

2021

JURNAL

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall
(Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton
(Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)

Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare
(Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)

Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton
(Bing Santosa, Dwi Suryani)

Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2
(Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)

Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta)
(Sardi, Hadi Yuwono)

Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7
(Titiek Widayarsi, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)

DEWAN EDITORIAL

- Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
- Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.
- Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra
- Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall (Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)	1 - 13
2. Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton (Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)	14 - 20
3. Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare (Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)	21 - 27
4. Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Dwi Suryani)	28 - 33
5. Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2 (Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)	34 – 37
6. Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta) (Sardi, Hadi Yuwono)	38 – 45
7. Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7 (Titiek Widiasari, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)	46 - 51

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 8, Nomor 1, Edisi Oktober 2021. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare

Andhani Chyntia Paramudinta¹⁾, Nizar Achmad²⁾, Tania Edna Bhakty³⁾

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email : dintaacp25@gmail.com

Abstrak

Sungai Sei Pare-pare memiliki panjang 4,357 meter. Di sungai ini terdapat jembatan untuk jalan Tol Indrapura. Jembatan ini memiliki dua pilar dan dua abutmen, bila curah hujan di Sungai Sei Pare-pare tinggi maka debit air di sungai tersebut dapat meningkat, kejadian ini bisa mengakibatkan terjadinya gerusan pada pilar dan abutmen jembatan. Hal tersebut bisa mengganggu kestabilan struktur jembatan, maka perlu dilakukan perhitungan debit sungai untuk mengetahui jembatan tersebut aman atau tidak apabila terjadi banjir.

Analisis perhitungan pada Sungai Sei Pare-pare dilakukan dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu untuk menghitung besarnya banjir. Pemodelan penampang sungai menggunakan software HEC-RAS dengan aliran *steady flow* dan *Unsteady Flow*. Analisis perhitungan gerusan pada jembatan menggunakan Persamaan Froehlich di dalam software HEC-RAS.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan perhitungan banjir dengan kala ulang 2 tahun sebesar 155,29 m³/d, 5 tahun sebesar 167,59 m³/d, 10 tahun sebesar 193,85 m³/d, 20 tahun sebesar 220,10 m³/d, 25 tahun sebesar 234,60 m³/d, dan 50 tahun sebesar 270,95 m³/d. Selisih tinggi muka air banjir kala ulang 50 tahun dengan tinggi atas jembatan atau gelagar sebesar 5,5 meter, maka air tidak meluap ke jembatan. Pada debit dengan kala ulang 10 tahun menggunakan persamaan Froehlich menghasilkan gerusan pada abutmen sebelah kanan sebesar 6,53 meter untuk aliran *steady flow* dan 6,74 meter untuk aliran *unsteady flow*, sedangkan untuk pilar terjadi gerusan yang sama yaitu 1 meter. Gerusan yang terjadi terlalu besar, maka dapat disimpulkan bahwa jembatan di Sungai Sei Pare-pare tidak aman.

Kata Kunci : Meluap, HEC RAS, HSS Nakayasu, Jembatan, Gerusan.

Abstract

The Sei Pare-Pare River has a length of 4,357 meters. On this river, there is a bridge for the Indrapura Toll Road. The bridge has two pillars and two abutments, if the rainfall in the Sei Pare-Pare River is high, the water discharge in the river can increase. This incident can cause scour on the pillars and abutments of the bridge. It can disrupt the stability of the bridge structure. Therefore, it is necessary to calculate the river discharge to determine whether the bridge is safe or not in case of flooding.

A calculation analysis on the Sei Pare-Pare River was carried out using the HSS Nakayasu Method to calculate the magnitude of the flood. Modeling the cross-sections of the river using a HEC-RAS software with steady flow and Unsteady Flow. The calculation analysis of scour on the bridge using the Froehlich equations in the HEC-RAS software.

