

Volume 13, Nomor 2, Desember 2014

ISSN : 1693-9816

JURNAL

REKAYASA

TEKNIK MESIN - TEKNIK ELEKTRO - TEKNIK SIPIL



**Diterbitkan Oleh :
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

Jurnal Rekayasa	Vol. 13	No. 2	Halaman 541 - 637	Jember Desember 2014	ISSN 1693-9816
----------------------------	----------------	--------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------

ISSN : 1693-9816

JURNAL REKAYASA

Merupakan jurnal ilmiah yang memuat artikel ilmiah hasil penelitian atau kajian konseptual/analisis kritis dalam bidang ilmu-ilmu rekayasa

DEWAN REDAKSI

Pimpinan Redaksi:	Anik Ratnaningsih
Sekretaris Redaksi:	Triwahju Hardianto
Penyunting Ahli:	Teguh Heryanto (ITS) Indra Surya (ITS) Azmi Saleh (UNEJ) Soeharto (ITS) Achmad Wicaksono (UNIBRAW) H. Soebagio (ITS)
Anggota Redaksi:	Nasrul Iminafik Sri Sukmawati Widya Cahyadi
Pelaksana Tata Usaha:	Samsul Arifin Emi Yulia Rosita

Alamat Redaksi:

**FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS JEMBER
Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Jawa Timur**

Web: <http://jurnalrekayasa.blogspot.com>

E-mail : rekayasa_unej@ymail.com

Telp./Fax. : 0331-484 977

**Rekening Bank : Ibu Sri Sukmawati No. 0129 570 883
BNI Kantor Cabang Jember**

JURNAL REKAYASA

KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember merupakan jurnal yang memuat artikel ilmiah hasil penelitian atau kajian konseptual/analisis kritis di bidang ilmu-ilmu rekayasa yang dilakukan oleh para dosen, peneliti dan pakar bidang ilmu rekayasa. Penerbitan artikel ilmiah secara berkala diharapkan dapat meningkatkan penyebaran informasi hasil penelitian maupun pemikiran yang dapat menambah kualitas ilmu rekayasa di Indonesia pada khususnya dan di dunia internasional pada umumnya.

Berbagai bidang kajian dalam disiplin ilmu rekayasa menjadi tema inti dan ciri jurnal ilmiah ini, sehingga dalam edisi Desember 2014 inipun berisi berbagai topik, tetapi masih dalam bidang ilmu rekayasa.

Sejak penerbitan edisi ke-4, Jurnal Rekayasa mengalami perubahan format ukuran kertas dari semula berukuran B5 menjadi ukuran A4 untuk menyesuaikan dengan ketentuan Jurnal Ilmiah yang berlaku di Indonesia.

Akhirnya redaksi berharap semoga kehadiran Jurnal Rekayasa dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi peningkatan kualitas penelitian di bidang ilmu-ilmu rekayasa di Indonesia .

Jember, Desember 2014

Redaksi

JURNAL REKAYASA

DAFTAR ISI

1. Evaluasi Distribusi Kecepatan Aliran di Belokan Sungai Jelarai dan Perubahan Morfologi yang Terjadi 541- 555
Dian Sisinggih, Sri Wahyuni
2. Analisis Gas Terlarut (*DGA*) Pada Minyak Jagung dan Minyak Kelapa Sebagai Minyak Trafo Alternatif 556- 566
Guido Dias Kalandro, T. Haryono, Suharyanto
3. Penentuan Parameter Tremblay Battery Model Untuk Pemodelan Karakteristik Discharge Battery Gel Lead Acid SGL100 567- 576
Andi Setiawan
4. Pengaruh Motivasi dan Disiplin Pekerja Terhadap Produktivitas Pembangunan Ruko di Jember 577- 585
Anik Ratnaningsih
5. Perancangan Sistem Pengaturan Mesin Sangrai (*Roaster*) Berdasarkan Warna Biji Kopi Berbasis *Image Processing* 586 - 593
Sumardi, Satryo Budi Utomo, Rizki Kurniawan, Kurniawan Hidayat
6. Aplikasi Kontroler *Fuzzy Pid Sliding Mode* Pada Motor DC *Brushed* 594 - 601
Mohamad Agung Prawira Negara
7. Perancangan *Prototype* Sistem Kendali Peralatan Listrik Jarak Jauh Menggunakan *Frequency Shift Keying* 602 - 610
Mohammad Alfian Rizqon Fithor, Ike Fibriani, Satryo Budi Utomo
8. Perbandingan Metode MOCK dan NRECA untuk Pengalihragaman Hujan Ke Aliran 602 - 624
Sri Wahyuni
9. Perancangan Alat Digital Pengukur Kadar Hemoglobin dalam Darah 625 - 628
Widjonarko, Sumardi, Saiful. A
10. Evaluasi Pemindahan Alur Sungai Ketan dan Studi Kasus: Perumahan Jember New City 629 - 637
Entin Hidayah, Wiwik Yunarni Widiarti, Anik Ratnaningsih

EVALUASI DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN DI BELOKAN SUNGAI JELARAI DAN PERUBAHAN MORFOLOGI YANG TERJADI

Dian Sisinggih¹, Sri Wahyuni²

ABSTRACT: *River is a natural drainage channel which provides important services for human life. Jelarai River is situated on the outskirts of Jelarai village, Tanjung Selor district, Bulungan. The morphology of river bend of Jelarai River has been active and altered the existing sheet pile position. In order to solve the existing problem, the comprehensive investigation of geotechnical, structural, and river hydraulic aspects is urgently required. This paper presented only the analysis of hydraulic and sediment transports in the river bend of Jelarai River. The results indicated that during the floods the distribution of flow velocity caused vortex formation and turned back along the outer bend. The back and forth of vortex formation as well as turning flow direction may cause the erosion of bank where the sheet pile is established. Therefore the countermeasures are needed to protect the more sheet pile failures.*

Keywords: *flow velocity at river bend, river morphology, sedimentation*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan suatu saluran drainase yang terbentuk secara alami dan memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Peranan ini dapat dilihat dari pemanfaatan sungai yang makin lama semakin kompleks, mulai dari digunakan sebagai sarana transportasi, sumber air baku, pembangkit tenaga listrik dan sebagainya. Oleh karena itu sungai perlu mendapatkan perhatian agar dapat masih dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Permasalahan yang umum dari sungai adalah dinamika perubahan morfologi sungai tersebut.

Morfologi sungai didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari perubahan bentuk dan ukuran (geometri), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam ruang dan waktu disebut dengan morfologi sungai (Morisawa, 1985). Morfologi sungai akan berkaitan dengan sifat dan dinamika sungai dan kondisi lingkungan yang terkait. Morfologi sungai selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu yang dipengaruhi oleh debit yang mengalir, sedimen yang terangkut serta material pembentuk dasar dan tebing sungai. Dinamika perubahan morfologi ini dapat terjadi secara alami maupun karena perlakuan yang ada di sepanjang saluran misalnya adanya bendungan, jembatan dan kondisi alam yang tak dapat dihindarkan seperti adanya belokan pada sungai. Menurut beberapa peneliti terdahulu: Langbein (1964), Langbein dan Leopold (1964), dan Yang, et.al (1981), nilai rata-rata dari variabel hidraulik di belokan sungai diketahui mengikuti kaidah hidraulik dan prinsip disipasi energi minimum.

