97 | 36.78 |
| 24 | 0+353 | 34.77 | 36.77 | 36.77 | 36.08 | 36.44 | 36.19 | 36.24 | 36.83 | 36.64 |
| 23 | 0+328 | 34.64 | 36.64 | 36.64 | 35.96 | 36.3 | 36.06 | 36.11 | 36.69 | 36.5 |
| 22 | 0+303 | 34.52 | 36.52 | 36.52 | 35.8 | 36.15 | 35.91 | 35.96 | 36.54 | 36.35 |
| 21 | 0+288 | 34.44 | 36.44 | 36.44 | 35.71 | 36.06 | 35.82 | 35.87 | 36.44 | 36.26 |
| 20 | 0+265 | 34.29 | 36.29 | 36.29 | 35.61 | 35.93 | 35.7 | 35.74 | 36.3 | 36.12 |
| 19 | 0+245 | 34.2 | 36.2 | 36.2 | 35.45 | 35.8 | 35.56 | 35.61 | 36.16 | 35.99 |
| 18 | 0+228 | 34.08 | 36.08 | 36.08 | 35.37 | 35.7 | 35.47 | 35.51 | 36.05 | 35.88 |
| 17 | 0+203 | 33.94 | 35.94 | 35.94 | 35.22 | 35.53 | 35.32 | 35.36 | 35.87 | 35.71 |
| 16 | 0+178 | 33.8 | 35.8 | 35.8 | 35.08 | 35.35 | 35.16 | 35.2 | 35.68 | 35.52 |
| 15 | 0+156 | 33.68 | 35.68 | 35.68 | 34.93 | 35.17 | 34.98 | 35.01 | 35.48 | 35.33 |
| 14 | 0+131 | 33.51 | 35.51 | 35.51 | 34.59 | 34.9 | 34.68 | 34.72 | 35.2 | 35.06 |
| 13 | 0+118 | 33.35 | 35.35 | 35.35 | 34.5 | 34.78 | 34.58 | 34.62 | 35.06 | 34.94 |
| 12 | 0+093 | 33.13 | 35.13 | 35.13 | 34.24 | 34.53 | 34.35 | 34.39 | 34.74 | 34.66 |
| 11 | 0+068 | 32.85 | 34.85 | 34.85 | 33.9 | 33.9 | 33.9 | 33.9 | 34.08 | 33.91 |
| 10 | 0+048 | 32.2 | 34.2 | 34.2 | 32.97 | 33.42 | 33.02 | 33.04 | 33.72 | 33.53 |
| 9 | 0+043 | 32.12 | 34.12 | 34.12 | 33.01 | 33.17 | 33.14 | 33.17 | 33.64 | 33.43 |
| 8 | 0+038 | 31.89 | 33.89 | 33.89 | 32.71 | 33.2 | 32.75 | 32.76 | 33.6 | 33.41 |
| 7 | 0+033 | 31.75 | 33.75 | 33.75 | 32.59 | 33.19 | 32.65 | 33 | 33.56 | 33.38 |
| 6 | 0+026 | 31.67 | 33.67 | 33.67 | 32.8 | 33.13 | 32.9 | 32.94 | 33.5 | 33.32 |
| 5 | 0+020 | 31.6 | 33.6 | 33.6 | 32.77 | 33.08 | 32.86 | 32.9 | 33.46 | 33.27 |
| 4 | 0+015 | 31.45 | 33.45 | 33.45 | 32.81 | 33.07 | 32.88 | 32.91 | 33.43 | 33.25 |
| 3 | 0+010 | 31.45 | 33.45 | 33.45 | 32.77 | 33.03 | 32.84 | 32.87 | 33.39 | 33.21 |
| 2 | 0+005 | 31.46 | 33.46 | 33.46 | 32.68 | 32.98 | 32.76 | 32.8 | 33.35 | 33.16 |
| 1 | 0+000 | 31.44 | 33.44 | 33.44 | 32.61 | 32.93 | 32.7 | 32.75 | 33.31 | 33.12 |



Gambar 3. Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air terhadap Jenis Konstruksi Eko Hidraulik

SIMPULAN

Penanggulangan banjir pada sungai Pulisan dilakukan secara Eko Hidraulik. Debit banjir rencana yang digunakan yaitu kala ulang 25 tahun $24,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan memasang beberapa konstruksi Eko Hidraulik seperti rumput vetiver, rumput semak, tanaman bambu, batang-batang kayu, serta kombinasi antara rumput vetiver dan batang-batang kayu. Kecepatan aliran penampang eksisting dengan adanya penerapan antara rumput vetiver dan batang-batang kayu dapat direduksi sebesar 62%. Hal ini disebabkan adanya hambatan serta dengan penggunaan Eko Hidraulik selain mereduksi kecepatan aliran juga terlihat estetis mengingat Pulisan merupakan kawasan superprioritas. Sebaiknya perencanaan bukan hanya diterapkan pada satu daerah atau kawasan yang mengalami banjir saja. Melainkan sungai harus dianggap satu, dalam arti perencanaan harus dilakukan secara menyeluruh mulai dari hulu sampai ke hilir. Pelaksanaan Eko Hidraulik secara nyata di lapangan sangat diperlukan kesadaran, pemahaman, serta partisipasi masyarakat dan pemerintah mengenai fungsi dan tujuan Eko Hidraulik ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Fajar, M. M., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2022). Analisis Potensi Dan Pengendalian Banjir Di Sungai Pulisan Dengan Konsep Eko Hidraulik. *TEKNO*.
- Gasser, E., Schwarz, M., Simon, A., Perona, P., Phillips, C., Hübl, J., & Dorren, L. (2019). A review of modeling the effects of vegetation on large wood recruitment processes in mountain catchments. In *Earth-Science Reviews*

