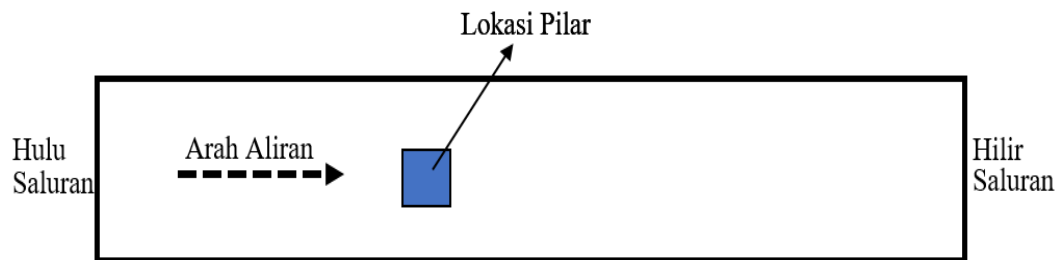


## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Penelitian

Penelitian ini dimodelkan dengan menggunakan *software iRIC : Nays2DH 1.0* yang dikembangkan oleh Hiroshi Takebayashi dari Kyoto University dan Yasutuki Shimizu dari Hokkaido University, Jepang. *Nays2DH 1.0* adalah simulasi komputasi dua dimensi (2d) untuk menganalisa permasalahan gerusan, transportasi sedimen, perubahan dasar sungai dan morfologi sungai dalam arah horizontal. Dalam metode ini persamaan yang mengatur/digunakan dalam metode tersebut telah ditulis sesuai dengan batas sistem koordinat secara umum. Kemudian digunakan debit sebesar  $0.0044 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan waktu *running* 3 menit. Penampang saluran mengadopsi dari *flume* Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan lebar 0.46 m dan panjang 5 m seperti Gambar 5.1.

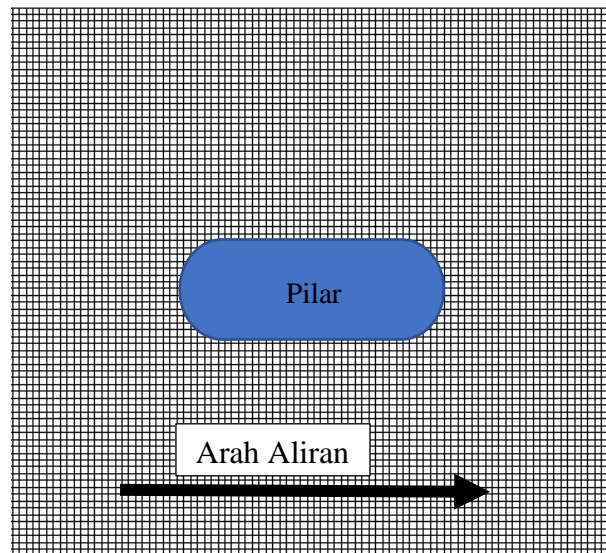


**Gambar 5.1** Penampang saluran pada simulasi *software iRIC : Nays2DH 1.0*

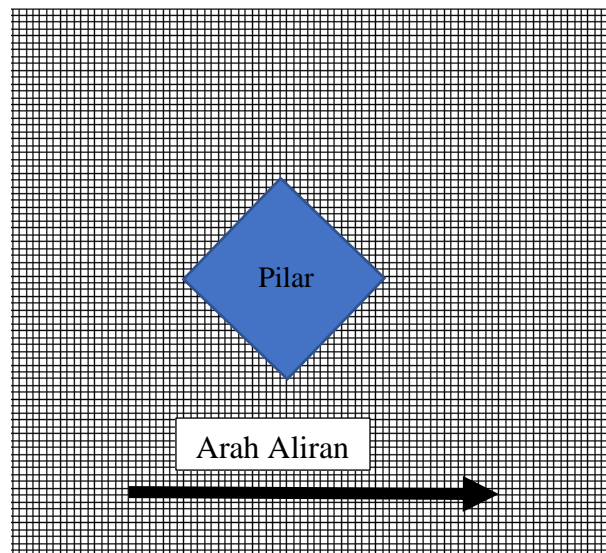
Pada simulasi *software iRIC : Nays2DH 1.0* digunakan kemiringan saluran sebesar 0.004 dan memiliki angka *Manning* sebesar 0.0115. setelah dilakukan simulasi pada saluran tersebut, maka saluran tersebut memiliki karakteristik saluran dengan aliran subkritik yang mempunyai bilangan *Froude*  $< 1$ . Aliran subkritik adalah aliran yang memiliki kecepatan yang rendah, memiliki permukaan air stabil dan biasanya mempunyai kedalaman yang lebih besar, yang merupakan gejala alami suatu aliran.

Pada simulasi penampang saluran akan dibagi menjadi beberapa *grid* untuk memperakurat data simulasi, karena setiap hasil *running* ditampilkan pada setiap ujung *grid*. Dimana untuk bagian lebar penampang saluran dibagi menjadi 92 *grid* searah sumbu *y* (*grid j*) dan pada bagian panjang penampang saluran dibagi menjadi

500 *grid* searah sumbu x (*grid*  $i$ ) dengan dimensi setiap *grid* ( $\Delta x$  dan  $\Delta y$ ) 0,5 cm. Saat simulasi akan terdapat halangan di tengah penampang saluran berupa model pilar jembatan yang dibuat dalam 2 bentuk. Model pilar jembatan yang digunakan yaitu kapsul dan tajam seperti Gambar 5.2.



(a)



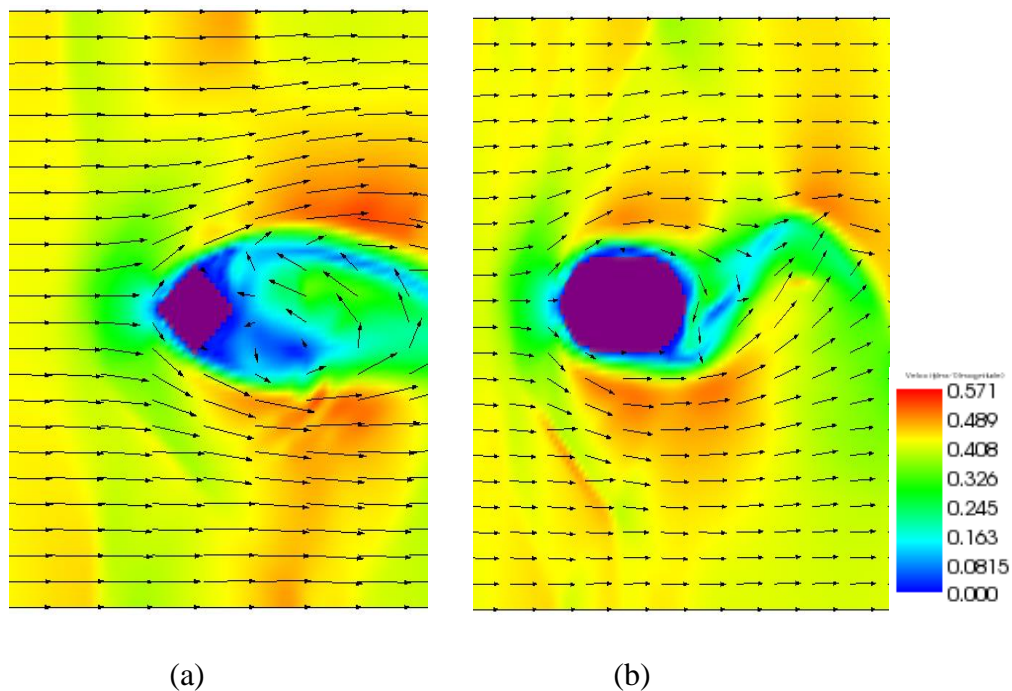
(b)

**Gambar 5.2** Bentuk pilar jembatan pada simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*.  
, bentuk kapsul (a), tajam (b)

## B. Analisis Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran pada sungai/saluran dapat berubah apabila ada suatu perubahan morfologi pada penampang saluran seperti adanya pilar jembatan yang berada di saluran tersebut. Perubahan kecepatan tersebut dapat berupa percepatan atau perlambatan dari kecepatan semula sebelum adanya perubahan morfologi penampang saluran, hal ini dipengaruhi oleh jika saluran tersebut memiliki halangan berupa pilar jembatan dimana perbedaan bentuk dan dimensi pilar jembatan sangat mempengaruhi. Namun, pada penelitian ini digunakan lebar pilar jembatan yang sama, yaitu 0,154 m arah melebar. Karena dimensi lebar pilar jembatan tersebut sama, maka perubahan kecepatan aliran pada penelitian ini hanya dipengaruhi oleh bentuk pilar yang berbeda.

Setelah dilakukan simulasi dengan *software iRIC : Nays 2DH 1.0* dengan menggunakan bentuk pilar berupa kapsul dan tajam maka terjadi perubahan kecepatan seperti pada Gambar 5.3



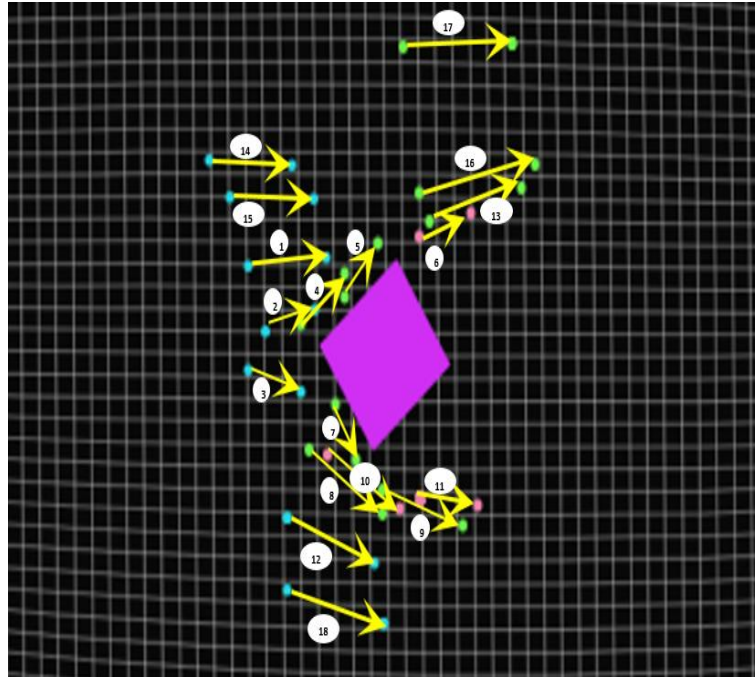
**Gambar 5.3** Hasil simulasi *software iRIC : Nays2DH 1.0* dengan *output velocity* (ms-1) pada waktu ke-179 detik, bentuk kapsul (a) dan bentuk tajam (b)

Pada Gambar 5.3 terlihat perbedaan karakteristik perubahan kecepatan pada 2 bentuk pilar tersebut. Dimana perbedaan kecepatan dideskripsikan dengan warna, mulai dari kecepatan yang paling rendah yaitu 0.000 ms<sup>-1</sup> dideskripsikan dengan warna biru tua sampai kecepatan yang paling tinggi yaitu 0.570 ms<sup>-1</sup> dideskripsikan dengan warna merah tua. Kecepatan awal saluran bewarna hijau kekuningan terlihat di hulu saluran.