Erosi di sungai merupakan proses alami yang dapat terjadi pada dasar sungai (*riverbed*) maupun tebing sungai (*riverbank*). Aliran air pada sungai memiliki potensi terjadinya proses penggerusan dan pengendapan material didasarnya akibat adanya aliran yang melengkung dan menelusuri tebing bagian luar. Akibat adanya endapan dan gerusan yang terjadi akan mengubah konfigurasi dasar saluran di tikungan, terlebih lagi pada saluran yang bahan dasarnya mudah tererosi baik dasar saluran maupun dinding tebing saluran. Hal ini dikarenakan akibat perubahan arus aliran air, di bagian sisi luar tikungan sering terjadi gerusan dan di bagian dalam akan terjadi endapan dan perubahan aliran air dapat mencakup adanya perubahan kecepatan aliran, tinggi aliran serta lamanya pengaliran mempengaruhi terjadinya perubahan dasar saluran. Untuk menganalisa perubahan

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email: singgih@ub.ac.id

morfologi dan kondisi miringnya sheet pile di belokan Sungai Jelarai maka perlu dilakukan evaluasi hidraulik dan transportasi sedimen di segmen belokan sungai dan penyelidikan geoteknik secara rinci.

TINJAUAN PUSTAKA

Aliran di Belokan Sungai.

Asumsi aliran satu dimensi belum tentu berlaku dalam banyak situasi, misalnya aliran dalam saluran non-prismatik (yaitu saluran alami dengan bermacam-macam bentuk penampang dan kesejajaran), aliran di belokan sungai, aliran hilir dari bendung pengelak, atau aliran bercabang akibat dari tanggul rusak. Meskipun aliran dalam situasi yang sebenarnya ini adalah tiga dimensi, hal ini dapat disederhanakan dengan mempertimbangkan kebutuhan analisis sebagai aliran dua dimensi dengan menggunakan jumlah rata-rata secara vertikal. Asumsi ini tidak hanya menyederhanakan analisis dengan tepat tetapi dapat menghasilkan analisa yang cukup akurat. Secara umum persamaan yang menggambarkan aliran di sungai, estuari dan badan air yang lain didasarkan pada konsep klasik konservasi massa dan momentum. Persamaan aliran 2-Dimensi rerata kedalaman (*depth averaged*) diturunkan dengan mengintegrasikan persamaan tiga dimensi transport massa dan momentum terhadap koordinat vertikal dari dasar sampai ke permukaan air, dengan asumsi bahwa perbedaan kecepatan dan percepatan vertikal dapat diabaikan. Berikut persamaan aliran tersebut (Boss, 2000):

Persamaan Konservasi Massa

$$\frac{\partial H}{\partial t} + H \left\langle \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right\rangle + U \frac{\partial H}{\partial x} + V \frac{\partial H}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Persamaan Konservasi Momentum

Arah x

$$\begin{aligned} H \frac{\partial U}{\partial t} + HU \frac{\partial U}{\partial x} + HV \frac{\partial U}{\partial y} &= 2H\omega V \sin \phi - gH \left\langle \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial x} \right\rangle \\ + \frac{H}{\rho} \left\langle \mu_{xx} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \mu_{yx} \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + KW^2 \cos \psi - \frac{gUn^2}{(H^{1/6})^2} (U^2 + V^2)^{1/2} \right\rangle \end{aligned} \quad (2)$$

Arah y

$$\begin{aligned} H \frac{\partial V}{\partial t} + HU \frac{\partial V}{\partial x} + HV \frac{\partial V}{\partial y} &= 2H\omega U \sin \phi - gH \left\langle \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial y} \right\rangle \\ + \frac{H}{\rho} \left\langle \mu_{yy} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \mu_{xy} \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + KW^2 \sin \psi - \frac{gVn^2}{(H^{1/6})^2} (U^2 + V^2)^{1/2} \right\rangle \end{aligned} \quad (3)$$

di mana

H	= kedalaman aliran
U, V	= kecepatan aliran dalam arah sumbu koordinat kartesian
x, y, t	= koordinat kartesian dan waktu
ρ	= rapat massa air
μ	= koefisien kekentalan air (<i>eddy viscosity</i>)
xx	= arah tegak lurus dengan sumbu x
yy	= arah tegak lurus dengan sumbu y
xy dan yx	= tegangan geser pada masing masing bidang
g	= kecepatan gravitasi
Z	= elevasi dasar
n	= koefisien kekasaran Manning

K	= koefisien empiris tegangan geser akibat angin
W	= kecepatan angin
ψ	= arah angin
ω	= laju perputaran bumi
ϕ	= lokal latitude

Morfologi Sungai.

Kondisi morfologi sungai (*river morphology*) berkaitan dengan perubahan bentuk alur sungai, geometri saluran dan kemiringan sungai. Penentuan kondisi morfologi tersebut didasarkan pada nilai *Sinosity Index* (SI) sebagai berikut :

Menurut Leopold and Walman (Morisawa, 1985) :

$$SI = \frac{\text{talweg length}}{\text{valley length}} \quad (4)$$

Menurut Brice (Morisawa, 1985) :

$$SI = \frac{\text{length of channel}}{\text{length of meander belt axis}} \quad (5)$$

dengan

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| $SI < 1,05$ | → sungai lurus |
| $SI > 1,5$ | → sungai berkelok (meandering) |
| $1,05 > SI > 1,5$ | → sungai melengkung (sinous) |

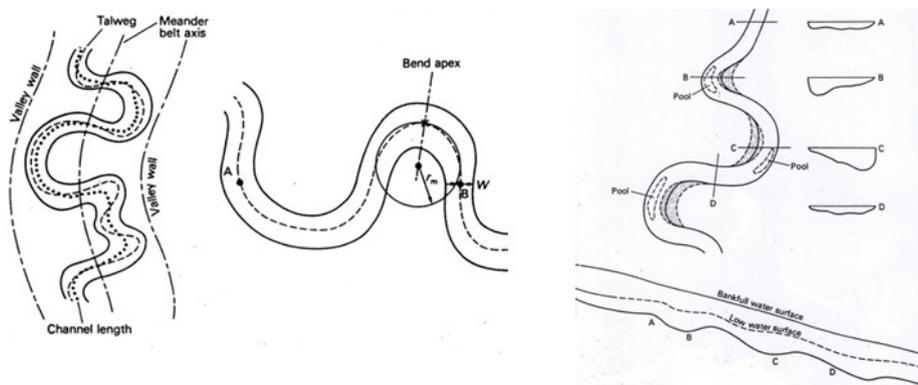
Dalam mengevaluasi aliran di belokan sungai, parameter rasio kelengkungan dan lebar sungai di belokan (R/W) dapat digunakan sebagai alat untuk memprediksi laju erosi di dalam belokan sungai. Biedenharn et al. (1989) mendapatkan bahwa laju erosi akan maksimum untuk nilai R/W antara 2-4. Secara umum perilaku erosi untuk kondisi belokan sungai dinyatakan sebagai berikut (Garde R.J, 2006) :

- a) Belokan tajam ($3 \leq R/W \leq 5$)

Fenomena aliran pada kondisi belokan ini ditandai oleh kenaikan muka air di sisi belokan luar yang menyebabkan tergerusnya tebing sungai, sedangkan di bagian dasar sungai di belokan dalam akan terjadi pengendapan.

- b) Belokan tidak tajam ($10 \leq R/W \leq 15$)

Pada belokan semacam ini pengaruh aliran tidak terlalu nyata dan biasanya bagian tebing sungai di belokan luar cukup aman, karena peningkatan tegangan geser di belokan luar tidak signifikan.