Based on the results of the analysis in this study, it was found that the flood calculation with a return period of 2 years as 155.29 m/s, 5 years as 167.59 m/s, 10 years as 193.85 m/s, 20 years as 220.10 m/s, 25 years as 234.60 m/s, and 50 years as 270.95 m/s. The difference in the flood water level on the return period of 50 years with the height of the bridge or girder as 5.5 meters, then the water does not overflow into the bridge. At discharge with a return period of 10 years using the Froehlich equations, the scour on the right abutment as 6.53 meters for steady flow and as 6,74 meters for unsteady flow, while for the pillars the same scour occurs as 1 meters. The scour that happened was to big, so it can be concluded that the bridge on the Sei Pare-Pare River is not safe.

Keyword : Overflow, HEC-RAS, HSS Nakayasu, Bridge, Scour.

Pendahuluan

Latar Belakang

Sungai adalah aliran air permukaan yang berbentuk memanjang dan mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir. Sungai memegang peranan yang sangat

penting bagi perkembangan peradaban manusia di seluruh dunia. Manfaat sungai antara lain sebagai sumber air, sarana transportasi, pembangkit tenaga listrik, dan lain-lain. Sungai terbentuk secara alamiah dan berfungsi untuk menampung air hujan yang turun

di atas permukaan bumi dan mengalirkannya ke laut atau ke danau-danau.

Sungai Sei Bahbolon merupakan sungai yang mengalir di sepanjang Kabupaten Simalangun dan Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Sungai ini memiliki panjang kurang lebih 118 kilo meter dan lebar 20 sampai 25 meter. Sungai Sei Bahbolon di Kabupaten Batubara terpisah menjadi tiga sungai dan menjadi tiga kuala di pinggir perairan selat malaka. Ketiga sungai tersebut ialah Sungai Sei Pare-pare, Sungai Sei Tanjung dan Sungai Sei Gambus. Ketiga sungai tersebut menjadi obyek wisata Kabupaten Batubara.

Sungai Sei Pare-pare memiliki panjang 4,357 meter. Di sungai ini terdapat jembatan untuk jalan Tol Indrapura. Jembatan ini memiliki dua pilar dan dua abutmen, bila curah hujan di Sungai Sei Pare-pare tinggi maka debit air di sungai tersebut dapat meningkat, kejadian ini bisa mengakibatkan terjadinya gerusan pada pilar dan abutmen jembatan. Hal tersebut bisa mengganggu kestabilan struktur jembatan, maka perlu dilakukan perhitungan debit sungai untuk mengetahui jembatan tersebut aman atau tidak apabila terjadi banjir. Analisa hidrologi dilakukan berdasarkan data hidrologi yang diperoleh, selanjutnya dianalisis untuk menentukan hujan rancangan dan debit banjir rancangan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah jembatan yang terletak di wilayah Kabupaten Indrapura masih aman atau tidak terhadap debit banjir. Pemodelan debit banjir pada sungai dengan luasan daerah tangkapan area sebesar 4,234 Km². Dalam penelitian ini pemodelan debit banjir akan menggunakan software HEC-RAS.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah debit banjir pada Sungai Sei dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, dan 50?
2. Apakah terjadi luapan pada Jembatan di Sungai Sei Pare-pare?
3. Apakah terjadi gerusan pada pilar dan abutmen jembatan?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui debit banjir dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, dan 50 di Sungai Sei Pare-pare.
2. Dari pemodelan HEC-RAS dapat mengetahui terjadinya luapan pada Jembatan di Sungai Sei Pare-pare.
3. Mengetahui terjadinya gerusan pada pilar dan abutmen jembatan akibat debit banjir.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bahan ajar mengenai analisis banjir dengan menggunakan software HEC-RAS. Serta dapat memberikan informasi dan refrensi penelitian lebih lanjut terhadap instansi mengenai

banjir di sungai Sei Pare-pare berdsarkan debit rancangan dan gerusan yang terjadi pada pilar jembatan

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah yang diteliti yaitu daerah aliran sungai (DAS) Sungai Sei Pare-pare.
2. Penentuan curah hujan maksimum menggunakan seri data maksimum tahunan atau *annual maximum series*.
3. Penelitian terfokus pada perhitungan debit banjir dan mengetahui apakah terjadi gerusan pada abutmen dan pilar jembatan, tidak pada struktur bangunan jembatan.

LANDASAN TEORI

Sungai

Sungai ialah alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sebagai sungai.