Pada pilar jembatan bentuk tajam terjadi perlambatan kecepatan aliran yang mengarah ke hulu saluran. Perlambatan tersebut ditandai dengan perubahan warna menjadi biru tua, walaupun jarak perubahan tersebut sangat pendek. Hal ini bisa terjadi karena aliran yang berasal dari hulu saluran menabrak pilar jembatan yang mengakibatkan kecepatan aliran menjadi lebih lambat. Selain itu, terjadi perlambatan kecepatan pada bagian hilir disekitar pilar jembatan yang cukup jauh, hal ini disebabkan karena aliran yang seharusnya lurus menjadi berbelok arah kekanan atau kekiri setelah menabrak pilar jembatan yang mempunyai sudut di samping kanan dan kiri, sehingga aliran yang berada di balik pilar yang mempunyai sudut tersebut mengalami perlambatan kecepatan. Selain perlambatan kecepatan, terjadi juga percepatan pada bagian kiri dan kanan pilar jembatan sampai ke arah tebing saluran. Terlihat warna kuning yang menunjukkan percepatan kecepatan yang mendominasi kecepatan aliran di sekitar kanan dan kiri pilar. Terdapat warna hijau hijau yang menjadi awal perlambatan kecepatan di depan sampai di sekitar kanan dan kiri pilar. Terdapat juga warna kemerahan di sekitar pilar yang menunjukkan terjadi penambahan kecepatan yang paling tinggi, sedangkan kecepatan tertinggi terjadi pada tebing sebelah kiri saluran yang ditandai dengan warna merah pekat. Terlihat jika perubahan percepatan menjadi lebih cepat atau lambat terjadi setelah aliran melewati pilar jembatan mengikuti pola aliran yang terjadi.

Pada pilar jembatan yang berbentuk kapsul terjadi perlambatan kecepatan aliran diujung pilar yang hampir sama dengan bentuk pilar tajam pada arah hulu saluran. Perlambatan juga terjadi pada bagian ujung pilar kapsul pada arah hilir, tetapi perlambatan yang terjadi tidak sebesar dan sejauh yang terjadi pada pilar tajam. Hal ini terjadi karena pilar kapsul tidak mempunyai sudut yang tajam sehingga aliran yang menabrak pilar tidak mengalami perlambatan yang tinggi

seperti yang terjadi pada pilar tajam. Selain itu, percepatan juga terjadi di sisi kanan dan kiri pilar jembatan sampai ke arah tebing saluran. Perubahan percepatan tetap di dominasi oleh warna kuning, sedangkan percepatan tertinggi di tandai dengan warna kemerahan namun tidak sebesar yang terjadi pada pilar tajam.



**Gambar 5.4** Hasil analisa vektor kecepatan aliran di sekitar pilar tajam model fisik

**Tabel 5.1** Kecepatan aliran di sekitar pilar tajam model fisik

Titik	x	y	jarak x (cm)	jarak y (cm)	Perpindahan (cm)	Kecepatan (cm/s)	Kecepatan (m/s)
1	0,5	0	4,5	1	4,6098	33,4041	0,334
	5	1					
2	1,5	0,5	3	0	3,0000	21,7391	0,218
	4,5	0,5					
3	0,5	0,5	3	0,5	3,0414	22,0390	0,220
	3,5	1					
4	3,5	0	2,5	1	2,6926	19,5115	0,195
	6	1					

**Tabel 5.1** Kecepatan aliran di sekitar pilar tajam model fisik (Lanjutan)

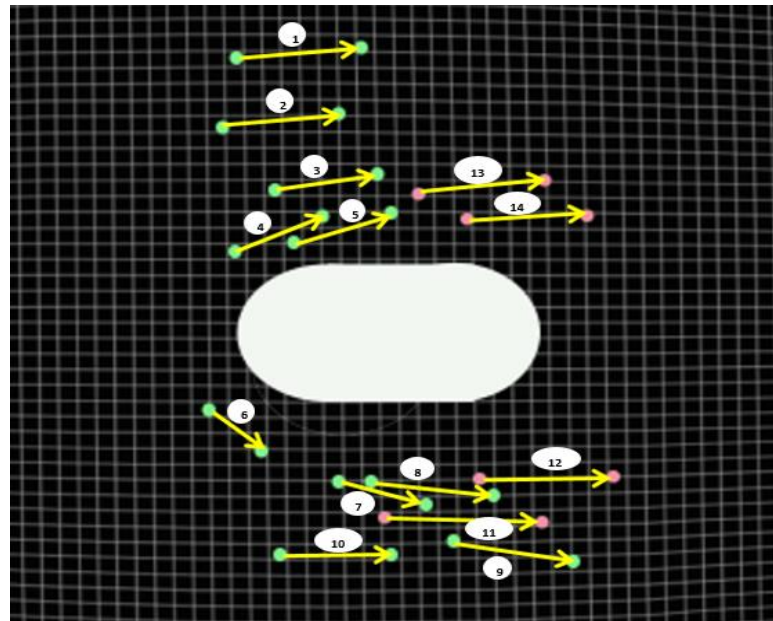
Titik	x	y	jarak x (cm)	jarak y (cm)	Perpindahan (cm)	Kecepatan (cm/s)	Kecepatan (m/s)																																																																																																																												
5	6	0	2	2,5	3,2016	23,1997	0,232																																																																																																																												
	8	2,5						6	10,5	0,5	2,5	0	2,5000	18,1159	0,181	13	0,5	7	5,5	0	1,5	2	2,5000	18,1159	0,181	7	2	8	4	0	4	2,5	4,7170	34,1811	0,342	8	2,5	9	8	0,5	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	13	2	10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424	10,5	2	11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5
6	10,5	0,5	2,5	0	2,5000	18,1159	0,181																																																																																																																												
	13	0,5						7	5,5	0	1,5	2	2,5000	18,1159	0,181	7	2	8	4	0	4	2,5	4,7170	34,1811	0,342	8	2,5	9	8	0,5	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	13	2	10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424	10,5	2	11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5				
7	5,5	0	1,5	2	2,5000	18,1159	0,181																																																																																																																												
	7	2						8	4	0	4	2,5	4,7170	34,1811	0,342	8	2,5	9	8	0,5	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	13	2	10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424	10,5	2	11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5														
8	4	0	4	2,5	4,7170	34,1811	0,342																																																																																																																												
	8	2,5						9	8	0,5	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	13	2	10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424	10,5	2	11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																								
9	8	0,5	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378																																																																																																																												
	13	2						10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424	10,5	2	11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																		
10	5	0	5,5	2	5,8523	42,4083	0,424																																																																																																																												
	10,5	2						11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362	14	0	12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																												
11	9	0	5	0	5,0000	36,2319	0,362																																																																																																																												
	14	0						12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390	8	2	13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																						
12	3	0	5	2	5,3852	39,0229	0,390																																																																																																																												
	8	2						13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413	5,5	2	14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																
13	0	0,5	5,5	1,5	5,7009	41,3107	0,413																																																																																																																												
	5,5	2						14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326	5	0	15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																										
14	0,5	0	4,5	0	4,5000	32,6087	0,326																																																																																																																												
	5	0						15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400	6,5	1	16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																																				
15	1	0,5	5,5	0,5	5,5227	40,0194	0,400																																																																																																																												
	6,5	1						16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477	7	1	17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																																														
16	0,5	0	6,5	1	6,5765	47,6556	0,477																																																																																																																												
	7	1						17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436	6	0,5	18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																																																								
17	0	0	6	0,5	6,0208	43,6290	0,436																																																																																																																												
	6	0,5						18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378	5	1,5																																																																																																																		
18	0	0	5	1,5	5,2202	37,8272	0,378																																																																																																																												
	5	1,5																																																																																																																																	

Vektor kecepatan aliran menunjukkan besarnya arah dan kecepatan yang terjadi sekitar pilar. Dengan adanya penghalang di tengah saluran berupa pilar jembatan maka saluran mengalami penyempitan dan membuat arah aliran menjadi berbelok dan terjadi perubahan kecepatan di sekitar pilar. Gambar 5.4 menunjukkan vektor kecepatan aliran di sekitar pilar tajam model fisik.

Dari hasil analisis vektor kecepatan model fisik, terjadi perlambatan kecepatan di hulu sekitar pilar, seperti terlihat pada vektor nomor 2,3,4,5,7 secara berurutan bernilai 0,217 m/s, 0,22 m/s, 0,195 m/s, 0,232 m/s, 0,181 m/s. Jika dibandingkan dengan analisa menggunakan *software iRIC : Nays2DH 1.0* terlihat

pada Gambar 5.4 juga terjadi perlambatan kecepatan aliran dimana ditandai dengan warna biru muda sampai hijau muda dengan kecepatan diantara 0,163-0,245 m/s. Jika dilihat pada vektor nomor 11 dan 13 didapatkan nilai kecepatan bernilai 0,362 m/s, 0,413 sedangkan pada model matematik di dapatkan nilai 0,326 – 0,367 m/s ditandai warna hijau muda. Dan nilai vektor kecepatan tertinggi pada analisa model fisik terjadi pada nomor 16 dengan nilai 0,477, sedangkan pada model matematik di dapat hasil 0,448 – 0,489 m/s ditandai dengan warna kuning ke merah-merahan.

Dengan demikian maka untuk vektor kecepatan model fisik dan matematik untuk jenis pilar jembatan bentuk tajam terdapat perbedaan yang tidak terlalu besar.