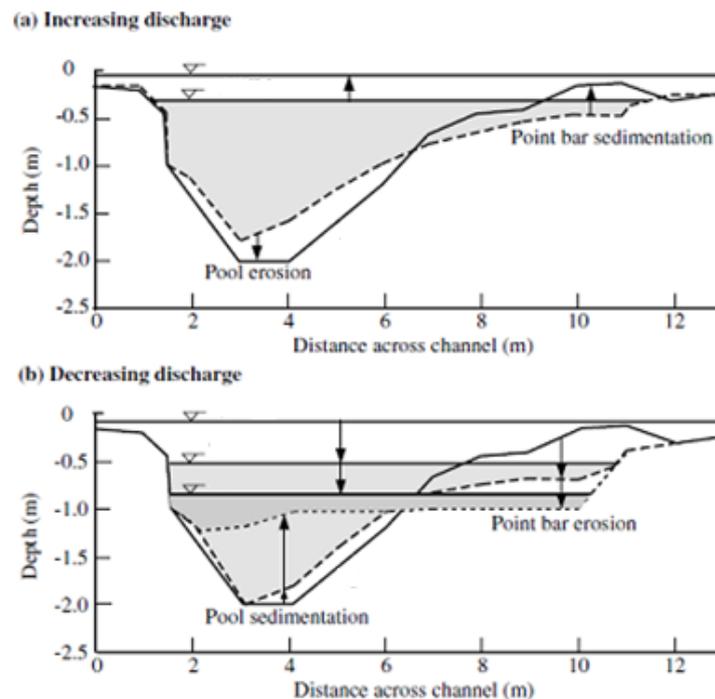


Gambar 1. Penentuan parameter geometri sungai dan karakteristik geometri sungai yang bermeander (Julien, P.Y, 2002).

Tabel 1. Karakteristik pergerakan sedimen dan proses erosi-sedimentasi di sungai bermeander (Garde R.J, 2006).

Moda angkutan sedimen	Persentase silt-clay	Kondisi geometri sungai	Pengendapan/deposisi	Penggerusan/erosi
Suspended load 80-100%	100 %	W/D < 10, SI > 2 dan kemiringan dasar rata	Pengendapan secara umum terjadi disekitar tebing menyebabkan penyempitan saluran	Erosi tebing, pelebaran saluran sangat kecil terjadi.
Campuran, suspended load 65-85%, bedload 35-15%	30%	W/D:10-40, SI :1.3-2 dan kemiringan dasar landai	Pada awalnya terbentuk endapan pada sisi tebing dan diikuti dengan pengendapan di alur sungai	Pada awalnya terjadi erosi di alur saluran dan diikuti dengan pelebaran saluran
Bedload 35-75%	-	W/D>40, SI<1-3, Kemiringan dasar biasanya curam	Terjadi deposisi di alur saluran dan terbentuk pulau-pulau	Erosi dasar saluran minimal, pelebaran saluran mendominasi

W/D : Rasio lebar dan kedalaman, SI : indeks sinosity



Gambar 2. Tipikal perubahan penampang melintang sungai yang bermeander akibat adanya variasi debit aliran (Julien P.Y, 2002).

Pemodelan aliran dan pergerakan sedimen di belokan sungai

RMA2 merupakan model numerik hidrodinamika 2-dimensi rerata kedalaman yang dapat menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran bidang searah aliran utama, x dan melintang y dan dapat digunakan untuk evaluasi kondisi aliran yang kompleks di suatu segmen belokan sungai. Hasil perhitungan hidrodinamika dari RMA2 dan ditambah dengan data sedimen selanjutnya dapat

digunakan sebagai data masukan untuk menghitung pergerakan sedimen yang terjadi, yaitu model SED-2D. Secara umum, tahapan pekerjaan pemodelan numerik ini dilakukan dengan urutan tertentu yaitu dimulai dengan membuat mesh (grid perhitungan), kemudian masukan data kondisi batas hulu dan hilir serta parameter viskositas eddy dan nilai kekasaran manning maupun konsentrasi sedimen.

METODE PENELITIAN

Obyek studi ini adalah Sungai Jelarai yang merupakan salah satu percabangan sungai di muara Sungai Kayan di Kalimantan Utara. Sungai Jelarai terletak di tepian desa Jelarai Kecamatan Tanjung Selor Provinsi Kalimantan Utara. Sungai Jelarai ini bermuara di Laut Kalimantan sehingga sungai ini menjadi sarana transportasi penduduk di sekitar aliran sungai. Seiring dengan perubahan kondisi hulu daerah tangkapan sungai dan perubahan iklim global maka debit yang melewati Sungai Jelarai berfluktuasi dari musim ke musim. Fluktuasi debit dan kondisi pasang surut ini mempengaruhi morfologinya, khususnya pada belokan sungai yang ada di Desa Jelarai. Guna mengamankan kondisi tebing di sisi luar belokan sungai, pemerintah setempat telah membangun sheetpile pada tahun 2008. Kondisi sheet pile saat ini dalam kondisi miring ke arah sungai akibat bencana alam dengan terjadinya banjir bandang terus menerus sejak dua tahun lalu. Pada tulisan ini hanya akan disajikan evaluasi kondisi hidraulik dan angkutan sedimen yang merupakan sebagian pertimbangan dari analisa yang menyeluruh mengenai perubahan morfologi belokan sungai Jelarai.



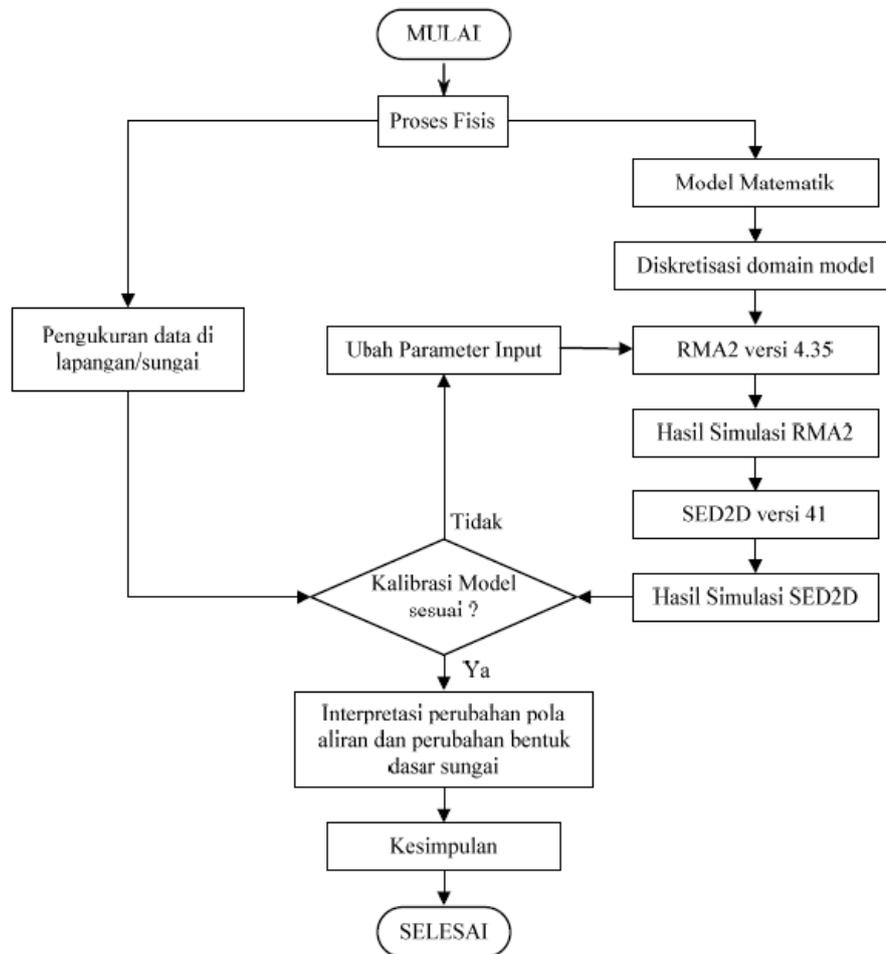
Gambar 3. Segmen belokan Sungai Jelarai di Desa Jelarai, Tanjung Selor, 2014.