Analisis Hidrologi

Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendali banjir, pengendali erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainasi, pengendali polusi, air limbah, dan lain sebagainya (Triatmodjo, 2008).

Analisis hidrologi yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah analisis debit banjir dengan menggunakan Metode Satuan Sintetik Nakayasu. Metode ini berasal dari seorang peneliti di Jepang yang bernama Nakayasu yang telah menyelidiki beberapa sungai di Jepang.

Bentuk Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (0.1)$$

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8T_r \quad (0.2)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (0.3)$$

Untuk menentukan t_g dan t_r dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_g = 0,4 + 0,058L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (0.4)$$

$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (0.5)$$

$$t_r = 0,5 \times t_g \text{ sampai } t_g \quad (0.6)$$

Persamaan kurva hidrograf satuan sintetik sebagai berikut:

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_d = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (0.7)$$

2. Pada kurva turun

1. Untuk $T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$

$$Q_d = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (0.8)$$

2. Untuk $(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_d = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{(t-T_p) + (0,5T_{0,3})}{(1,5T_{0,3})} \right]} \quad (0.9)$$

3. Untuk $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_d = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{(t-T_p) + (1,5T_{0,3})}{(2T_{0,3})} \right]} \quad (0.10)$$

Hubungan antara bentuk daerah pengaliran dengan $T_{0,3}$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T_{0,3} = 0,47 (A \times L)^{0,25} \quad (0.11)$$

Dengan:

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (0.12)$$

Maka:

$$\alpha = \frac{T_{0,3}}{t_g} \quad (0.13)$$

$$\alpha = \frac{0,47(A \times L)^{0,25}}{t_g} \quad (0.14)$$

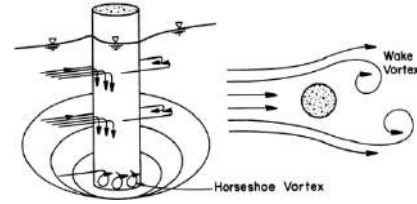
Dengan:

- Q_p = debit puncak banjir
- A = luas DAS (km^2)
- Re = curah hujan efektif (1 mm)
- T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)
- t_r = satuan waktu hujan (jam)
- t_g = *time lag*, yaitu waktu antara permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- α = parameter hidrograf
- L = panjang alur sungai (km)

Analisis Gerusan

Gerusan pada pilar (*pier*) terjadi akibat percepatan aliran sekitar *pier* dan formasi dari aliran vortex (dikenal sebagai vortex tapal kuda). *Vortex* tapal kuda

mengangkat material pada dasar menghasilkan lubang tapal kuda hingga pada kondisi kesetimbangannya.



Gambar 3.1 Gerusan Pada Pilar Jembatan

Gerusan lokal (*local scouring*) yang terjadi pada abutment jembatan dengan dasar sungai granuler akan mengakibatkan degradasi dasar sungai, sehingga berakibat pada menurunnya stabilitas struktur fondasi jembatan tersebut. *Local scour* pada abutment terjadi ketika abutment menghalangi aliran. Pembelokan karena halangan ini menimbulkan pusaran (*vortex*) dimulai dari ujung hulu dari abutment dan bergerak sepanjang kaki dari abutment, dan membentuk bangun pusaran (*wake vortex*) vertikal pada ujung hilir dari abutment.

Persamaan untuk menghitung gerusan lokal dalam HEC 18 Untuk kondisi *live bed* maupun untuk *clear water* adalah sebagai berikut:

1. Persamaan CSU (*Colorado State University*)

$$\frac{y_s}{y_1} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_1} \right)^{0,65} Fr_1^{0,43} \quad (3.15)$$

2. Persamaan HIRE

$$y_s = 4 y_1 \left(\frac{K_1}{0,55} \right) K_2 Fr_1^{0,33} \quad (3.16)$$

3. Persamaan Froechlich

$$y_s = 2,27 K_1 K_2 (L')^{0,43} y_a^{0,57} Fr^{0,61} + y_a \quad (3.17)$$

Dengan:

