

# ANALISIS GERUSAN DI SEKITAR PILAR JEMBATAN SUNGAI PAPPA' AKIBAT PERUBAHAN KECEPATAN ALIRAN

## ANALYSIS OF SCOUR AROUND THE PILLAR OF THE PAPPA' RIVER BRIDGE DUE TO CHANGES IN FLOW SPEED

Kasmawati<sup>1</sup>, Muh. Yunus Ali<sup>2</sup>, Doni Pradana<sup>3</sup>, Nur Afifah Khumairah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar  
Jln Sultan Alauddin No. 259 Makassar  
[Kasma08@unismuh.ac.id](mailto:Kasma08@unismuh.ac.id)

### ABSTRACT

River morphology is one of the determining factors in the process of scouring. The grinding process that occurs can be caused by the morphological conditions of the river and the presence of river buildings such as bridge pillars that block the flow. This study aims to determine the effect of flow velocity on scouring around the bridge pillars. This study uses empirical methods to determine the magnitude of the scour depth. The shape of the pillars analyzed is a lenticular pillar or a capsule pillar with a pillar width of 1 m. The results of the research on the effect of flow velocity on local scour with calculations using empirical methods for scour depth (ds): Laursen and Toch method = 1.56 m, and Colorado State University (CSU) method = 1.95 m.

**Keywords:** empirical method, local scour, river

### ABSTRAK

Morfologi sungai merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses terjadinya gerusan. Proses pengerusan yang terjadi dapat diakibatkan karena kondisi morfologi sungai dan adanya bangunan sungai seperti pilar jembatan yang menghalangi aliran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan di sekitar pilar jembatan. Penelitian ini menggunakan metode empiris dilakukan untuk mengetahui besarnya kedalaman gerusan. Bentuk pilar yang dianalisis adalah pilar lenticular atau pilar kapsul dengan lebar pilar 1 m. Hasil penelitian pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan lokal dengan perhitungan menggunakan metode empiris untuk kedalaman gerusan (ds) : metode Laursen dan Toch = 1,56 m, dan metode Colorado State University (CSU) = 1,95 m.

**Kata kunci :** Gerusan Lokal, Kecepatan Aliran, Sungai

### 1. PENDAHULUAN

Sungai atau saluran terbuka menurut Bambang Triatmodjo (1993) dalam Afdal, M & Haq, Emil (2020) adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Menurut Triatmojo (1996) dalam Sanjaya (2017) Saluran terbuka adalah saluran air mengalir dengan muka air bebas.

Sungai merupakan suatu saluran terbuka atau saluran drainase yang terbentuk secara alami di permukaan bumi dengan ukuran geometrik yaitu profil melintang, profil memanjang dan kemiringan saluran yang berubah seiring waktu tergantung pada debit, material

dasar dan lereng sungai. Sungai menjadi salah satu sumber daya alam utama yang dijadikan oleh masyarakat sebagai kebutuhan perdagangan maupun kebutuhan rumah tangga.

Namun berbagai aktivitas yang terjadi di dalam sungai secara terus menerus dalam waktu yang lama akan memberi dampak terhadap bangunan air di sekitar aliran. Seperti terjadinya gerusan di sekitar pilar jembatan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran.

Gerusan merupakan penurunan dasar sungai akibat terkikis oleh aliran air dan memiliki kecenderungan untuk merusak pondasi jembatan (Melville dan Coleman, 2000 dalam Shaskia, 2019). Menurut (Laursen, 1952 dalam Sarwono, 2016) mendefinisikan gerusan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai

pemindahan material melalui aksi gerakan fluida.

Terjadinya Penambahan gerusan pada sungai disebabkan karena adanya perubahan yang terjadi pada geometri sungai seperti struktur tanah dasar pada sungai dan adanya bangunan yang menghalangi aliran sungai seperti pilar dan abutmen jembatan, krib sungai, pintu air dan sebagainya. Bangunan-bangunan ini dipandang dapat merubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan timbulnya gerusan lokal di sekitar bangunan (Legono, 1990 dalam Triyadi, F, 2006).