Gambar 4. Segmen belokan Sungai Jelarai dan kondisi sheet pile di sisi tebing belokan luar, 2014.

Tahapan pemodelan ini adalah :

1. Tahap pertama simulasi adalah menetapkan peta bathimetri sebagai dasar penyusunan grid dan elemen.
2. Penentuan syarat batas, dalam hal ini elevasi muka air.
3. Simulasi RMA2 kondisi saat ini untuk memperoleh parameter simulasi dengan kalibrasi terhadap data-data lapangan yaitu elevasi muka air dan kecepatan serta arah arus.
4. Apabila tahap kalibrasi telah diperoleh maka dilanjutkan dengan simulasi RMA2 kondisi rencana dimana mesh simulasi akan berubah dengan adanya perubahan yang dilakukan.
5. Tahap selanjutnya adalah simulasi SED2D, dimana konsentrasi debit sedimen menjadi input utama dalam simulasi ini.



Gambar 5. Diagram alir pemodelan numerik perubahan morfologi di belokan sungai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Sungai (*channel geometry*).

Dari hasil survey diperoleh lebar penampang Sungai Jelarai di lokasi studi berkisar 100 – 125m. Kondisi bantaran sungai yang cenderung datar, apabila terjadi debit banjir akan memungkinkan untuk menggenangi bantaran kanan dan kiri sungai. Kemiringan rerata dasar Sungai Jelarai ~ 0.0002 , termasuk landai. Pada kondisi debit dominan kecepatannya rendah ke arah hilir sungai. Bentuk alur sungai (*river platform*) dianalisa dari interpretasi geometri sungai dari foto udara (Gambar 6. dari Google Earth, 2014) maka diperoleh nilai sinosity indeks (SI) $> 1,5$ dan rasio W/D > 40 . Secara umum dapat disimpulkan bahwa pola alur Sungai Jelarai termasuk dalam bentuk alur sungai yang

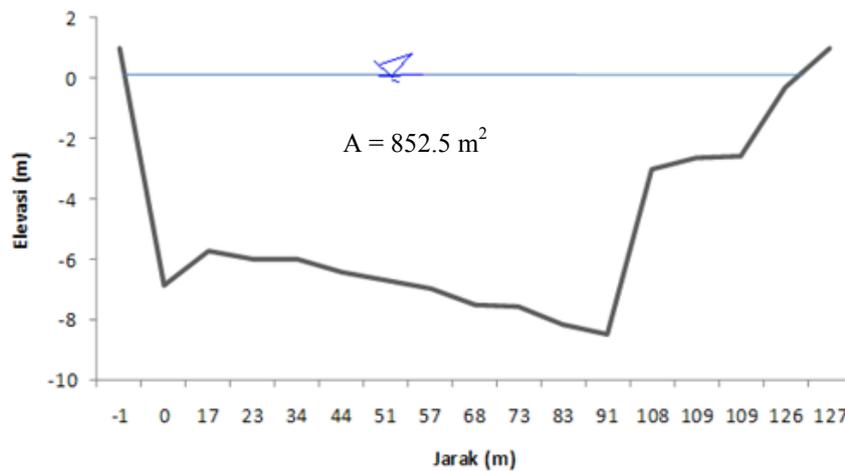
berbelok-belok (*meandering*). Kondisi belokan sungai Jelarai di daerah studi termasuk katagori belokan tajam dengan nilai $Rm/W \sim 3.5$. Dari hasil interprestasi geometri sungai tersebut dapat diduga bahwa aliran pada kondisi belokan ini menyebabkan erosi di alur sungai dan diikuti oleh tergerusnya tebing sungai. Sedangkan untuk moda angkutan sedimen diduga didominasi oleh suspended load 65-85%, bedload 35-15%.



Gambar 6. Skematis pemodelan dan kondisi batas yang digunakan untuk Sungai Jelarai yang dioverlay-kan pada foto udara (Google Earth, 2014).

Model Numerik distribusi kecepatan di belokan sungai.

Untuk memvalidasi hasil interprestasi diatas maka perlu dilakukan evaluasi pola dan distribusi kecepatan aliran hasil model numerik. Untuk model numerik, data alur sungai dan batimetri dasar diperoleh dari hasil pengukuran dengan echo-sounding yang didapatkan dari Dinas Pengairan, Kab. Bulungan yang dilakukan pada bulan Nopember 2014. Mengingat tidak tersedianya pencatatan data historis debit sungai dan data sedimen maka dalam permodelan ini dilakukan pendekatan teoritis untuk menentukan kapasitas aliran di Sungai Jelarai sebagaimana berikut:



Gambar 7. Tipikal penampang melintang Sungai Jelarai di hilir belokan

Untuk tipikal penampang sungai Jelarai diambil luasan penampang basah (A) dalam kondisi *full-bank capacity*, dan diperoleh luasan (A) ~ 853m². Asumsi nilai kekasaran Manning, n = 0.025 dan rerata slope sungai ~ 0.0002 didapatkan V = 1.79 m/s. Sehingga debit untuk *fullbank-capacity* adalah:

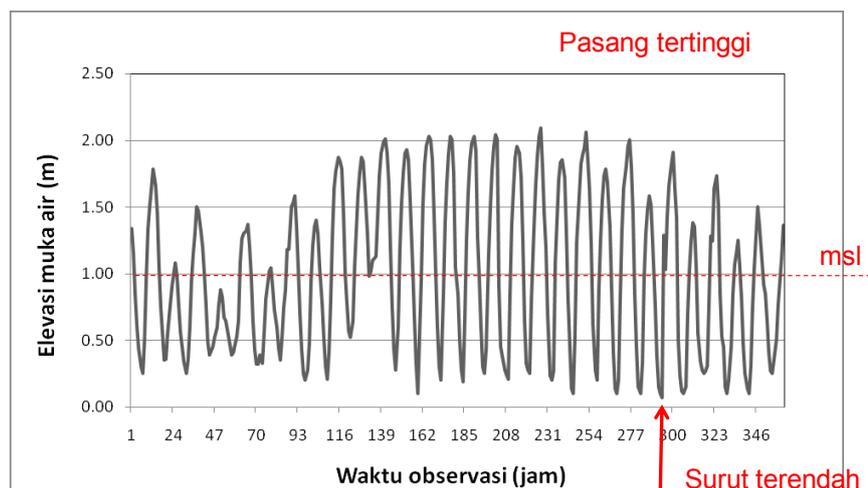
$$Q_{full} = V \cdot A = 1529 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mengingat kondisi daerah hulu aliran adalah hutan tropis yang relatif masih bagus maka konsentrasi debit sedimen (Qs) diasumsikan sebesar 0.01% x Q_{air}. Selanjutnya diperoleh kondisi batas hulu model yang berupa debit sungai dan sedimen yang ditetapkan sebagai berikut.

