

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

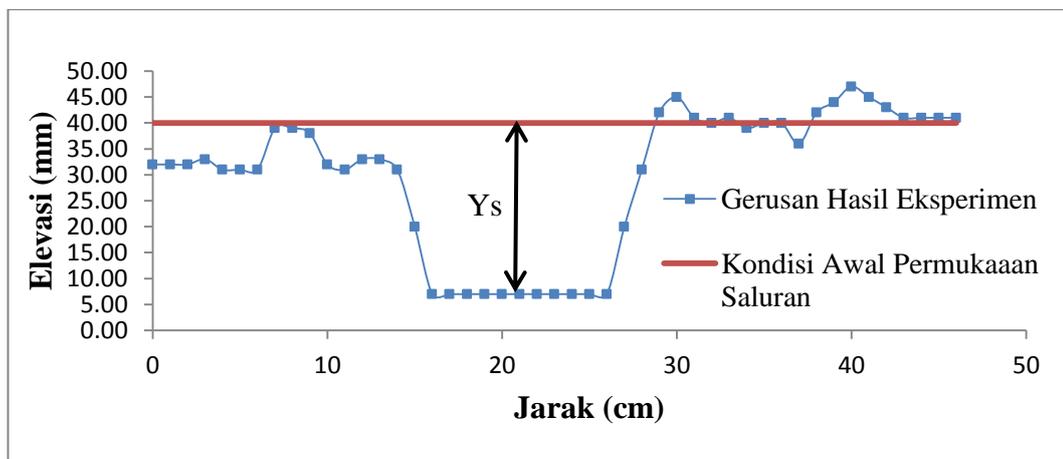
Simulasi pemodelan pada HEC-RAS memodelkan aliran permanen (*steady flow*) yang selanjutnya membandingkan kedalaman dan kecepatan aliran pada eksperimen di laboratorium dengan hasil simulasi, kemudian selanjutnya menganalisa gerusan yang terjadi pada pilar jembatan. Penelitian ini akan mencari variabel dari persamaan CSU yang tepat untuk membandingkan kedalaman gerusan dari hasil pemodelan HEC-RAS versi 5.0.3 dengan kedalaman gerusan pada pengujian di laboratorium (eksperimen).

Analisa dari penelitian kali ini akan ditampilkan dalam bentuk potongan melintang saluran (*cross section*) pada bagian pilar jembatan, karena *software* HEC-RAS hanya dapat menampilkan bentuk gerusan yang ada pada dasar saluran.

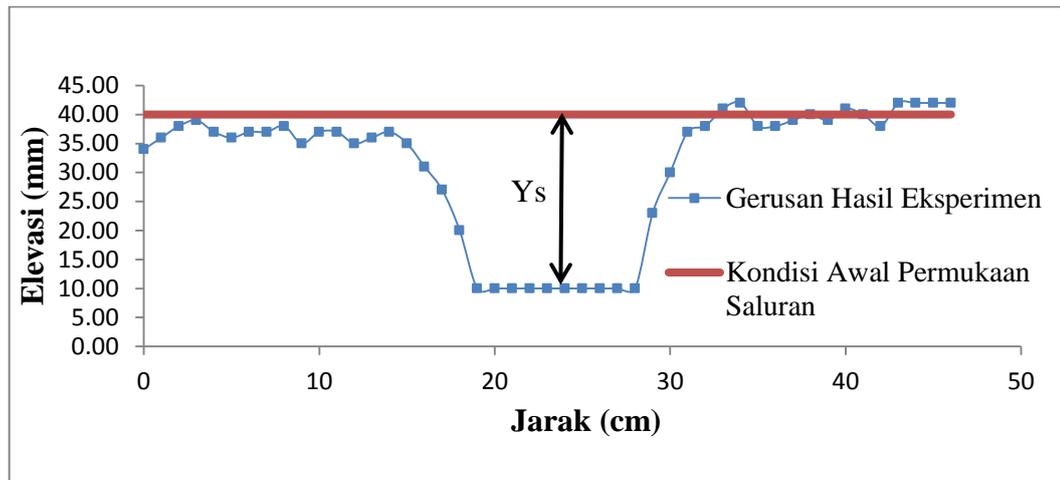
#### A. Gerusan Lokal pada Penelitian di Laboratorium

Gerusan di sekitar pilar terjadi akibat aliran yang berasal dari hulu yang terhalang oleh pilar. Hal ini menyebabkan aliran air terganggu dan tidak stabil sehingga menimbulkan pusaran air.