**Gambar 5.5** Hasil analisa vektor kecepatan aliran di sekitar pilar kapsul model fisik

**Tabel 5.2** Kecepatan aliran di sekitar pilar kapsul model fisik

Titik	x	y	jarak x (cm)	jarak y (cm)	Perpindahan (cm)	Kecepatan (cm/s)	Kecepatan (m/s)
1	2	0	7	0,5	7,0178	49,4214	0,494
	9	0,5					
2	1	0	7,5	0,5	7,5166	52,9341	0,529
	8,5	0,5					
3	4	0	5,5	1	5,5902	39,3674	0,394
	9,5	1					

**Tabel 5.2** Kecepatan aliran di sekitar pilar kapsul model fisik (Lanjutan)

Titik	x	y	jarak x (cm)	jarak y (cm)	Perpindahan (cm)	Kecepatan (cm/s)	Kecepatan (m/s)
4	2	0	5,5	2	5,8523	41,2137	0,412
	7,5	2					
5	5	0,5	5	2	5,3852	37,9237	0,379
	10	2,5					
6	0,5	0	2,5	2,5	3,5355	24,8981	0,249
	3	2,5					
7	7	0,5	5	0,5	5,0249	35,3869	0,354
	12	1					
8	10	0,5	6,5	0	6,5000	45,7746	0,458
	16,5	0,5					
9	14	0,5	6,5	1,5	6,6708	46,9777	0,470
	20,5	2					
10	4	0	6	0	6,0000	42,2535	0,423
	10	0					
11	10	0	8	0,5	8,0156	56,4480	0,565
	18	0,5					
12	16	0,5	7	0	7,0000	49,2958	0,493
	23	0,5					
13	11,5	0,5	6,5	1	6,5765	46,3132	0,463
	18	1,5					
14	14	0	6	0	6,0000	42,2535	0,423
	20	0					

Tabel 5.2 menunjukkan besarnya vektor kecepatan pada pilar jembatan bentuk kapsul model fisik. Untuk membandingkan hasil kecepatan vektor model fisik dan matematik untuk pilar kapsul maka akan di tinjau beberapa titik sebagai acuan. Pada Gambar 5.5 terlihat bahwa nomor vektor kecepatan 4,5, dan 6 pada hasil kecepatan vektor model fisik memiliki nilai kecepatan sebesar 0,412 m/s, 0,379 m/s, dan 0,249 m/s, sedangkan pada model matematik di dapatkan hasil 0,302 – 0,403 m/s ditandai dengan warna hijau ke kuning. Jika dilihat nomor vektor 1 dan 10 pada hasil kecepatan vektor model fisik memiliki nilai kecepatan sebesar 0,494 m/s dan 0,423 m/s, sedangkan pada model matematik diperoleh hasil kecepatan vektor 0,436 – 0,470 m/s dan 0,436 m/s ditandai dengan warna kuning ke merah. Dan nilai vektor kecepat tertinggi pada model fisik terjadi pada nomor vektor 11 dengan nilai kecepatan sebesar 0,565 m/s, sedangkan pada model matematik di dapatkan hasil vektor kecepatan sebesar 0,503 – 0,537 m/s di tandai dengan warna

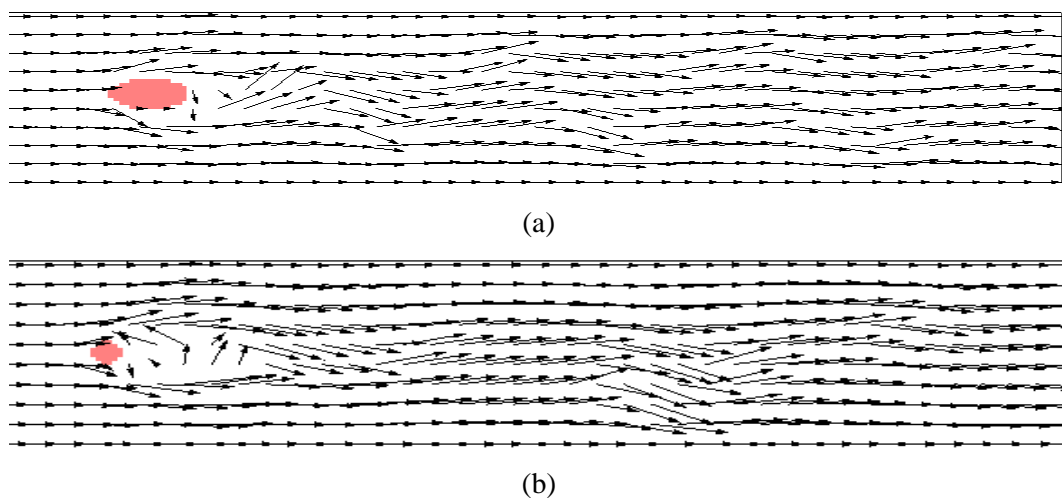


merah. Dengan demikian maka untuk vektor kecepatan model fisik dan matematik untuk jenis pilar jembatan bentuk kapsul terdapat perbedaan yang tidak terlalu besar.

### C. Analisis Arah Kecepatan Aliran

Arah kecepatan aliran pada dasarnya dalam keadaan normal mengalir dari hulu saluran menuju hilir saluran. Dalam teori hidrolika air akan mengalir dari daerah yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah dan dari daerah yang memiliki tekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah. Untuk keadaan aliran morfologi penampang saluran normal, arah aliran akan cenderung lurus dan tidak terjadi perubahan arah yang signifikan, tetapi arah aliran dapat berbelok apabila terjadi perubahan morfologi penampang saluran seperti adanya pembuatan pilar jembatan. Dengan mengetahui arah kecepatan aliran, maka dapat mengetahui arah belokan aliran yang terjadi setelah menabrak pilar jembatan. Hal ini berhubungan dengan turbulensi aliran yang nantinya akan berpengaruh terhadap kedalaman dan pola gerusan yang terjadi.

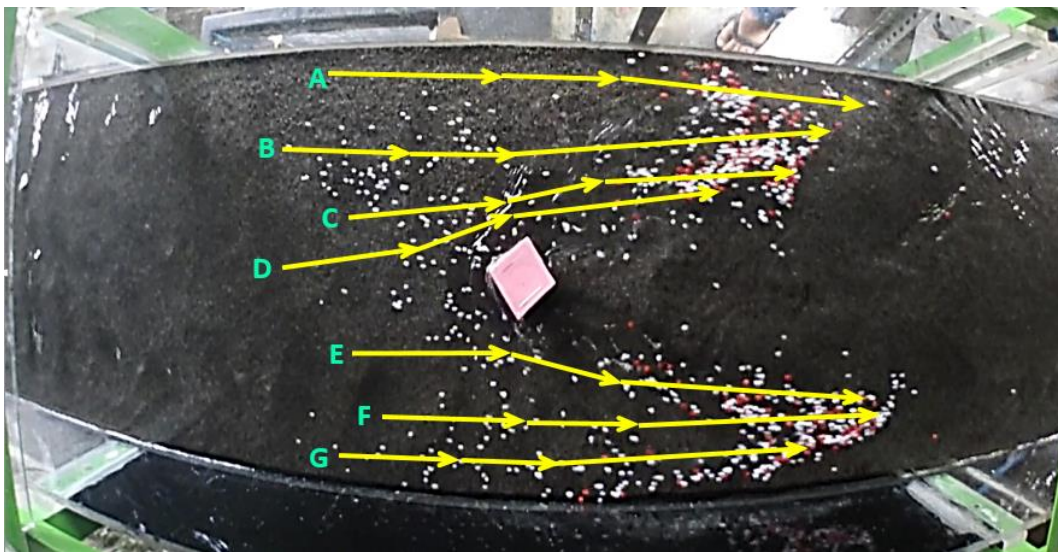
Dalam simulasi *software Iric : Nays 2DH 1.0* pada *output* arah kecepatan aliran, dimodelkan dengan menggunakan arah panah (*arrow*). Model *arrow* tersebut menggunakan teori vektor yang mempunyai besaran yang berupa nilai kecepatan aliran dan arah aliran. Arah aliran akan dipengaruhi oleh bentuk pilar jembatan seperti pada Gambar 5.6.



**Gambar 5.6** Hasil pola aliran pada masing-masing bentuk pilar pada waktu ke-179 detik, bentuk kapsul (a) dan bentuk tajam (b)

Pada Gambar 5.6 terlihat arah dan kecepatan aliran (pola aliran) sangat dipengaruhi oleh bentuk pilar jembatan dengan lebar yang sama. Dilihat dari hilir pilar jembatan terlihat bahwa terjadi turbulensi disekitar pilar jembatan dengan bentuk tajam dan kapsul, namun turbulensi pada hilir pilar jembatan dengan bentuk tajam terjadi lebih besar bila dibandingkan dengan turbulensi yang terjadi pada hilir pilar jembatan dengan bentuk kapsul.

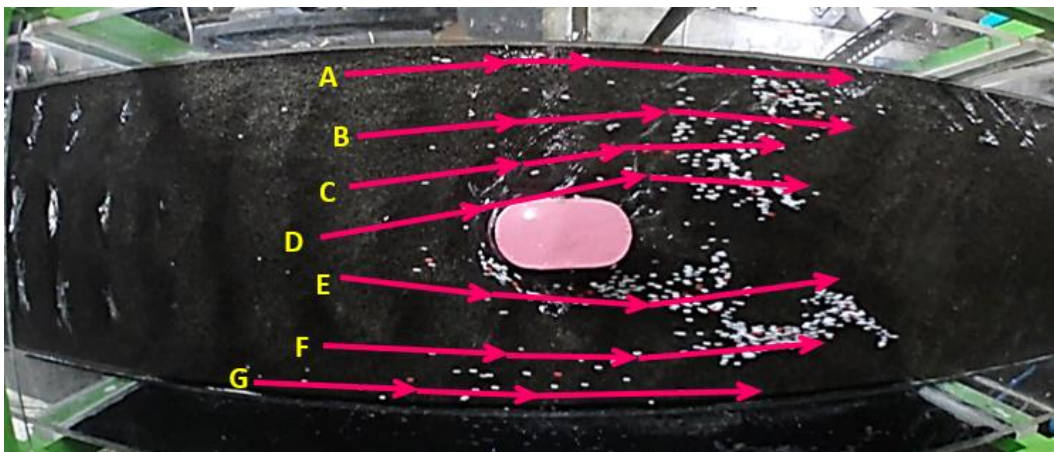
Ditinjau dari pengaruh perubahan arah kecepatan aliran menjadi normal kembali ke arah hilir saluran, untuk pilar jembatan bentuk kapsul dan tajam terlihat bahwa pengaruh perubahan arah aliran terjadi panjang untuk menjadi normal kembali. Untuk pilar jembatan bentuk kapsul terlihat bahwa pola perubahan kecepatan aliran lebih besar dan lebih tidak teratur jika dibandingkan dengan pola aliran dari pilar jembatan bentuk tajam.



