

SIMULASI REKAYASA ALUR SUNGAI DENGAN KRIB UNTUK MEREDUKSI INTRUSI AIR ASIN DI SUNGAI YANG DIPENGARUHI PASANG SURUT

Bambang Sujatmoko

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Panam Pekanbaru 28293
Email : b_sujatmoko@yahoo.com atau bsujatmoko@unri.ac.id

ABSTRAK

Air payau yang masuk jauh ke daerah hulu sungai pada saat musim kemarau dapat direduksi (didorong ke arah laut) dengan jalan memperbesar kecepatan arus dari hulu pada saat debit kecil sehingga mampu mendorong arus yang berasal dari laut akibat pasang. Untuk itu dilakukan rekayasa sungai di daerah muara dengan membangun satu seri rangkaian bangunan krib dengan konfigurasi tertentu (panjang krib, jarak antar krib dan arah pemasangan krib terhadap arah arus) dan lokasi tertentu.

Untuk melihat pengaruh krib terhadap intrusi air asin dilakukan dengan simulasi matematis aliran dua dimensi model RMA2 dan simulasi penyebaran polutan model RMA4. Kalibrasi model matematis RMA2 dilakukan dengan menentukan nilai penyimpangan RMS (*root-men-square*) antara U/Um model numeris dan U/Um model matematik. Data pengukuran kalibrasi model menggunakan data penelitian Yeo Hong Koo (2006). Konfigurasi krib yang disimulasi adalah 3 variasi panjang (l), 3 variasi jarak pemasangan (S) dan 3 variasi debit minimum.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model RMA2 yang digunakan cukup handal untuk mensimulasi aliran di daerah pasang surut, dimana rasio antara RMS U/Um kedua model dengan rerata U/Um yang dihasilkan < 5%. 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. Kinerja krib dalam mereduksi intrusi air asin cukup baik dan menghasilkan pergeseran BAP yang signifikan. Bila parameter ukurnya adalah jarak pergeseran BAP dari letak awal pemasangan krib, maka konfigurasi pemasangan krib yang paling baik adalah $l/B = 0,20$; $S = 8l$ dan dipasang tegak lurus arus.

Kata Kunci : *intrusi air asin, model matematis, konfigurasi krib, kalibrasi model*

PENDAHULUAN

Air payau yang masuk semakin jauh ke arah hulu sungai pada saat musim kemarau merupakan fenomena hidrolika aliran, dimana kecepatan aliran dari arah laut jauh lebih besar dibanding kecepatan aliran dari hulu sungai. Hipotesa awal, kondisi ini bisa diatasi dengan melakukan rekayasa sungai di daerah muara sungai terutama di lokasi yang terkena intrusi air asin dengan

memperbesar kecepatan dari hulu sungai di lokasi intrusi (pada kondisi debit tetap) sehingga dapat mendorong laju masuknya intrusi air asin ke arah hulu. Rekayasa sungai yang dimaksudkan adalah membangun satu seri rangkaian konstruksi krib di pinggir sungai pada lokasi yang terkena intrusi.

Besarnya kecepatan yang akan melewati satu seri rangkaian bangunan krib

dipengaruhi oleh formasi pemasangan rangkaian krib (Sujatmoko (2002); Dumadi (1997)). Formasi tersebut dapat meliputi : panjang krib, jarak antara bangunan krib, dan arah pemasangan bangunan krib terhadap arah aliran (Przedwojski, 1995). Formasi tertentu akan memberikan besaran kecepatan tertentu, sehingga dibutuhkan suatu penelitian terhadap formasi yang memberikan dampak optimal terhadap reduksi masuknya air asin (intrusi) ke muara sungai.

Penelitian dampak yang akan ditimbulkan oleh pemasangan serangkaian formasi krib ini terhadap intrusi air asin bila dilakukan langsung di lapangan (di muara sungai) disamping akan membutuhkan biaya yang besar juga mengandung resiko yang besar pula, terutama pada saat pengumpulan data di muara. Berdasarkan alasan ini, maka fenomena aliran yang diakibatkan oleh formasi bangunan krib termasuk fenomena air asin (polutan cair) akan disimulasi menggunakan software

SMS (*Surface Water Modelling System*) menggunakan modul RMA-2 (hidrodinamika aliran 2-DH) dan modul RMA-4 (dinamika polutan 2-DH). Karakteristik saluran meliputi panjang saluran, lebar saluran, kedalaman aliran, kondisi material dasar saluran, muara sungai, dan juga bangunan krib ditentukan secara hipotetik.