Pada penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Keairan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta didapatkan data gerusan pada pilar kapsul dan pilar tajam



**Gambar 5.1** Grafik elevasi dasar gerusan pilar kapsul



**Gambar 5.2** Grafik elevasi dasar gerusan pilar tajam

Pada **Gambar 5.1** menunjukkan kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar kapsul dengan kedalaman gerusan sebesar 3,3 cm dan lebar gerusan pada sisi kiri pilar sebesar 17 cm dan lebar gerusan pada sisi kanan pilar sebesar 12 cm. Pada **Gambar 5.2** menunjukkan kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar tajam dengan kedalaman gerusan sebesar 3,0 cm dan lebar gerusan pada sisi kiri dan sisi kanan pilar sebesar 18 cm dan 10 cm.

## B. Gerusan Lokal pada Model Matematik (HEC-RAS)

### 1. Variabel Persamaan *Colorado State University*

Persamaan CSU memiliki beberapa variabel penunjang untuk memprediksi kedalaman gerusan ( $Y_s$ ) seperti koreksi bentuk penampang pilar ( $K_1$ ), faktor koreksi arah datang aliran air ( $K_2$ ), faktor koreksi kondisi dasar permukaan dan gundukan ( $K_3$ ), dan faktor koreksi ketahanan dasar saluran ( $K_4$ ) (lihat BAB III). Faktor koreksi bentuk penampang pilar kapsul ( $K_1$ ) sebesar 1,1 dan faktor koreksi bentuk penampang tajam ( $K_1$ ) sebesar 0,9. Sedangkan faktor koreksi kondisi dasar permukaan dan gundukan ( $K_3$ ) sebesar 1,1. Berikut perhitungan untuk menentukan faktor koreksi arah datang aliran air ( $K_2$ ) dan faktor koreksi ketahanan dasar saluran ( $K_4$ ).

## 1) Perhitungan koreksi arah datang aliran air (K2)

## a. Pilar Kapsul

$$K_2 = \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0.65}$$

$$= \left( \cos 0 + \frac{0,15}{0,0762} \sin 0 \right)^{0.65} = 1$$

## b. Pilar Tajam

$$K_2 = \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0.65}$$

$$= \left( \cos 0 + \frac{0,0762}{0,0762} \sin 0 \right)^{0.65} = 1$$

## 2) Perhitungan faktor koreksi ketahanan dasar saluran pilar persegi (K4)

a. Perhitungan kecepatan pendekatan butiran sedimen  $D_{50}$  dan  $D_{95}$ 

$$V_{c95} = K_u y^{1/6} D_{95}^{1/3}$$

$$= 6,19 \times 0,0175^{1/6} \times 0,00186^{1/3} = 0,3878 \text{ m/s}$$

$$V_{i95} = 0,645 \left[ \frac{D_{95}}{a} \right]^{0,053} V_{c95}$$

$$= 0,645 \left[ \frac{0,00186}{0,0762} \right]^{0,053} \times 0,3878 = 0,2049 \text{ m/s}$$

$$V_{c50} = K_u y^{1/6} D_{50}^{1/3}$$

$$= 6,19 \times 0,0175 \times 0,000975^{1/3} = 0,31275 \text{ m/s}$$

$$V_{i50} = 0,645 \left[ \frac{D_{50}}{a} \right]^{0,053} V_{c50}$$

$$= 0,645 \left[ \frac{0,000975}{0,0762} \right]^{0,053} \times 0,31275 = 0,1597 \text{ m/s}$$

## b. Kecepatan Rasio

## • Pilar kapsul

$$V_R = \left[ \frac{V_1 - V_{i50}}{V_{c50} - V_{i95}} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,5254 - 0,1597}{0,31275 - 0,2049} \right] = 3,391 \text{ m/s}$$