- (Vol. 194). <https://doi.org/10.1016/j.earscorev.2019.04.013>
- Giri, S., Thompson, A., Donchyts, G., Oberhagemann, K., Mosselman, E., & Alam, J. (2021). Stabilization of the lower jamuna river in bangladesh—hydraulic and morphological assessment. *Geosciences (Switzerland)*, *11*(9). <https://doi.org/10.3390/geosciences11090389>
- Goldberg, R., Rose, J. M., Mercaldo-Allen, R., Meseck, S. L., Clark, P., Kuropat, C., & Pereira, J. J. (2014). Effects of hydraulic dredging on the benthic ecology and sediment chemistry on a cultivated bed of the Northern quahog, *Mercenaria mercenaria*. *Aquaculture*, *428–429*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.012>
- Islam, M. S., Shahriar, B. A. M., & Shahin, H. M. (2013). Study on growth of vetiver grass in tropical region for slope protection. *International Journal of GEOMATE*, *5*(2), 729–734. <https://doi.org/10.21660/2013.10.3163>
- Islam, M., Van Camp, M., Hossain, D., Sarker, M. M. R., Khatun, S., & Walraevens, K. (2021). Impacts of large-scale groundwater exploitation based on long-term evolution of hydraulic heads in Dhaka city, Bangladesh. *Water (Switzerland)*, *13*(10). <https://doi.org/10.3390/w13101357>
- Kairupan, Reynaldo C., Tiny Mananoma, J. S. F. S. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Wilayah Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Tekno*, *15*(68).
- Kim, K., Riley, S., Fischer, E., & Khan, S. (2022). Greening Roadway Infrastructure with Vetiver Grass to Support Transportation Resilience. *CivilEng*, *3*(1), 147–164. <https://doi.org/10.3390/civileng3010010>
- Makal, A. P., Mananoma, T., & Sumarauw, J. S. F. (2020). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, *8*(3), 283–292. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/28736>
- Maryono, D.-I. I. A. (2009). *Eko-Hidraulik: Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*.
- Mason, M. (2020). Hydraulic patronage: A political ecology of the Turkey-Northern Cyprus water pipeline. *Political Geography*, *76*. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2019.102086>
- Pertiwi, N. (2011). Penggunaan Konsep Ekohidrolik Sebagai Upaya Pengendalian

Bencana Wilayah Pemukiman Pada Sungai Lawo Kabupaten Soppeng, Institut Pertanian Bogor, Bogor

- Ramos, H. M., Carravetta, A., McNabola, A., & Adeyeye, K. (2020). Environmental hydraulics research. In *Water (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/w12102749>
- Sari, J. (2015). Perancangan Ekohidrolik Untuk Pengendalian Banjir Pada Morfologi Sungai Simetris. *Institut Pertanian Bogor, Bogor*.
- Statzner, B., Gore, J. A., & Resh, V. H. (1988). Hydraulic Stream Ecology: Observed Patterns and Potential Applications. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(4). <https://doi.org/10.2307/1467296>
- Sumarauw, J. (2017a). *Analisis Frekwensi Hujan Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Sumarauw, J. (2017b). *Hidrograf Satuan Sintetis Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Sumarauw, J. (2018). *HEC-HMS Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado*. 4–5.
- Tang, V. T., Fu, D., Binh, T. N., Rene, E. R., Sang, T. T. T., & Singh, R. P. (2018). An investigation on performance and structure of ecological revetment in a sub-tropical area: A case study on Cuatien River, Vinh City, Vietnam. *Water (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/w10050636>
- Yu, B., Wang, H., Liu, F., Liu, J., Wang, Q., & Shang, H. (2021). Hydraulic connection of aquifers in Barapukuria Coal Mine, Bangladesh. *Meitiandizhi Yu Kantan/Coal Geology and Exploration*, 49(4). <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.04.025>
- Ziana, Azmeri, & Fransiska, L. (2018a). Perbaikan Bantaran Sungai Secara Eko-Hidraulik Untuk Menanggulangi Banjir Di Sungai Lae Soraya Kota Subulussalam. *Jurnal Pertemuan Ilmiah Tahunan XXXV HATHI*, 1–10.
- Ziana, Azmeri, & Fransiska, L. (2018b). Perbaikan Bantaran Sungai Secara Eko-Hidraulik Untuk Menanggulangi Banjir Di Sungai Lae Soraya Kota Subulussalam. *Jurnal Pertemuan Ilmiah Tahunan XXXV HATHI*.