Model Matematis Aliran Dua Dimensi (RMA2). Salah satu modul perangkat lunak BOSS SMS (*Surface water Modeling System*) yaitu RMA2 versi 4.35, merupakan model numeris untuk menghitung proses hidrodinamika aliran dua dimensi pada rerata kedalaman (*depth average*). Perangkat lunak SMS merupakan *post* dan *pre-processing unit*, sedangkan RMA2 merupakan *running execution program* (Boss SMS, 1995). Persamaan kontinuitas dan momentum arah sumbu x dan y untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman dapat dituliskan sebagai berikut (Boss SMS, 1995):

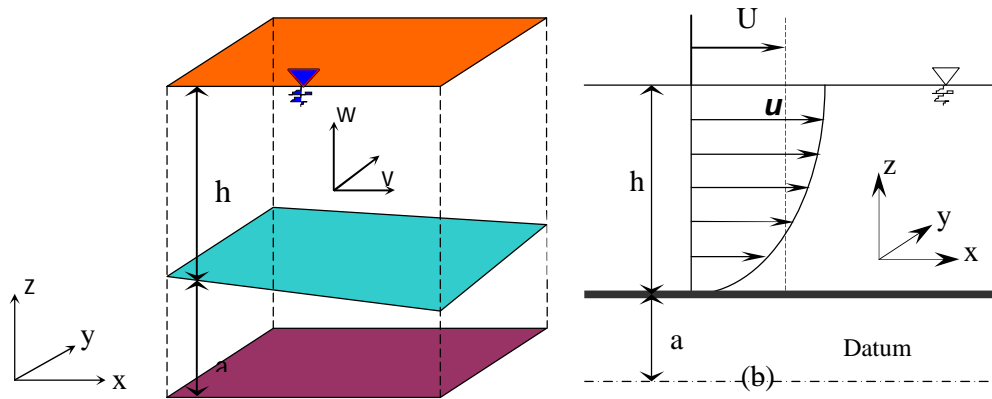
$$\begin{aligned}
 & h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) \\
 & + \frac{gun^2}{\left(1.486h^{1/6} \right)^2} \left(u^2 + v^2 \right)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2h\omega v \sin \phi = 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{\left(1.486h^{1/6} \right)^2} \left(u^2 + v^2 \right)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi + 2h\omega v \sin \phi = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

dengan : (Sistem koordinat dan variabel yang dipakai lihat **Gambar 1.**); h = kedalaman, u, v = kecepatan pada arah sumbu x dan y ; x, y, t = koordinat *cartesian* dan waktu, ρ = rapat massa zat cair, dan g = percepatan gravitasi, E = koefisien *Eddy Viscositas*, untuk xx adalah arah normal pada sumbu x , untuk yy adalah arah

normal pada sumbu y , untuk xy dan yx adalah arah *shear* pada tiap-tiap permukaan, a = elevasi dasar, n = nilai kekasaran *Manning*, 1.486 = konversi dari *unit metric* ke *English unit*, ζ = koefisien gesekan angin, V_a, ψ = kecepatan angin dan arah angin ω, ϕ = tingkat rotasi angular bumi, dan *latitude* lokal.



Gambar 1. Sistem koordinat dan variabel yang dipakai (a) dan kecepatan rata-rata kedalaman pada arah sumbu x (b).

Diskritisasi Model. RMA2 *software* menggunakan metode elemen hingga Galerkin dalam menyelesaikan sistem pembentuk persamaan differensial, yang diawali dengan prosedur diskritisasi, yaitu membagi daerah penyelesaian (domain

komputasi) menjadi sejumlah sub-sub domain yang lebih kecil, yang dinamakan elemen. Pada penelitian ini, diskritisasi model menggunakan elemen gabungan segitiga 6 simpul (*six-node triangles*) dan segiempat 8 simpul (*eight-node*

quadrilateral). Penyiapan data input kondisi batas (*boundary condition*), input parameter aliran dan polutan, dan diskretisasi model dilakukan secara interaktif menggunakan fasilitas yang telah disediakan *BOSS SMS software*.

Model Matematis Penyebaran Polutan (RMA4). Model matematik yang digunakan untuk kajian model penyebaran angkutan polutan dalam RMA4 (**Resource Management Associates**) dari *Waterways Experiment Station*. RMA4 merupakan

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + u \frac{\partial hC}{\partial x} + v \frac{\partial hC}{\partial y} = -S + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + khC = 0 \quad (4)$$

dengan : h = kedalaman air; u, v = kecepatan horizontal arah x dan y ; C = konsentrasi polutan; D_x, D_y = koefisien difusi turbulen arah x dan y; S = *local source* atau *sink* polutan; k = laju pertambahan polutan. Koefisien turbulensi $D_x = D_y$ secara fisis dapat didekati berdasarkan rumus berikut :

$$D = 5,93hu_* \quad (5)$$

Angka tersebut tidak selalu dapat dipakai untuk pedoman hitungan dengan model numeris karena begitu rumitnya mekanisme turbulensi dan pengaruh adanya difusi numeris. Dalam praktek, koefisien difusi turbulen diperoleh dalam proses kalibrasi model. Jika tidak dapat dilakukan kalibrasi untuk persamaan angkutan polutan dapat digunakan persamaan tersebut atau menggunakan

model angkutan polutan yang merupakan salah satu modul SMS. Untuk menjalankannya menggunakan solusi hidrodinamik dari RMA2 untuk mendefinisikan medan kecepatan aliran. RMA4 merupakan suatu model migrasi dan dissipasi dari angkutan polutan.

Model Numeris RMA4. Distribusi angkutan polutan dua dimensi dikontrol oleh mekanisme *konveksi-difusi* yang diformulasikan sebagai berikut:

angka koefisien difusi turbulen polutan yang terkalibrasi di daerah terdekat atau dengan karakter aliran yang hampir sama.