**Gambar 5.7** Pola aliran dari hulu sampai hilir pilar tajam model fisik

Gambar 5.7 menunjukkan alur terjadinya pola aliran dari hulu pilar samapai ke hilir pilar tajam pada model fisik dengan bantuan *sedimen tracking*. Terlihat bahwa pola aliran pada bagian hulu saluran masih stabil, semakin mendekati pilar mulai terlihat pola aliran menuju kanan dan kiri mengikuti dari bentuk pilar. Terlihat pola aliran membelah menjadi dua bagian karena terhalang oleh pilar jembatan, semakin ke arah hilir saluran terlihat *sediment tracking* masih terpisah ke dua bagian dan belum terlihat kestabilan pola aliran.

Jika dibandingkan dengan dengan pola aliran dari model matematik menggunakan *software iRIC : Nays 2DH 1.0* terlihat bahwa pola aliran pada pilar jembatan bentuk tajam hampir memiliki pola aliran yang sama. Dimana pola aliran akan terbagi menjadi 2 bagaian karena terhalang oleh pilar tajam dan ke stabilan pola aliran belum terjadi di dekat pilar jembatan. Namun pada hasil pola aliran model fisik tidak terlihat pola aliran tepat dibagian pilar jembatan menuju ke hilir, jika didalam model matematik terlihat bahwa terjadi turbulensi/pola aliran yang tidak stabil terjadi, maka pada model fisik tidak terlihat dengan jelas pola aliran yang terjadi tepat di bagian jembatan menuju ke hilir saluran.



**Gambar 5.8** Pola aliran dari hulu sampai hilir pilar kapsul model fisik

Gambar 5.8 menunjukkan alur terjadinya pola aliran dari hulu pilar samapai ke hilir pilar tajam pada model fisik dengan bantuan *sedimen tracking*. Terlihat bahwa pola aliran pada bagian hulu saluran masih stabil, semakin mendekati pilar mulai terlihat pola aliran menuju kanan dan kiri mengikuti dari bentuk pilar. Terlihat pola aliran membelah menjadi dua bagian karena terhalang oleh pilar jembatan, semakin ke arah hilir saluran terlihat *sediment tracking* mulai mengumpul ke tengah saluran dan terlihat sedikit pola aliran tepat setelah pilar jembatan kapsul menuju hilir terjadi pola aliran yang tidak stabil.

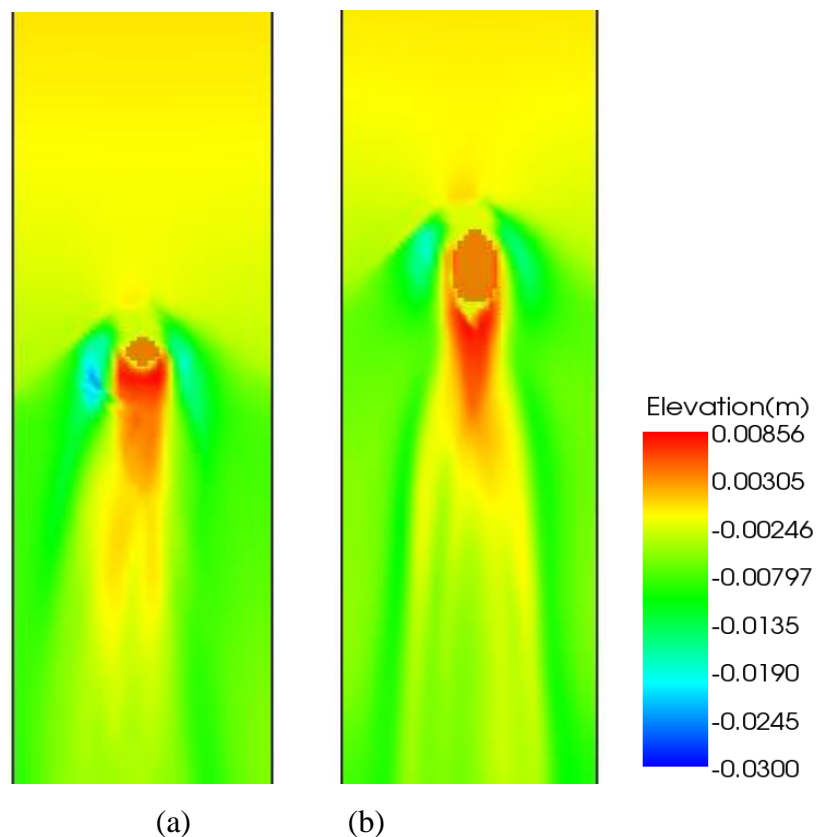
Jika di bandingkan dengan hasil pola aliran model matematik, maka pola aliran yang terjadi hampir sama dengan pola aliran model fisik. Pada model matematik terlihat bahwa tepat setelah pilar jembatan menuju hilir saluran terjadi

pola aliran yang tidak stabil, sedangkan pada model fisik tidak terlihat dengan jelas pola aliran tepat setelah pilar jembatan.

#### D. Analisis Elevasi Dasar Saluran

Elevasi dasar pada saluran pada awalnya bernilai stabil. Akan tetapi, elevasi dasar saluran dapat berubah apabila terjadi perubahan morfologi penampang saluran seperti adanya pembuatan pilar jembatan. Perubahan elevasi dasar saluran dapat berupa penurunan elevasi dasar atau kenaikan elevasi dasar saluran, untuk penurunan elevasi dasar saluran akan berhubungan dengan gerusan. Pada penelitian ini, perubahan elevasi dasar saluran hanya akan dipengaruhi oleh bentuk pilar jembatan yang menjadi halangan aliran saja, karena dimensi lebar pilar jembatan tersebut sama.

Setelah dilakukan simulasi dengan *software iRIC : Nays 2DH 1.0* menggunakan pilar jembatan bentuk kapsul dan tajam terjadi perubahan elevasi dasar saluran seperti pada Gambar 5.9.

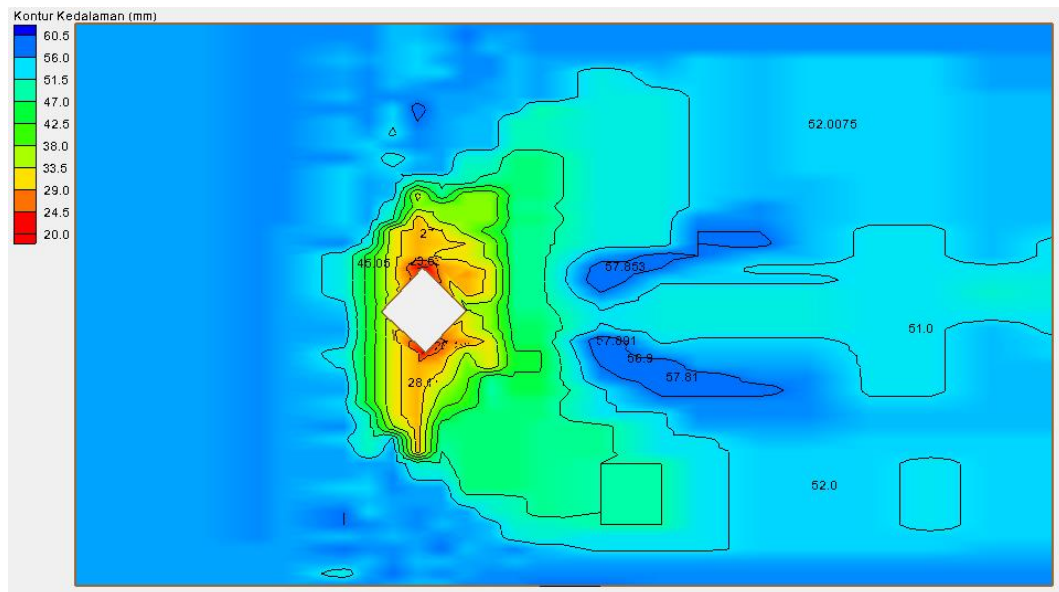


**Gambar 5.9** Hasil elevasi dasar pada waktu ke-179 detik, (a) kapsul (b) tajam

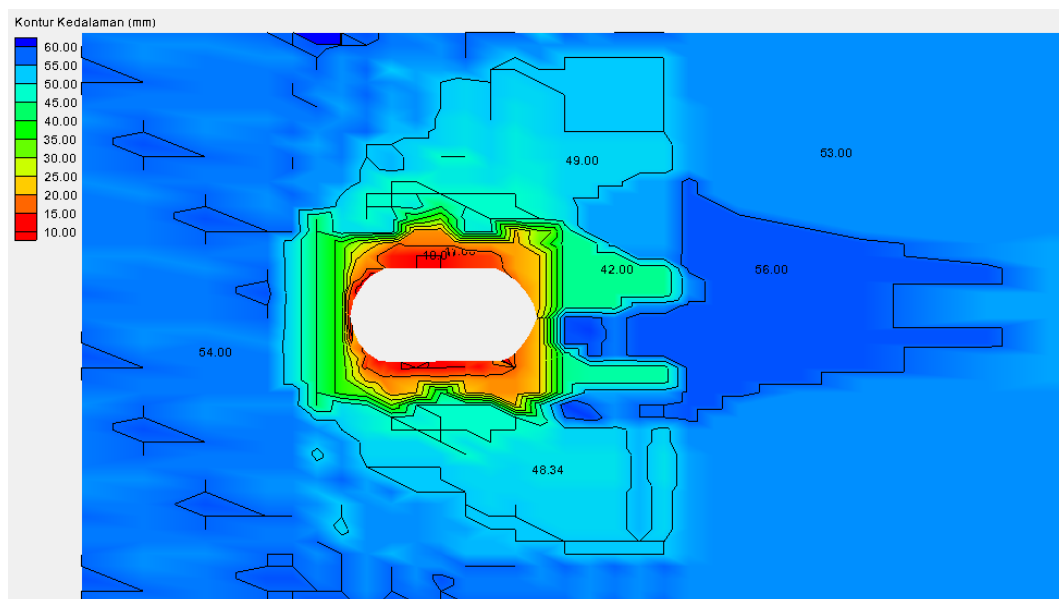
Gambar 5.9 menggunakan skala warna dari warna biru yang menunjukkan elevasi dasar saluran terendah sebesar  $-0.0300$  m sampai warna merah yang menunjukkan elevasi dasar saluran tertinggi sebesar  $0.00856$  m, perubahan terlihat ketika terdapat halangan berupa pilar jembatan yang mempunyai karakteristik yang berbeda pada pilar jembatan bentuk tajam dan kapsul. Pada gambar 5.9 terlihat bahwa pilar jembatan bentuk tajam dan kapsul mengalami perubahan elevasi dasar saluran baik terjadi penurunan atau kenaikan elevasi dasar saluran, dimana elevasi dasar saluran normal di bagian hulu bewarna kuning pekat berubah menjadi kuning muda sebelum adanya pilar jembatan.