## • Pilar tajam

$$V_R = \left[ \frac{V_1 - V_{i50}}{V_{c50} - V_{i95}} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,722 - 0,1597}{0,31275 - 0,2049} \right] = 5,2137 \text{ m/s}$$

## c. Faktor koreksi ketahanan dasar saluran pilar (K4)

- Pilar kapsul

$$\begin{aligned} K_4 &= 0,4 (V_R)^{0,15} \\ &= 0,4 (3,391)^{0,15} = 0,48 \end{aligned}$$

- Pilar tajam

$$\begin{aligned} K_4 &= 0,4 (V_R)^{0,15} \\ &= 0,4 (5,2137)^{0,15} = 0,51 \end{aligned}$$

**Tabel 5.1** Variabel yang digunakan pada pilar kapsul

No.	Variabel	Nilai	Satuan
1	a	0,0762	m
2	L	0,015	m
3	D50	0,975	mm
4	D95	1,855	mm
5	$\Theta$	0	°
6	K1	1	-
7	K2	1	-
8	K3	1,1	-
9	K4	0,48	-

*Sumber* : hasil perhitungan dan ketentuan

**Tabel 5.2** Variabel yang digunakan pada pilar tajam

No.	Variabel	Nilai	Satuan
1	a	0,0762	m
2	L	0,0762	m
3	D50	0,975	mm
4	D95	1,855	mm
5	$\Theta$	0	°
6	K1	0,9	-
7	K2	1	-
8	K3	1,1	-
9	K4	0,51	-

*Sumber* : hasil perhitungan dan ketentuan

Berdasarkan **Tabel 5.1** dan **Tabel 5.2** diatas, parameter parameter tersebut diinput dalam perhitungan metode CSU pada *Hec-Ras* 5.0.3 di dapat

kedalaman untuk pilar kapsul sebesar 6,67 cm dan kedalaman gerusan untuk pilar tajam sebesar 6,32 cm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil gerusan yang diperoleh tidak sama dengan gerusan pada pengujian di laboratorium (eksperimen), sehingga diperlukan modifikasi variabel CSU untuk memperoleh hasil kedalaman gerusan yang mendekati dengan eksperimen.

## 2. Gerusan dan Modifikasi Variabel CSU

Pada modifikasi variabel ini dilakukan dengan cara *trial and error* pada variabel faktor koreksi arah datang aliran air (K2) dan faktor koreksi dasar saluran pilar (K4).

### a. Modifikasi Variabel K2

- Pilar Kapsul

Diketahui nilai K1 untuk bentuk pilar kapsul sebesar 1; K3 sebesar 1,1; dan K4 sebesar 0,48. Berikut hasil gerusan setelah modifikasi variabel K2.

**Tabel 5.3** Gerusan Setelah Modifikasi variabel K2 pada pilar kapsul

No.	K2	Ys HECRAS (m)	Ys Eksperimen (m)	Selisih Ys	Lebar Gerusan HECRAS (m)	Lebar Gerusan Eksperimen (m)
1	1	0,0666	0,0330	0,0336	0,136	Sisi Kiri: 0,17  Sisi Kanan: 0,12
2	0,9	0,0599		0,0269	0,124	
3	0,77	0,0512		0,0182	0,106	
4	0,6	0,0399		0,0069	0,0863	
5	0,53	0,0351		0,0021	0,0736	
6	0,525	0,0349		0,0019	0,0723	
7	0,496	0,0330		0	0,0696	
8	0,490	0,0332		0,0003	0,0683	
9	0,489	0,0399		0,0069	0,0649	