▪ Q banjir	= 0.75 Q _{full}	= 1070 m ³ /s	Qs = 0.27 m ³ /s
▪ Q dominan	= 0.30 Q _{full}	= 459 m ³ /s	Qs = 0.12 m ³ /s
▪ Q low	= 0.10 Q _{full}	= 153 m ³ /s	Qs = 0.04 m ³ /s

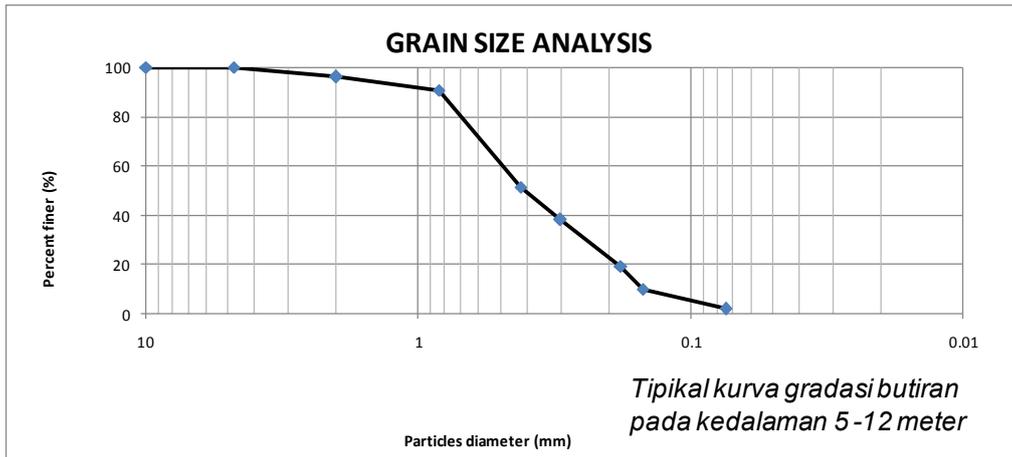
Untuk kondisi batas hilir model digunakan ketinggian air akibat pasang surut. Data pengamatan pasang surut diperoleh dari Dinas Pengairan Kab. Bulungan untuk pengamatan selama 2 minggu (04 - 19 Nopember 2014) dengan interval pencatatan satu jam. Dari data observasi pasang surut di atas didapatkan kondisi berikut (Gambar 8):

- Pasang tertinggi → jam ke 227 dengan elevasi muka air +2.09 m
- Surut terendah → jam ke 282 dengan elevasi muka air +0.10 m
- Mean sea level → dengan elevasi muka air +1.00 m



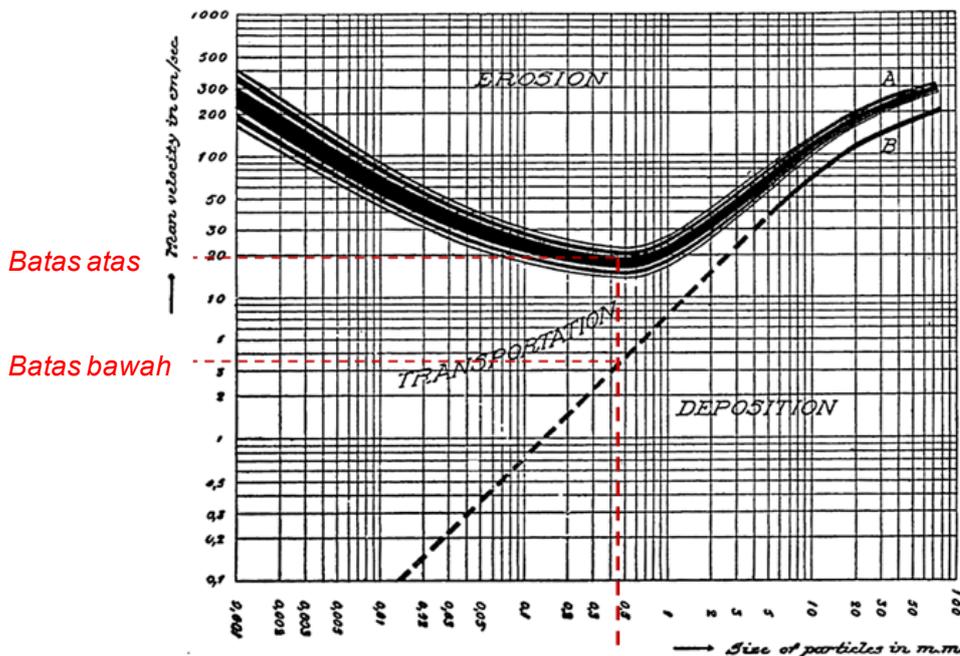
Gambar 8. Plotting data pasang surut di Sungai Jelarai

Untuk data ukuran butiran sedimen diambil pendekatan dari analisa gradasi butir sampel tanah dari data sondir di tepi Sungai Jelarai. Secara umum tipikal gradasi butiran untuk kedalaman 12 meter sebagaimana dalam grafik pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Tipikal gradasi ukuran butiran material tebing Sungai Jelarai

Dari analisa gradasi butiran, diperoleh rata-rata nilai $D_{50} \sim 0.45\text{mm}$ (*medium sand*). Dalam penentuan batas kritis kecepatan aliran, dimana butiran akan bergerak atau diam dilakukan dengan menggunakan grafik Hjulstorm yang merupakan modifikasi dari diagram Shields (Gambar 10). Hasil yang didapatkan adalah butiran material sedimen akan bergerak bilamana kecepatan aliran melebihi 3.5 – 20 cm/s atau 0.035– 0.20 m/s.



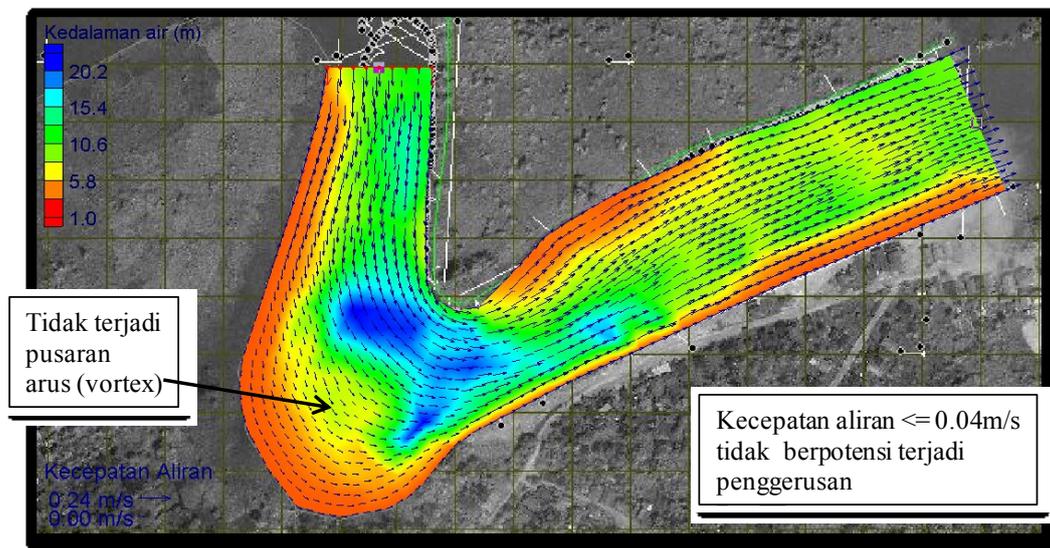
Relationship between average current velocity in a river and sediments of uniform texture showing velocities necessary for erosion, transportation, or deposition. (From Hjulström, 1939, in *Recent Marine Sediments*.)