Pada pilar jembatan bentuk tajam perubahan elevasi terjadi di sisi kanan dan kiri pilar jembatan ke arah tebing saluran. Perubahan berupa penurunan elevasi dasar (gerusan) terlihat dari warna hijau, biru muda sampai biru pekat. Dimana warna biru pekat menandakan terjadinya penurunan yang paling tinggi di sebelah kanan saluran, sedangkan disebelah kiri saluran terlihat hanya bewarna biru muda. Selain penurunan elevasi dasar, terjadi juga kenaikan elevasi dasar saluran yang ditandai dengan warna kemerahan, dimana kenaikan terjadi di sekitar pilar arah hilir saluran yang kemudian semakin ke arah hilir saluran semakin turun kenaikan elevasi dasar saluran.

Sedangkan pada pilar bentuk kapsul juga terjadi penurunan elevasi dasar saluran di sebelah kanan dan kiri pilar yang ditunjukkan dengan warna biru muda, tetapi penurunan elevasi dasar saluran tidak sebesar dan sedalam seperti pilar jembatan bentuk tajam. Kenaikan elevasi dasar saluran juga terjadi seperti pilar bentuk tajam, tetapi panjang perubahan kenaikan elevasi dasar saluran ke arah hilir lebih panjang jika dibandingkan dengan pilar jembatan bentuk tajam.



(a)



(b)

**Gambar 5. 10** Hasil analisa kontur elevasi dasar disekitar pilar kapsul pada model fisik

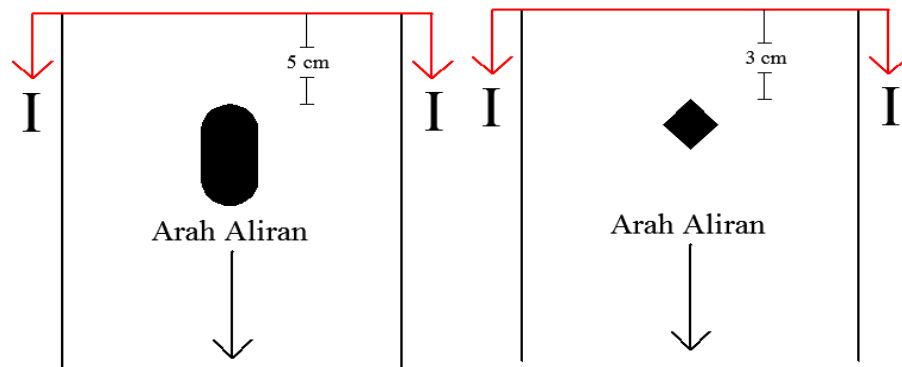
Gambar 5.10 bagian (a) dan (b) mendeskripsikan elevasi dasar saluran jenis pilar jembatan tajam dan kapsul untuk hasil dari model fisik. Pada pilar jembatan bentuk tajam, terlihat bahwa elevasi dasar saluran mulai berubah ketika terdapat halangan di tengah saluran berupa pilar jembatan. Terlihat skala warna biru tua untuk elevasi dasar sebesar 60,5 mm sampai warna merah tua dengan elevasi dasar

saluran sebesar 10 mm. Untuk elevasi dasar saluran di hulu saluran ditunjukkan dengan warna biru sebesar 54 mm. Perubahan tersebut terlihat dari hulu sampai hilir saluran disekitar pilar. Penurunan elevasi dasar saluran tertinggi di tandai dengan warna merah dimana menunjukkan elevasi dasar sedalam 20,6 mm yang terletak di sebelah samping kanan kiri pilar tajam, semakin menuju ke tebing saluran elevasi mengalami kenaikan yang di tunjukkan dengan warna kuning dan hijau. Selain penurunan elevasi dasar saluran, terjadi juga kenaikan elevasi dasar saluran di bagian hilir dengan elevasi dasar saluran sebesar 57,89 mm yang ditandai dengan warna biru tua.

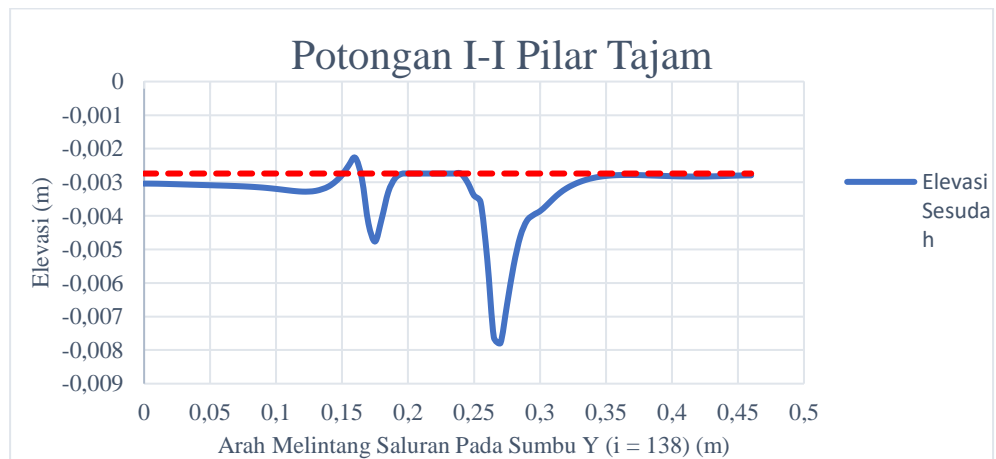
Pada pilar jembatan bentuk kapsul, terlihat skala elevasi dasar saluran tertinggi sebesar 60 mm di tunjukkan dengan warna biru tua sampai elevasi dasar saluran terendah sebesar 10 mm di tunjukkan dengan warna merah tua. Sedangkan elevasi awal dasar saluran ditunjukkan dengan warna biru sebesar 54 mm yang terdapat di bagian hulu saluran. Penurunan elevasi dasar saluran terlihat di mulai dari hulu pilar sampai hilir pilar jembatan. Penurunan elevasi dasar saluran tertinggi terjadi di sisi kanan dan kiri pilar kapsul yang di tandai dengan warna merah yang menunjukkan elevasi dasar dengan kedalaman 10 mm. Daerah pengaruh gerusan juga terlihat mendekati tebing saluran, semakin menuju ke tebing saluran elevasi dasar saluran mengalami kenaikan yang di tunjukkan dengan warna kuning dan hijau. Selain terjadi penurunan elevasi dasar saluran, terjadi juga kenaikan elevasi dasar saluran di bagian hilir pilar yang ditunjukkan dengan warna biru tua yang menunjukkan elevasi dasar saluran sebesar 56 mm.

Karena perubahan elevasi dasar saluran terlihat kurang jelas baik hasil dari model fisik atau model matematik untuk penurunan maupun kenaikan elevasinya, maka dilakukan tinjauan dari beberapa potongan di sekitar pilar jembatan. Peninjauan tersebut dilakukan untuk pengakuratan analisa mengenai perubahan elevasi dasar saluran terutama nalisa mengenai gerusan di sekitar pilar. Peninjauan dilakukan dengan menggunakan grafik yang dibuat dari *Microsoft Excel*. Peninjauan ini dilakukan dengan 4 potongan bagian sebagai berikut.

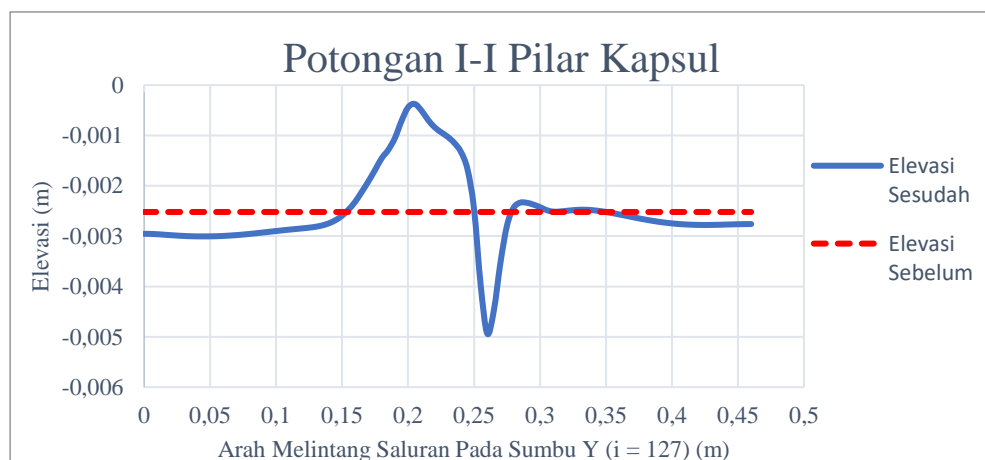
## 1. Tinjauan Potongan Hulu Pilar



**Gambar 5.11** Potongan I-I elevasi dasar saluran hulu pilar pada setiap bentuk pilar jembatan



**Gambar 5.12** Grafik elevasi dasar saluran potongan I-I hulu pilar jembatan bentuk tajam dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

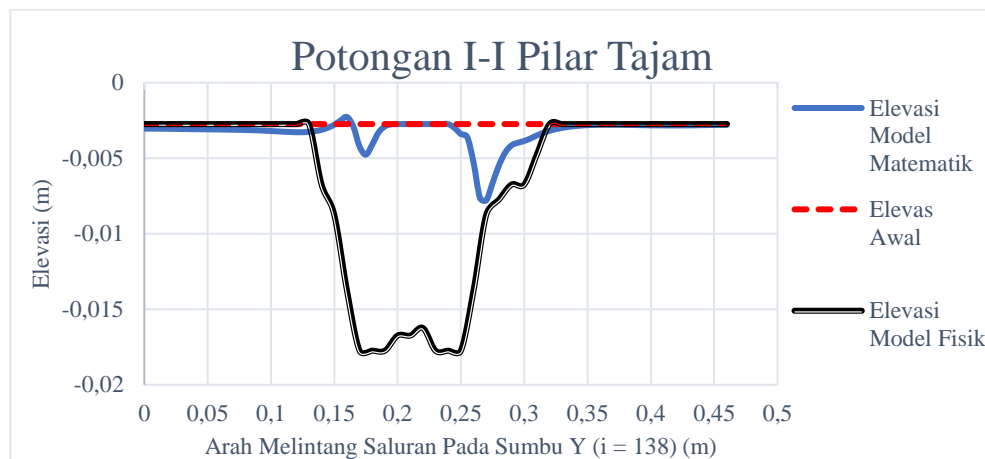


**Gambar 5.13** Grafik elevasi dasar saluran potongan I-I hulu pilar jembatan bentuk kapsul dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