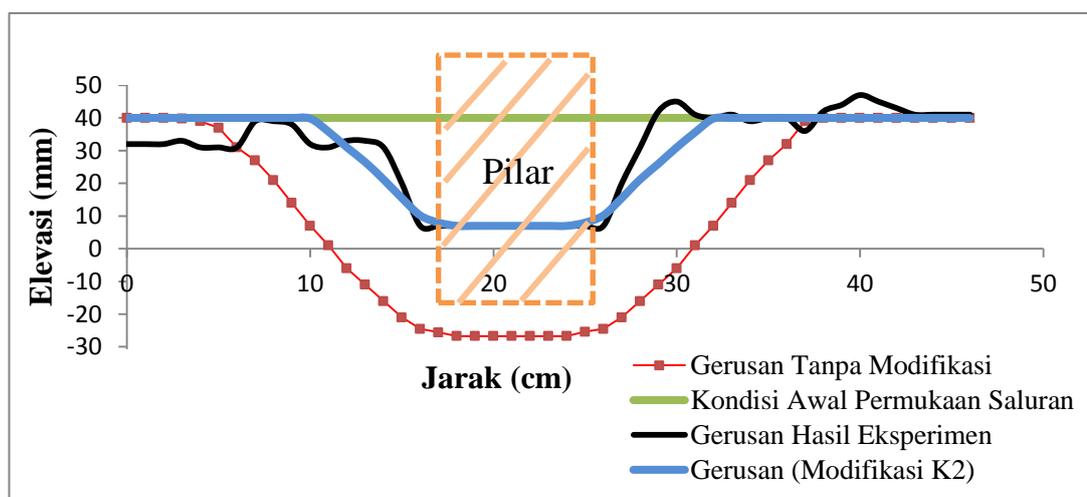
*Sumber* : hasil perhitungan dan simulasi HECRAS 5.0.3

Berdasarkan **Tabel 5.3**, diperoleh hasil kedalaman gerusan (Ys) yang sama dengan gerusan pada eksperimen yaitu sebesar 0,033 m dan lebar gerusan pada sisi kiri dan sisi kanan pilar sebesar 0,0696 m dengan nilai K2 sebesar 0,496.

Hasil lebar gerusan bagian sisi kanan dan sisi kiri pilar pada simulasi berbentuk simetris, sesuai dengan hasil kedalaman gerusan (Ys), namun

kenyataan pada eksperimen didapatkan bahwa lebar gerusan yang terjadi tidak simetris. Hal ini disebabkan pada *software* HEC-RAS 5.0.3 belum terdapat perhitungan lebar gerusan, maka lebar gerusan hanya bergantung dengan nilai kedalaman gerusan.

Berikut **Gambar 5.3** menampilkan hasil gerusan eksperimen, hasil gerusan asli HECRAS, dan hasil gerusan modifikasi variabel K2 pada pilar kapsul.



**Gambar 5.3** Grafik gerusan modifikasi K2 pada pilar kapsul

- Pilar Tajam

Diketahui nilai K1 untuk bentuk pilar tajam sebesar 0,9; K3 sebesar 1,1; dan K4 sebesar 0,51. Berikut hasil gerusan setelah modifikasi variabel K2.

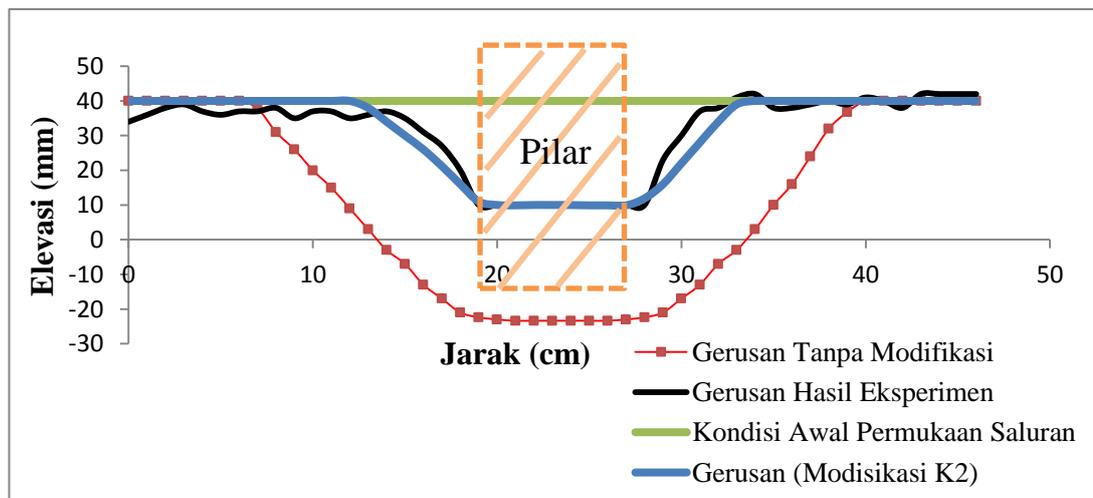
**Tabel 5.4** Modifikasi variabel K2 pada pilar tajam

