

## Analisis Upaya Mitigasi Dampak Gerusan (*Scouring*) Aliran Sungai terhadap Struktur Pilar Jembatan

Rezky Susmono Karuru <sup>\*1a</sup>, Misel Boro Allo <sup>\*2</sup>, Novacharisma V. Verucha <sup>\*3</sup>

Submit:  
4 Agustus 2025

Review:  
15 Agustus 2025

Revised:  
27 Agustus 2025

Published :  
1 September  
2025

<sup>\*1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,  
[rezkykaruru@gmail.com](mailto:rezkykaruru@gmail.com)

<sup>\*2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,  
[misel.boroallo@gmail.com](mailto:misel.boroallo@gmail.com)

<sup>\*3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia  
[novacharismavindiantri.v06@gmail.com](mailto:novacharismavindiantri.v06@gmail.com)

<sup>a</sup>Corresponding Author: [rezkykaruru@gmail.com](mailto:rezkykaruru@gmail.com)

### Abstrak

Analisis hidrolika Sungai Basi 6 menunjukkan bahwa pada debit rencana Q100 tahun, muka air banjir hampir menyentuh lantai jembatan eksisting. Pada banjir besar tahun 2025, tinggi muka air mencapai elevasi dasar jembatan, menimbulkan risiko serius bagi struktur yang telah berusia puluhan tahun. Lokasi jembatan pada tikungan tajam membuat sisi luar belokan menerima tekanan aliran terbesar, sehingga arus menghantam langsung abutment dan memicu gerusan (*scouring*) yang berpotensi melemahkan fondasi. Kecepatan aliran eksisting tercatat 5.17 m/s, mempercepat erosi di sekitar struktur. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan normalisasi alur sungai dengan meluruskan geometri aliran dan membangun tanggul sepanjang 100 meter di sisi hulu serta hilir jembatan. Tindakan ini bertujuan menurunkan kecepatan aliran dan mengurangi potensi gerusan. Selain itu, direncanakan pembangunan bangunan pereduksi kecepatan di area tikungan. Hasil simulasi kedalaman gerusan pada kondisi eksisting sebesar 2,43 m menurun menjadi 0,56 m pada kondisi rencana. Penurunan ini terjadi karena kecepatan aliran berhasil dikurangi dari 5,17 m/s menjadi 2,03 m/s, sehingga potensi gerusan dasar sungai berkurang dan kondisi jembatan menjadi lebih aman. Berdasarkan kajian, kombinasi penataan alur sungai, pemasangan bronjong, dan peninggian jembatan minimal 1,5 meter dari muka air banjir direkomendasikan sebagai solusi efektif untuk mengendalikan gerusan dan meningkatkan keselamatan jembatan.

**Kata kunci:** *gerusan, HEC-RAS, jembatan, normalisasi sungai, pilar.*

### Abstract

*A hydraulic study of the Basi 6 River indicated that during the Q100 design discharge, the floodwater level nearly reaches the underside of the existing bridge deck. In 2025, a major flood raised the water level to the bridge's bottom elevation, posing a serious threat to the decades-old structure. Situated at a sharp river bend, the bridge's outer bank is subjected to the highest flow velocity, causing direct impact on the abutment and triggering local scouring that jeopardizes foundation stability. Current measurements show a flow velocity of 5.17 m/s, which significantly accelerates erosion around the structure. River normalization was implemented by realigning the channel into a straighter path and constructing embankments 100 m upstream and downstream of the bridge. These works aim to lower flow velocity and reduce scouring potential. Additional flow-reduction structures are planned at critical bends to further dissipate energy. The simulation results show that the scouring depth under existing conditions, which was 2.43 m, decreased to 0.56 m under the planned condition. This reduction occurred because the flow velocity was successfully reduced from 5.17 m/s to 2.03 m/s, thereby lowering the potential for riverbed scouring and enhancing the safety of the bridge. The study recommends combining river realignment, gabion installation, and raising the bridge deck by at least 1.5 m above the Q100 flood level to effectively control scouring and improve the bridge's safety and resilience.*

*Keywords: scouring, HEC-RAS, Bridge, river channel improvement, pier.*

## PENDAHULUAN

Erosi lokal (*local scouring*) di sekitar pier jembatan merupakan salah satu penyebab utama kegagalan struktur jembatan secara global. Pilar jembatan berfungsi untuk memikul beban yang bekerja pada jembatan. Mengingat letak pilar yang berada pada aliran air sungai, maka dasar sungai di sekitar pilar memiliki potensi mengalami gerusan lokal [1].

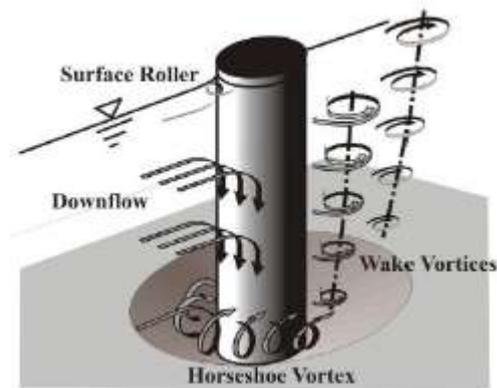
Fenomena ini terjadi akibat percepatan aliran air dan pembentukan vorteks di sekitar elemen struktural seperti pilar dan abutment, sehingga menciptakan lubang erosi yang dapat mengancam stabilitas pondasi. [2].

