

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Keairan dan Lingkungan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Didapatkan hasil dari penelitian dengan aliran superkritik pada pilar persegi dan pilar lingkaran. Data yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5. 1 Parameter Hidraulik Aliran Superkritik

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Panjang Saluran	5,00	m
2	Lebar Saluran utama	0,46	m
3	Kedalaman Aliran	0,0175	m
4	Angka Slope	0,0358	
5	Angka Manning	0,02	
6	Debit Aliran	0,005223	m ³ /s
7	Kecepatan Aliran		
	a. Pilar Persegi	0,2194	m/s
	b. Pilar Lingkaran	0,2840	m/s
8	a. Dimensi Pilar Persegi		
	- Panjang sisi-sisinya	0,0762	m
	b. Dimensi Pilar Lingkaran		
	- Diameter	0,0762	m
9	Ukuran Sedimen 50% (D ₅₀)	0,98	mm
10	Ukuran Sedimen 95% (D ₉₅)	1,86	mm

Jika data hasil penelitian di laboratorium telah diperoleh selanjutnya akan dilakukan simulasi pemodelan numerik pada HEC-RAS dengan memodelkan aliran *steady flow* yang nantinya akan memodelkan gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Colorado State University* (CSU) dimana pada metode ini terdapat beberapa variabel yang nantinya akan dicari variabel-variabel baru yang pas untuk digunakan pada perhitungan pemodelan numerik ini. Dalam *software* HEC-RAS dengan metode CSU menggunakan variabel baru akan mencari dan membandingkan kedalaman gerusan hasil pemodelan numerik dengan kedalaman gerusan penelitian (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.

B. Gerusan Lokal Pilar Pada Penelitian (Eksperimen)

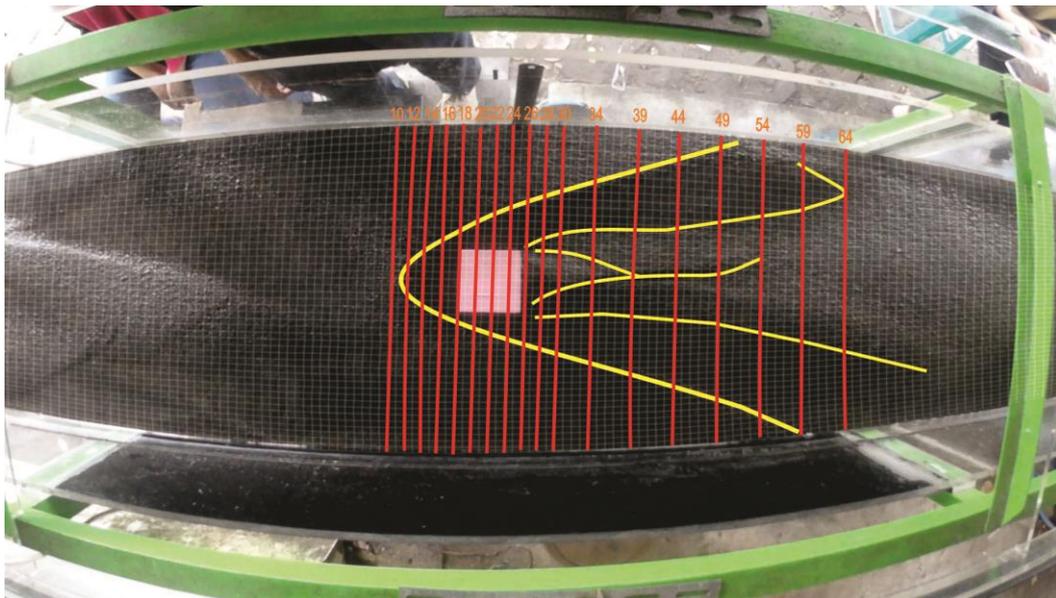
Gerusan di sekitar pilar berasal dari aliran yang berasal dari hulu *flume* yang dihalangi oleh pilar. Hal ini menyebabkan terganggunya aliran air sehingga aliran tidak stabil dan menimbulkan sistem pusaran aliran di sekitar pilar. Lubang gerusan yang timbul, bermula dari arah hulu pilar, pada saat mulai timbul aliran yang mengarah ke bawah. Aliran yang mengarah kebawah akan berbalik ke hulu yang kemudian terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah lubang gerusan yang mengakibatkan gerusan dasar di sekitar pilar.

Dari penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Keairan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta didapatkan data kedalaman gerusan pada pilar persegi dan pilar lingkaran. **Tabel 5.2** akan menyajikan data kedalaman gerusan yang terjadi. Kedalaman gerusan yang diamati yaitu geusan sebelah hulu pilar dan gerusan sebelah hilir pilar.