Bangunan Krib. Rekayasa alur sungai dengan membangun satu seri bangunan krib di daerah muara sungai akan mempengaruhi penyebaran polutan, baik polutan padat maupun polutan cair (termasuk air asin). Dalam menentukan dimensi krib, yaitu menyangkut penentuan panjang krib, jarak antara krib, arah krib terhadap alur sungai, jumlah banjar dalam satu sistem rangkaian krib, serta elevasi puncak dan sebagainya, terdapat berbagai metode yang hampir semuanya bersifat empiris. Panjang krib tergantung pada bentuk geometri sungai yang diharapkan akan terjadi, dan tidak ada rumusan yang pasti untuk menetapkannya, tapi ada

indikasi bahwa perencanaan panjang krib tergantung pada besar kecilnya tingkat pengaruh yang diinginkan terhadap pola arus dan kecepatan aliran di alur utama sungai. Krib kedap air dapat menyebabkan pusaran di sekitar krib dan aliran akan terkonsentrasi di alur utama sungai, hanya jika jarak krib tidak terlalu besar. Jarak maksimum krib yang mungkin, L , dengan adanya pusaran di antara krib, diambil lebih kecil dari $C^2h/2g$ (dengan C =koefisien Chezy; h =kedalaman aliran). Nakel (1970) dan Press (1956) (dalam **Laksni, 1993**) menyatakan bahwa jarak maksimal dua buah krib antara 1 - 2 kali lebar sungai, sedang pada sungai sempit menjadi 0,5 - 1 kali lebar sungai.

METODE DAN BAHAN

Bahan Penelitian. Untuk kebutuhan pemodelan, dibutuhkan parameter saluran, yang merupakan sungai buatan / rekayasa hipotetik yang dapat menggambarkan fenomena hidrolika aliran sungai serta geometrik elevasi dasar saluran. Kondisi batas hulu dan kondisi batas hilir pemodelan berupa data hidrograf debit dan elevasi muka air laut. Karena keterbatasan peralatan yang tersedia di Laboratorium FT UNRI, sebagian besar bahan penelitian ini akan menggunakan data sekunder yang sudah terverifikasi terutama data parameter aliran dan parameter saluran, yang diambil dari

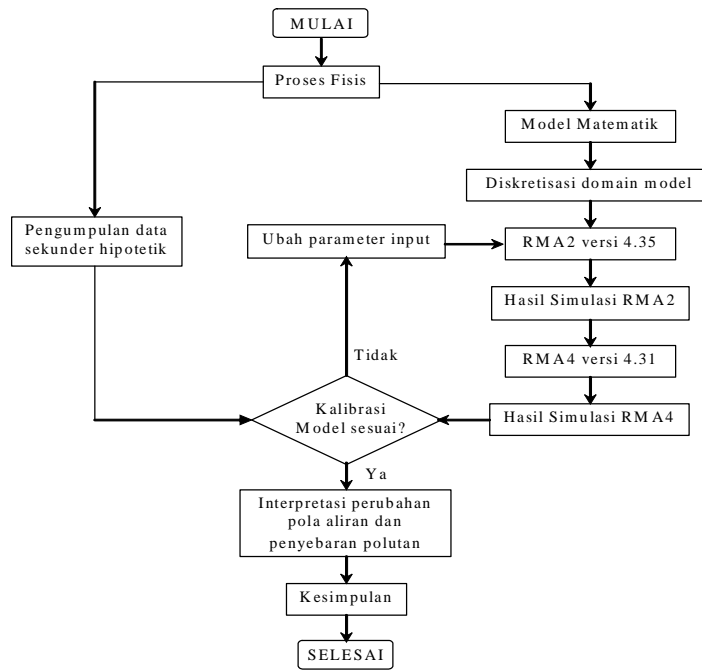
penelitian **Hong Koo, Yen (2006)** dan Tesis **Dumadi, 1997**. Kondisi debit dan elevasi muka air laut disimulasikan sesuai kebutuhan penelitian. Data input untuk simulasi polutan (air asin) berupa kondisi batas polutan diambil sama dengan berat jenis air asin yaitu $1,03 \text{ gr/cm}^3$, kondisi awal polutan diambil sama dengan berat jenis air tawar (fresh water) yaitu $1,00 \text{ gr/cm}^3$ dan parameter lain yaitu koefisien difusi dalam satuan m^2/det .

Peralatan yang digunakan. Untuk simulasi aliran dan polutan menggunakan *Software* produk BOSS International yang dikenal dengan nama *Surface water Modeling System (SMS)*. Penelitian ini ditujukan pada perubahan fenomena penyebaran polutan ke arah dua dimensi horizontal atau arah melebar saluran (2-DH), sehingga diperlukan 2 macam program eksekusi yakni untuk simulasi hidrodinamika aliran 2D horizontal digunakan RMA2 versi 4.35 dan untuk simulasi penyebaran polutan cair (air asin) digunakan RMA4 versi 4.31.

Langkah/Tahapan Penelitian. Secara skematis, langkah penelitian memperkirakan perubahan pola aliran dan perubahan bentuk dasar dengan menggunakan model matematik dua dimensi rerata kedalaman (*depth average*) atau dua dimensi horizontal (2-DH) dapat dilihat dalam **Gambar 2**.