Jembatan Basi 6 di Kabupaten Toli-Toli provinsi Sulawesi Tengah mengalami gangguan struktural akibat gerusan pada *abutment*, yang disebabkan oleh lokasinya yang berada pada belokan luar aliran sungai. Tikungan ini menyebabkan peningkatan kecepatan aliran dan konsentrasi tegangan geser pada sisi luar, yang mempercepat proses erosi di sekitar *abutment*. Pengamatan lapangan menunjukkan terjadinya pengikisan material dasar penopang *abutment*, yang berpotensi menurunkan stabilitas struktur jembatan. Faktor pemicu utama antara lain konfigurasi *meander* sungai, karakteristik material dasar yang mudah tererosi, dan tingginya debit aliran saat musim hujan. Perubahan tata guna lahan dan pembangunan bangunan konservasi di wilayah hulu daerah aliran sungai (DAS) tidak hanya berdampak pada lokasi pelaksanaannya, tetapi juga memengaruhi wilayah hilir, antara lain melalui perubahan fluktuasi debit air, pergerakan sedimen, serta kandungan material terlarut dalam sistem aliran air [3].



Gambar 1. Lokasi Jembatan di Areal Belokan Sungai

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS* untuk memodelkan potensi *scouring* sebelum dan sesudah rehabilitasi jembatan. Gerusan lokal umumnya terjadi pada aliran sungai yang terganggu oleh keberadaan pilar jembatan, yang menyebabkan terbentuknya pusaran di bagian hulu pilar tersebut. Skematik terjadinya gerusan pada pilar ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Proses Terjadinya Pengikisan Lokal di Sekitar Pilar Jembatan [4]

*HEC-RAS* menyediakan tiga pendekatan penghitungan *scour*: *contraction*, *pier*, dan *abutment scour*. *Pier scour* secara khusus dapat dihitung berdasarkan persamaan CSU dan Froehlich, dengan *input* data bentuk pilar, sudut datang aliran, konfigurasi dasar sungai, dan ukuran sedimen. ( $d_{50}$  atau  $d_{95}$ ) [5]

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode CSU cenderung menghasilkan nilai kedalaman gerusan yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya, sehingga sering dijadikan pendekatan konservatif dalam desain awal [1].

Selain studi kasus di Indonesia, penelitian internasional seperti pada jembatan Simineh Rood di Iran juga menggunakan simulasi *HEC-RAS* dan metode empiris untuk mengevaluasi kedalaman *scouring* pada pier dan *abutment*. Hasilnya menunjukkan konsistensi tren bahwa CSU lebih sensitif terhadap peningkatan debit aliran dibandingkan metode Froehlich, yang dianggap lebih realistis dalam beberapa kondisi fluida tertentu. [6]

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mengkaji secara komprehensif potensi bahaya gerusan terhadap pilar Jembatan Basi 6 dengan menggunakan model *HEC-RAS* dalam dua kondisi: sebelum perbaikan dan sesudah rehabilitasi struktur. Hasil dari analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan berbagai metode perhitungan empiris. Setelah potensi bahaya gerusan untuk periode ulang tertentu teridentifikasi, dapat disusun beberapa alternatif solusi perbaikan atau penguatan struktur pilar untuk mencegah kemungkinan keruntuhan jembatan di masa depan.

## METODOLOGI

### 1. Metode

Penelitian ini menggunakan simulasi hidraulik satu dimensi melalui perangkat lunak *HEC-RAS* untuk menganalisis potensi gerusan lokal pada struktur pilar dan *abutment* jembatan—sebuah pendekatan yang telah terbukti andal dalam berbagai studi terbaru [7]. Pendekatan numerik dengan simulasi hidraulik satu dimensi melalui perangkat lunak *HEC-RAS* (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*) untuk menganalisis potensi gerusan (*scour*) pada struktur jembatan yang terletak di tikungan sungai. *HEC-RAS* dipilih karena merupakan perangkat lunak yang telah banyak digunakan dalam kajian hidraulika sungai dan analisis struktur perlintasan air seperti jembatan dan gorong-gorong. [8]

Studi tentang sensitivitas konfigurasi pilar juga meningkatkan pemahaman tentang pengaruh bentuk pilar terhadap kedalaman *scour*, sebagaimana dianalisis oleh Pollack Periodica. [6]

Data model meliputi penampang melintang sungai, konfigurasi geometri tikungan, dimensi struktur jembatan, dan skenario debit banjir rencana. *HEC-RAS* dijalankan dalam mode *unsteady flow* untuk periode ulang debit 100 tahun. Struktur internal jembatan dimodelkan secara rinci, termasuk bentuk dan posisi pilar terhadap aliran.