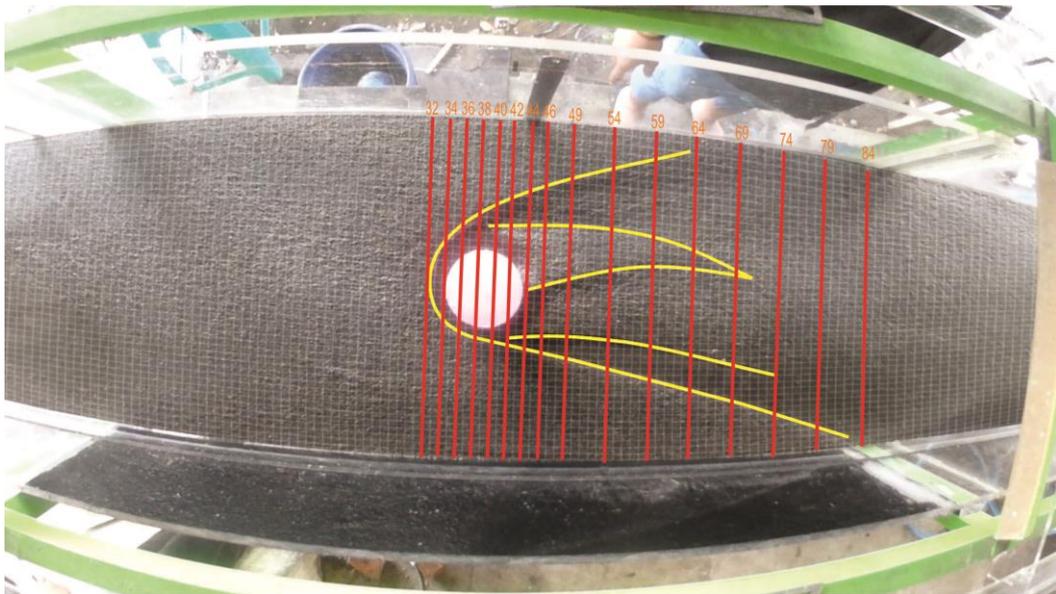
Tabel 5. 2 Kedalaman Gerusan Penelitian

No	Bentuk Pilar	Kedalaman Gerusan	Satuan
1	Pilar Persegi	0,0273 Lebar Gerusan Sisi Kiri: 0,0274 Lebar Gerusan sisi kanan: 0.104	m
2	Pilar Lingkaran	0,0198 Lebar Gerusan Sisi Kiri: 0,0239 Lebar Gerusan sisi kanan: 0,0986	m

Data gerusan lokal yang disajikan pada tabel **Tabel 5.2** diperoleh dari hasil perhitungan data *cross section* 22 pada pilar persegi dan data *cross section* 38 pada pilar lingkaran (**Gambar 5.1**). Data yang diambil merupakan data *cross section* yang tepat berada di tengah-tengah pilar. Data pada *cross section* kemudian akan dibuat sebuah grafik yang nantinya akan didapat hasil gerusan lokal penelitian (**Gambar 5.2 dan Gambar 5.3**).

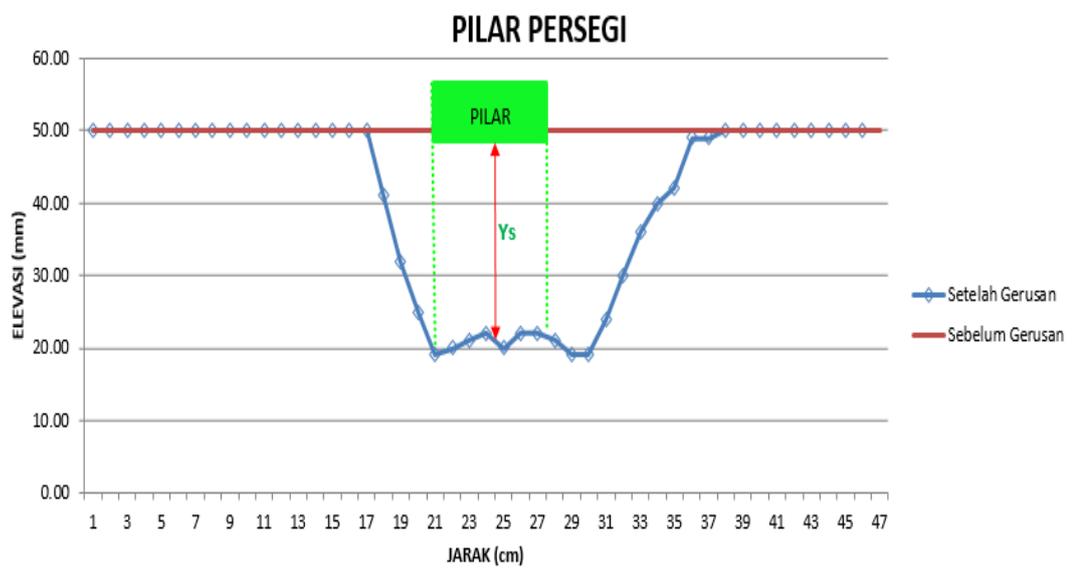


(a)

