

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

##### 4.1.1. Data Masukan Pada Model

Pada penelitian ini, data masukan pada model, baik model aliran maupun model sebaran polutan, merupakan data yang sudah melalui proses kalibrasi. Data-data input tersebut adalah :

##### a. Material dasar

Kondisi material dasar untuk model aliran ditentukan dengan spesifikasi tertentu sesuai dengan masukan pada model yaitu koefisien kekasaran dasar Manning,  $n$  dan Koefisien turbulensi,  $E$  (*Eddy viscosity*). Nilai koefisien Manning  $n$  dan koefisien turbulensi  $E$  ini diperoleh dari hasil kalibrasi simulasi model numeris aliran RMA2 dengan data sekunder hasil simulasi penelitian Yeo Hong Koo. Sesuai dengan acuan yang ada dan hasil kalibrasi model, diperoleh nilai-nilai seperti pada **Tabel 4.1** :

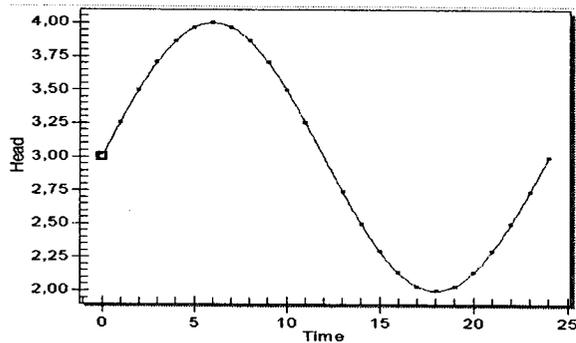
Tabel 4.1. Nilai parameter hitungan yang sudah dikalibrasi

No	Parameter	Material 1 <sup>*)</sup>	Material 2	Material 3
1	$n$	0,035	0,025	0,020
2	$E$ (m <sup>2</sup> /det)	1000	1000	500

<sup>\*)</sup> penetapan material 1, 2, 3 lihat Gambar 3.2

##### b. Kondisi Batas

Kondisi batas untuk model aliran RMA2 ditetapkan sebagai kondisi batas hulu dan kondisi batas hilir. Untuk kondisi batas hulu ditetapkan debit aliran yang merupakan debit aliran minimum sebesar 2,0; 3,0; dan 4,0 m<sup>3</sup>/det dan kondisi batas hilir model ditetapkan elevasi muka air (pasang surut) seperti **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1. Kondisi batas hilir model

Kondisi batas untuk model sebaran polutan (RMA4) di bagian hilir model diambil berat jenis air laut sebesar  $1,03 \text{ gr/cm}^3$  dan kondisi awalnya berupa berat jenis air tawar sebesar  $1,00 \text{ gr/cm}^3$ .

#### 4.1.2. Kalibrasi Model

Kalibrasi yang dilakukan terhadap model numeris aliran RMA2 dalam upaya mendapatkan nilai parameter input yang sesuai, sehingga hasil *running* model numeris RMA2 sesuai dengan hasil simulasi model fisik, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

Kalibrasi secara kualitatif dilakukan dengan mencocokkan fenomena pola aliran yang terjadi di sekitar krib antara model numeris dan model fisik. Pola aliran yang spesifik di sekitar krib adalah adanya pusaran air di antara krib yang dipasang. Sedangkan kalibrasi kuantitatif dilakukan dengan membandingkan nilai kecepatan yang terjadi pada model numeris dan model fisik dengan suatu besaran yang dinamakan *root-mean-square* (RMS). Nilai kecepatan yang dibandingkan diambil pada daerah diantara dua buah krib.

Hasil kalibrasi secara kualitatif dapat dilihat pada **Gambar 4.2**, sedangkan hasil kalibrasi kuantitatif dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. dan nilai penyimpangan antara kedua model ditunjukkan pada **Tabel 4.2**.



Tabel. 4.2. Nilai RMS antara model numeris RMA2 dengan data pengukuran Yeo

Posisi Pengukuran, y/B	Nilai U/Um		Error (RMS)
	Hasil Simulasi	Penelitian Yeo	
1	1,335	1,32	0,00024
0,95	1,410	1,38	0,00092
0,9	1,432	1,39	0,00173
0,85	1,453	1,42	0,00109
0,8	1,464	1,45	0,00019
0,75	1,485	1,47	0,00023
0,7	1,496	1,49	0,00003
0,65	1,496	1,5	0,00002
0,6	1,506	1,5	0,00004
0,55	1,538	1,53	0,00007
0,5	1,571	1,55	0,00042
0,45	1,581	1,57	0,00013
0,4	1,624	1,6	0,00057
0,35	1,560	1,56	0,00000
0,3	1,410	1,42	0,00009
0,25	1,207	1,2	0,00005
0,2	0,556	0,75	0,03781
0,15	0,244	0,3	0,00318
0,1	0,064	0,08	0,00025
0,05	-0,043	0,005	0,00228
0	-0,075	-0,005	0,00487
<b>RMS =</b>			<b>0,05081</b>
Nilai U/Um rata-rata =	1,158		
Nilai RMS dibandingkan nilai U/Um rata-rata =		<b>4,388 %</b>	<b>&lt; 5%</b>