- Y_s = kedalaman gerusan (m)
- Y_1 = kedalaman aliran tepat di hulu pilar (m)
- K_1 = faktor koreksi untuk bentuk hidung
- K_2 = faktor sudut serang aliran
- K_3 = faktor formasi dasar
- K_4 = faktor armoring berdasarkan ukuran material
- a = lebar pilar (m)
- L = panjang pilar (m)
- L' = panjang abutmen (*embankment*) pada proyeksi normal terhadap aliran, ft(m)
- Fr_1 = angka Froude tepat di hulu pilarr, $V_1 / (g y_1)^{0,5}$
- Fr = angka Froude dari aliran di dataran banjir saat mendekati, $Fr = V_e / (g y_a)^{0,5}$
- V_1 = kecepatan rerata aliran tepat di hulu pilar
- g = percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$
- y_a = rerata kedalaman aliran pada bantaran banjir saat di pendekatan, ft (m)
- Q_e = debit aliran terhalang abutmen dan *embankmen* pada saat aliran pendekatan, cfs (m^3/d)

A_e = luasan aliran yang mendekati saat terhalang abutmen dan *embankment*, ft² (m²)

HEC-RAS

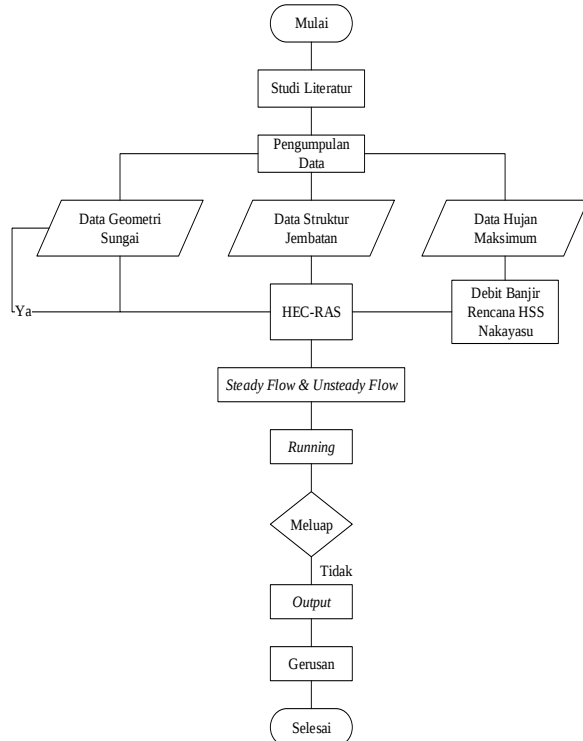
HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran satu dimensi di sungai atau saluran, *River Analysis System (RAS)* dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)*. HEC-RAS dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi, dalam permodelannya terdapat satu dimensi aliran permanen maupun tidak permanen atau lebih dikenal dengan sebutan *steady and unsteady one dimensional flow model*. Pada software HEC-RAS, dapat ditelusuri kondisi air sungai dalam pengaruh hidrologi dan hidroliknya, serta penanganan sungai lebih lanjut sesuai kebutuhan. Secara umum perangkat lunak ini menyediakan fungsi fungsi sebagai berikut:

1. Manajemen File
2. Input data dan pengeditan
3. Analisa Hidraulika
4. Keluaran (tabel, grafik dan gambar)

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian bisa dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 0.1 Bagan Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Debit Banjir

Hasil perhitungan analisis debit banjir kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, & 50 tahun menggunakan metode HSS *Nakayasu* sebagai berikut:

1. Luas DAS = 16,881 Km²
2. Panjang sungai utama (L) = 4,387 Km
3. Kerapatan Jaringan Kuras (D) = 3,484
4. Baseflow (QB)

$$\begin{aligned}
 QB &= 0,4751A^{0,6444}D^{0,9430} \\
 &= 0,4751 \times 16,881^{0,6444} \times 3,484^{0,9430} \\
 &= 10,461 \text{ m}^3/\text{d}
 \end{aligned}$$

5. Waktu konsentrasi dengan $L > 15 \text{ Km}$

$$\begin{aligned}
 T_g &= 0,21 + (L)^{0,7} \\
 &= 0,21 + (4,387)^{0,7} \\
 &= 0,59 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