No.	K2	Ys HECRAS (m)	Ys Eksperimen (m)	Selisih Ys	Lebar Gerusan HECRAS (m)	Lebar Gerusan Eksperimen (m)
1	1	0,0632	0,0300	0,0332	0,13	Sisi Kiri: 0,18  Sisi Kanan: 0,10
2	0,9	0,0572		0,0272	0,117	
3	0,8	0,0505		0,0205	0,105	
4	0,77	0,0491		0,0191	0,102	
5	0,477	0,0302		0,0002	0,0632	
6	0,471	0,0300		0	0,0619	
7	0,468	0,0298		0,0002	0,0616	
8	0,465	0,0294		0,0006	0,0612	

Sumber : hasil perhitungan dan simulasi HECRAS 5.0.3

Berdasarkan **Tabel 5.4**, diperoleh hasil kedalaman gerusan ( $Y_s$ ) yang sama dengan gerusan pada eksperimen yaitu sebesar 0,03 m dan lebar gerusan pada sisi kiri dan sisi kanan pilar sebesar 0,0619 m dengan nilai  $K_2$  sebesar 0,471.

Berikut **Gambar 5.4** menampilkan hasil gerusan eksperimen, hasil gerusan asli HECRAS, dan hasil gerusan modifikasi variabel  $K_2$  pada pilar tajam.



**Gambar 5.4** Grafik gerusan modifikasi  $K_2$  pada pilar tajam

#### b. Modifikasi Variabel $K_4$

- Pilar Kapsul

Diketahui nilai  $K_1$  untuk bentuk pilar kapsul sebesar 1;  $K_2$  sebesar 1;  $K_3$  sebesar 1,1; dan  $K_4$  sebesar 0,48 yang diperoleh dari hasil perhitungan. Berikut hasil gerusan setelah modifikasi variabel  $K_4$ .

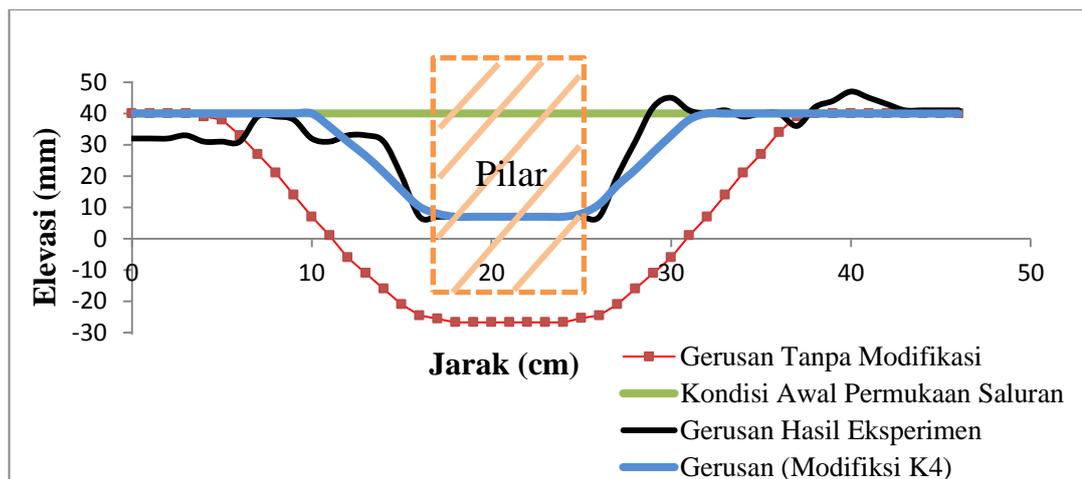
**Tabel 5.5** Gerusan setelah modifikasi variabel  $K_4$  pada pilar kapsul