#### 4.1.3. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Pola Arus dan kecepatan

Untuk dapat melihat pengaruh pemasangan krib terhadap masuknya air asin (intrusi) ke arah hulu muara sungai/saluran, maka harus dilihat dulu pengaruh pemasangan krib terhadap pola arus dan kecepatan di sekitar krib. Untuk itu, simulasi aliran yang terjadi di sekitar satu seri pemasangan krib dilakukan pada debit konstan dan adanya pengaruh elevasi pasang surut di bagian hilir saluran.

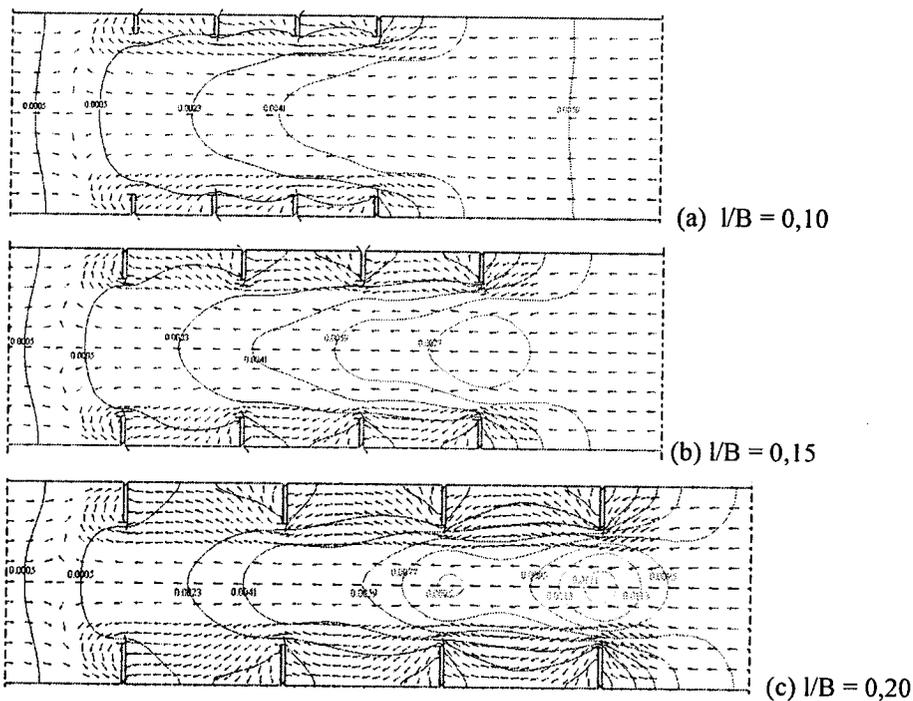
Pengaruh pemasangan krib terhadap pola arus akan dilihat hanya secara kualitatif saja berdasarkan pola kontur dan besaran vektor kecepatan. Pengaruh debit aliran minimum, dalam hal ini diubah menjadi bilangan tak berdimensi yaitu angka

Reynold Saluran ( $R_{e\ sal}$ ). Untuk debit  $2,0\ m^3/det$ ,  $R_{e\ sal} = 16.750$ ; debit  $3,0\ m^3/det$ ,  $R_{e\ sal} = 25.000$  dan debit  $4,0\ m^3/det$ ,  $R_{e\ sal} = 33.250$ .