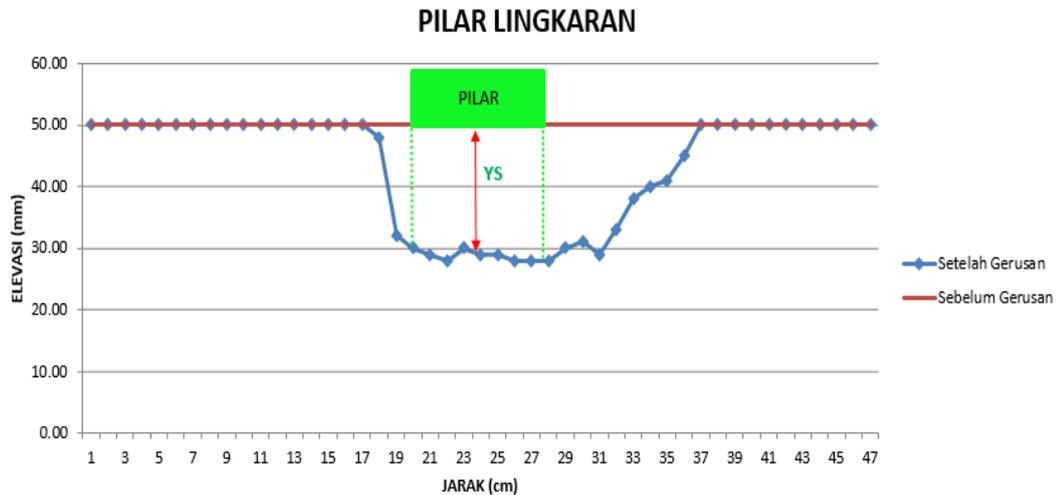


(b)

Gambar 5. 1 (a) Cross section pada pilar persegi dan
(b) cross section pada pilar lingkaran



Gambar 5. 2 Tampang melintang 22 gerusan pilar persegi



Gambar 5. 3 Tampang melintang 38 gerusan pilar lingkaran

C. Gerusan Lokal Pilar Pada HEC-RAS

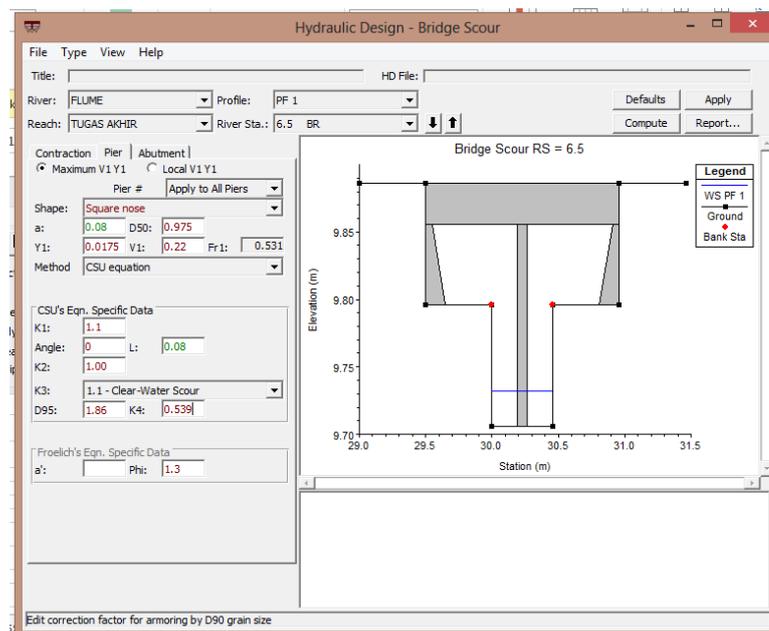
1. Variabel Persamaan Colorado State University (CSU)

Pada penelitian ini menggunakan metode Colorado State University (CSU) yang ada pada HEC-RAS 5.0.3. Dalam metode ini terdapat beberapa faktor koreksi untuk memperkirakan kedalaman gerusan yang terjadi disekitar pilar.

Faktor koreksi yang terdapat dalam metode CSU yaitu K1 merupakan faktor koreksi bentuk penampang pilar, K2 merupakan faktor koreksi arah datang aliran air, K3 merupakan faktor koreksi kondisi dasar dan gundukan dan K4 merupakan faktor koreksi ketahanan dasar saluran.