Gambar 10. Grafik Hjulstorm mengenai kondisi transportasi sedimen, kecepatan aliran dan diameter butiran di Sungai Jelarai (Julien P.Y, 2002).

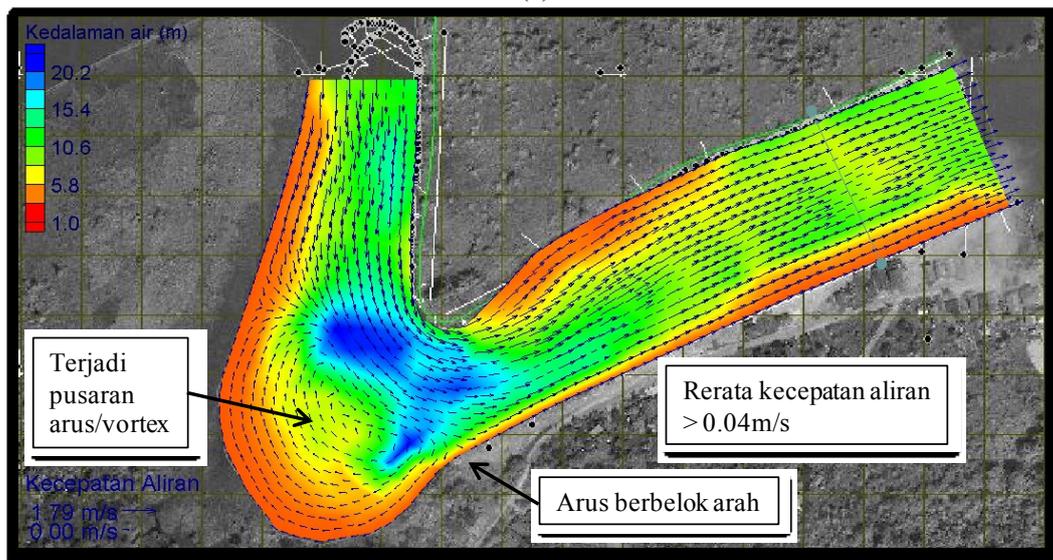
Distribusi kecepatan aliran di belokan Sungai Jelarai.

Dari hasil pemodelan numerik diperoleh distribusi kecepatan aliran di belokan sungai Jelarai sebagai berikut:

- a. Pada saat dilewati debit banjir yang rendah dan kondisi hilir terjadi pasang tinggi distribusi kecepatan aliran di belokan cenderung untuk rata dari hulu ke hilir dengan kecepatan kurang dari 0.04 m/s dan tidak terjadi sirkulasi aliran sekunder yang ditandai dengan tidak adanya pusaran arus/vortex ditukungan (Gambar 11.a). Sedangkan pada kondisi hilir terjadi surut terendah maka kecepatan aliran akan meningkat ke arah hilir dan mulai terbentuk gejala pusaran arus/vortex yang kecil di dalam belokan sungai (Gambar 12.a).



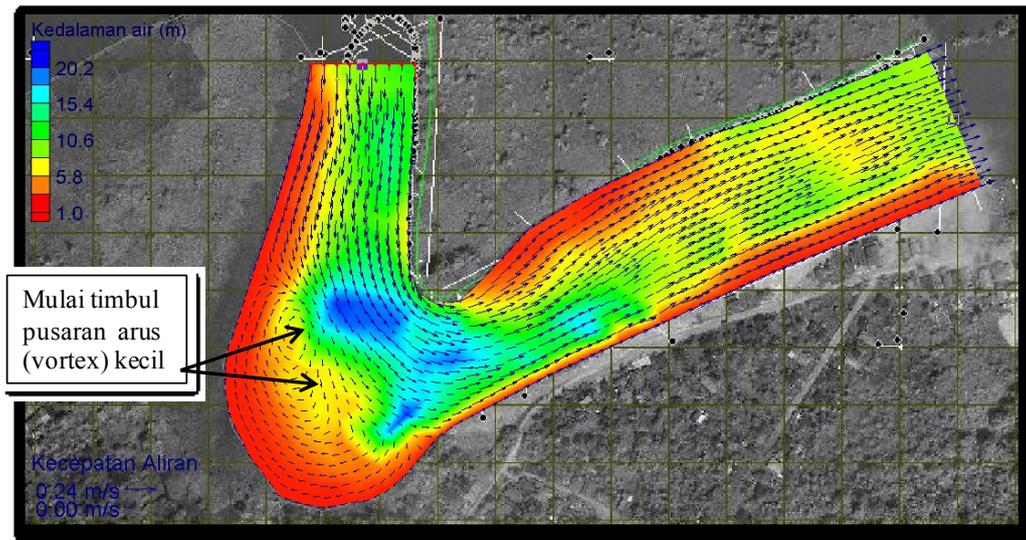
(a)



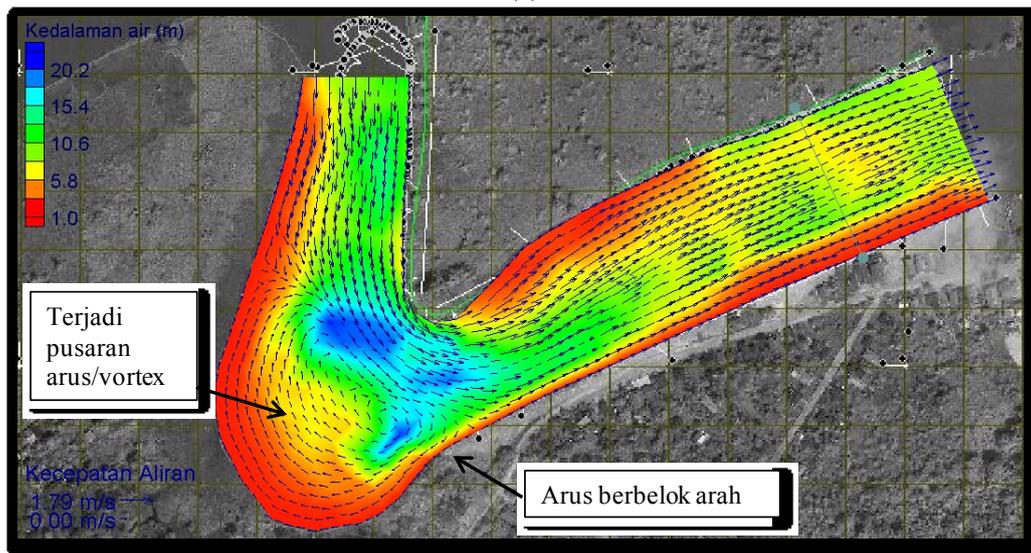
(b)

Gambar 11. Distribusi kecepatan aliran di belokan Sungai Jelarai (a) pada kondisi debit air rendah dan (b) pada kondisi debit air tinggi dengan batas hilir pada saat muka air pasang tertinggi.

- b. Pada saat debit banjir tinggi dan kondisi pasang tinggi kecepatan aliran di belokan akan meningkat diatas 0.04m/s. Karena di hilir terjadi pasang tinggi maka seolah terbentuk halangan yang mengakibatkan pembelokan arah aliran di sisi luar belokan dan diikuti dengan terbentuknya pusaran air/vortex di dalam belokan (Gambar 11.b). Sedangkan pada kondisi hilir terjadi surut terendah, maka halangan ini akan hilang dan terjadi peningkatan kecepatan aliran ke arah hilir dan intensitas pusaran air yang terjadi. Posisi dimana arah aliran berbelok di sisi luar belokan akan bergeser ke arah hulu (Gambar 12.b).