**a. Pengaruh panjang krib terhadap pola arus**

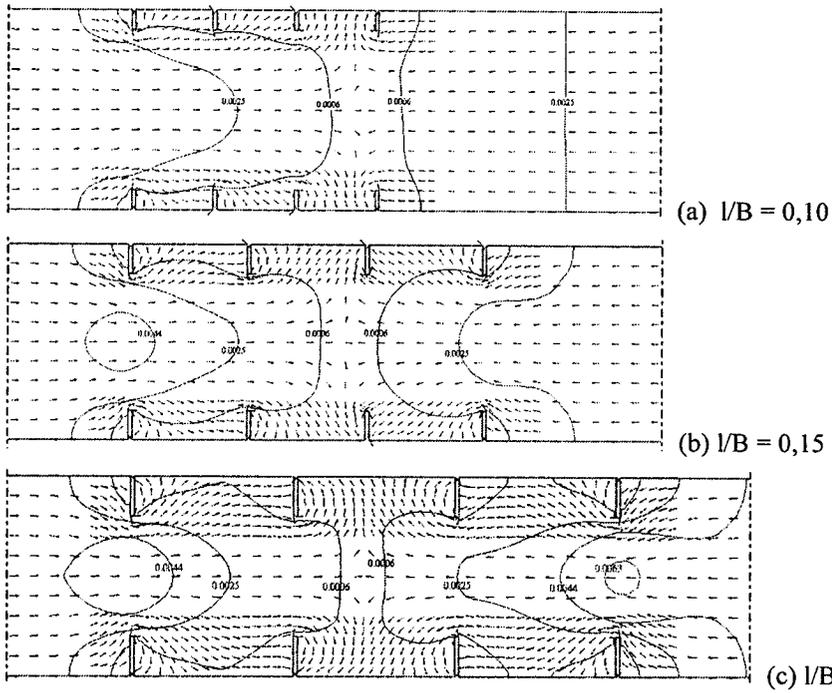
Hasil simulasi model terhadap pengaruh panjang krib terhadap pola arus di sekitar krib ditunjukkan dalam **Gambar 4.4** s.d. **Gambar 4.6**. Hasil simulasi yang ditunjukkan merupakan hasil simulasi pada kondisi jarak tetap yang dipilih ( $S=4l$ ) dan elevasi muka air saat kecepatan air pasang tinggi/besar yaitu pada waktu antara titik balik pasang dan titik balik surut atau pada waktu jam ke 24.

Untuk  $R_{e\ sal} = 16.750$



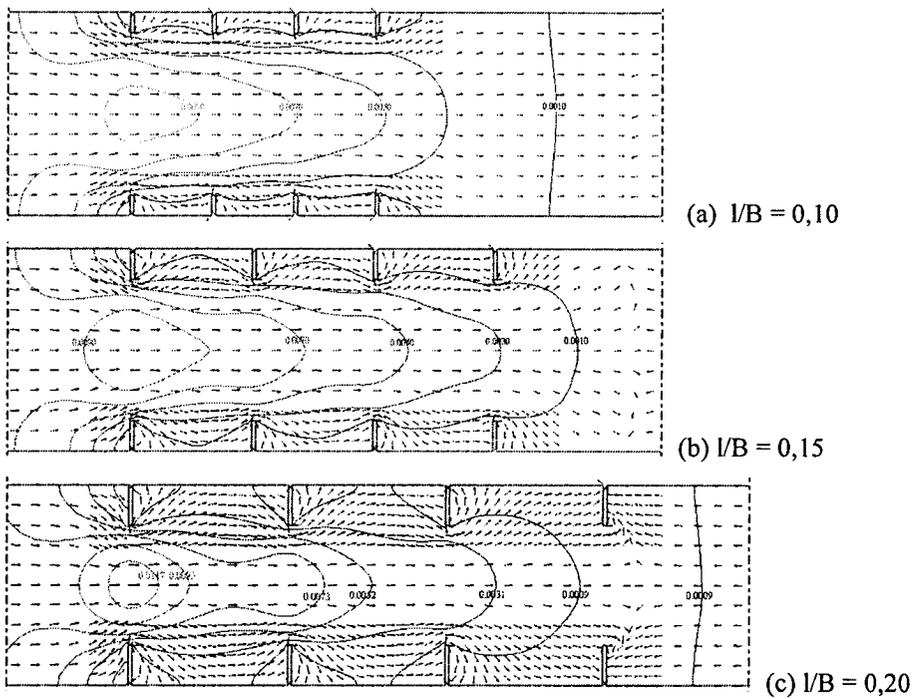
Gambar 4.4. Pola arus akibat pertambahan panjang krib pada  $R_{e\ sal} = 16.750$