Menurut *Ettema dan Raudkivi (1982) dalam Sukri (2018)*, perbedaan gerusan dapat dibagi menjadi:

- 1) Gerusan umum (general scour). Gerusan yang terjadi akibat dari proses alam dan tidak berkaitan sama sekali dengan ada tidaknya bangunan sungai.
- 2) Gerusan di lokalisir (constriction scour). Gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
- 3) Gerusan lokal (local scour). Merupakan akibat langsung dari struktur pada alur sungai.

Gerusan lokal pada pilar diartikan sebagai penurunan secara tiba-tiba ketinggian dasar sungai yang disebabkan oleh aliran air terhalangi pilar (Richardson dkk, 1990 dalam Warliawati dkk, 2017).

Proses terjadinya gerusan biasanya berlangsung secara bertahap sedikit demi sedikit namun dalam jangka waktu yang lama. Proses ini akan terlihat lebih nyata dan jelas padalsaat terjadi banjir besar, hal ini didasari karena saat terjadi banjir debit air akan meningkat sehingga fluktuasi air tidak lagi dapat diprediksi. Jika gerusan lokal di sekitar pilar terjadi dalam jangka waktu yang panjang, maka kedalaman gerusan di sekitar pilar semakin dalam, sehingga dapat mengakibatkan rusak atau robohnya konstruksi jembatan (Purnomo dkk. 2017 dalam Setiati dkk, 2019).

Ada dua macam gerusan lokal menurut Wiyono A dkk (2006), yaitu

1. Kondisi tidak ada angkutan sedimen (*Clear water scour*), pergerakan sedimen hanya terjadi pada sekitar pilar.
2. Kondisi ada angkutan sedimen (*Live bed scour*), terjadi karena adanya perpindahan sedimen.

Pengaruh bilangan froude (fr) terhadap aliran juga diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut (Chow, V.T tahun 1992) :

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Keterangan :

Fr = Bilangan Froude

v = Kecepatan aliran (m/det)

g = Gravitasi (cm/det<sup>2</sup>)

h = ketinggian (m)

Beberapa jembatan telah mengalami kerusakan akibat adanya gerusan lokal pada struktur bawah jembatan, penyebab utamanya adalah gerusan di sekitar pilar dan abutmen jembatan (Setyandito O dkk, 2019).

Pilar Jembatan adalah suatu konstruksi beton bertulang yang menumpu di atas pondasi tiang-tiang pancang dan terletak di tengah sungai atau yang lain yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan (Putra, 2018). Hanya bentuk silinder yang tidak menggunakan koefisien sudut datang (Laursen dan toch (1956) dalam Wibowo, 2017).

Laursen dan toch dalam (1956) dalam Suma (2018) mengembangkan persamaan gerusan yang terjadi pada pilar jembatan sebagai fungsi lebar pilar dan kedalaman aliran. Persamaannya sebagai berikut :

$$d_s = 1.35 b^{0.25} y^{0.3}$$

Keterangan :

d<sub>s</sub> = kedalaman gerusan (m)

b = lebar pilar (m)

y = kedalaman aliran (m)

Gerusan Lokal dengan Metode Colorado State University (CSU)

Persamaan yang digunakan dalam metode

ini adalah sebagai berikut :

$$d_s = 2,0 y K_1 K_2 K_3 \left(\frac{b}{y}\right)^{0,65} Fr^{0,43}$$

Keterangan :

$d_s$  = Kedalaman gerusan (m)

Fr = Bilangan Froude

$b$  = lebar pilar (m)

$y$  = kedalaman aliran (m)

$K_1$  = Koefisien bentuk pilar

Tabel 1 Koefisien koreksi terhadap bentuk pilar ( $K_1$ )

Bentuk Pilar	$K_1$
Rectangular	1,22
<b>Lenticular (pilar kapsul)</b>	<b>0,8</b>
Persegi	1,1
Bulat	1
Kumpulan Silinder	1