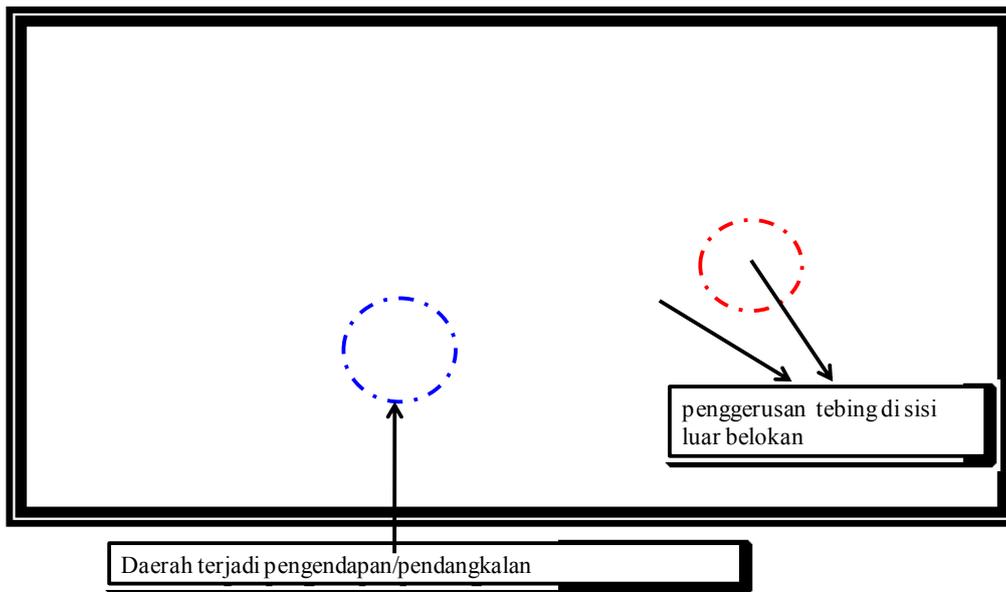
(a)



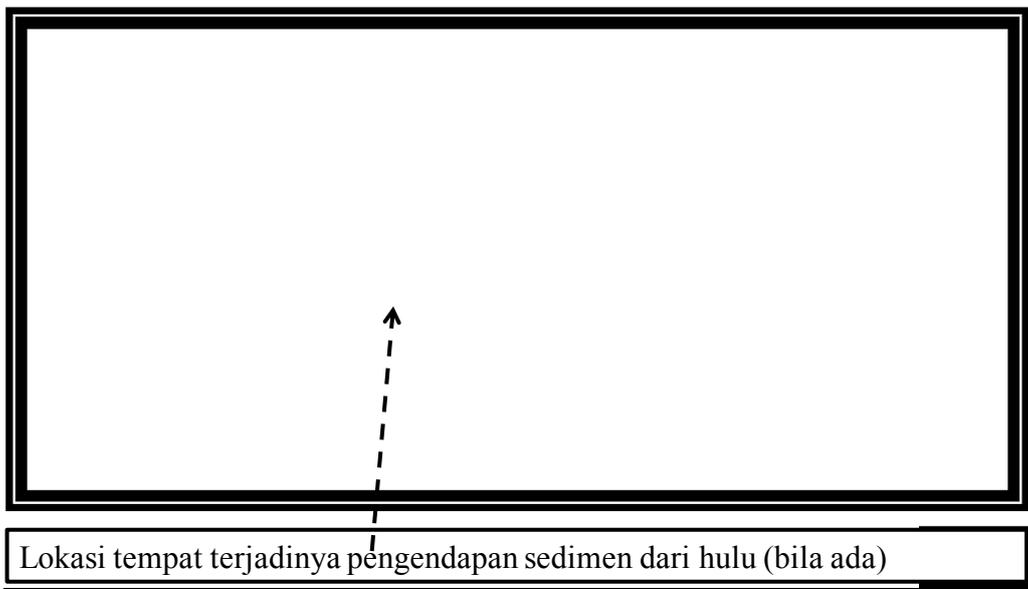
(b)

Gambar 12. Distribusi kecepatan aliran di belokan Sungai Jelarai (a) pada kondisi debit air rendah dan (b) pada kondisi debit air tinggi dengan batas hilir pada saat muka air surut terendah.

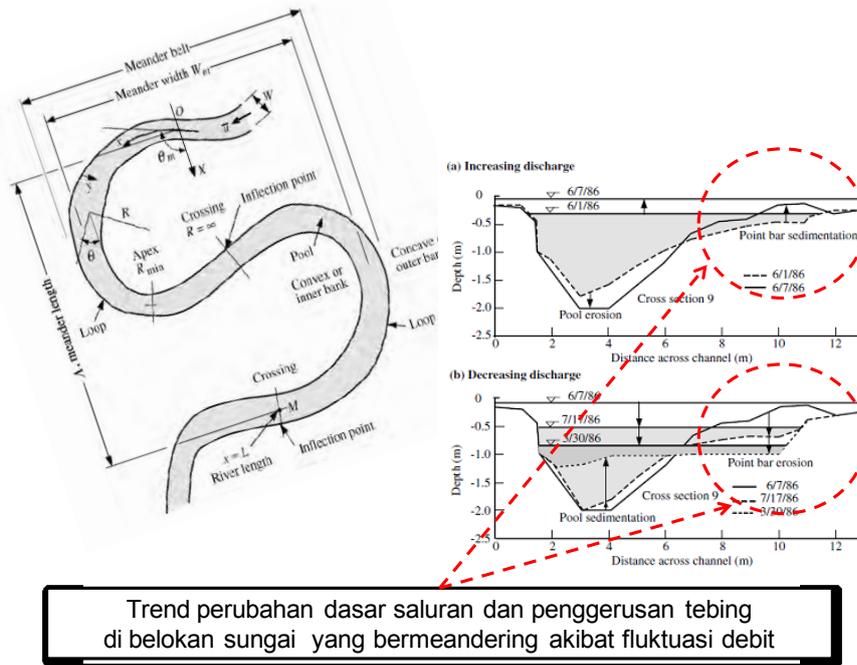
- c. Dengan fluktuasi debit dari kondisi rendah dan debit banjir tinggi serta dinamika pasang surut maka dimungkinkan terjadi kondisi perubahan morfologi sungai terutama di bagian belokan luar akibat berubah-ubahnya posisi pembelokan arah aliran. Hasil pemodelan pergerakan sedimen menunjukkan kecenderungan terjadinya penggerusan tebing luar pada saat debit banjir (Gambar 13) dan pengendapan di alur belokan dalam pada saat debit rendah (Gambar 14). Hal ini diperkuat dengan teori yang menyatakan adanya variasi debit banjir juga dapat memberikan perubahan morfologi sungai yang ada (Gambar 15).



Gambar 13. Hasil pemodelan perubahan dasar sungai selama 7 hari setelah terjadi banjir (debit tinggi).



Gambar 14. Kecenderungan perubahan dasar sungai pada saat debit normal (dominan).