Simulasi menghasilkan distribusi kecepatan dan kedalaman aliran, serta estimasi kedalaman *scouring* lokal (*scour depth*) di sekitar pilar dan abutment berdasarkan pedoman *HEC-18* [2]. Analisis dilakukan membandingkan kondisi sebelum dan setelah rehabilitasi struktur, guna menilai efektivitas perkuatan jembatan dan merumuskan rekomendasi desain fondasi yang konservatif namun realistis.

Hasil simulasi dianalisis untuk menentukan lokasi dan kedalaman maksimum gerusan yang terjadi pada masing-masing skenario debit. Analisis dilakukan untuk dua kondisi utama: sebelum dan sesudah perbaikan struktur jembatan. Perbandingan hasil digunakan untuk mengevaluasi efektivitas perkuatan struktur terhadap risiko *scouring*. Nilai kedalaman gerusan maksimum yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar rekomendasi kedalaman pondasi pilar dan alternatif perlindungan terhadap dasar sungai guna meningkatkan stabilitas struktur jembatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

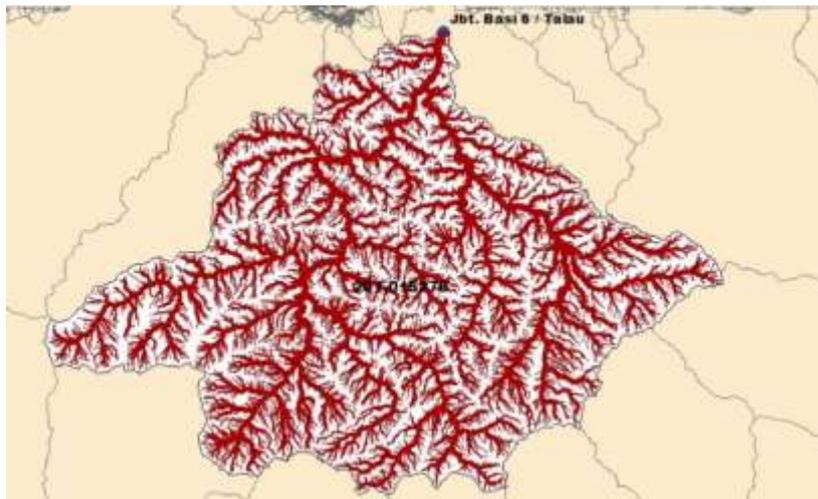
### 1. Analisa Hidrologi

Analisis frekuensi merupakan tahap akhir dalam analisis curah hujan yang digunakan untuk menentukan hujan rancangan. Penentuan hujan rancangan dilakukan dengan menggunakan metode Distribusi *Log Pearson Tipe III*, metode yang memenuhi sebaran distribusi hujan. Namun sebagai pembanding, hujan rancangan juga dihitung dengan metode lainnya. Hujan rancangan ditentukan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, seperti diperlihatkan pada Tabel.1.

Tabel 1. Hujan Rancangan Desa Basi Kabupaten Toli-Toli

No.	Kala Ulang (tahun)	Distribusi Gumbel (mm/hari)	Distribusi Normal (mm/hari)	Distribusi Log Pearson Tipe III (mm/hari)	Curah Hujan Rata - Rata (mm/hari)
1	2	97.951	96.206	87.058	93.738
2	5	160.205	131.994	121.419	137.873
3	10	201.417	157.070	156.647	171.711
4	25	253.505	182.156	219.798	218.486
5	50	292.141	216.397	284.200	264.246
6	100	330.491	244.156	367.724	314.124
Uji Chi Square		Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	
Smirnov		Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	
Kolmogorof					

Daerah Tangkapan Air adalah wilayah yang menampung air saat terjadi hujan. Semakin luas wilayah tangkapan, maka semakin besar pula debit air yang dihasilkan. Penentuan daerah tangkapan didasarkan pada prinsip perbedaan ketinggian, di mana air mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Pada wilayah berbukit, penentuan area tangkapan mengacu pada titik-titik tertinggi, dan aliran air mengikuti kontur topografi menuju tempat yang lebih rendah. Luas DTA di sungai yaitu 201 km<sup>2</sup> seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. *Catchment Area* Lokasi Sungai Basi 6

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan metode rasional sesuai ketentuan Badan Standardisasi Nasional (2016) [9], metode Rasional dapat diterapkan pada daerah aliran dengan luas kurang dari 5000 hektar. Jika luas daerah aliran kurang dari 5000 hektar, maka koefisien aliran (C) dapat dibagi berdasarkan jenis tata guna lahan dan luas masing-masing lahan terkait.

Metode Rasional dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan debit puncak pada sungai atau saluran, namun hanya berlaku untuk daerah aliran yang luasnya terbatas. Maka dari itu menggunakan metode Nakayasu dikarenakan daerah pengaliran >5000 Ha yaitu 201 km<sup>2</sup>.

Tabel 2 menyajikan rekapitulasi hasil perhitungan debit puncak banjir di Desa Basi, Kabupaten Toli-Toli menggunakan lima metode, yaitu *Nakayasu*, *Snyder*, *Haspers*, ITB 1, dan ITB 2. Hal ini menunjukkan adanya variasi hasil perhitungan antar metode, meskipun tren kenaikan debit puncak tetap konsisten pada seluruh metode yang digunakan.