Tabel 2 Koefisien koreksi terhadap sudut aliran ( $K_2$ )

Sudut Aliran	$l/b = 4$	$l/b = 8$	$l/b = 12$
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
15	1	2	2,5
30	2	2,5	3,5
45	2,3	3,3	4,3
90	2,5	3,9	5

Tabel 3 Koefisien koreksi terhadap kondisi dasar saluran ( $K_3$ )

Kondisi Saluran	Ukuran	$K_3$
Clear water scour	-	1,1
Dasar rata	-	1,1
<b>Gundukan kecil</b>	<b>0,6-3,0 m</b>	<b>1,1</b>
Gundukan sedang	3,0-9,1 m	1,1-1,2
Gundukan besar	> 9,1 m	1,3

$K_2$  = Koefisien sudut aliran  
 $K_3$  = Koefisien kondisi dasar saluran

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran ( $v$ ) dan karakteristik aliran ( $fr$ ) terhadap gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan.

## 2. METODE DAN ANALISIS

### *Lokasi dan Rancangan Penelitian*

Penelitian dilaksanakan di jembatan Patte'ne Sungai Pappa' Kelurahan Maradekaya Kecamatan Pattalassang Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan sebelah utara dari Kota

Makassar, dengan waktu penelitian selama 2 bulan. Jenis penelitian yang digunakan adalah pengukuran secara langsung di lapangan dan analisa kedalaman gerusan (ds) menggunakan metode empiris yaitu metode Laursen dan Toch, dan metode Colorado State University (CSU).

#### **Metode Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini menggunakan 2 (dua) sumber data yakni, data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari pengukuran secara langsung di lapangan. Data sekunder data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah dilakukan di lapangan maupun di tempat yang berkaitan dengan penelitian pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan lokal. Pengukuran dengan variabel yang diteliti adalah debit aliran (Q), kecepatan aliran (V), kedalaman aliran (h).

#### **Analisis Data**

Data hasil penelitian yang diperoleh dari melakukan penelitian secara langsung di lapangan kemudian dianalisis dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menghitung luas penampang dengan cara membagi sungai (memanjang) menjadi 3 (tiga) pias, lalu pada setiap pias dibagi (melintang) beberapa titik dengan jarak 2 meter antar titik.

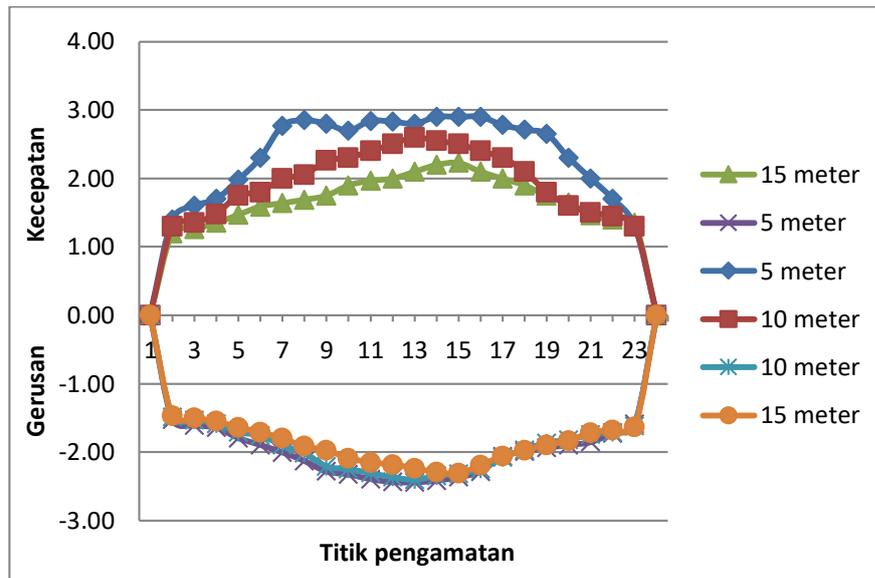
2. Menghitung kedalaman aliran pada setiap titik yang ditinjau.
3. Mengukur kecepatan aliran menggunakan alat ukur kecepatan aliran (flow watch) dan secara manual menggunakan bola pimpong untuk nantinya digunakan dalam perhitungan debit.
4. Menentukan besarnya debit aliran, dengan menggunakan formula  $Q = V \times A$ .
5. Menghitung dan menentukan bilangan *froude* yang berfungsi untuk mengetahui jenis karakteristik aliran. Dengan mengetahui bahwa apabila nilai  $Fr = 1$  maka aliran tersebut adalah aliran kritis, untuk  $Fr < 1$  maka aliran tersebut adalah aliran subkritis. Dan  $Fr > 1$  maka jenis alirannya adalah aliran superkritis.
6. Menghitung pengaruh kecepatan aliran (v) dan karakteristik aliran (fr) terhadap gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