6. Satuan waktu curah hujan (0,5sampai1) t_g

$$\begin{aligned}
 t_r &= 0,75 \times t_g \\
 &= 0,75 \times 0,59 \\
 &= 0,44 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

7. Waktu dari permulaan banjir sampai puncak Hidrograf

$$\begin{aligned}
 T_p &= t_g + 0,8 \times t_r \\
 &= 0,59 + 0,8 \times 0,44 \\
 &= 0,95 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

8. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak

$$\begin{aligned}
 T_{0,3} &= a t_g \\
 &= 2 \times 0,59 \\
 &= 1,18 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

9. Debit Banjir Puncak menggunakan Persamaan

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot R_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \\
 &= \frac{1}{3,6} \left(\frac{16,881 \cdot 1}{0,3 \cdot 0,95 + 1,18} \right) \\
 &= 3,20 \text{ m}^3/\text{d}
 \end{aligned}$$

10. Hidrograf satuan sintetik

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$\begin{aligned}
 Q_d &= Q_p \times \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \\
 &= 3,20 \left(\frac{0,16}{0,95} \right)^{2,4} \\
 &= 0,050 \text{ m}^3/\text{d}
 \end{aligned}$$

2. Pada kurva turun

Untuk $T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$

$$\begin{aligned}
 Q_d &= Q_p \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)} \\
 &= 3,20 \times 0,3^{\left(\frac{1-0,95}{1,18} \right)} \\
 &= 3,027 \text{ m}^3/\text{d}
 \end{aligned}$$

Untuk $(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_d = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{(t-T_p) + (0,5T_{0,3})}{(1,5T_{0,3})} \right]}$$

$$= 3,20 \times 0,3^{[(2-0,95)+(0,5 \times 1,18)]/(1,5 \times 1,18)}$$

$$= 1,093 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Untuk } t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_d = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})}$$

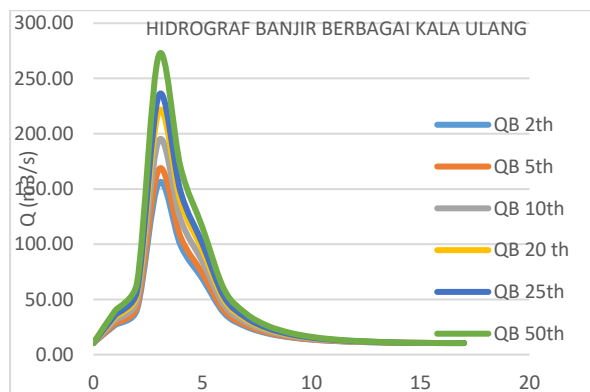
$$= 3,20 \times 0,3^{[(4-0,95)+(0,5 \times 1,18)]/(1,5 \times 3,22)}$$

$$= 0,274 \text{ m}^3/\text{d}$$

Parameter hidrograf satuan Nakayasu tersebut digunakan untuk menghitung ordinat hidrograf pada beberapa waktu yang ditetapkan ($t = 0, 1, 2, \dots, n$).

Tabel 0.1 Rekap Hidrograf Banjir Nakayasu

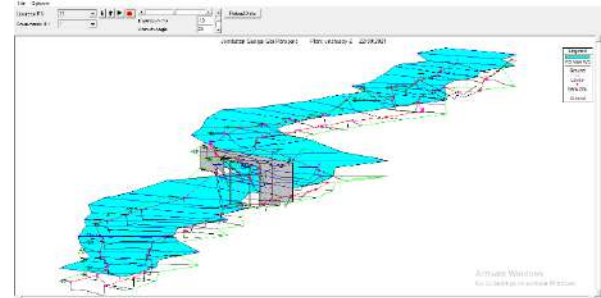
Jam	QB 2th	QB 5th	QB 10th	QB 20 th	QB 25th	QB 50th
0	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46
1	26,79	28,17	31,13	34,09	35,73	39,83
2	40,64	43,21	48,68	54,15	57,17	64,75
3	155,29	167,59	193,85	220,10	234,60	270,95
4	98,93	106,45	122,48	138,52	147,38	169,58
5	68,75	73,70	84,26	94,83	100,67	115,30
6	37,42	39,71	44,60	49,48	52,18	58,95
7	25,34	26,60	29,30	32,00	33,49	37,22
8	19,11	19,85	21,42	22,99	23,85	26,03
9	15,66	16,10	17,05	17,99	18,51	19,82
10	13,59	13,85	14,42	14,99	15,30	16,08
11	12,34	12,50	12,84	13,18	13,37	13,84
12	11,57	11,66	11,87	12,07	12,18	12,46
13	11,10	11,15	11,27	11,38	11,45	11,61
14	10,68	10,69	10,73	10,77	10,79	10,85
15	10,54	10,55	10,57	10,58	10,59	10,61
16	10,47	10,47	10,48	10,48	10,48	10,48
17	10,46	10,46	10,47	10,47	10,47	10,47