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan debit banjir Desa Basi Kabupaten Toli-Toli

Tr	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /dt)				
	Nakayasu	Snyder	Haspers	ITB 1	ITB 2
2	222.5	489.4	111.2	333.7	356.0
5	188.1	413.9	94.1	282.2	301.0
10	242.7	534.0	121.4	364.1	388.3
25	340.5	749.2	170.3	510.8	544.9
50	440.3	968.7	220.2	660.5	704.5
100	569.7	1253.3	284.8	854.5	911.5

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik *Nakayasu*, yang memperhitungkan kondisi fisik Daerah Aliran Sungai (DAS), luas daerah tangkapan, serta intensitas hujan yang terjadi. Berdasarkan data curah hujan rencana dan parameter DAS yang diperoleh, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai debit puncak yang dihasilkan dengan metode Nakayasu adalah  $Q_{100}$  sebesar 569,7 m<sup>3</sup>/detik. Nilai ini digunakan sebagai *input* utama dalam pemodelan hidraulik menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS*, untuk mensimulasikan respon aliran sungai terhadap debit ekstrem tersebut. Metode *Nakayasu* dipilih karena keandalannya dalam merepresentasikan kondisi aliran banjir di wilayah tropis dan telah banyak diterapkan dalam perencanaan hidrologi di Indonesia. [10]

## 2. Analisa Hidrolika

Daerah aliran sungai yang dikaji dalam pekerjaan ini adalah daerah aliran sungai yang merupakan daerah tangkapan hujan aliran permukaan yang paling hulu dan wilayah sekitarnya yang masuk melalui alur alam terhadap perencanaan Jembatan. Dalam penanganan ini menggunakan beberapa skema untuk melakukan analisa terhadap dampak genangan dari segi kondisi eksisting dan kondisi rencana. [11]

Tinjauan hidraulik yang melibatkan parameter geometri sungai, seperti luas penampang basah, keliling basah, dan jari-jari hidraulik, digunakan untuk menghitung kapasitas aliran sungai dalam mengalirkan berbagai debit banjir rencana. Melalui penampang sungai yang ada, dapat diperkirakan tinggi muka air yang akan terjadi di lokasi rencana pembangunan jembatan. [12]

Analisis kapasitas hidraulik dilakukan pada kondisi penampang sungai eksisting maupun penampang rencana, guna memperoleh desain jembatan yang sesuai dengan debit aliran yang melintasinya. Hasil pemodelan banjir menunjukkan genangan hanya terjadi di area tertentu, karena simulasi banjir menggunakan *HEC-RAS* mengacu pada data elevasi permukaan lahan (*terrain*) dan prinsip aliran air yang bergerak dari tempat tinggi ke tempat rendah, sehingga genangan hanya muncul di wilayah dengan ketinggian tertentu.[13]

Periode ulang yang digunakan dalam perencanaan saluran drainase ditetapkan sebagai berikut: 10 tahun untuk saluran samping yang bermuara ke sungai, 25 tahun untuk saluran samping yang terhubung ke gorong-gorong, 25 tahun untuk gorong-gorong, 50 tahun untuk sungai dengan debit kurang dari 200 m<sup>3</sup>/detik, serta 100 tahun untuk sungai dengan debit sama dengan atau lebih dari 200 m<sup>3</sup>/detik [14].

*HEC-RAS* merupakan inti sari dari analisa ini agar *review* perencanaan pengalihan sungai dapat direalisasikan. Untuk mempermudah analisa maka disusun beberapa metodologi seperti pada Gambar 4.



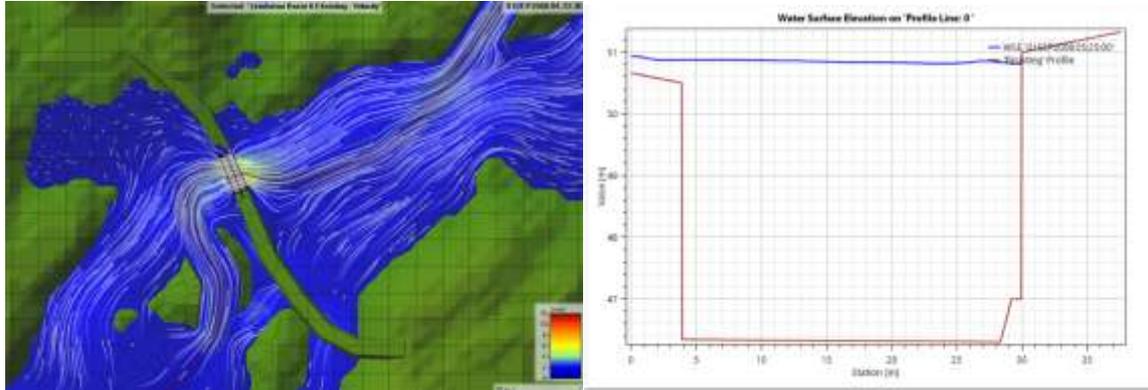
Gambar 4. Bagan Alir Pemodelan Hidrolika

### Kondisi Eksisting

*HEC-RAS* memerlukan sejumlah parameter geometri saluran, seperti alur sungai, penampang melintang dan memanjang, tingkat kekasaran dasar (koefisien Manning), serta kehilangan energi di area perubahan bentuk penampang saluran. Selain itu, *HEC-RAS* juga membutuhkan informasi mengenai geometri struktur hidraulik yang terdapat sepanjang saluran, seperti jembatan, pintu air, bendung, *spillway*, dan struktur sejenis lainnya.