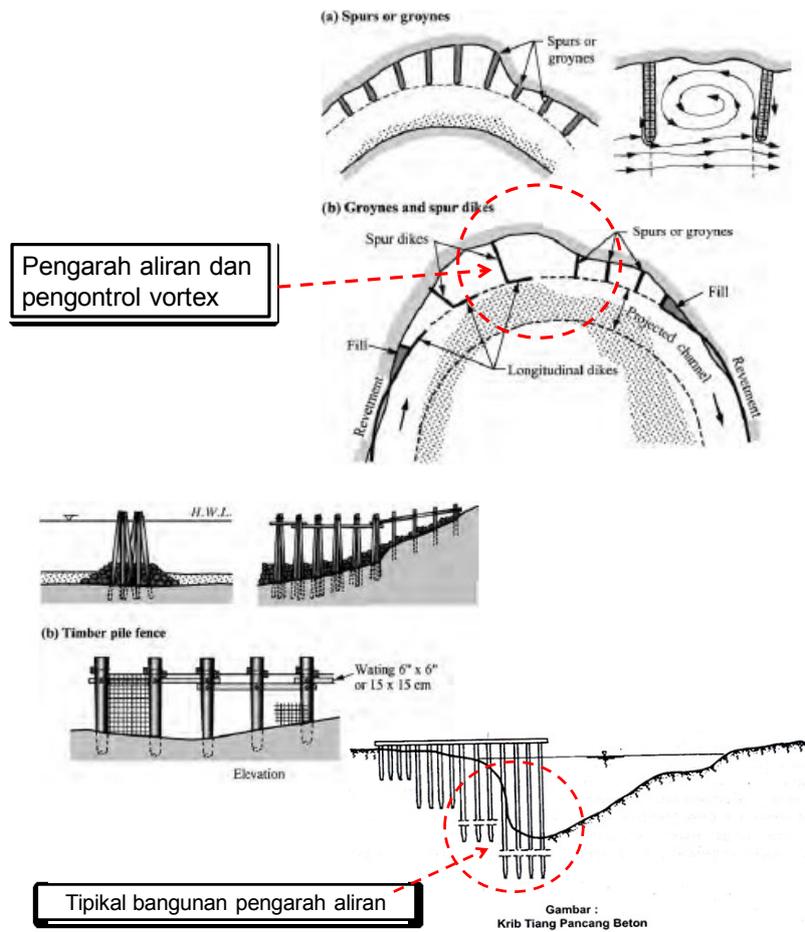
Gambar 15. Trend perubahan morfologi di belokan sungai akibat fluktuasi debit banjir (Garde R.J, 2006).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

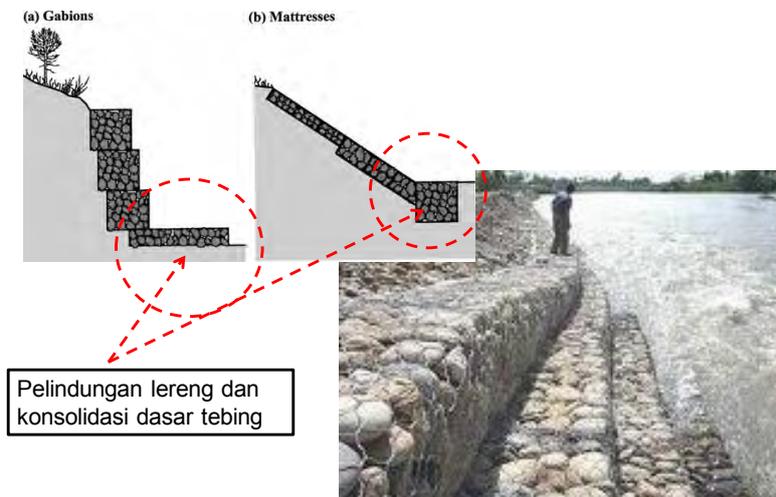
Dari hasil analisa geometri sungai dan pemodelan hidrodinamika dan arus di Sungai Jelarai dapat diketahui bahwa pada saat debit banjir untuk semua kondisi pasang surut, gerakan pusaran arus/vortex ini bergerak menyusuri sisi luar belokan dan berbalik arah ke hulu. Kondisi ini akan berpotensi pada pengendapan/penggerusan di sekitar perubahan arah arus tersebut dan tergantung pada kondisi alami tebing dan material sedimen yang terbawa. Dari pemodelan transportasi sedimen, untuk debit banjir diperoleh kecenderungan akan terjadinya penggerusan di sisi luar belokan (pada lokasi sheetpile). Untuk itu diperlukan adanya penanganan yang berupa pengendalian dinamika arus aliran dan perkuatan dasar tebing. Secara umum bentuk penanganan yang mungkin dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengendalian pola aliran dan arus sungai (misalkan menggunakan krib/groyne seperti pada Gambar 16) .
- Perkuatan dasar sungai yang mengalami proses erosi (misalkan dengan rip-rap gabions, mattresses ataupun dengan blok beton seperti pada Gambar 17)
- Membangun tembok dinding penahan (revetment) seperti pada Gambar 18.

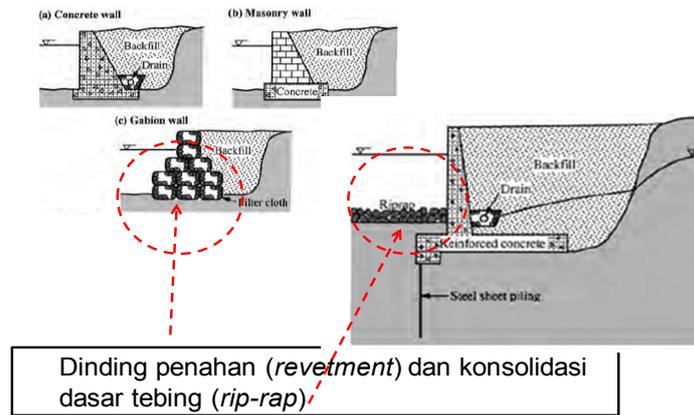
Kombinasi dari penanganan tersebut hendaknya dilakukan agar mendapatkan hasil yang optimal. Mengingat data yang digunakan dalam kajian ini banyak yang menggunakan pendekatan nilai lapangan, sehingga perlu dilakukan analisa/kajian khusus yang lebih detail dengan data-data historis banjir, data morfologi sungai dan data survey primer yang lebih akurat untuk mendesain penanganan tersebut. Bilamana diperlukan, penyelidikan dengan menggunakan model fisik hidrolis (model tes hidrolis sungai) untuk mendapatkan alternatif lokasi penempatan serta dimensi dari bangunan air yang diusulkan. Sehingga akan diperoleh suatu desain yang efektif dalam menanggulangi masalah penggerusan dasar sungai di tebing sungai Jelarai.



Gambar 16. Tipikal pengendalian arus sungai dengan groyne (Julien P.Y, 2002).



Gambar 17. Tipikal perkuatan tebing dan konsolidasi dasar tebing dengan bronjong (Julien P.Y, 2002).



Gambar 18. Tipikal perkuatan tebing dan konsolidasi dasar sungai dengan revetment dan rip-rap (Julien P.Y, 2002).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Team dari Dinas Pengairan Kabupaten Bulungan dan Team peneliti dari FTUB Malang atas kerjasamanya dalam survei dan penyediaan data yang diperlukan. Tidak lupa juga diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan segala masukan untuk penyempurnaan kajian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

DAFTAR RUJUKAN

- BOSS SMS. 2005. *User's Manual Boss SMS*. Version 8.1. Engineering Computer Graphics Laboratory. Madison: Brigham Young University.
- Garde, R.J, River Morphology, New Age International Pub. Ltd., 2006.
- Julien, Pierre Y, River Mechanics, Cambridge University Press, 2002.
- Langbein, W. B., 1964. Geometry of River Channels. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 90, No. HY2, pp. 301-311.*
- Langbein, W. B. and Leopold, L. B., 1964. Quasi-equilibrium States in Channel Morphology. *American Journal of Science, Vol. 262, pp. 782-792.*