Proses pemodelan secara fisik dan matematis, didahului dengan suatu proses fisis. Dari proses fisis tersebut dilakukan pendekatan dengan suatu formula matematis, yang selanjutnya dibuat diskritisasi domain model. Domain model adalah daerah model yang akan disimulasi. Domain model berada pada daerah muara sungai yang di bagian pinggir sungai pada kedua sisinya dipasang bangunan krib saling berhadapan dengan formasi yang sudah diatur. Pengaturan formasi bangunan krib pada domain model dilakukan dengan 9

alternatif (3 formasi panjang krib, 3 formasi jarak antara krib, dan arah pemasangan krib tegak lurus terhadap arah arus (lihat **Gambar 3**). Panjang krib dibuat 3 alternatif dengan variasi panjang per satuan lebar saluran (l/B) = 0,10; 0,15 ; dan 0,20. Jarak krib (S) dibuat dengan 3 variasi yang merupakan variabel panjang krib (l) yaitu $S=4l$, $S=6l$ dan $S=8l$. Lebar saluran dibuat tetap sebesar 100 m. Besaran debit yang disimulasikan adalah debit kecil dan dalam penelitian ini debit yang disimulasikan sebesar 2,0; 3,0 dan 4,0 m³/det.



Gambar 2. Prosedur penelitian.

Dengan siapnya diskritisasi domain model, maka data input kondisi batas, parameter aliran, karakteristik polutan dan parameter numeris dapat dimasukkan,

proses ini sering disebut dengan *pre processing unit*. Selanjutnya program komputasi RMA2 dapat disimulasikan, dan hasil dari simulasi tersebut sebagai

data input hidrodinamik pada program RMA4.

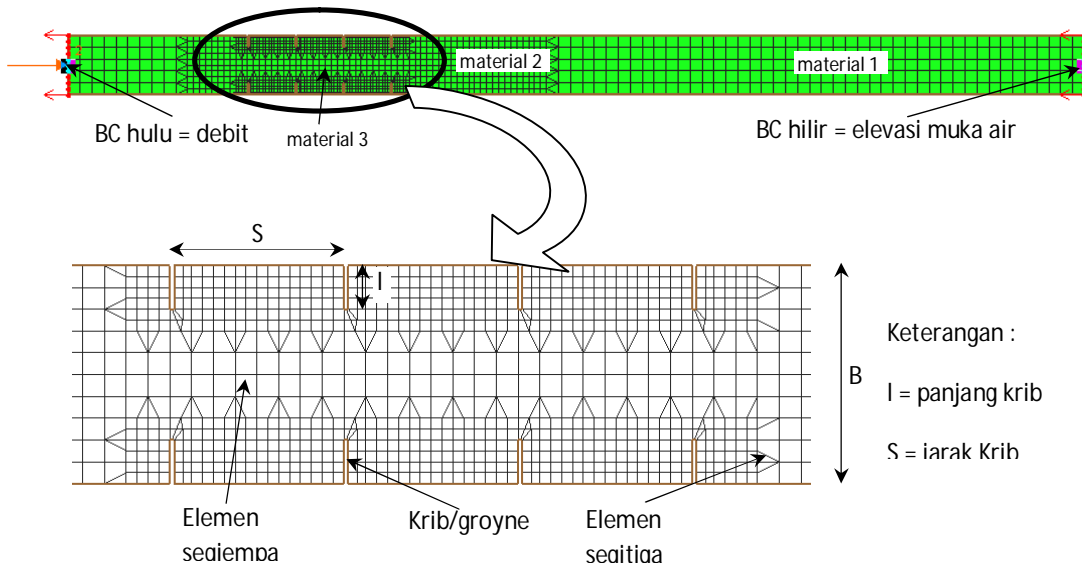
Simulasi Model Matematis. Proses penyiapan data input (*pre processing unit*) pada model matematis adalah berupa diskritisasi domain model, pengisian kondisi batas hulu berupa nilai debit, kondisi batas hilir berupa fluktuasi elevasi muka air, parameter aliran dan numeris, serta data input karakteristik polutan. Simulasi model numeris RMA4 bisa dilakukan, bila sudah ada hitungan hidrodinamika yang berasal dari hasil simulasi RMA2 (*file_hyd.sol*). Hasil simulasi program numeris RMA4 (*file_tm.qsl*) ditampilkan melalui *software Boss SMS* yang dikenal dengan istilah *Post processing unit*. Pada umumnya tampilan dalam bentuk kontur (penyebaran polutan, kecepatan, elevasi muka air), vektor kecepatan dan grafik perubahan parameter fisis pada salah satu simpul terhadap waktu.

Diskritisasi Model Numerik. Untuk dapat mensimulasi program RMA2 dan RMA4, langkah awal penelitian adalah membuat diskretisasi model, yaitu membagi domain model komputasi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (elemen) dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH). Besar dan jumlah elemen yang akan dibuat sangat

tergantung kepada kemampuan komputer yang dipakai (*processor* dan *RAM memori*). Dalam proses pembuatan diskritisasi model pada penelitian ini, digunakan bentuk elemen gabungan segitiga dengan 6 titik nodal dan segi empat kuadratis dengan 8 titik nodal.