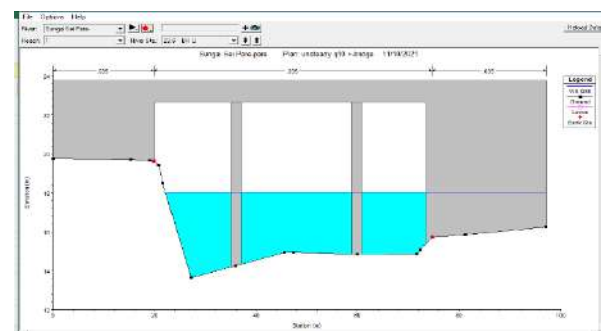
Gambar 0.1 Hidrograf Banjir Berbagai kala ulang

Analisis Modeling HEC-RAS

Steady Flow



Gambar 0.2 Model Simulasi Banjir pada Jembatan Sungai Sei Pare-pare

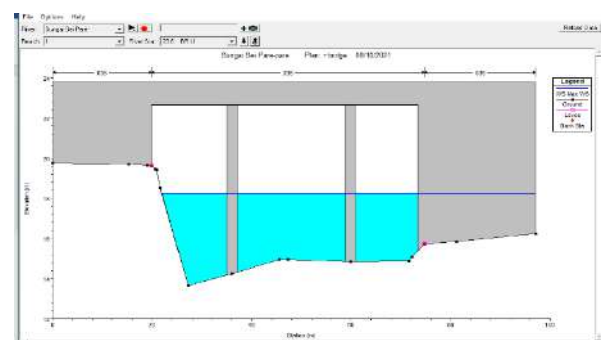


Gambar 0.3 Potongan Melintang 23 Terdapat Konstruksi Jembatan

Unsteady Flow



Gambar 0.4 Model Simulasi Banjir pada Jembatan Sungai Sei Pare-pare



Gambar 0.5 Potongan Melintang 23 Terdapat Konstruksi Jembatan

Berdasarkan kondisi pada gambar 4.3 hasil running menggunakan aliran *steady flow* dan gambar 4.5 menggunakan aliran *unsteady flow* dengan kala ulang 2

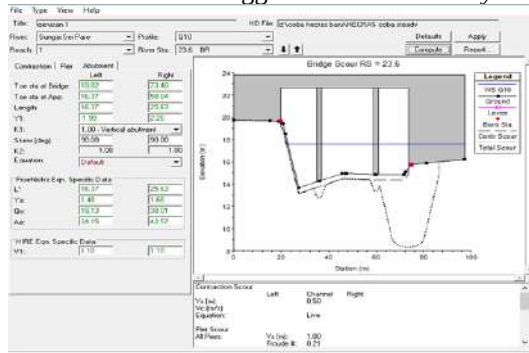
tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun. Pada aliran tersebut terjadi luapan pada Sungai Sei Pare-pare. Selisih tinggi muka air banjir maksimum dengan atas jembatan atau gelagar, ada pada kala ulang 50 tahun sebesar 5,5 meter. Maka, dapat disimpulkan bahwa tinggi jembatan dengan tinggi debit rancangan terbilang jauh, sehingga air tidak meluap ke jembatan dan juga perlu dimodelkan tanggul untuk mengatasi luapan di sungai tersebut.