Untuk  $Re_{sal} = 25.000$



Gambar 4.5. Pola arus akibat pertambahan panjang krib pada  $Re_{sal} = 25.000$

Untuk  $Re_{sal} = 33.250$

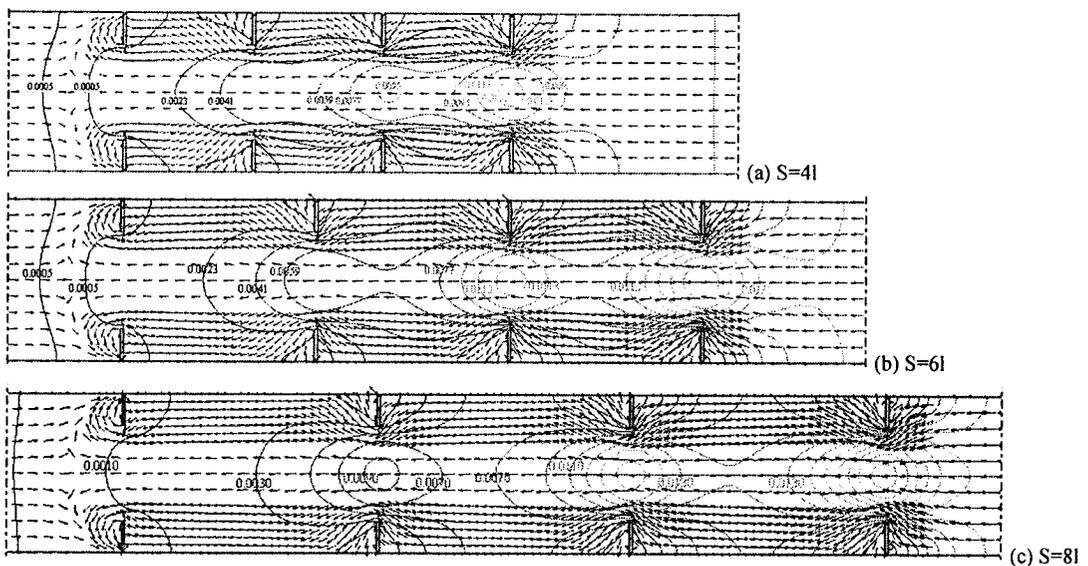


Gambar 4.6. Pola arus akibat pertambahan panjang krib pada  $Re_{sal} = 3.250$

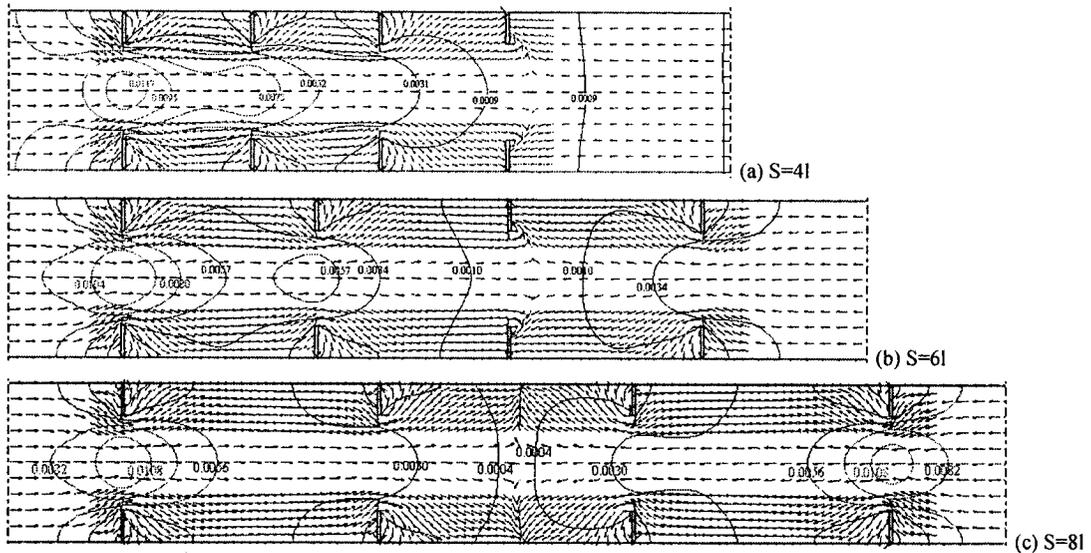
### b. Pengaruh jarak pemasangan krib terhadap pola arus

Hasil simulasi model terhadap pengaruh jarak pemasangan krib terhadap pola arus di sekitar krib ditunjukkan dalam **Gambar 4.7** s.d. **Gambar 4.9**. Hasil simulasi yang ditunjukkan merupakan hasil simulasi pada kondisi panjang sama/tetap yang dipilih ( $l/B=0,2$ ) dan elevasi muka air saat kecepatan air pasang tinggi/besar yaitu pada waktu antara titik balik pasang dan titik balik surut atau pada waktu jam ke 24.

Untuk  $R_{e\ sal} = 16.750$



Untuk  $R_{e\text{ sal}} = 33.250$



Gambar 4.9. Pola arus akibat perubahan jarak krib pada  $R_{e\text{ sal}} = 33.250$

#### 4.1.4. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Intrusi Air Asin

Dengan melihat gambar hasil vektor dan kontur pola arus yang terjadi di sekitar pemasangan krib, dapat diperkirakan perubahan kecepatan dan batas arah kecepatan aliran akibat debit dari hulu dan kecepatan akibat adanya pengaruh pasang surut. Dari gambar hasil pengaruh pemasangan krib terhadap pola arus, dapat diperkirakan bahwa batas perubahan arah kecepatan dari hulu dan dari hilir masih didominasi oleh besar kecilnya debit yang terjadi.