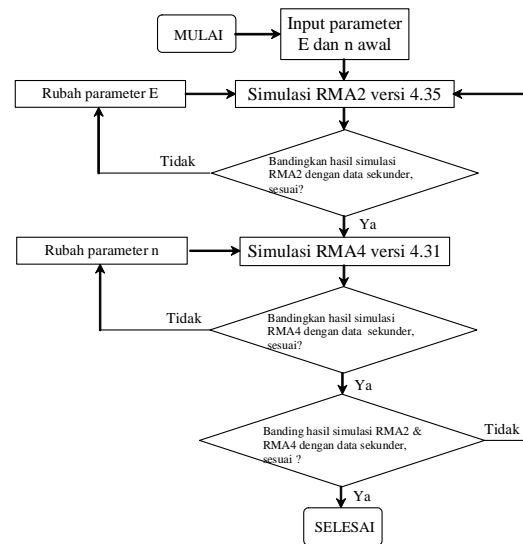
Model saluran yang disimulasi merupakan saluran hipotetik lurus sepanjang 1700 m, dimana dasar saluran dibuat datar ($\text{slope}=0$), lebar saluran dibuat 100 m. Model krib dipasang adalah krib tegak pada kedua sisi tebing saluran dengan panjang dan jarak yang sudah ditentukan. Diskretisasi model dilakukan dengan membuat elemen segiempat pada bagian hulu dan hilir model, sedang pada bagian yang ada kribnya, elemen dikecilkan dengan kombinasi elemen segitiga dan segiempat. Hal ini dimaksudkan agar hasil simulasi di daerah sekitar krib dapat lebih detail. Diskretisasi model saluran beserta letak pemasangan krib dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Kalibrasi Model. Agar hasil simulasi RMA2 dan RMA4 mendekati hasil pengukuran pada simulasi aliran di saluran hipotetik model sungai di lab, maka diperlukan suatu proses kalibrasi terhadap parameter aliran maupun karakteristik polutannya. Proses kalibrasi model numeris dilakukan mengikuti diagram alir pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Diskretisasi model saluran dan krib

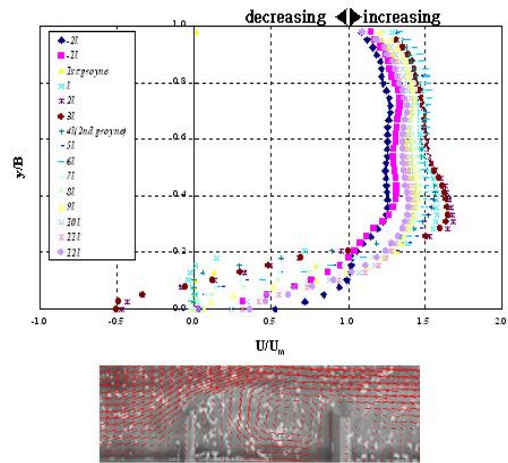
Untuk mendapatkan suatu hasil simulasi model numerik yang mendekati simulasi model fisik hipotetik, diperlukan suatu perubahan-perubahan dalam input parameter *Eddy viscosity* (E) dan kekasaran dasar (n). Kedua parameter ini akan saling mempengaruhi dalam hasil suatu simulasi, sehingga untuk mendapatkan nilai yang sesuai antara keduanya diperlukan suatu langkah seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Diagram alir proses kalibrasi.

Pada penelitian ini, kalibrasi model RMA2 dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran model numeris dengan data hasil penelitian yang sudah ada (data sekunder). Data sekunder yang ada merupakan data hasil penelitian yang dilakukan oleh seorang peneliti

senior dari Water Resources Research Department Korea Institute of Construction Technology yang bernama **Yeo Hong Koo (2006)**. Dalam penelitiannya yang berjudul : *Nature-friendly River-training Structure Using Groynes*, Yeo mensimulasi aliran di antara dua buah krib yang dipasang pada satu sisi tebing saluran. Data yang akan digunakan untuk kalibrasi model RMA2 adalah hasil simulasi penelitian Yeo dengan jarak krib sama dengan 4 kali panjang krib ($S/l = 4$) dan panjang krib sama dengan 20% lebar saluran ($l/B=0,2$). Data sekunder tersebut disajikan dalam **Gambar 5**.



Gambar 5. Distribusi Kecepatan pada $S=4l$ (Sumber : Yeo Hong Koo, 2006)

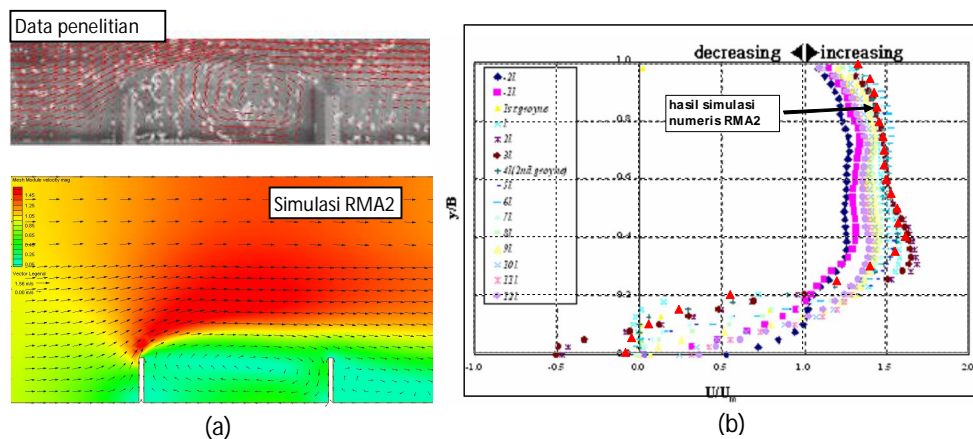
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kalibrasi Model