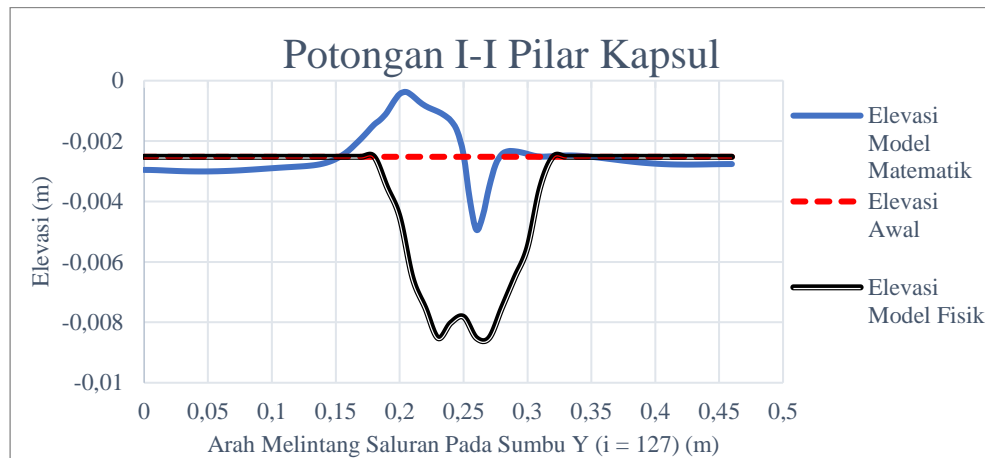


Potongan ini merupakan potongan melintang elevasi dasar saluran pada bagian hulu pilar jembatan atau terdapat pada grid  $i = 138$  untuk pilar jembatan bentuk tajam dan grid = 127 untuk pilar jembatan bentuk kapsul. Pada pilar jembatan bentuk tajam terjadi gerusan yang paling besar diantara ke dua bentuk pilar jembatan tersebut. Pada pilar ini seluruh elevasi dasar saluran mengalami penurunan yang hampir tetapi terjadi gerusan yang paling dalam pada sisi kiri saluran, selain penurunan elevasi terjadi juga kenaikan elevasi dasar saluran yang relatif kecil. Sedangkan untuk gerusan pada pilar jembatan bentuk kapsul, penurunan elevasi dasar saluran terjadi di bagian kanan, kiri, dan tengah saluran. Selain penurunan elevasi juga terjadi kenaikan elevasi dasar saluran di bagian tengah saluran.

Pada gambar 5.14 dan gambar 5.15 terlihat grafik hasil penelitian model fisik dan matematik yaitu elevasi pada pilar tajam yang ditunjukkan pada gambar 5.14 dan pilar kapsul yang ditunjukkan pada gambar 5.15.



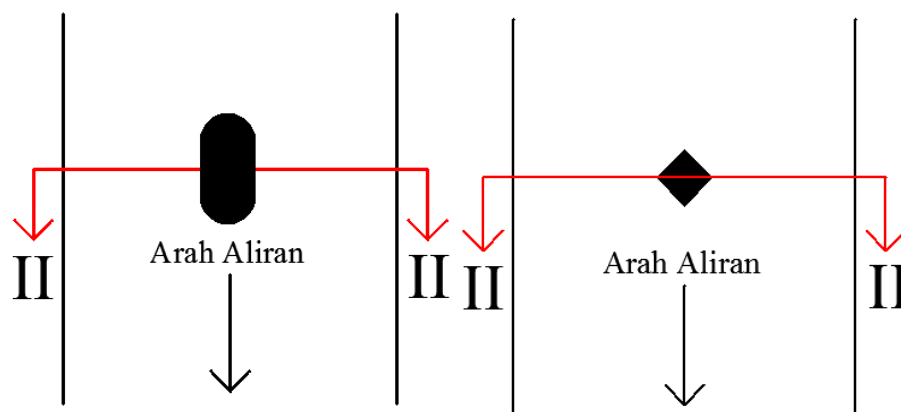
**Gambar 5.14** Grafik elevasi dasar saluran potongan I-I hulu pilar jembatan bentuk tajam hasil penelitian model fisik dan matematik



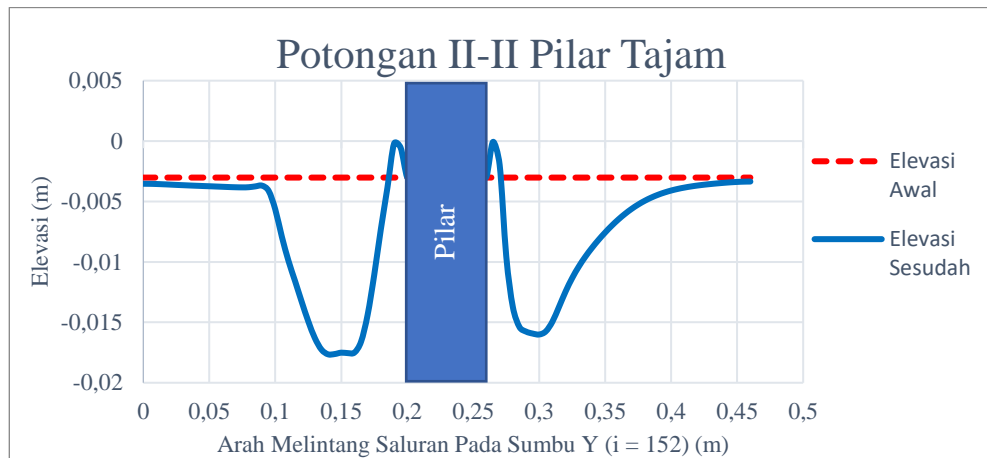
**Gambar 5.15** Grafik elevasi dasar saluran potongan I-I hulu pilar jembatan bentuk kapsul hasil penelitian model fisik dan matematik

Dari hasil simulasi dengan *software iRIC: Nays2DH 1.0* yang dibandingkan dengan hasil pengujian model fisik di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah penurunan elevasi kedalaman gerusan pada ke dua model relatif sama dengan mempunyai perbedaan kedalaman sekitar 0,01 m untuk pilar bentuk tajam dan 0,0035 m untuk pilar bentuk kapsul sedangkan untuk kenaikan elevasi dasar saluran pada model matematik terjadi kenaikan tetapi pada model fisik tidak terjadi kenaikan elevasi. Tetapi pada pola gerusan pada kedua model juga berbeda.

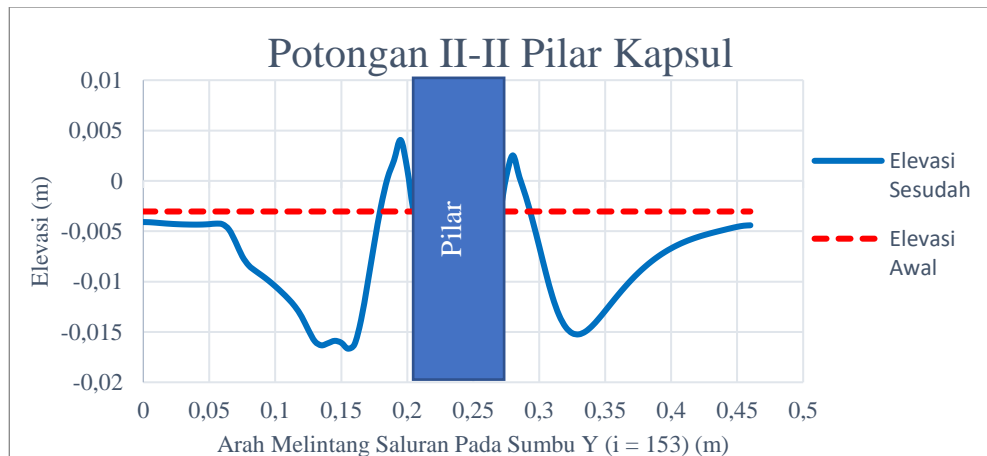
## 2. Tinjauan Potongan Tengah Pilar



**Gambar 5.16** Potongan II-II elevasi dasar saluran tengah pilar pada setiap bentuk pilar jembatan



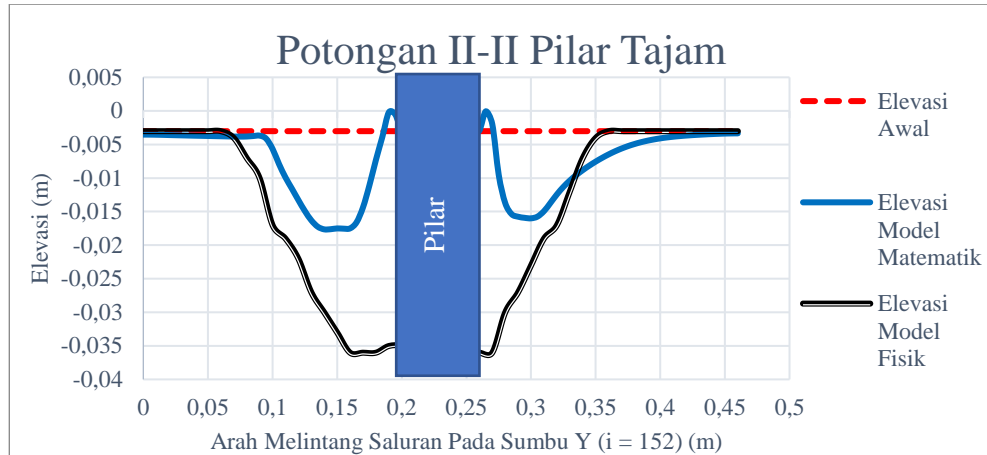
**Gambar 5.17** Grafik elevasi dasar saluran potongan II-II tengah pilar jembatan bentuk tajam dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*