Selain faktor koreksi tersebut terdapat beberapa variabel yang di input kedalam metode CSU yaitu a diisi dengan tebal pilar, D_{50} diisi dengan diameter sedimen saat 50%, $Y1$ diisi dengan kedalaman aliran hulu, $V1$ diisi dengan kecepatan rata-rata pada pilar, α diisi berdasarkan sudut datang aliran pada pilar, L diisi dengan panjang pilar dan D_{95} diisi dengan diameter sedimen saat 95% (**Gambar 5.4**).

Dari faktor koreksi yang ketentuannya sudah di tetapkan oleh HEC-RAS (lihat BAB III) maka diperlukannya mencari variabel baru yang tepat dengan menggunakan metode CSU untuk mendapatkan kedalaman gerusan (Y_s) yang mendekati dengan kedalaman gerusan (Y_s) hasil penelitian (Eksperimen). Pada **Tabel 5. 2** dan **Tabel 5.3** menyajikan *trial and error* untuk mendapatkan variabel yang pas.



Gambar 5. 4 Input data pada kotak *Hydraulic Design*

Tabel 5. 3 *Trial and error* Pilar Persegi

No	Variabel	Nilai	Y_s Hecras (meter)	Y_s Exp (meter)	Perbedaan
1	K1	1.1	0.0459	0.0273	0.0186
	θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0930		
	K3	1.1	Y_s lebar gerusan: 0.0439		
	K4	0.342	Slope: 2.118		

No	Variabel	Nilai	Ys Hecras (meter)	Ys Exp (meter)	Perbedaan	
2	K1	1.1	0.0535	0.0273	0.0262	
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.108			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0522			
	K4	0.4	Slope: 2.069			
3	K1	1	0.0401		0.0273	0.0128
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0808			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0374			
	K4	0.33	Slope: 2.16			
4	K1	0.99	0.0397	0.0273		0.0124
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0808			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0366			
	K4	0.33	Slope: 2.208			
5	K1	0.94	0.0379		0.0273	0.0106
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0778			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0339			
	K4	0.33	Slope: 2.295			
6	K1	0.94	0.0367	0.0273		0.0094
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0753			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0322			
	K4	0.32	Slope: 2.339			

No	Variabel	Nilai	Ys Hecras (meter)	Ys Exp (meter)	Perbedaan
7	K1	0.94	0.0309	0.0273	0.00036
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0638		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0251		
	K4	0.27	Slope: 2.542		
8	K1	0.8	0.0273		0
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0571		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0208		
	K4	0.28	Slope: 2.746		

Tabel 5. 4 Trial and error Pilar Lingkaran

No	Variabel	Nilai	Ys Hecras (meter)	Ys Exp (meter)	Perbedaan	
1	K1	1	0.0416	0.0198	0.0218	
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0846			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0388			
	K4	0.342	Slope: 2.18			
2	K1	1	0.0488		0.0198	0.029
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.1			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0467			
	K4	0.4	Slope: 2.141			
3	K1	1	0.0426	0.0198		0.0228
	Θ	0				
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0860			
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0401			
	K4	0.35	Slope: 2.145			

4	K1	1	0.0414	0.0198	0.0216
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0839		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0388		
	K4	0.34	Slope: 2.162		
5	K1	0.85	0.0311	0.0113	
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0640		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0247		
	K4	0.3	Slope: 2.591		
6	K1	0.8	0.0291	0.0093	
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0597		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0225		
	K4	0.3	Slope: 2.653		
7	K1	0.79	0.0288	0.009	
	Θ	0			
	K2	0.8	Lebar Gerusan: 0.0590		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0224		
	K4	0.3	Slope: 2.634		
8	K1	0.65	0.0206	0.0008	
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0412		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0127		
	K4	0.26	Slope: 3.244		
9	K1	0.63	0.0198	0	
	Θ	0			
	K2	1	Lebar Gerusan: 0.0406		
	K3	1.1	Ys lebar gerusan: 0.0121		
	K4	0.26	Slope: 3.355		

Berdasarkan **Tabel 5.2** point pertama yang menyajikan percobaan variabel CSU terhadap pilar persegi didapatkan hasil percobaan tersebut berdasarkan variabel yang disarankan oleh HEC-RAS yaitu hasil gerusan (Ys) melebihi hasil gerusan (Ys) penelitian eksperimen, perbedaan nilai gerusan (Ys) tersebut yaitu sebesar 0.0186 m.