- a. Informasi *Catchment Area*.
- b. Lokasi Jembatan Basi 6

- c. Debit  $Q_{100} = 569.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , TMA = 4.63 m
- d. Rata-rata kecepatan aliran adalah 5.17 m/s.
- e. Jenis aliran termasuk aliran subkritis karena nilai *froude* <1.



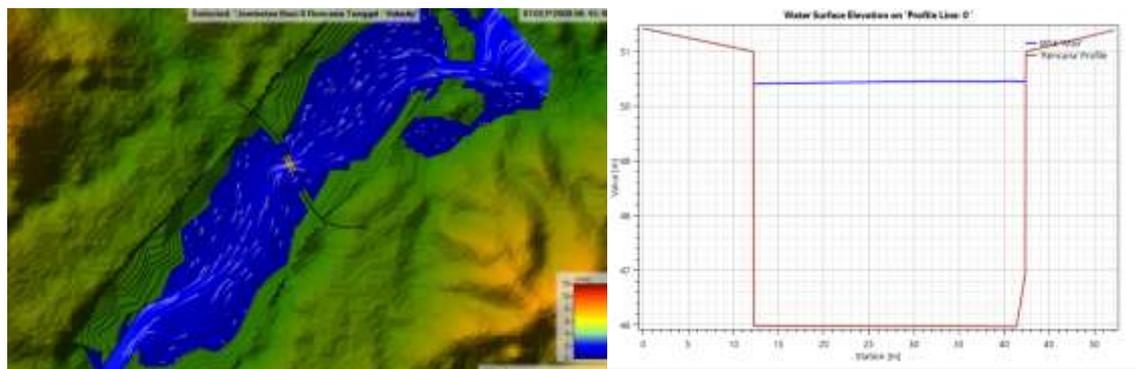
Gambar 5 Kondisi Eksisting di Areal Jembatan Basi 6

### Kondisi Rencana (Perubahan Alur Sungai)

Pada kasus ini menggunakan debit banjir  $Q_{100}$  tahun sebesar  $569.7 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan metode perhitungan menggunakan metode Nakayasu. Jika dilihat debit Hidrologi lebih kecil dari debit Hidrolika penampang sungai dapat menampung kapasitas debit hidrologi. Dari hasil simulasi *HEC-RAS* menggunakan maksimum *water surface* untuk melihat kemampuan kapasitas saluran.

- a. Lokasi pekerjaan Jembatan = Sungai Basi 6
- b. Debit  $Q_{100} = 569.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , TMA di bawah Jembatan= 4.44 m
- c. Rata-rata kecepatan aliran adalah 2.03 m/s.
- d. Jenis aliran termasuk aliran subkritis karena nilai *froude* <1.

Setelah simulasi selesai dilakukan dan data elevasi muka air di setiap stasiun penampang diperoleh, maka dapat dievaluasi apakah Sungai Basi 6 mampu menampung debit banjir dengan periode ulang 100 tahun ( $Q_{100}$ ) atau belum. Analisa muka air di Sungai Basi 6 menggunakan debit periode ulang 100 tahun untuk mengetahui dampak dari genangan dan perencanaan infrastruktur.