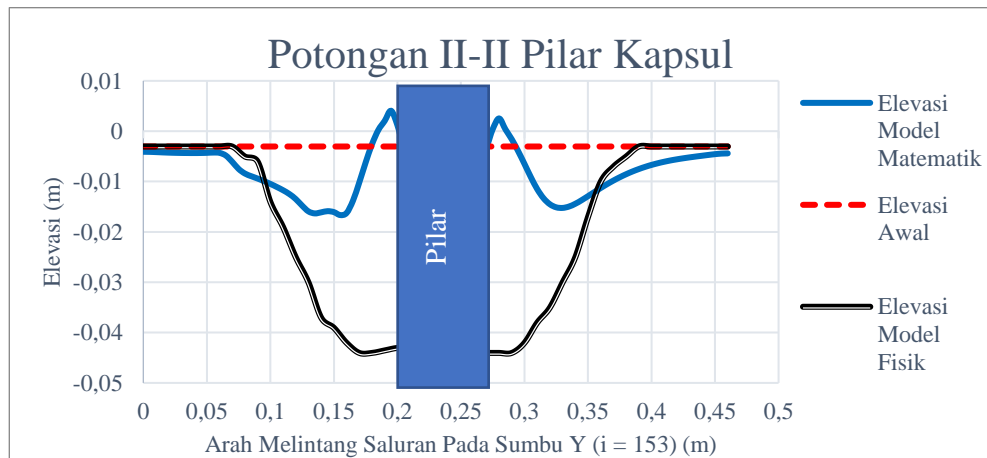
**Gambar 5.18** Grafik elevasi dasar saluran potongan II-II tengah pilar jembatan bentuk kapsul dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

Pada potongan ini merupakan potongan melintang saluran pada grid  $i = 153$  untuk pilar jembatan bentuk kapsul dan grid  $i = 152$  untuk pilar jembatan bentuk tajam. Pada grafik tersebut terlihat kotak hitam yang merupakan pilar jembatan. Pada pilar jembatan bentuk kapsul mempunyai kedalaman gerusan yang hampir sama jika dibandingkan pilar bentuk tajam. Tetapi gerusan pada pilar ini lebih banyak terjadi serta gerusan didominasi disisi kanan pilar, dan terjadi kenaikan elevasi dasar yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pilar bentuk tajam. Sedangkan pada pilar jembatan bentuk tajam juga terjadi gerusan yang paling dalam disisi sebelah kanan pilar.

Pada gambar 5.19 dan gambar 5.20 terlihat grafik hasil penelitian model fisik dan matematik elevasi pada pilar tajam yang ditunjukkan pada gambar 5.19 dan pilar kapsul yang ditunjukkan pada gambar 5.20.



**Gambar 5.19** Grafik elevasi dasar saluran potongan II-II tengah pilar jembatan bentuk tajam hasil penelitian model fisik dan matematik

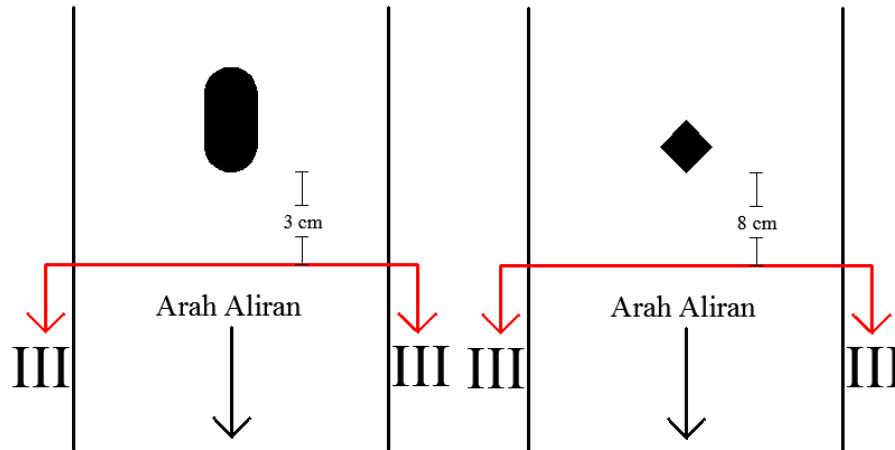


**Gambar 5.20** Grafik elevasi dasar saluran potongan II-II tengah pilar jembatan bentuk kapsul hasil penelitian model fisik dan matematik

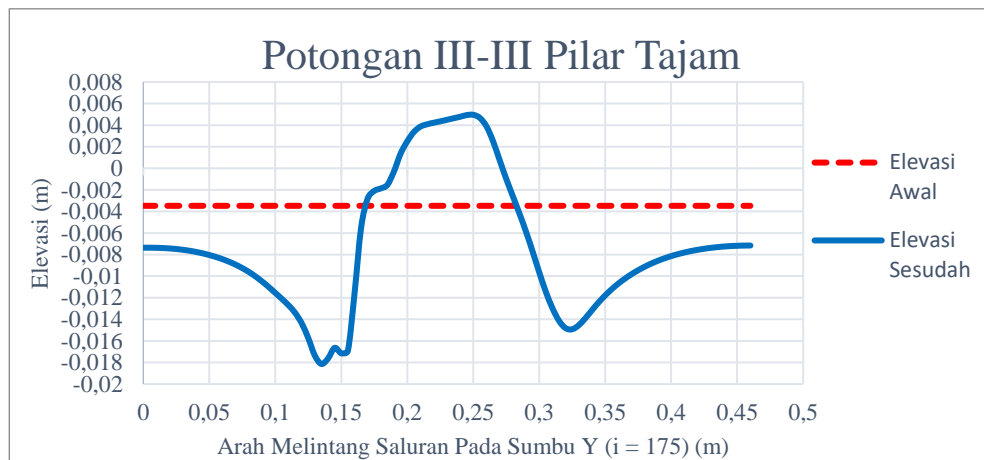
Dari hasil simulasi dengan *software iRIC: Nays2DH 1.0* yang dibandingkan dengan hasil pengujian model fisik di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah penurunan elevasi kedalaman gerusan pada ke dua model mempunyai perbedaan yang cukup jauh dengan perbedaan kedalaman sekitar 0,018 m untuk pilar bentuk tajam dan 0,027 m untuk pilar bentuk kapsul sedangkan untuk kenaikan elevasi dasar saluran pada model

matematik terjadi kenaikan tetapi pada model fisik tidak terjadi kenaikan elevasi. Dan untuk pola gerusan pada kedua model juga berbeda.

### 3. Tinjauan Potongan Hilir Pilar 1



**Gambar 5.21** Potongan III-III elevasi dasar saluran hilir pilar 1 pada setiap bentuk pilar jembatan



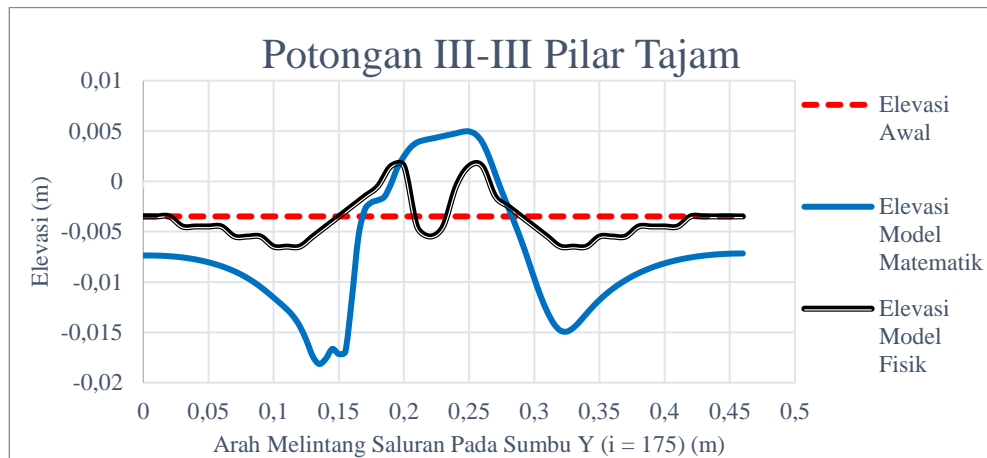
**Gambar 5.22** Grafik elevasi dasar saluran potongan III-III hilir pilar 1 jembatan bentuk tajam dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*



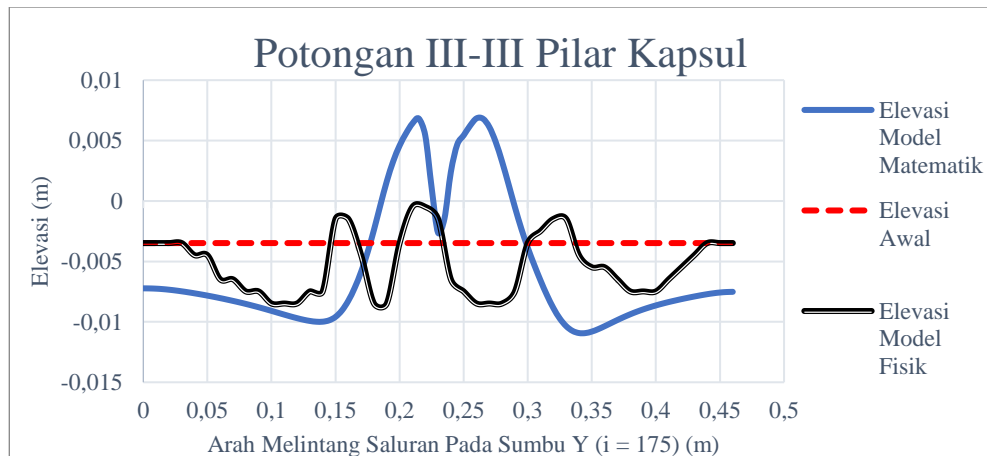
**Gambar 5.23** Grafik elevasi dasar saluran potongan III-III hilir pilar 1 jembatan bentuk kapsul dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

Potongan ini merupakan potongan melintang saluran pada grid  $i = 175$  untuk pilar jembatan bentuk tajam dan kapsul. Pada pilar jembatan bentuk tajam masih terjadi gerusan di sebelah kanan dan kiri pilar, penurunan elevasi dasar saluran paling tinggi didominasi di sebelah kanan pilar selain penurunan elevasi dasar saluran juga terjadi kenaikan elevasi dasar saluran yang terjadi di bagian tengah. Sedangkan untuk pilar jembatan bentuk kapsul juga terjadi penurunan elevasi dasar saluran di sebelah kanan dan kiri pilar dengan kedalaman gerusan yang hampir sama, selain itu juga terjadi kenaikan elevasi dasar saluran yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pilar jembatan bentuk tajam di bagian tengah saluran.