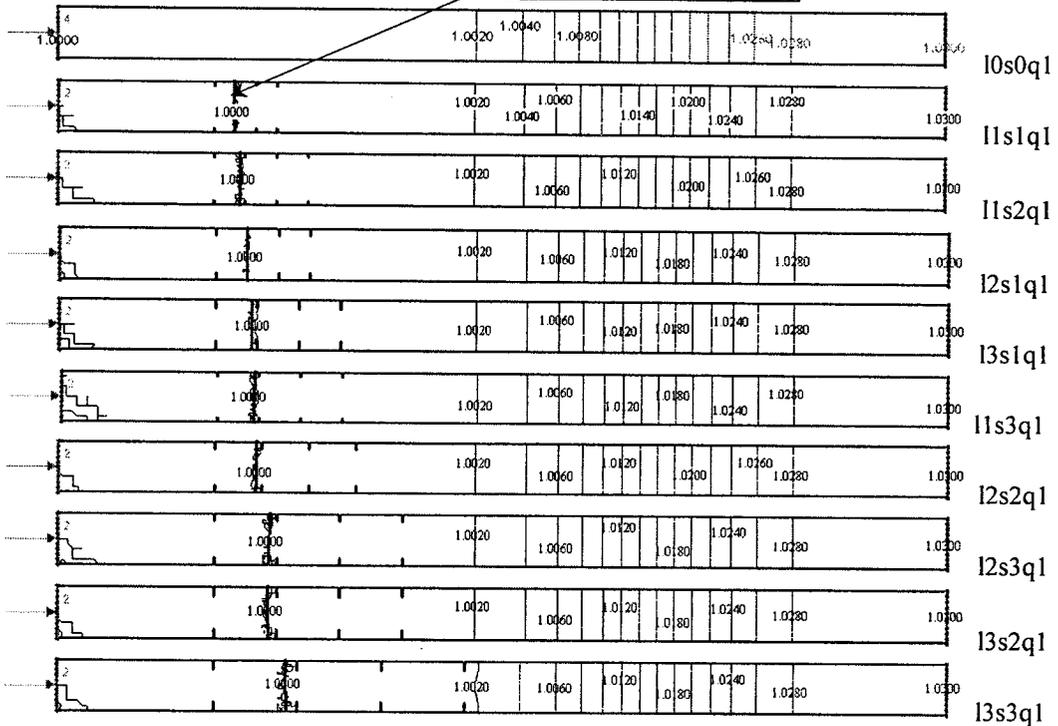
Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam menganalisa perubahan garis batas intrusi air asin (batas air payau) dikelompokkan menurut besaran debit yang disimulasi, atau dalam bentuk bilangan tak berdimensi Reynold saluran ( $R_{e\text{ sal}}$ ). Hasil simulasi pengaruh pemasangan krib terhadap intrusi air asin dalam upaya merubah batas air payau, dapat dilihat pada gambar-gambar berikut. Untuk mempermudah pembacaan gambar, maka perlu dijelaskan bahwa parameter  $l_1=l/B=0,10$ ;  $l_2=0,15$ ;

$l3=0,20$ ;  $s1=S=4l$ ;  $s2=6l$ ;  $s3=8l$  dan  $q1=R_{e\ sal}=16.750$ ;  $q2=25.000$ ;  $q3=33.250$ .

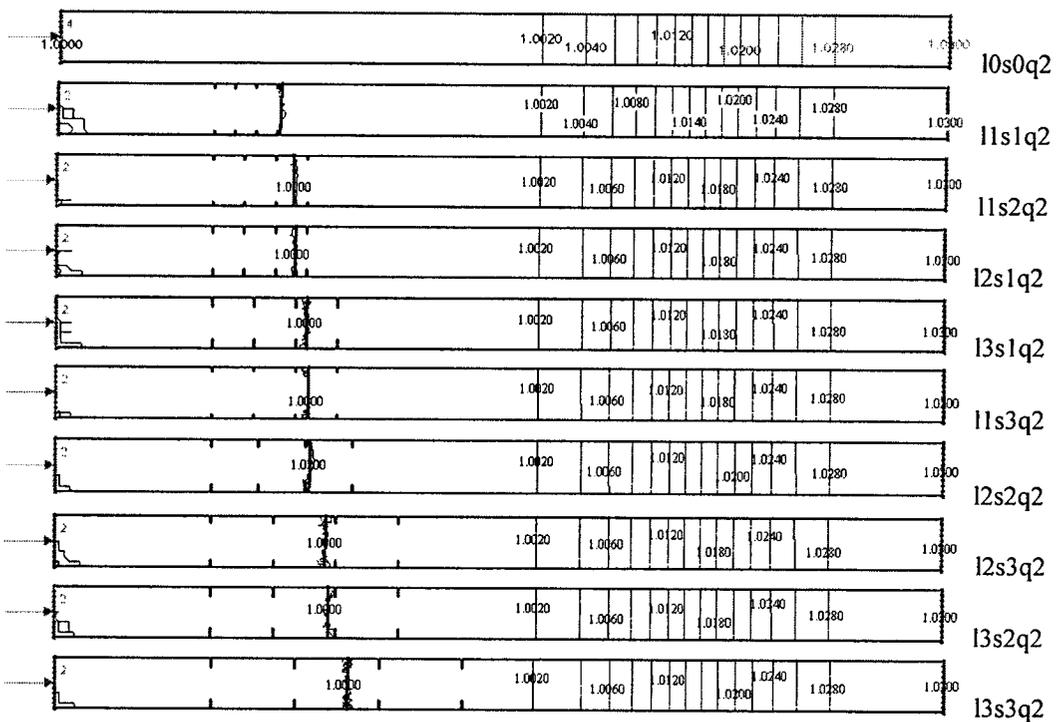
Contoh pemakaian :  $l2s2q3$  = simulasi model pada  $l/B=0,15$ ,  $S=6l$  dan  $R_{e\ sal}=33.250$ .