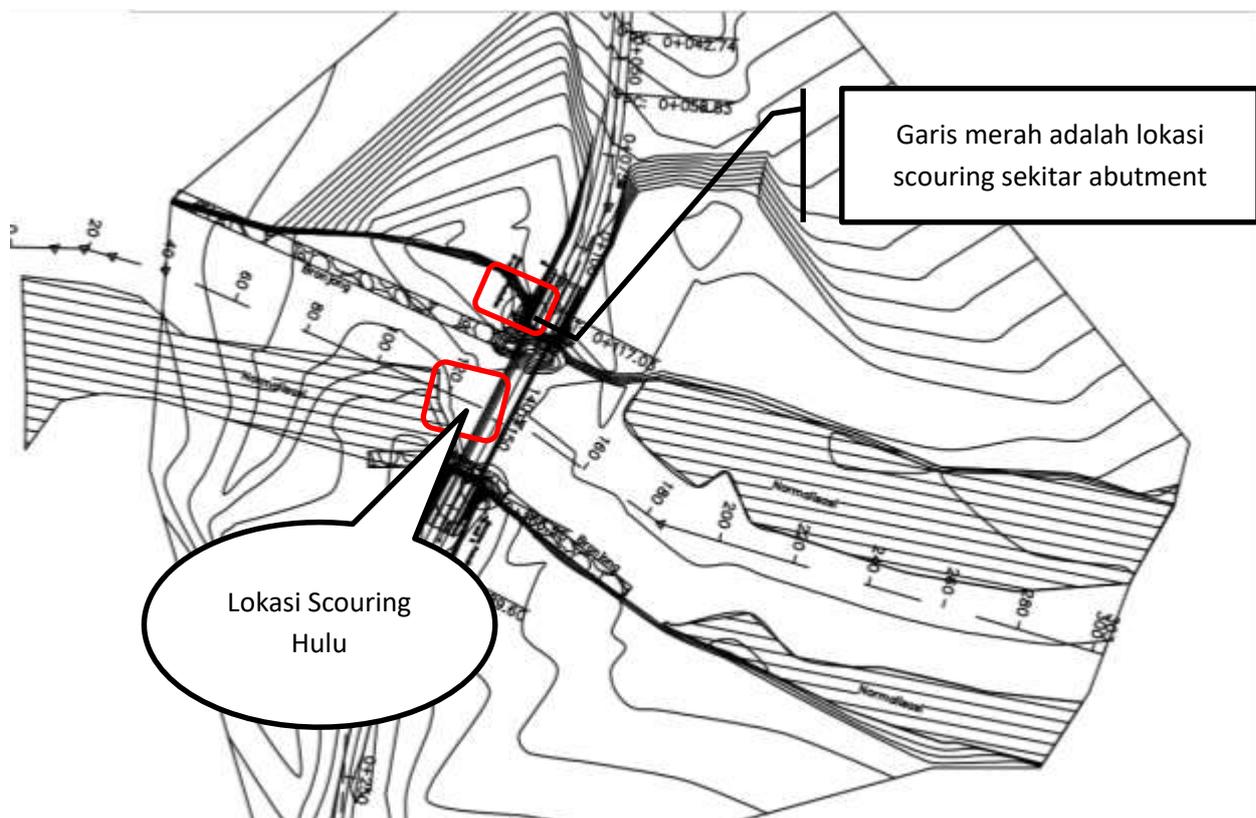


Gambar 6 Kondisi Rencana di Areal Jembatan Basi 6

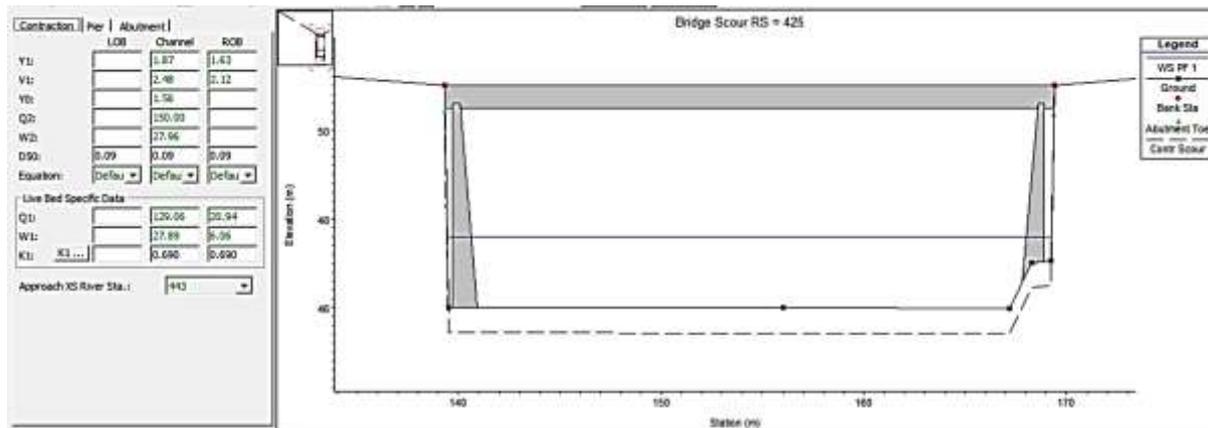
### 3. Analisa Scouring

Secara umum, keberadaan gerusan dapat menimbulkan permasalahan yang berpotensi mengganggu kestabilan struktur jembatan. Gerusan (*scouring*) merupakan suatu proses alami yang terjadi di badan

sungai sebagai akibat dari kondisi morfologi sungai maupun keberadaan bangunan air di sekitarnya. Pada sungai harus dilakukan analisa terhadap gerusan (*scouring*) terutama pada belokan sungai. Gerusan lokal (Dalam analisa ini, diameter sedimen menggunakan data empiris pada lokasi terdekat dengan lokasi studi diperoleh angka  $d_{50}$  adalah 0.09 mm [15]. Perhitungan *contraction scour* dapat dilakukan dengan menekan tombol *compute* setelah seluruh data yang berkaitan dengan pilar dan abutmen di *input* dengan lengkap. Program *HEC-RAS* menghitung pier scour menggunakan persamaan dari CSU (*California State University*) atau *Froehlich*. Terdapat empat jenis data yang diperlukan, yaitu bentuk dan dimensi pilar, sudut datang aliran terhadap pilar (*angle*), karakteristik dasar sungai (faktor  $K_3$ ), serta diameter sedimen ( $d_{95}$ ). Dalam analisis ini, bentuk pilar disesuaikan dengan kondisi di lapangan, yaitu *group of cylinder*, dengan sudut datang aliran sebesar  $0^\circ$ , karakteristik dasar sungai dikategorikan sebagai *clear water scour*, dan diameter sedimen ( $d_{95}$ ) sebesar 0,2 mm. Gerusan ini merupakan dampak langsung dari keberadaan struktur di dalam aliran sungai. Terjadinya gerusan lokal umumnya dipicu oleh terhambatnya transportasi sedimen yang dibawa aliran akibat keberadaan struktur yang berada di sepanjang alur sungai.[16]