Pada gambar 5.24 dan gambar 5.25 terlihat grafik hasil penelitian model fisik dan matematik yaitu elevasi pada pilar tajam yang ditunjukkan pada gambar 5.24 dan pilar kapsul yang ditunjukkan pada gambar 5.25.



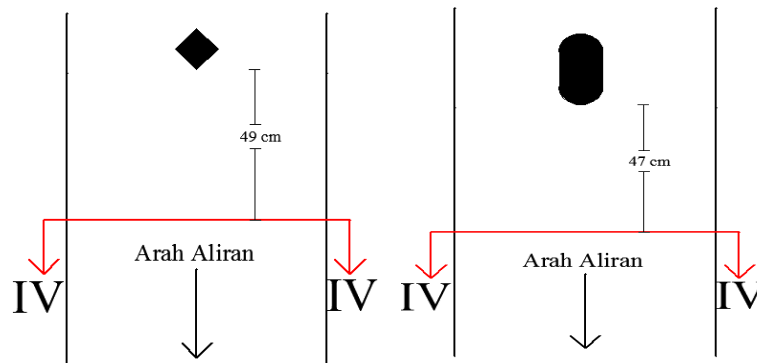
**Gambar 5.24** Grafik elevasi dasar saluran potongan III-III hilir pilar 1 jembatan bentuk tajam hasil penelitian model fisik dan matematik



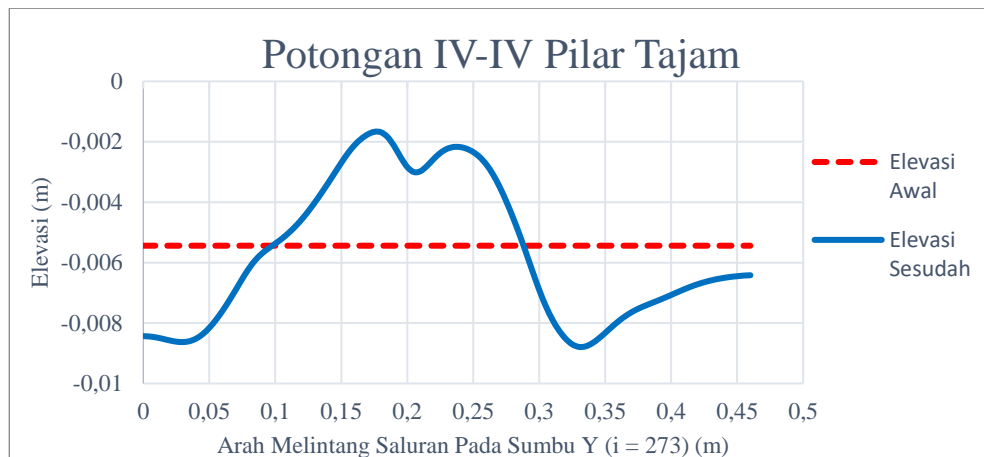
**Gambar 5.25** Grafik elevasi dasar saluran potongan III-III hilir pilar 1 jembatan bentuk kapsul hasil penelitian model fisik dan matematik

Dari hasil simulasi dengan *software iRIC: Nays2DH 1.0* yang dibandingkan dengan hasil pengujian model fisik di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah penurunan elevasi kedalaman gerusan pada model mempunyai perbedaan kedalaman sekitar 0,012 m untuk pilar bentuk tajam dan 0,002 m untuk pilar bentuk kapsul, sedangkan untuk kenaikan elevasi dasar saluran pada model pilar bentuk tajam sama terjadi kenaikan sekitar 0,003 m, untuk pilar bentuk kapsul terjadi perbedaan kenaikan elevasi dasar sebesar 0,007 m. Dan untuk pola gerusan pada kedua model juga berbeda.

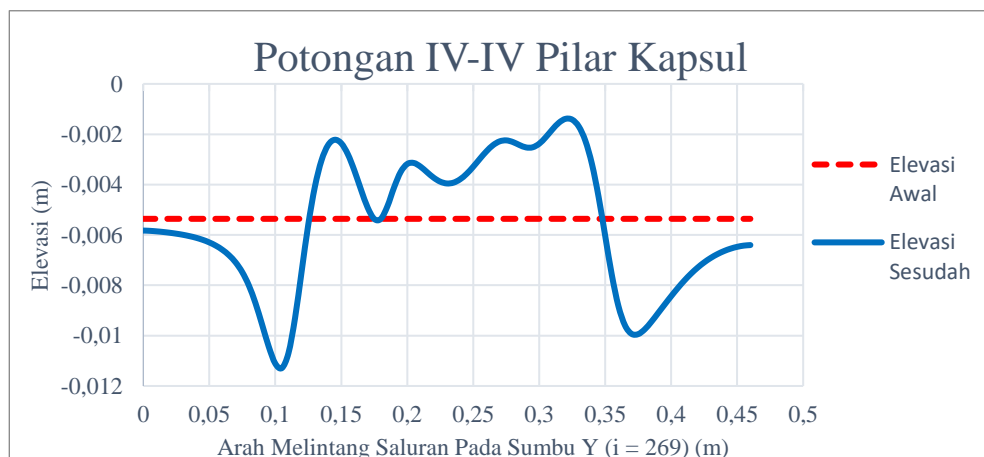
#### 4. Tinjauan Potongan Hilir Pilar 2



**Gambar 5.26** Potongan elevasi IV-IV dasar saluran hilir pilar 2 pada setiap bentuk pilar jembatan



**Gambar 5.27** Grafik elevasi dasar saluran potongan IV-IV hilir pilar 2 jembatan bentuk tajam dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

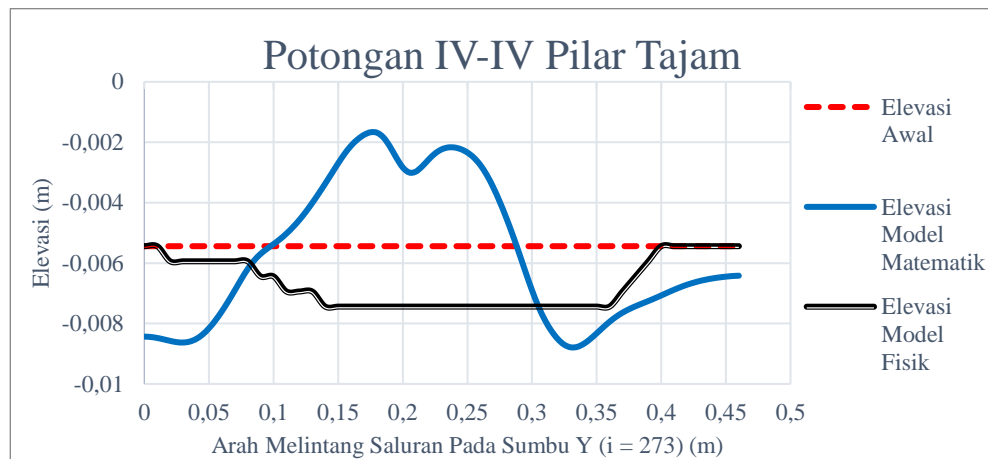


**Gambar 5.28** Grafik elevasi dasar saluran potongan IV-IV hilir pilar 2 jembatan bentuk kapsul dengan simulasi *software iRIC: Nays2DH 1.0*

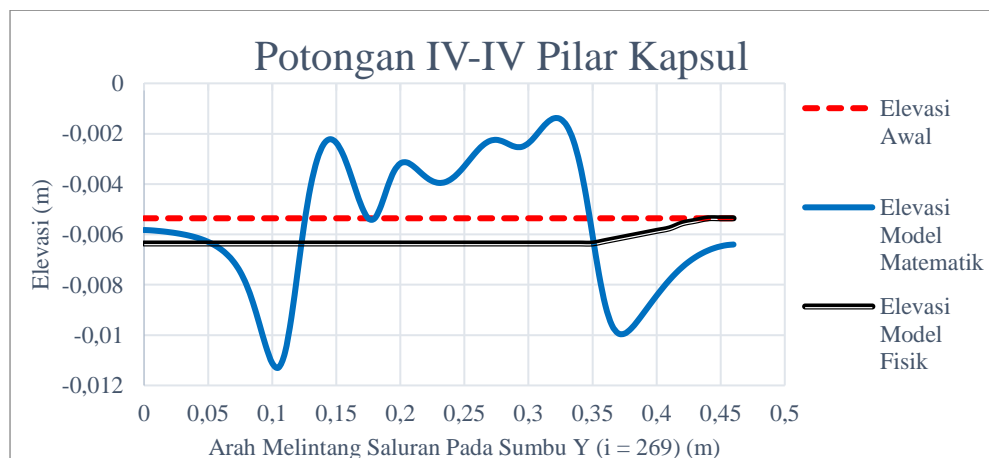


Potongan ini merupakan potongan melintang saluran pada grid  $i = 273$  untuk pilar jembatan bentuk tajam dan grid  $i = 269$  untuk pilar jembatan bentuk kapsul. Pada pilar jembatan bentuk tajam terjadi penurunan elevasi dasar saluran di bagian kiri dan kanan saluran dan penurunan elevasi tertinggi terjadi pada sisi kiri pilar. Untuk pilar jembatan bentuk kapsul terjadi penurunan elevasi dasar saluran yang didominasi di bagian kanan dan kiri saluran dan di bagian tengah saluran juga mengalami penurunan elevasi dasar saluran.

Pada gambar 5.29 dan gambar 5.30 terlihat grafik hasil penelitian model fisik dan matematik yaitu elevasi pada pilar tajam yang ditunjukkan pada gambar 5.29 dan pilar kapsul yang ditunjukkan pada gambar 5.30.



**Gambar 5.29** Grafik elevasi dasar saluran potongan IV-IV hilir pilar 2 jembatan bentuk tajam hasil penelitian model fisik dan matematik



**Gambar 5.30** Grafik elevasi dasar saluran potongan IV-IV hilir pilar 2 jembatan bentuk kapsul hasil penelitian model fisik dan matematik

Dari hasil simulasi dengan *software iRIC: Nays2DH 1.0* yang dibandingkan dengan hasil pengujian model fisik di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah penurunan elevasi kedalaman gerusan pada ke dua model relatif sama dengan mempunyai perbedaan kedalaman sekitar 0,001 m untuk pilar bentuk tajam dan 0,005 m untuk pilar bentuk kapsul, sedangkan untuk kenaikan elevasi dasar saluran pada model matematik terjadi kenaikan tetapi pada model fisik tidak terjadi kenaikan elevasi. Untuk pola gerusan pada kedua model juga berbeda.