Nilai koefisien Manning n dan koefisien tubulensi E diperoleh dari hasil kalibrasi simulasi model numeris aliran RMA2 dengan data sekunder hasil simulasi penelitian **Yeo Hong Koo (2006)**, hasilnya seperti pada **Tabel 1** :

Tabel 1. Nilai parameter hitungan yang sudah dikalibrasi

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



Gambar 6. Hasil kalibrasi (a) secara kualitatif; (b) secara kuantitatif

Kalibrasi secara kualitatif (**Gambar 6.a**) dilakukan dengan melihat kecenderungan pola arus yang terjadi di antara dua buah krib hasil simulasi model numeris dan hasil pengukuran pada model fisik (data sekunder hasil penelitian Yeo Hong Koo, 2006). Kesesuaian hasil simulasi kedua model terlihat dari pusaran arus di antara dua buah krib yaitu pusat pusaran pada aliran kedua model terletak pada daerah yang sama dan memiliki dimensi pusaran arus yang sama.

Hasil kalibrasi kuantitatif (**Gambar 6.b** dan **Tabel 2**) 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. Nilai simpangan (*RMS, root-mean-square*) U/Um antara kedua model diperoleh sebesar 0,05081 dan bila nilai RMS ini dibandingkan dengan nilai U/Um rerata menghasilkan nilai 4,388% (U=kecepatan di daerah krib, Um=kecepatan di hulu saluran). 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.

Tabel. 2. Nilai RMS antara model numeris RMA2 dengan data pengukuran Yeo

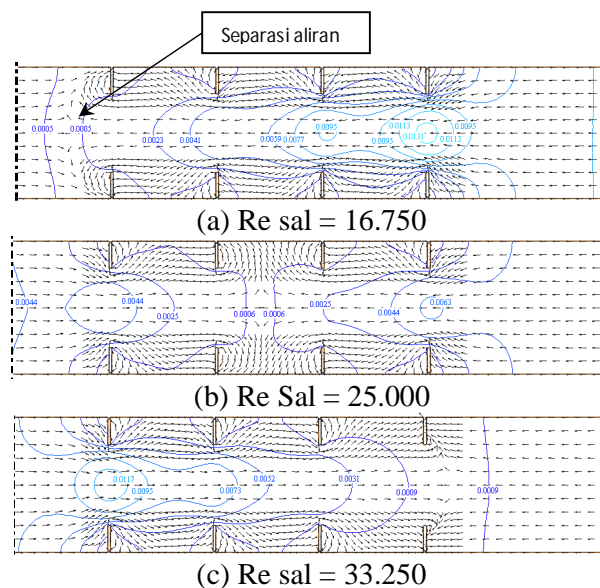
Posisi Pengukuran, y/B	Nilai U/Um		Error (RMS)
	Hasil Simulasi	Penelitian Yeo	
1	1,335	1,32	0,00024
0,95	1,410	1,38	0,00092
0,9	1,432	1,39	0,00173
0,85	1,453	1,42	0,00109
0,8	1,464	1,45	0,00019
0,75	1,485	1,47	0,00023
0,7	1,496	1,49	0,00003
0,65	1,496	1,5	0,00002
0,6	1,506	1,5	0,00004
0,55	1,538	1,53	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
RMS =			0,05081
Nilai U/Um rata-rata =	1,158		
Nilai RMS dibandingkan nilai U/Um rata2 =	4,388 %		< 5%

2. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Pola Arus dan Kecepatan

Hasil simulasi pengaruh variasi pemasangan panjang krib terhadap pola arus dan kecepatan 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 kecepataannya semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena semakin panjang krib maka penampang basah saluran antara krib semakin kecil sehingga Q/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 (**Gambar 7**). Hal ini dapat terjadi karena kecepatan akibat debit lebih kecil dibandingkan kecepatan akibat arus pasang surut. Semakin besar debit yang disimulasi, maka kecepataannya akan mampu mendorong kecepatan akibat pasang ke arah hilir.



Gambar 7. Separasi aliran akibat perubahan arah kecepatan

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.