Hasil simulasi pada  $R_{e\ sal} = 16.750$ .

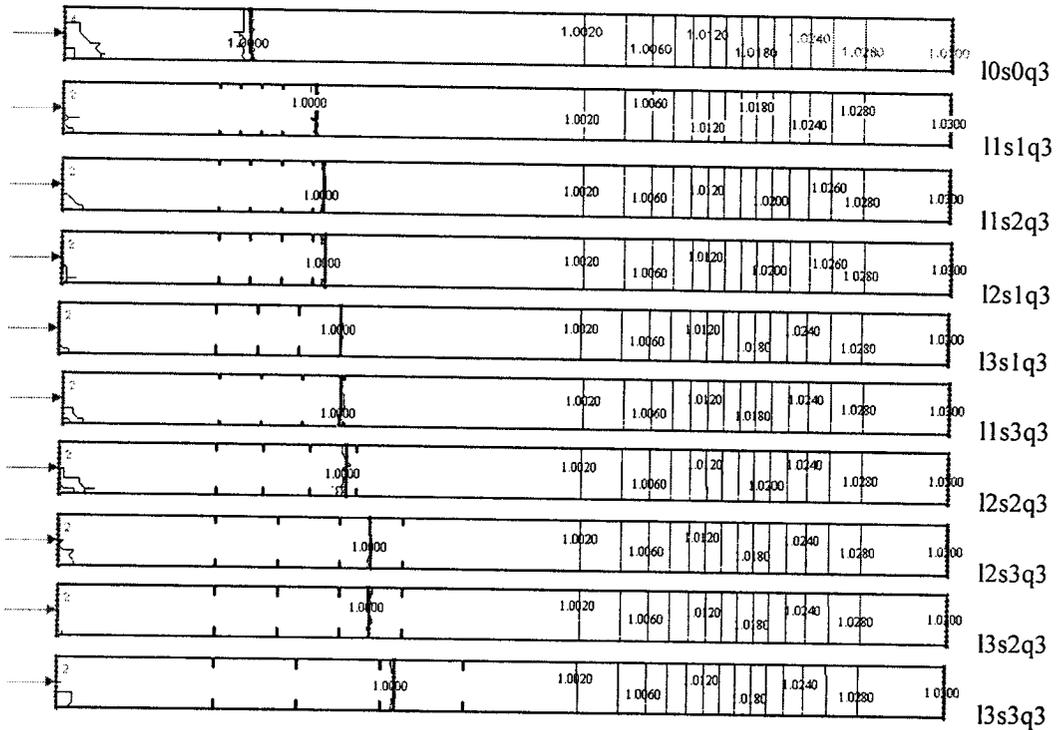
Batas Air Payau (BAP)



Hasil simulasi pada  $R_{e\ sal} = 25.000$



Hasil simulasi pada  $R_{e\ sal} = 33.250$



Dari hasil simulasi pengaruh krib terhadap intrusi air asin di atas, tampak bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara pemasangan satu seri bangunan krib terhadap pergeseran batas air asin atau batas air payau ke arah hilir/ muara saluran. Secara kuantitatif, pengaruh pemasangan satu seri bangunan krib terhadap intrusi air asin dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Penempatan bangunan krib dilakukan dengan pertimbangan bahwa awal/pangkal satu seri bangunan krib harus dipasang pada daerah dimana pada daerah tersebut terjadi pergeseran batas air payau. Dalam penelitian ini, pangkal satu seri bangunan krib diletakkan pada titik +300 m dari batas daerah hulu simulasi, sehingga batas payau yang terjadi minimal berjarak lebih besar terhadap batas hulu. Batas air payau dinotasikan dengan **BAP**, dan bilangan tak berdimensinya ditulis sebagai perbandingan batas air payau dengan jarak awal pemasangan ((BAP-JA)/JA). Efektifitas pemasangan krib terhadap pergeseran batas air payau (intrusi air asin

diukur dengan menentukan nilai terbesar dari nilai selisih batas air payau dengan jarak awal pemasangan dibagi dengan jarak total pemasangan satu seri krib;  $(BAP-JA)/3S$ .