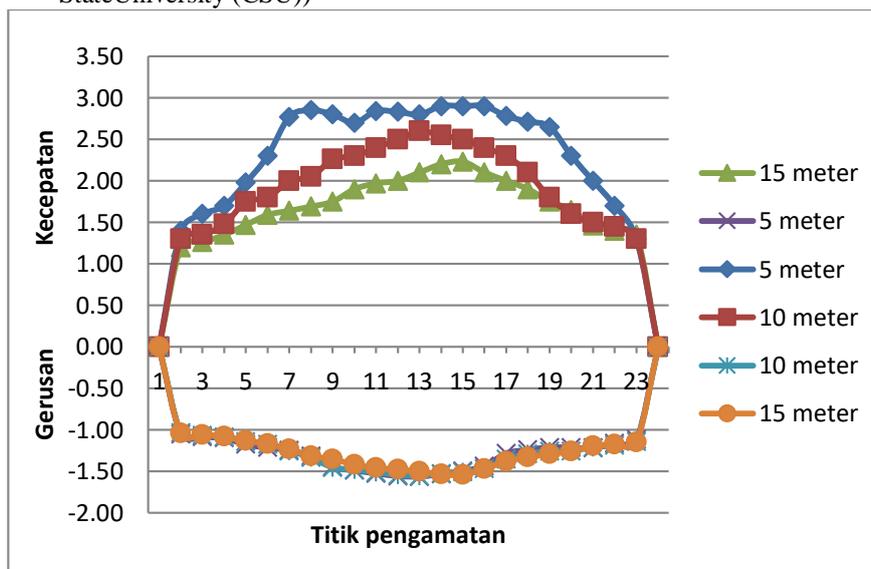
Pada penelitian ini digunakan perhitungan dengan dua metode empiris yaitu metode Laursen dan Toch dan metode The Colorado State University (CSU).

#### **Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Kedalaman Gerusan (Ds)**





Gambar 1. Grafik pengaruh kecepatan aliran ( $v$ ) terhadap gerusan ( $ds$ ) (Metode Colorado State University (CSU))



Gambar 2. Grafik pengaruh kecepatan aliran ( $v$ ) terhadap gerusan ( $ds$ ) (Metode Laursen dan Toch)

**Gambar 1 dan 2** menunjukkan bahwa kecepatan aliran sebanding dengan kedalaman gerusan. Apabila kecepatan aliran besar maka kedalaman gerusan juga akan besar. Hal ini ditunjukkan bahwa nilai gerusan tertinggi pada pias 1 terjadi pada titik 12 dan 13 yang mencapai 1,95 m, pada pias 2 di titik 12 berkurang menjadi 1,92 m dan menjadi 1,82 m pada pias 3 di titik 15.

Proses pengambilan data kecepatan aliran ( $V$ ) dilakukan

pengamatan dengan cara mengambil tiga titik (segmen) yang ditentukan yaitu 5, 10 dan 15 meter di hulu atau depan pilar. Kecepatan aliran ( $V$ ) diukur dengan menggunakan alat pengukur kecepatan aliran (*Current Meter*) dan Bola (manual). *Current Meter* menampilkan data kecepatan secara langsung terhadap aliran pada saluran untuk titik pengamatan yang ditentukan.