No.	$K_4$	$Y_s$ HECRAS (m)	$Y_s$ Eksperimen (m)	Selisih $Y_s$	Lebar Gerusan HECRAS (m)	Lebar Gerusan Eksperimen (m)
1	0,48	0,0632	0,0330	0,0332	0,13	Sisi Kiri: 0,17
2	0,35	0,0483		0,0153	0,10	
3	0,30	0,0418		0,0088	0,089	Sisi Kanan: 0,12
4	0,25	0,0348		0,0018	0,0738	
5	0,238	0,0330		0	0,0683	

No.	K4	Ys HECRAS (m)	Ys Eksperimen (m)	Selisih Ys	Lebar Gerusan HECRAS (m)	Lebar Gerusan Eksperimen (m)
6	0,23	0,0319	0,0330	0,0011	0,0659	Sisi Kiri:0,17
7	0,225	0,0312		0,0018	0,0642	Sisi Kanan:0,12

Sumber : hasil perhitungan dan simulasi HECRAS 5.0.3

Berdasarkan **Tabel 5.5**, diperoleh hasil kedalaman gerusan ( $Y_s$ ) yang sama dengan gerusan pada eksperimen yaitu sebesar 0,033 m dan lebar gerusan pada sisi kiri dan sisi kanan pilar sebesar 0,0683 m dengan nilai K4 sebesar 0,238. Pada **Gambar 5.5** menampilkan hasil gerusan eksperimen, hasil gerusan asli HECRAS, dan hasil gerusan modifikasi variabel K4 pada pilar kapsul.



**Gambar 5.5** Grafik gerusan modifikasi K4 pada pilar kapsul

- Pilar Tajam

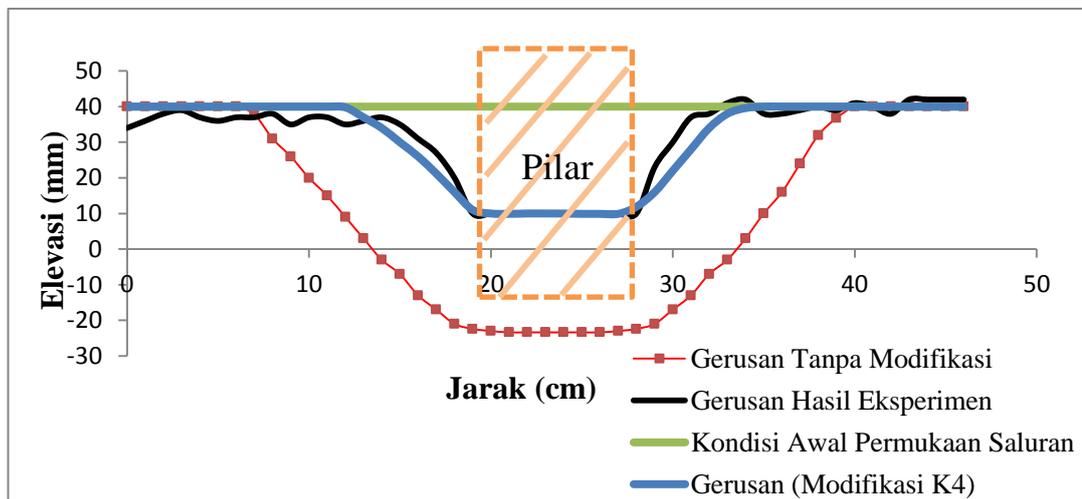
Diketahui nilai K1 untuk bentuk pilar tajam sebesar 0,9; K2 sebesar 1; K3 sebesar 1,1; dan K4 sebesar 0,51 yang diperoleh dari hasil perhitungan. Berikut hasil gerusan setelah modifikasi variabel K4

**Tabel 5.6** Gerusan setelah modifikasi variabel K4 pada pilar tajam

No.	K4	Ys HECRAS (m)	Ys Eksperimen (m)	Selisih Ys	Lebar Gerusan HECRAS (m)	Lebar Gerusan Eksperimen (m)
1	0,51	0,0632	0,0300	0,0332	0,13	Sisi Kiri: 0,18  Sisi Kanan: 0,10
2	0,48	0,0600		0,03	0,124	
3	0,35	0,0435		0,0135	0,0923	
4	0,30	0,0373		0,0073	0,078	
5	0,25	0,0312		0,0012	0,0632	
6	0,24	0,0300		0	0,0621	
7	0,238	0,0297		0,0003	0,0617	