Tabel 4.3. Pengaruh Pemasangan satu seri Krib terhadap intrusi air asin

No	Re sal	Simulasi	BAP (m)	Jarak awal JA (m)	(BAP-JA) /JA	I (m)	S (m)	(BAP-JA) /3S
1	16.750	l0s0q1	0	0	0	0	0	0
2	16.750	l1s1q1	340	300	0,133	10	40	0,333
3	16.750	l1s2q1	350	300	0,167	10	60	0,278
4	16.750	l2s1q1	360	300	0,200	15	60	0,333
5	16.750	l3s1q1	365	300	0,217	20	80	0,271
6	16.750	l1s3q1	370	300	0,233	10	80	0,292
7	16.750	l2s2q1	380	300	0,267	15	90	0,296
8	16.750	l2s3q1	405	300	0,350	15	120	0,292
9	16.750	l3s2q1	405	300	0,350	20	120	0,292
10	16.750	l3s3q1	440	300	0,467	20	160	0,292
11	25.000	l0s0q2	0	0	0	0	0	0
12	25.000	l1s1q2	425	300	0,417	10	40	1,042
13	25.000	l1s2q2	460	300	0,533	10	60	0,889
14	25.000	l2s1q2	460	300	0,533	15	60	0,889
15	25.000	l3s1q2	480	300	0,600	20	80	0,750
16	25.000	l1s3q2	485	300	0,617	10	80	0,771
17	25.000	l2s2q2	490	300	0,633	15	90	0,704
18	25.000	l2s3q2	520	300	0,733	15	120	0,611
19	25.000	l3s2q2	520	300	0,733	20	120	0,611
20	25.000	l3s3q2	560	300	0,867	20	160	0,542
21	33.250	l0s0q3	355	0	0,0	0	0	0
22	33.250	l1s1q3	485	300	0,617	10	40	1,542
23	33.250	l1s2q3	500	300	0,667	10	60	1,111
24	33.250	l2s1q3	505	300	0,683	15	60	1,139
25	33.250	l3s1q3	535	300	0,783	20	80	0,979
26	33.250	l1s3q3	540	300	0,800	10	80	1,000
27	33.250	l2s2q3	550	300	0,833	15	90	0,926
28	33.250	l2s3q3	600	300	1,000	15	120	0,833
29	33.250	l3s2q3	600	300	1,000	20	120	0,833
30	33.250	l3s3q3	650	300	1,167	20	160	0,729

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Kalibrasi Model

Dalam menentukan parameter input seperti tertera dalam Tabel 4.1 yang merupakan nilai penting dalam simulasi aliran RMA2 dilakukan melalui proses kalibrasi baik kalibrasi secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

Kalibrasi secara kualitatif dilakukan dengan melihat kecenderungan pola arus yang terjadi di antara dua buah krib hasil simulasi model numeris dan hasil pengukuran pada model fisik. Data hasil pengukuran pada model fisik, dalam penelitian ini, menggunakan data sekunder yang merupakan hasil penelitian peneliti senior dari Korea (Yeo Hong Koo, 2006). Secara kualitatif, sesuai dengan Gambar 4.2, menunjukkan bahwa hasil simulasi antara model numeris dan data pengukuran telah memiliki kesesuaian secara visual. Kesesuaian hasil simulasi kedua model terlihat dari pusaran arus di antara dua buah krib (vektor pada simulasi numeris dan bayangan gabus pada simulasi fisik). Terlihat bahwa pusat pusaran pada aliran kedua model terletak pada daerah yang sama dan memiliki dimensi pusaran arus yang sama.

Kalibrasi secara kuantitatif terhadap nilai parameter input yang akan digunakan dalam simulasi RMA2 menggunakan suatu ukuran tertentu untuk membandingkan hasil simulasi model numeris dan hasil pengukuran pada model fisik. Dalam penelitian ini digunakan suatu ukuran yang dinamakan RMS (*root-mean-square*). Nilai simpangan RMS dilakukan terhadap data kecepatan hasil simulasi model numeris dan simulasi model fisik. Semakin kecil nilai simpangan RMS ini, maka hasil simulasi model numeris memiliki tingkat kesesuaian yang semakin baik dengan hasil simulasi model fisik.