Kecepatan aliran yang terjadi pada saluran mengalami perubahan di sepanjang

area pengamatan. Kecepatan aliran di pias 1 titik (segmen) 1 sampai pias 4 pengamatan relatif lambat atau kecil, selanjutnya mengalami peningkatan pada pias 5 sampai pias 7. Pada pias 8 sampai pias 19 merupakan daerah tengah sungai ini mengalami perubahan yang cukup signifikan, dan aliran melambat saat di beberapa titik sebelum pinggir sungai.

Dari hasil uji yang dilakukan dapat diketahui besaran kedalaman gerusan

maksimum terjadi bervariasi di beberapa titik pada masing-masing pias di hulu pilar.

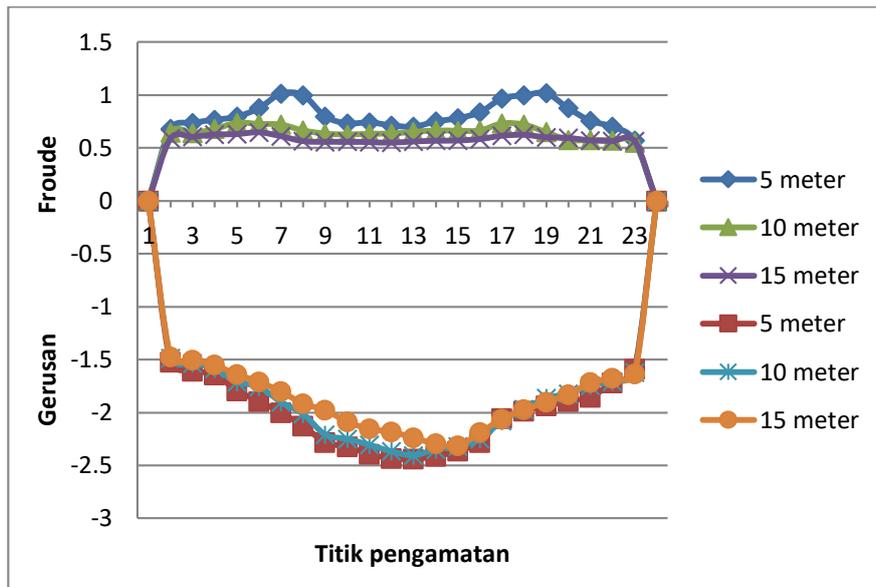
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 2 (dua) metode Laursen dan Touch, dan Colorado State University (CSU) hal ini dapat dilihat bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan kedalaman gerusan, Semakin besar nilai kecepatan aliran maka gerusan lokal yang terjadi juga akan semakin besar.

***Perbandingan Antara Bilangan Froude (fr) dengan Kedalaman Gerusan (ds)***

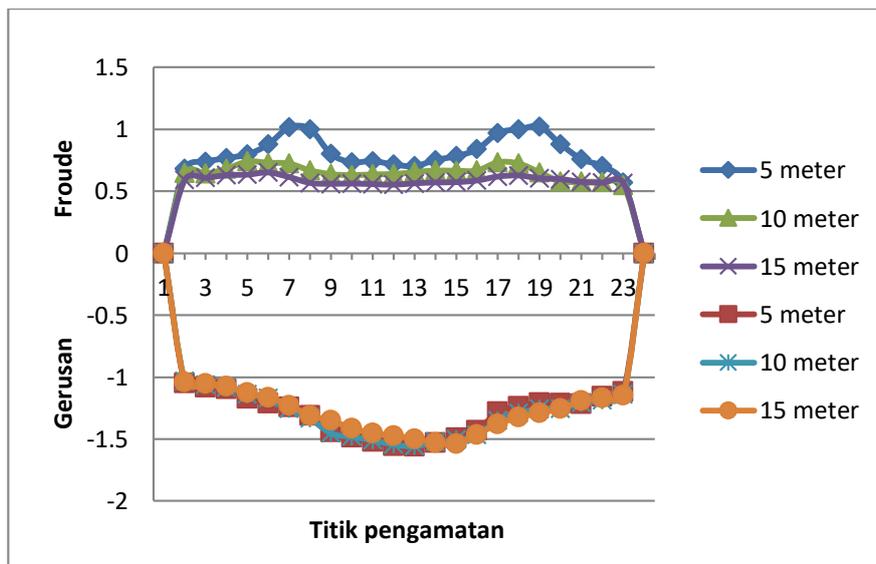
Tabel 5. Pengaruh bilangan froude (fr) terhadap kedalaman gerusan (ds)