Sumber : hasil perhitungan dan simulasi HECRAS 5.0.3

Berdasarkan **Tabel 5.6**, diperoleh hasil kedalaman gerusan ( $Y_s$ ) yang sama dengan gerusan pada eksperimen yaitu sebesar 0,03 m dan lebar gerusan pada sisi kiri dan sisi kanan pilar sebesar 0,0621 m dengan nilai K4 sebesar 0,24. Pada **Gambar 5.6** menampilkan hasil gerusan eksperimen, hasil gerusan asli HECRAS, dan hasil gerusan modifikasi variabel K4 pada pilar tajam.

**Gambar 5.6** Grafik gerusan modifikasi K4 pada pilar tajam

### c. Perbandingan Variabel K2 dan K4

Hasil modifikasi variabel K2 dan K4 telah diperoleh kedalaman gerusan ( $Y_s$ ) yang sama dengan gerusan pada eksperimen di lapangan, maka dapat dibandingkan kedua variabel tersebut dalam tabel berikut.

**Tabel 5.7** Perbandingan variabel K2 dan K4

Bentuk Pilar	K2 Asli	K2 Modifikasi	Selisih K2	K4 Asli	K4 Modifikasi	Selisih K4
Kapsul	1,0	0,496	0,504	0,48	0,238	0,242
Tajam	1,0	0,471	0,529	0,51	0,24	0,27

*Sumber* : hasil perhitungan dan simulasi HECRAS 5.0.3

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa selisih variabel K4 lebih kecil dibandingkan variabel K2. Hal ini menunjukkan bahwa variabel K4 lebih sensitif terhadap kedalaman gerusan.

### 3. Persamaan Dari Modifikasi Variabel K2 dan K4

#### a. Pilar Kapsul

Berdasarkan modifikasi variabel K2 dan K4 telah diperoleh kedalaman gerusan yang sama dengan gerusan di eksperimen sebesar 0,033 m dengan nilai K2 sebesar 0,496 dan nilai K4 sebesar 0,238. Maka dapat diketahui persamaan II dari kedua variabel tersebut adalah sebagai berikut.

- Variabel K2

- $K_2 = 0,496$

- $K_2 = \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0.65}$

- Maka,

$$K_2 = 0,496 \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0.65} \dots\dots\dots(25)$$

$$0,496 = 0,496 \left( \cos 0 + \frac{0,15}{0,0762} \sin 0 \right)^{0.65}$$

- Variabel K4

- $K_4 = 0,238$

- $K_4 = 0,4 (V_R)^{0,15}$

- Maka,

$$K_4 = 0,198 (V_R)^{0,15} \dots\dots\dots(26)$$

$$0,238 = 0,198 (3,391)^{0,15}$$

b. Pilar Tajam

Berdasarkan modifikasi variabel K2 dan K4 telah diperoleh kedalaman gerusan yang sama dengan gerusan di eksperimen sebesar 0,03 m dengan nilai K2 sebesar 0,471 dan nilai K4 sebesar 0,24. Maka dapat diketahui persamaan baru dari kedua variabel tersebut adalah sebagai berikut.

- Variabel K2

- $K_2 = 0,471$

- $K_2 = \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0,65}$

- Maka,

$$K_2 = 0,471 \left( \cos \theta + \frac{L}{a} \sin \theta \right)^{0,65} \dots\dots\dots(27)$$

$$0,471 = 0,471 \left( \cos 0 + \frac{0,0762}{0,0762} \sin 0 \right)^{0,65}$$

- Variabel K4

- $K_4 = 0,24$

- $K_4 = 0,4 (V_R)^{0,15}$

- Maka,

$$K_4 = 0,187 (V_R)^{0,15} \dots\dots\dots(28)$$

$$0,24 = 0,187 (5,2137)^{0,15}$$