Hasil kalibrasi kuantitatif yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3**, menunjukkan bahwa kecepatan yang terjadi pada simulasi aliran model numeris memiliki tingkat kesesuaian yang memadai dengan kecepatan yang terjadi pada simulasi model fisik Yeo Hong Koo. Secara kuantitas, nilai kecepatan di daerah krib ( $U$ ) dibandingkan dengan nilai kecepatan awal ( $U_m$ ) atau nilai  $U/U_m$  pada kedua model ditentukan, kemudian dicari nilai simpangannya dengan menggunakan RMS. Dari **Tabel 4.2**, nilai RMS  $U/U_m$  antara kedua model diperoleh sebesar 0,05081 dan bila nilai RMS ini dibandingkan dengan nilai  $U/U_m$  rerata menghasilkan nilai 4,388%. Artinya nilai penyimpangan RMS antara simulasi model numeris RMA2 dengan simulasi aliran pada model fisik cukup kecil (tidak lebih dari 5%), sehingga secara kuantitatif hasil simulasi kedua model memiliki kesesuaian yang memadai.

#### **4.2.2. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Pola Arus dan Kecepatan**

Hasil simulasi pengaruh variasi pemasangan panjang krib terhadap pola arus dan kecepatan pada Gambar 4.4 s.d Gambar 4.6. menunjukkan bahwa pola aliran yang terjadi memiliki pola yang hampir sama terutama pada  $Re$  saluran yang sama. Yang berbeda adalah besar kecepatan di lintasan arus maksimum, dimana pada  $Re$  saluran yang sama, semakin panjang krib maka kecepatannya semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena semakin panjang krib maka penampang basah saluran antara krib semakin kecil sehingga  $V/A$  semakin besar.

Pada  $Re$  saluran yang sama, terdapat separasi (pemisahan) aliran antara vektor kecepatan dari hulu akibat debit dengan vektor kecepatan dari hilir akibat pasang surut. Terlihat pada  $Re$  saluran yang kecil ( $Re_{sal} = 16.750$ ), separasi aliran terjadi sebelum memasuki daerah pemasangan krib, sedangkan pada  $Re$  saluran yang lebih besar ( $Re_{sal} = 33.250$ ), separasi aliran terjadi di hilir daerah krib. Hal ini dapat

terjadi karena kecepatan akibat debit lebih kecil dibandingkan kecepatan akibat arus pasang surut. Semakin besar debit yang disimulasi, maka kecepatannya akan mampu mendorong kecepatan akibat pasang ke arah hilir.

Hasil simulasi pengaruh jarak pemasangan krib terhadap pola arus dan kecepatan memiliki trend yang hampir sama, di mana pada  $Re$  saluran yang sama, terdapat separasi aliran di daerah yang sama (sama dengan di daerah pengaruh panjang krib). Semakin panjang jarak krib, maka kecepatan pada daerah paling hilir yang paling besar. Hal ini terjadi karena debit yang disimulasi menghasilkan kecepatan yang lebih kecil dari kecepatan akibat arus pasang surut, sehingga daerah separasi aliran terjadi di tengah-tengah daerah krib dan daerah paling hilir dilewati debit dari arus pasang surut.

#### **4.2.3. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Intrusi Air Asin**

Hasil simulasi pengaruh pemasangan krib terhadap intrusi air asin menunjukkan bahwa pergeseran batas air payau (BAP) lebih dipengaruhi oleh jarak pemasangan krib dibandingkan oleh pengaruh pemasangan panjang krib. Hal ini terlihat dari simulasi perubahan panjang dari simulasi l2s3q1 dengan l3s2q1 memiliki BAP yang sama. Berbeda dengan pengaruh pemasangan jarak krib terhadap intrusi air asin memberikan nilai BAP yang signifikan.

Simulasi aliran dengan  $Re$  saluran yang lebih kecil menghasilkan batas air payau (BAP) yang lebih pendek (lebih dekat ke hulu) dibandingkan simulasi aliran dengan  $Re$  saluran lebih besar. Hal ini berkaitan dengan separasi aliran yang terjadi, di mana pada  $Re$  saluran yang kecil separasi aliran lebih dekat ke hulu dibandingkan separasi aliran yang terjadi pada simulasi aliran dengan  $Re$  saluran yang lebih besar.

Dari hasil simulasi pada Gambar dan **Tabel 4.3**, menunjukkan bahwa kinerja krib dalam mereduksi intrusi air asin cukup baik dan menghasilkan pergeseran batas air payau yang signifikan bila dibandingkan dengan simulasi di saluran tanpa adanya krib. Bila parameter ukurnya adalah jarak pergeseran batas air payau (BAP) dari letak awal pemasangan krib  $((BAP-JA)/JA)$ , maka konfigurasi pemasangan krib yang paling baik adalah  $l/B = 0,20$ ;  $S = 8l$  dan dipasang tegak lurus arus. Bila parameter ukurnya adalah efektifitas pemasangan krib dimana perbandingan jarak batas air payau (BAP) dengan total panjang satu seri pemasangan krib paling besar, maka konfigurasi pemasangan krib yang paling baik adalah  $l/B = 0,10$ ;  $S = 4l$  dan krib dipasang tegak lurus arus.