NO.	Fr			Kedalaman gerusan (Ds)					
				Colorado State University (CSU)			Laursen dan Toch		
	5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,68	0,65	0,59	1,22	1,19	1,18	1,22	1,19	1,18
3	0,74	0,64	0,61	1,29	1,23	1,20	1,29	1,23	1,20
4	0,77	0,68	0,63	1,31	1,27	1,24	1,31	1,27	1,24
5	0,80	0,74	0,63	1,44	1,37	1,31	1,44	1,37	1,31
6	0,88	0,73	0,65	1,52	1,40	1,37	1,52	1,40	1,37
7	1,01	0,72	0,61	1,60	1,52	1,44	1,60	1,52	1,44
8	1,00	0,67	0,57	1,70	1,61	1,53	1,70	1,61	1,53
9	0,80	0,64	0,56	1,83	1,77	1,58	1,83	1,77	1,58
10	0,73	0,63	0,56	1,86	1,80	1,67	1,86	1,80	1,67
11	0,74	0,64	0,56	1,92	1,84	1,72	1,92	1,84	1,72
12	0,71	0,64	0,55	1,95	1,89	1,75	1,95	1,89	1,75
13	0,70	0,65	0,56	1,95	1,92	1,79	1,95	1,92	1,79
14	0,75	0,67	0,57	1,93	1,88	1,84	1,93	1,88	1,84
15	0,78	0,67	0,57	1,89	1,85	1,85	1,89	1,85	1,85
16	0,84	0,67	0,59	1,83	1,80	1,75	1,83	1,80	1,75
17	0,97	0,73	0,62	1,65	1,66	1,65	1,65	1,66	1,65
18	1,00	0,72	0,63	1,59	1,57	1,58	1,59	1,57	1,58
19	1,02	0,65	0,60	1,55	1,49	1,52	1,55	1,49	1,52

20	0,88	0,58	0,60	1,52	1,46	1,47	1,52	1,46	1,47
21	0,76	0,58	0,57	1,48	1,40	1,37	1,48	1,40	1,37
22	0,70	0,57	0,57	1,38	1,37	1,34	1,38	1,37	1,34
23	0,57	0,55	0,57	1,27	1,29	1,31	1,27	1,29	1,31
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Gambar 3. Grafik pengaruh bilangan froude (fr) terhadap gerusan (ds) (Colorado State University (CSU))



Gambar 4. Grafik pengaruh bilangan froude (fr) terhadap gerusan (ds) (Laursen dan Toch)

**Gambar 3 dan 4** menunjukkan bilangan froude pada pias 1, perubahan

aliran cukup beragam pada titik 7 dan 19 terjadi aliran superkritis dan aliran kritis

pada titik pengamatan 8 dan 18, hal ini oleh keberadaan pilar yang mengakibatkan perubahan aliran di sekitarnya.

Dari hasil uji yang dilakukan pada perhitungan nilai bilangan Froude (Fr), didapatkan bahwa sebgaiian besar karakteristik aliran merupakan aliran subkritis karena nilai bilangan froudenya lebih kecil dari 1, hal ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran di beberapa titik awal pengamatan di sungai yang relatif lambat atau kecil. Aliran sungai mengalami aliran kritis saat memasuki daerah tengah sungai pada beberapa titik seperti titik 7 dan 17 karena nilai bilangan froudenya sama dengan 1, hal ini dipengaruhi karena titik ini tepat berada 5 meter dari hulu/depan pilar jembatan.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan 2 (dua) metode Laursen dan Touch, dan Colorado State University (CSU) dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik aliran.