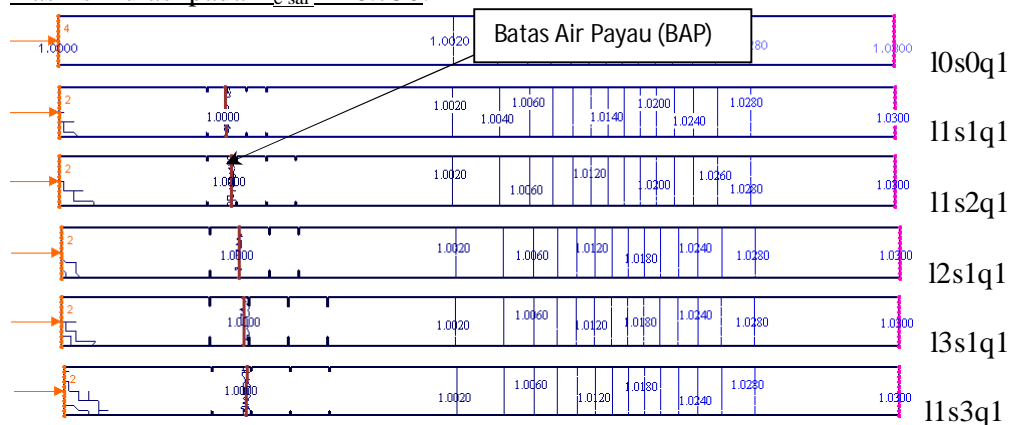
3. Pengaruh Pemasangan Krib terhadap Intrusi Air Asin

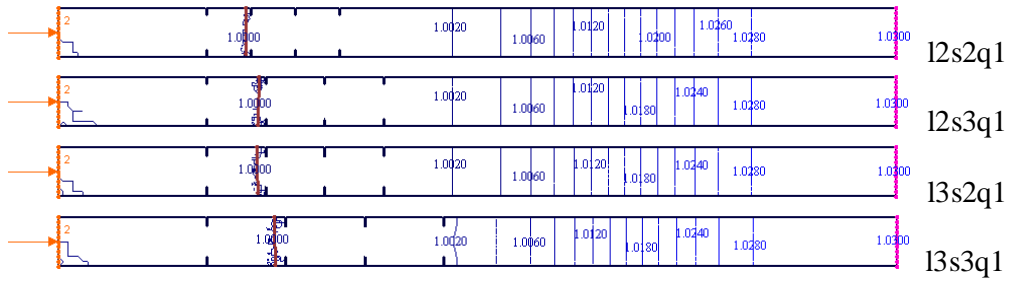
Dengan melihat gambar hasil vektor dan kontur pola arus yang terjadi di sekitar pemasangan krib, dapat diperkirakan perubahan kecepatan dan batas arah kecepatan aliran akibat debit dari hulu dan kecepatan akibat adanya

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.

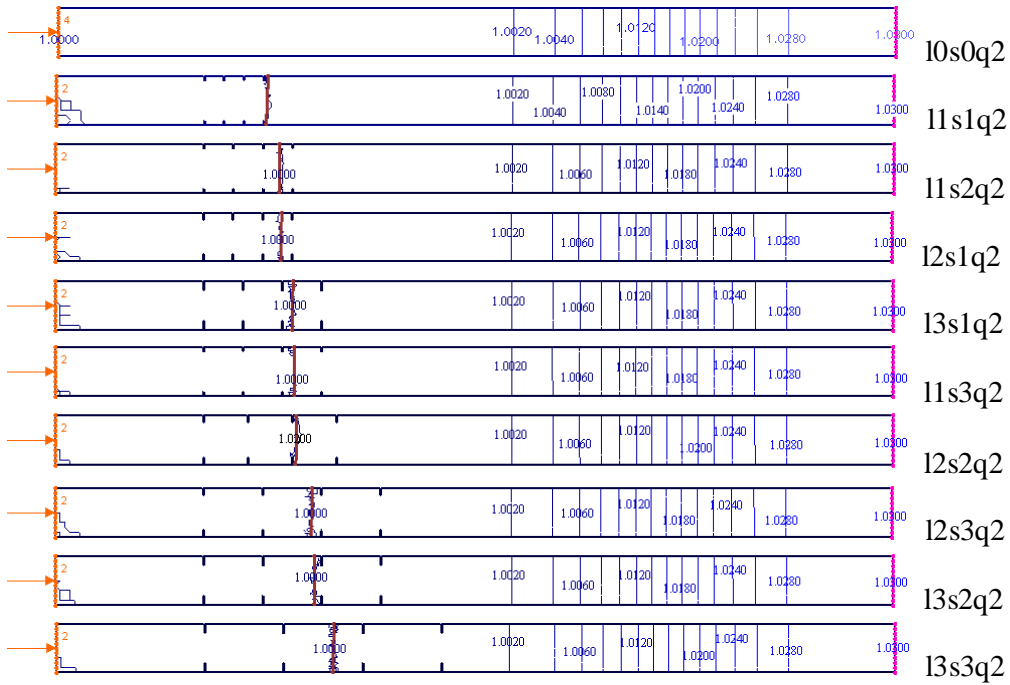
Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam menganalisa perubahan garis batas intrusi air asin (batas air payau) dikelompokkan menurut besaran debit yang disimulasi, atau dalam bentuk bilangan tak berdimensi Reynold saluran (Re_{sal}). Hasil simulasi pengaruh pemasangan krib terhadap intrusi air asin dalam upaya merubah batas air payau, dapat dilihat pada gambar-gambar berikut. Untuk mempermudah pembacaan gambar, maka perlu dijelaskan bahwa parameter $l1=l/B=0,10$; $l2=0,15$; $l3=0,20$; $s1=S=4l$; $s2=6l$; $s3=8l$ dan $q1=Re_{sal}=16.750$; $q2=25.000$; $q3=33.250$. Contoh pemakaian : $l2s2q3$ = simulasi model pada $l/B=0,15$, $S=6l$ dan $Re_{sal}=33.250$.