Sedangkan dari **Tabel 5.3** point pertama yang menyajikan percobaan variabel CSU terhadap pilar lingkaran didapatkan hasil percobaan tersebut berdasarkan variabel yang disarankan oleh HEC-RAS yaitu hasil gerusan (Ys) melebihi hasil gerusan (Ys) penelitian/eksperimen, perbedaan nilai gerusan (Ys) tersebut yaitu sebesar 0.0218 m.

Maka dari itu pada penelitian kali ini mencoba mencari variabel yang pas untuk mengganti variabel yang disarankan oleh HEC-RAS, terutama variabel faktor koreksi K1 dan K4 yang digunakan untuk mendapatkan kedalaman gerusan yang mendekati hasil kedalaman gerusan pada eksperimen.

Dari percobaan pada **Tabel 5.2** dan **Tabel 5.3** didapatkan perbandingan antara variabel K1 dan variabel K4. Pada **Tabel 5.5** akan menampilkan perbandingan nilai antara kedua variabel.

Tabel 5. 5 Perbandingan nilai K1 dan K4

No	Pilar	Variabel	Beda Nilai	Hasil
1	Persegi	K1	0,01	0,0004
			0,05	0,0018
		K4	0,01	0,0012
			0,05	0,0058
2	Lingkaran	K1	0,01	0.0003
			0,05	0.002
		K4	0,01	0,0012
			0,05	0.0062

Dari **Tabel 5.5** dapat disimpulkan bahwa variabel K4 lebih sensitif terhadap perubahan kedalaman gerusan dibandingkan variabel K1.

a) Pilar Persegi

Dari percobaan diatas maka digunakan nilai K1 dan K4 sebesar:

Tabel 5. 6 Variabel yang digunakan pada Pilar Persegi

Variabel	Ketentuan HEC-RAS	Percobaan
K1	1,1	0,8
K4	0,342	0,28

Berdasarkan tabel diatas nilai K1 yang diperoleh dari ketentuan HEC-RAS untuk pilar persegi yaitu sebesar 1,1. Setelah percobaan mencari variabel baru didapat hasil K1 sebesar 0,8.

Untuk nilai K4 sendiri didapat dari hasil persamaan yang telah di tetapkan oleh HEC-RAS (**Persamaan 5.1**). Persamaan tersebut digunakan untuk mencari kedalaman gerusan yang mendekati dengan kedalaman gerusan penelitian. Setelah dicoba dengan persamaan yang ditetapkan oleh HEC-RAS, hasil yang di dapat tidak sesuai dengan kedalaman gerusan penelitian sehingga nilai K4 dapat dicari dan dicoba secara acak hingga didapat hasil kedalaman gerusan yang sesuai dengan kedalaman gerusan penelitian. Pada **Persamaan 5.2** adalah persamaan K4 yang digunakan untuk penelitian agar mencapai Ys yang sesuai.

$$K_4 = 0.4 (V_R)^{0.15} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} V_{c95} &= 6,91.0.017^{1/6}.0,00186^{1/3} \\ &= 0.430913912 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c50} &= 6,91.0.017^{1/6}.0,000975^{1/3} \\ &= 0.347446339 \end{aligned}$$

$$V_{i95} = 0.645 \left[\frac{0,00186}{0,08} \right]^{0,053} 0.430913912$$

$$= 0.227703993$$

$$V_{i50} = 0.645 \left[\frac{0,000975}{0,08} \right]^{0,053} 0.347446339$$

$$= 0.177419328$$

$$V_R = \left[\frac{0,2194 - 0.177419328}{0.347446339 - 0.227703993} \right]$$

$$= 0.35059170$$

$$K_4 = 0.4 (0.35059170)^{0.15}$$

$$= 0.3418064357$$

$$K_4 = 0.328(V_R)^{0.15} \quad (5.2)$$

$$K_4 = 0,328 (0.35059170)^{0.15}$$

$$= 0.280281277$$

b) Pilar Lingkaran

Dari percobaan diatas maka digunakan nilai K1 dan K4 sebesar:

Tabel 5. 7 Variabel yang digunakan pada Pilar Lingkaran

Variabel	Ketentuan HEC-RAS	Percobaan
K1	1	0,63
K4	0,342	0,26

Berdasarkan tabel diatas nilai K1 yang diperoleh dari ketentuan HEC-RAS untuk pilar lingkaran yaitu sebesar 1. Setelah percobaan mencari variabel baru didapat hasil K1 sebesar 0,63.