Analisis Gerusan Menggunakan Software HEC-RAS

Proses *scouring* (gerusan) pada jembatan merupakan gabungan dari *scouring* karena *contraction scour* yaitu adanya kontraksi aliran dari bantaran banjir melalui jembatan, ditambah gerusan pilar dan gerusan abutmen. Pada jembatan di sungai Sei Pare-pare terdapat pilar dan abutmen, maka dilakukan analisis terhadap gerusan pada pilar dan abutmen dengan menggunakan kala ulang 10 tahun.

Analisis ini menggunakan modul HEC-RAS sehingga tidak diperlukan lagi pemindahan data dan bisa langsung dilakukan menggunakan angka kecepatan dan elevasi banjir sesuai dengan hasil perhitungan sebelumnya.

1. Analisis Gerusan Menggunakan Aliran Steady Flow



Gambar 0.6 Hasil Analisis Gerusan pada Pilar dan Abutmen pada Aliran Steady Flow

Tabel 0.2 Hasil *Contraction Scour*

Contraction Scour			
	Left	Channel	Right
Ys (m)	-	0,50	-
Vc (m/s)	-	-	-
Equation		Live	

Tabel 0.3 Hasil *Piers Scour*

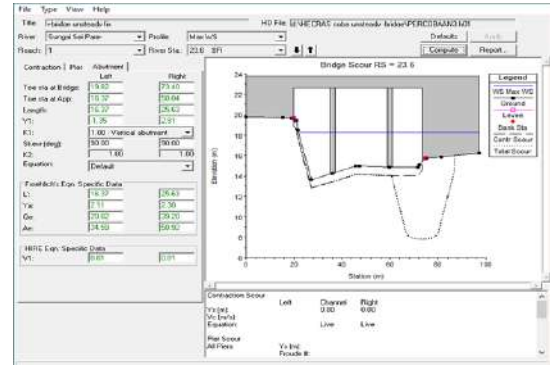
Pier Scour			
All			
Piers:	Ys (m)	: 1	
	Froude #	: 0,21	
	Equation	: Froehlich's equation	

Tabel 0.4 Hasil *Abutment Scour*

Abutment Scour		
	Left	Right
Abutment Ys (m) :	-	6,53
Ve=	-	0,89
Froude # :	-	0,22
Equation :		Froehlich

Analisis gerusan menggunakan debit maksimum kala ulang 10 tahun dengan aliran *steady flow* yaitu 193,85 m³/d dan menggunakan persamaan Froehlich. Telah menghasilkan gerusan abutmen sebelah kanan sebesar 6,53 meter, sedangkan untuk pilar terjadi gerusan sedalam 1 meter.

2. Analisis Gerusan Menggunakan Aliran Unsteady Flow



Gambar 0.7 Hasil Analisis Gerusan pada Pilar dan Abutmen pada Aliran Unsteady Flow

Tabel 0.5 Hasil *Contraction Scour*

Contraction Scour			
	Left	Channel	Right
Ys (m)	-	0,80	-
Vc (m/s)	-	-	-
Equation		Live	

Tabel 0.6 Hasil *Piers Scour*

Pier Scour			
All			
Piers:	Ys (m)	: 1	
	Froude #	: 0,21	
	Equation	: Froehlich's equation	

Tabel 0.7 Hasil *Abutment Scour*

Abutment Scour		
	Left	Right
Abutment Ys (m) :	-	6,74
Ve=	-	0,67
Froude # :	-	0,14
Equation :		Froehlich

Sama seperti sebelumnya aliran *unsteady flow* juga menggunakan debit maksimum kala ulang 10 tahun yaitu 193,85 m³/d dan menggunakan persamaan Froehlich. Telah menghasilkan gerusan abutmen sebelah kanan sebesar 6,74 meter, sedangkan untuk pilar terjadi gerusan sedalam 1 meter.

Berdasarkan analisis gerusan menggunakan aliran *steady flow* dan aliran *unsteady flow*. Gerusan pada abutmen di kedua aliran tersebut cukup besar, perbedaan kedalaman gerusannya hanya 21 cm sehingga perlu adanya dinding penahan tanah, guna melindungi abutmen dari gerusan yang terjadi. Jika tidak ada perlindungan pada tanah maka akan berakibat pada struktur jembatan terutama pada pilar dan abutmen jembatan.