Hasil simulasi pada $Re_{sal} = 16.750$.

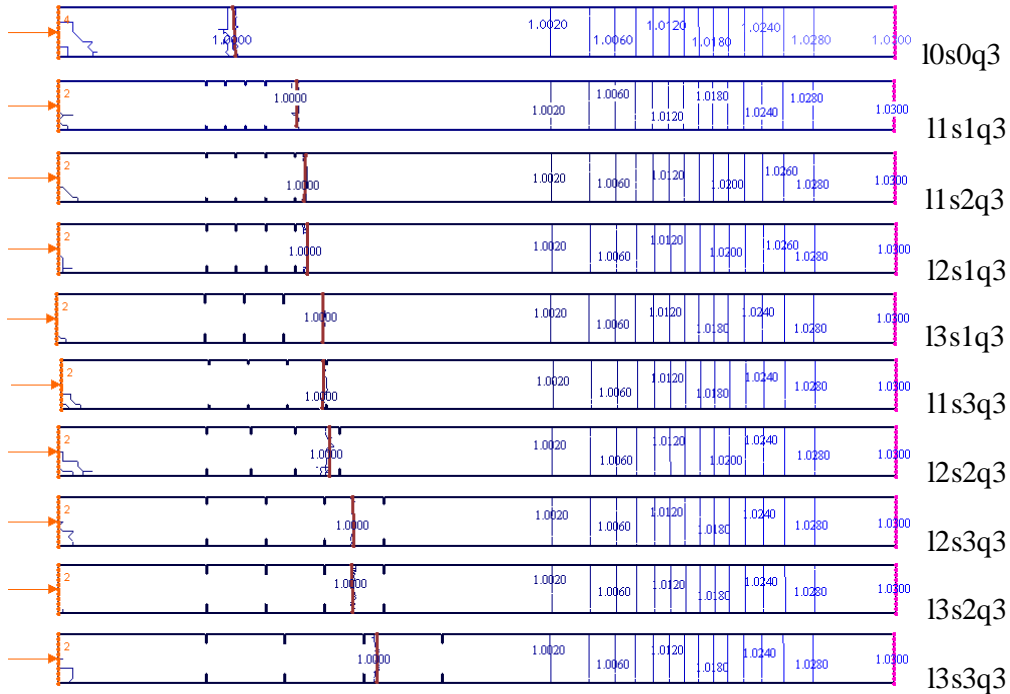




Hasil simulasi pada $Re_{sal} \approx 25.000$



Hasil simulasi pada $Re_{sal} \approx 33.250$



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).

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.

Tabel 3. Pengaruh Pemasangan satu seri Krib terhadap intrusi air asin

No	Re sal	Simulasi	BAP (m)	Jarak awal JA (m)	(BAP-JA)/JA	l (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

Dari hasil simulasi pada Gambar dan **Tabel 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.

KESIMPULAN

1. Hasil kalibrasi model numeris RMA2 menunjukkan tingkat kesesuaian yang memadai dengan model fisik, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif, dengan rasio antara RMS U/Um dengan rerata U/Um yang dihasilkan $< 5\%$.
2. 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.
3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja krib dalam mereduksi intrusi air asin cukup baik dan menghasilkan pergeseran batas air payau yang signifikan. Bila parameter ukurnya adalah jarak pergeseran batas air payau (BAP) dari letak awal pemasangan krib, maka konfigurasi pemasangan krib yang paling baik adalah $l/B = 0,20$; $S = 8l$ dan dipasang tegak lurus arus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian UNRI atas dana penelitian yang telah diberikan melalui dana bersaing rutin SPP/DPP Universitas Riau Tahun Anggaran 2007, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Boss SMS**, 1995, *User's Manual Suurface water Modelling System*, Version 5.02, Engineering Computer Graphics Laboratory, Brigham Young University: Madison.
- Dumadi, A. Ig.**, 1997, *Studi Kinerja Hidraulik Krib Terhadap Pola Arus dan Dinamika Dasar Saluran yang Dipengaruhi Pasang Surut*, tesis S2 Jurusan Pengutamaan Rekayasa Sumber Daya Air, Program Studi Teknik sipil, Bandung : ITB.
- Hong Koo, Yeo**, 2006, *Nature-friendly River-training Structure Using Groynes*, Water Resources Research Department, Korea : Korea Institute of Construction Technology
- Jansen, Pph, Van Bondegom,L., M de Vries, Zanen, A.**, 1979, *Principles of River Engineering*, Melbourne : Pitman Publishing Pty Ltd.
- Laksni S.**, 1993, *Kajian Aliran Dua Dimensi di Belokan (model fisik dan model matematik)*, Tesis S2, Program Studi Teknik Sipil, Yogyakarta : UGM
- Przedwojski, B., Btazjewski, R., dan Pilarzyk, K. W.**, 1995, *River Training Techniques*, Netherland : Rotterdam, A. A. Balkema.
- Sujatmoko,B., Rahardjo, A. P., dan Legono, D.**, 2002, *Kajian Pengaruh Konfigurasi Krib terhadap Pola Arus di Belokan*, Jurnal Media Teknik, No. 2 Th. XXIV, Mei, hal. 32 – 39, Yogyakarta : UGM