Untuk nilai K_4 sendiri didapat dari hasil persamaan yang telah di tetapkan oleh HEC-RAS (**Persamaan 5.3**). Persamaan tersebut digunakan untuk mencari kedalaman gerusan yang mendekati dengan kedalaman gerusan penelitian. Setelah dicoba dengan persamaan yang ditetapkan oleh HEC-RAS, hasil yang di dapat tidak sesuai dengan kedalaman gerusan penelitian sehingga nilai K_4 dapat dicari dan dicoba secara acak hingga didapat hasil kedalaman gerusan yang sesuai dengan kedalaman gerusan penelitian. Pada **Persamaan 5.4** adalah persamaan K_4 yang digunakan untuk penelitian agar mencapai Y_s yang sesuai.

$$K_4 = 0.4 (V_R)^{0.15} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} V_{c95} &= 6,91 \cdot 0.017^{1/6} \cdot 0,00186^{1/3} \\ &= 0.430913912 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c50} &= 6,91 \cdot 0.017^{1/6} \cdot 0,000975^{1/3} \\ &= 0.347446339 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{i95} &= 0.645 \left[\frac{0,00186}{0,08} \right]^{0,053} 0.430913912 \\ &= 0.227703993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{i50} &= 0.645 \left[\frac{0,000975}{0,08} \right]^{0,053} 0.347446339 \\ &= 0.177419328 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_R &= \left[\frac{0,2480 - 0.177419328}{0.347446339 - 0,227703993} \right] \\ &= 0.58943786 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_4 &= 0.4 (0.58943786)^{0.15} \\ &= 0.341806436 \end{aligned}$$

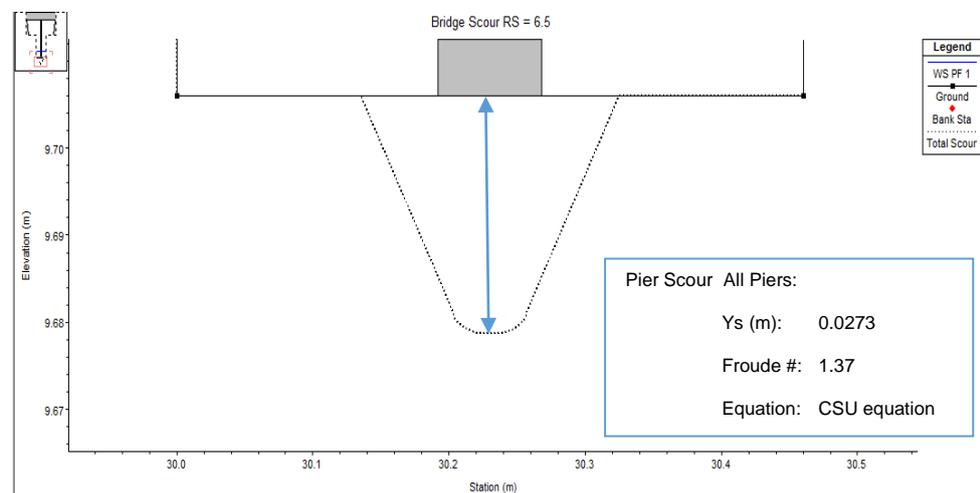
$$K_4 = 0.282(V_R)^{0.15} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} K_4 &= 0,282 (0.58943786)^{0.15} \\ &= 0.26050425 \end{aligned}$$

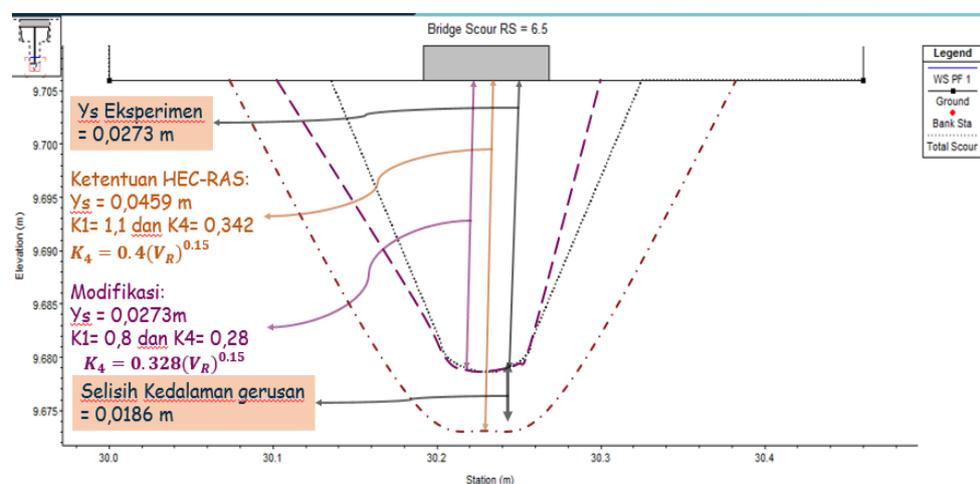
2. Kedalaman Gerusan

a) Pilar Persegi

Hasil simulasi gerusan pada pilar persegi didapatkan kedalaman gerusan sebesar 0,0273 m. Pada **Gambar 5.6** menampilkan penampang melintang gerusan yang terjadi pada pilar persegi.