Gambar 7 Plan Profile Area yang Mengalami Scouring



Gambar 8 Hasil Analisa *Scouring* Sisi Hulu

Berdasarkan hasil analisis menggunakan HEC-RAS, diperoleh informasi mengenai kedalaman gerusan lokal yang terjadi di bawah jembatan, yang dihitung berdasarkan penampang rencana serta debit aliran yang telah dimasukkan. Data tersebut dapat disajikan dalam bentuk Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekap kedalaman *scouring*

	Contraction (m)	Abutmen (m)	Total	Pier (m)
<i>Left</i>				
<i>Channel</i>		0.56	0.56	
<i>Right</i>				
Froude		0.7		

Setelah diperoleh hasil mengenai besarnya atau kedalaman gerusan lokal di bawah jembatan, diketahui bahwa gerusan maksimum terjadi pada pilar bagian kanan dan kiri, dengan total kedalaman *scouring* sebesar 0,56 meter. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3, diperlukan upaya perlindungan untuk mencegah potensi kerusakan struktur akibat gerusan lokal yang terjadi secara berkelanjutan.

Selain itu, perlu dilakukan koreksi terhadap model untuk mengevaluasi kesesuaian luasan genangan yang dihasilkan oleh simulasi HEC-RAS dengan kondisi aktual di lapangan. Koreksi ini dilakukan dengan membandingkan peta distribusi banjir hasil keluaran model HEC-RAS dengan distribusi banjir yang terjadi secara nyata di lokasi tersebut.[17]

Tabel.3 Matriks analisa eksisting dan rencana Jembatan Basi 6

No	Kondisi	Debit $Q_{100}$ (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	H ( <i>Scouring</i> ) (m)	TMA (m)	<i>Freeboard</i> (m)
1	Eksisting	569.7	5.17	2.43	4.63	1.5
2	Rencana	569.7	2.03	0.56	4.44	1.5

Keterangan:

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)
- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- TMA = Tinggi Muka Air (m)
- MAB = Muka Air Banjir

Jarak bebas vertikal (*freeboard*) antara bagian terendah bangunan atas jembatan dan muka air pada kondisi banjir ditetapkan sekurang-kurangnya 1 meter. Nilai ini dianjurkan untuk ditambah apabila pada lokasi tersebut sering terdapat benda hanyut berukuran besar. Menurut pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan (2010) untuk sungai alam yang membawa hanyutan ketika banjir menggunakan tinggi jagaan (*freeboard*) 1,5 m.

Terdapat berbagai metode yang dapat diterapkan untuk mengendalikan terjadinya gerusan, antara lain:

1. Pemasangan lapisan rip-rap di sekitar area pilar sebagai pelindung dasar sungai.
2. Pembangunan struktur perkuatan tanggul, seperti bronjong, guna meminimalkan dampak gerusan.
3. Penyesuaian orientasi pilar agar sejajar dengan arah aliran sungai.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan analisa hidrolika Sungai Basi 6  $Q_{100}$  tahun sudah hampir mencapai lantai jembatan sehingga elevasi jembatan harus dinaikkan minimal 1.5 meter dari muka air banjir pada debit  $Q_{100}$  tahun. Dikarenakan kondisi eksisting pada alur sungai yang memiliki tikungan/belokan tajam mengakibatkan kecepatan aliran menggerus pada area belokan sisi luar sehingga terjadi turbulen dan mengakibatkan *scouring*. Pada kondisi rencana terjadi penurunan kecepatan aliran dikarenakan geometri sungai dialihkan menjadi lebih lurus. Melakukan normalisasi dan memasang tanggul 100 meter ke arah hilir dan hulu dari jembatan untuk penanganan *scouring* dan perkuatan lereng. Merencanakan bangunan reduksi kecepatan aliran sungai terutama yang berada pada tikungan atau belokan sungai. *Scouring* (gerusan dasar sungai) sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Pada kondisi eksisting, aliran yang lebih cepat (5,17 m/s) memberikan energi lebih besar untuk menggerus dasar sungai, sehingga kedalaman gerusan mencapai 2,43 m. Namun, pada desain rencana jembatan, aliran berhasil diperlambat menjadi 2,03 m/s, sehingga gaya erosi terhadap dasar sungai berkurang. Hal ini menyebabkan penurunan kedalaman *scouring* menjadi 0,56 m. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penurunan *scouring* dari 2,43 m menjadi 0,56 m terjadi karena perbaikan desain hidraulik yang mampu menurunkan kecepatan aliran, sehingga kondisi struktur jembatan lebih aman terhadap potensi kerusakan akibat gerusan dasar sungai. Dari hasil kajian tersebut dapat direkomendasikan bahwa penerapan bangunan bronjong dan perubahan alur sungai sudah sangat cukup untuk penanganan pengaruh gerusan pada *abutment* jembatan.