#### 4. KESIMPULAN

Kecepatan aliran berbanding lurus dengan kedalaman gerusan, Semakin besar nilai kecepatan aliran maka gerusan lokal yang terjadi juga akan semakin besar. Kedalaman gerusan mencapai 1,56 m dengan Perhitungan menggunakan metode Laursen dan Toch, dan 1,95 m dengan menggunakan metode Colorado State University (CSU). Sebaliknya semakin kecil nilai kecepatan aliran maka gerusan lokal yang terjadi juga kecil.

Karakteristik aliran atau bilangan Froude (Fr) sangat berpengaruh terhadap gerusan di sekitar pilar jembatan. Aliran berubah menjadi aliran superkritis dan kritis di beberapa titik pengamatan, hal ini dipengaruhi karena posisi titik tepat berada di depan 5 meter dari hulu pilar jembatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Afdal, M., & Haq, E., U. (2020). *Analisis Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Moncongloe Kabupaten Gowa Sulawesi*

- Selatan. Teknik Sipil S1. Jurusan : Teknik Sipil Pengairan.*
- Chow, V. T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)*. Erlangga : Jakarta.
- Putra, T. D., Fatimah, E., & Azmeri. (2018). Pengaruh Pilar Jembatan Pango Terhadap Pola Aliran Sungai Krueng Aceh. *Hidrologi, Lingkungan dan Struktur*, 01(04), 1-14.
- Sanjaya, Liani. 2017. *Bab III Landasan Teori Gerusan Lokal*. <https://docplayer.info/55150347-Bab-iii-landasan-teori-a-gerusan-lokal.html> (diakses tanggal 28 September 2020).
- Sarwono. (2016). *Studi Karakteristik Gerusan Lokal Pada Beberapa Tipe Pilar Jembatan*. *Sumber Daya Air*, 12(01), 1-12.
- Setiati, N. R., Guntorojati, I., & Kurniawan, E. (2019). *Analysis Of River Flow Scouring Hazard Countermeasures On Bridge Pier Structures*. *Jurnal Jalan Jembatan*, 36(01), 1-13.
- Setyandito, O., Pierre, A. J., Juliastuti., Nataatmadja, A. D., & Michael, A. (2019). *Pemodelan Potensi Gerusan Dasar Pada Struktur Bawah Jembatan*. *Teknologi Terapan Inovasi Dan Rekayasa*, 1-9.
- Shaskia, N., & Rizalihadi, M. (2019). *Pola Gerusan Lokal Akibat Perlakuan Pada Abutmen Jembatan*. 8(02), 1-8.
- Sucipto. (2011). *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Di Sekitar Pilar Jembatan*. 01(13), 51-60.
- Sukri, A. S., Muriadin., & Rosliana, I. (2018). *Uji Laboratorium Kedalaman Gerusan Pada Pilar Perancah Jembatan Pasar Baru*. *Jurnal Stabilita*, 6(02), 1-9.
- 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), 1-12.*
- Triyadi, F., Harsanto, P., & Ikhsan, J., (2017). *Analisis Numerik Pengaruh Aliran Debris Terhadap Gerusan Lokal Pada Pilar Menggunakan Software Iric : Nays 2DH 1.0.* 1-9.
- Warliawati, S., Rusdin, A., & Saparuddin. (2017). *Gerusan Di Sekitar Pilar Jembatan Palu I Sungai Palu.* Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), 1-5.
- Wibowo, Liani. 2017. *Bab III Landasan Teori Pola Aliran.* <https://docplayer.info/48582862-Bab-iii-landasan-teori-a-pola-aliran.html> (diakses 27 September 2020).
- Wiyono, A., Soekarno, I., & Egon, A. (2006). *Perbandingan Beberapa Formula Perhitungan Gerusan Di Sekitar Pilar (Laboratorium).*