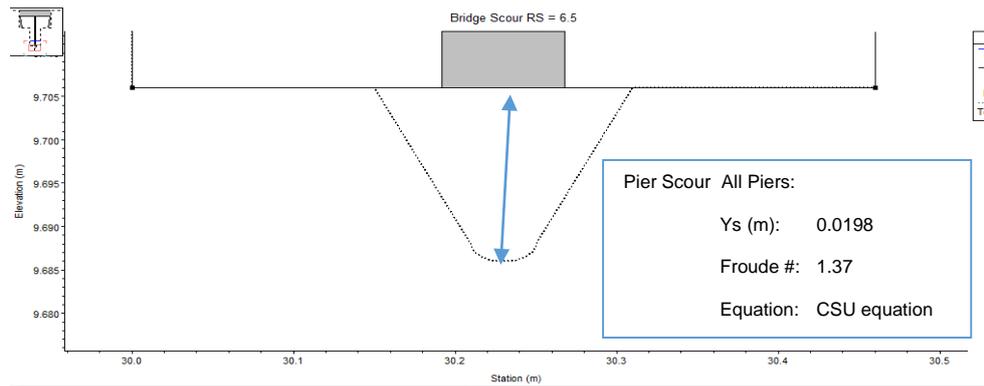
Gambar 5.5 Hasil kedalaman gerusan pada pilar persegi



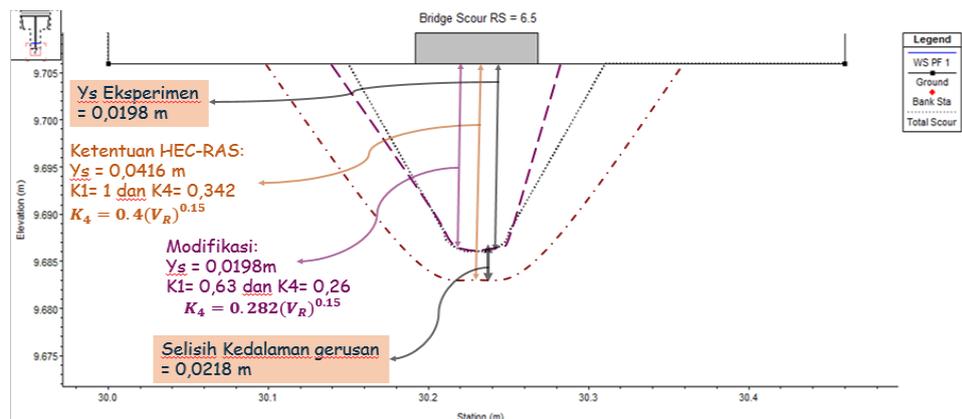
Gambar 5.6 Hasil kedalaman gerusan pada pilar persegi

b) Pilar Lingkaran

Sedangkan hasil simulasi gerusan yang terjadi pada pilar lingkaran sebesar 0,0198 m. Pada **Gambar 5.8** menampilkan penampang melintang gerusan yang terjadi pada pilar lingkaran.



Gambar 5.7 Hasil kedalaman gerusan pilar lingkaran



Gambar 5.8 Hasil kedalaman gerusan pilar lingkaran

Dari keseluruhan hasil simulasi HEC-RAS, agar memudahkan untuk melihat kedalaman gerusan dan perbandingan dengan gerusan penelitian, dapat dilihat pada **Tabel 5.8**

Tabel 5.8 Kedalaman gerusan eksperimen dan simulasi

No	Bentuk Pilar	Kedalaman Gerusan Penelitian	Kedalaman Gerusan HEC-RAS
1	Persegi	0,0273	0,0273
2	Lingkaran	0,0198	0,0198

Berdasarkan perbandingan tabel diatas didapatkan hasil kedalaman gerusan pada pilar persegi dan pilar lingkaran dengan menggunakan simulasi HEC-RAS sama dengan hasil kedalaman gerusan pada penelitian.