Kesimpulan

Dari hasil analisis debit banjir dan gerusan Sungai Sei Pare-pare di Kecamatan Indrapura, Provinsi Sumatera Utara dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Didapatkan debit banjir dengan metode HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun sebesar 155,29 m³/d, kala ulang 5 tahun sebesar 167,59 m³/d, kala ulang 10 tahun sebesar 193,85 m³/d, kala ulang 20 tahun sebesar 220,10 m³/d, kala ulang 25 tahun sebesar 234,60 m³/d, dan kala ulang 50 tahun sebesar 270,95 m³/d.
2. Pada kala ulang 2, 5, 10, 20, 25 dan 50 tahun terjadi luapan pada sungai. Selisih tinggi muka air banjir maksimum dengan atas jembatan atau gelagar, ada pada kala ulang 50 tahun sebesar 5,5 meter. Maka tinggi jembatan dengan tinggi debit rancangan tebilang jauh, sehingga air tidak meluap ke jembatan.
3. Pada debit dengan kala ulang 10 tahun yaitu 193,85 m³/d dengan aliran *Steady Flow* dan *Unsteady Flow* sama-sama menggunakan persamaan Froehlich menghasilkan gerusan abutmen sebelah kanan sebesar 6,53 meter dan 6,74 meter, untuk pilar juga sama-sama terjadi gerusan sebesar 1 meter. Gerusan yang terjadi cukup besar, maka dapat disimpulkan bahwa jembatan di Sungai Sei Pare-pare tidak aman.
4. Pada penelitian ini tidak ada proses kalibrasi dan langsung hasil eksplorasi, sehingga hasil dari perhitungan perlu di teliti lebih lanjut dengan adanya proses kalibrasi.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlu dimodelkan tanggul untuk mengatasi luapan di sungai Sei Pare-pare.
2. Dampak degradasi dasar sungai pada sekitar abutmen dapat dikurangi dengan memasang fondasi yang lebih dalam dibawah perkiraan gerusan yang mungkin terjadi dan bisa mengganti tanah asli dengan riprap untuk meminimalisir dampak dari gerusan yang terjadi.
3. Perhitungan gerusan bisa dihitung dengan metode hitungan empiris untuk mengetahui terjadi atau tidaknya gerusan pada pilar dan abutmen Jembatan.
4. Penelitian lebih lanjut bisa dengan proses kalibrasi lalu dilanjutkan dengan proses eksplorasi agar bisa mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Barokah, I., & Purwanto, D. (2014). Pengaruh Variasi Debit Aliran Terhadap Gerusan Maksimal di Bangunan Jembatan Dengan Menggunakan Program HEC-RAS. X(2), 175–184.
- Triatmojo, B. (2008). Hidrologi Terapan. BETA OFFSET.
- HEC-RAS v4.1 User Manual, HEC NO. 18.

- Kamase, M., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. F. (2017). Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. Jurnal Sipil Statik, 5(4), 175–185.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/16246>
- Nenny, Imran, H. Al, & Kuba, M. S. S. (2020). Pengaruh Debit Aliran Terhadap Kedalaman Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Moncongloe. Teknik Hidro, 13(2), 18–26.
- Oroh, F., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2019). Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Tondano di Jembatan Ringroad. Jurnal Sipil Statik, 7(9), 1159–1168.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19862>
- Qoirunisa, I., & Putri, N. M. (n.d.). Analisis debit banjir rancangan dan kapasitas penampang aliran kali opak dengan metode hidrograf satuan sintetik (hss) nakayasu dan software hec-ras. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta, 2–4.
- Rustiati, N. B. (2007). Gerusan Lokal Disekitar Abutment Jembatan Labuan. SMARTek, 5(3), 157–165.
- Suma, M. F., Halim, F., & Hendratta, L. A. (2018). Analisis gerusan lokal pada pilar jembatan kuwil kabupaten minahasa utara menggunakan metode empiris. Jurnal Sipil Statik, 6(11), 1017–1028.