## **REFERENSI**

- [1] C. San Martin, C. Rifo, M. Guerra, B. Ettmer, and O. Link, "Monitoring Scour at Bridge Piers in Rivers with Supercritical Flows," *Hydrology*, vol. 10, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.3390/hydrology10070147.
- [2] Manual teknis HEC-RAS (HEC-18 / HEC-RAS Technical Reference Manual), "HEC-RAS River Analysis System Computing Local Scour At Piers."
- [3] P. Spor, Y. Paşa, and E. Doğan, "Evaluation of Simulation Results of HEC-RAS Coupled 1D/2D and 2D Modeling Approaches Through Scenario-Based Analysis," *Water (Switzerland)*, vol. 17, no. 8, Apr. 2025, doi: 10.3390/w17081163.
- [4] N. Retno Setiati, I. Guntorojati, E. Kurniawati, and N. R. Setiati, "Analysis of The River Flow Scouring Hazard Countermeasures on Bridge Pier Structures," *Jurnal Jalan Jembatan*, vol.36, no.1, 2019.
- [5] A. Thembiliyagoda, K. De Silva, and N. Wijayarathna, "Comparative Analysis of 1D and 2D Modeling Approaches for Scour Depth Estimation: A Case Study of the Kelanisiri Bridge, Sri Lanka," *Journal of Civil and Hydraulic Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 171–184, Sep. 2024, doi: 10.56578/jche020304.

- [6] M. Al-Jubouri, R. P. Ray, and E. H. Abbas, "Sensitivity Analysis and Optimization of Pier Shape Scour Prediction Using HEC-RAS," *Pollack Periodica*, Jun. 2024, doi: 10.1556/606.2024.01211.
- [7] M. Noor, H. Arshad, M. Khan, M. A. Khan, M. S. Aslam, and A. Ahmad, "Experimental and HEC-RAS modelling of bridge pier scouring," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 74, no. 1, pp. 119–132, 2020, doi: 10.37934/ARFMTS.74.1.119132.
- [8] G. W. Brunner, "HEC-RAS\_6.0\_Reference\_Manual," 2021.
- [9] B. A. Widiantoro, J. William, and M. K. Kadri, and S. Membala, "Menghitung Intensitas & Waktu Konsentrasi (Kirpich mengacu SNI 2415:2016) untuk debit rencana," *Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 5, No.2, 2025.
- [10] Humairo Saidah, Agustono Setiawan, Lilik Hanifah, Agus Suroso, and Anid Supriyadi, "Unjuk Kerja Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, ITB 2 dan Limantara untuk Daerah Aliran Sungai Berbentuk Memanjang," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 11, no. 2, pp. 157–165, Nov. 2022, doi: 10.22225/pd.11.2.5013.157-165.
- [11] T. Hilmansyah, A. Amiruddin, M. Amin, and S. Nurdin, "Analisis Hujan-Limpasan DAS Tojo Sulawesi Tengah Menggunakan Bantuan Software HEC-HMS," *Jurnal Rekayasa*, vol. 13, no. 01, pp. 50–60, 2023.
- [12] Ahmad Fajrin, Asrul, Nurnawaty, and Indriyanti, "Analisis Kapasitas Penampang Sungai untuk Mengidentifikasi Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 6.3.1," *Jurnal Karajata Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 114–124, Dec. 2024, doi: 10.31850/karajata.v4i2.3237.
- [13] F. A. Hasyim, "Analisis Pemodelan Genangan Banjir Akibat Luapan Sungai Kupang," *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, vol. 7, no. 2, p. 115, Jan. 2025, doi: 10.22146/jgise.90748.
- [14] B. Pengatur and J. Tol, "Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan Dokumen Rencana Teknik Akhir (RTA) Jalan Tol Buku 2 Kriteria Desain, Pelaksanaan Survei, dan Analisis Perencanaan," 2022.
- [15] N. Widia Khairinnisa Rustawa and B. Setio Budianto, "Modeling Local Scour Characteristics on The Batujajar Bridge Pillar Using HEC-RAS Software," in *International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020)*, 2020.
- [16] I. Agus, Dalrino, Sadtim, M. Alwys, and N. Yolanda, "Numerical Modeling with HEC RAS and Scour Empiric Equation to Estimating Scour Depth on Abutment (Batang Kalu River Bridge Case)," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1757-899X/846/1/012072.
- [17] D. E. Z. Sholikha, S. Sutoyo, and M. I. Rau, "Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 147–160, Jul. 2022, doi: 10.29244/jsil.7.2.147-160.