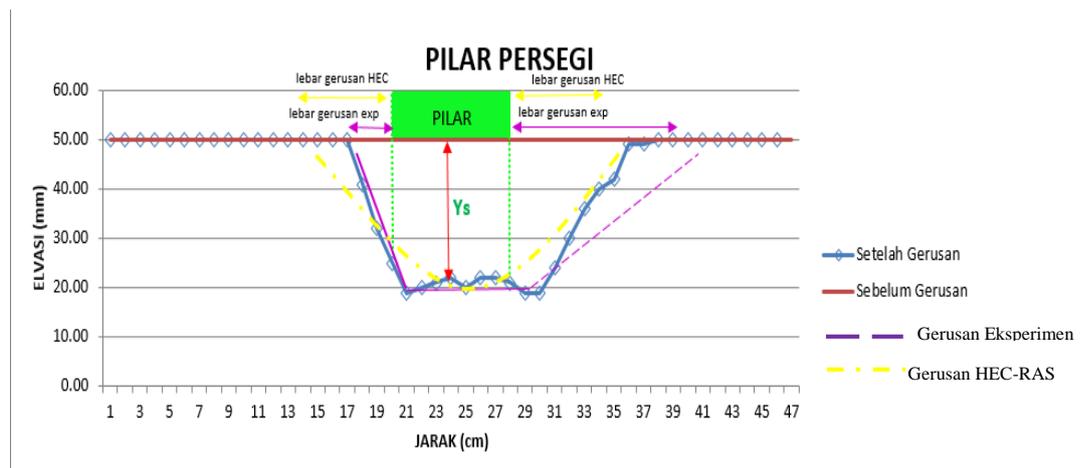
3. Lebar Gerusan

a) Pilar Persegi

Pada **Tabel 5.9** akan menampilkan lebar gerusan hasil simulasi HEC-RAS dan hasil penelitian yang terjadi pada pilar persegi. Serta **Gambar 5.9** menampilkan penampang melintang perbandingan lebar gerusan yang terjadi pada pilar persegi.

Tabel 5. 9 Lebar gerusan pilar persegi

	Eksperimen	Simulasi
Lebar Gerusan	Kiri : 0,0274 m Kanan: 0,1039 m	0,0571 m
Slope	Kiri : 1,054 Kanan : 4,948	2,745



Gambar 5. 5 Perbandingan lebar gerusan pada pilar persegi

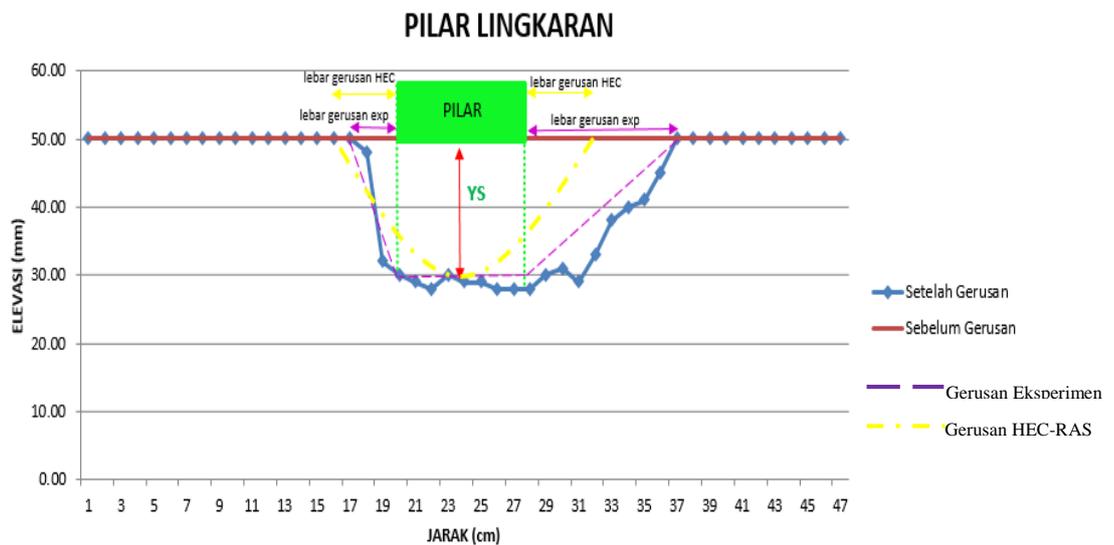
b) Pilar Lingkaran

Pada **Tabel 5.10** akan menampilkan lebar gerusan hasil simulasi HEC-RAS dan hasil penelitian yang terjadi pada pilar lingkaran. Serta

Gambar 5.10 menampilkan penampang melintang perbandingan lebar gerusan yang terjadi pada pilar tajam.

Tabel 5. 10 Lebar gerusan pilar lingkaran

	Eksperimen	Simulasi
Lebar Gerusan	Kiri : 0,0239 m Kanan: 0,0986 m	0,0406 m
Slope	Kiri : 0,797 Kanan : 3,521	3,356



Gambar 5. 6 Perbandingan lebar gerusan pada pilar lingkaran

Dilihat dari hasil penjabaran lebar gerusan pilar diketahui bahwa lebar pilar gerusan pada pilar persegi dan lebar gerusan pilar lingkaran tidak sama dengan hasil lebar gerusan pilar dari hasil eksperimen.