

PENCEGAHAN GERUSAN TEBING PADA JEMBATAN DI SUNGAI LUK ULO, KEBUMEN – JAWA TENGAH

THE PREVENTION OF BANK SCOUR AT LUK ULO RIVER'S BRIDGE, KEBUMEN – CENTRAL OF JAVA

Slamet Lestari

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air
Jl. Ir. H. Juanda193 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
E-mail : mamet_ind@ahoo.com

Diterima: 11 Juli 2014; Direvisi: Agustus 2014; Disetujui: 12 November 2015

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan terkait ancaman kerusakan dan alternatif penanggulangan masalah terhadap rencana pembangunan Jembatan Luk Ulo yang akan dibangun di ruas Sungai Luk Ulo Hilir. Dalam penelitian ini potensi kerusakan yang ditinjau hanya terkait dengan perilaku hidraulik Sungai Luk Ulo dari Jembatan Nasional Kebumen – Gombong sampai Muara. Evaluasi dilakukan berdasarkan data desain jembatan, data pengukuran topografi di lokasi penelitian, data angkutan sedimen, data galian C, dan data debit sungai. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan piranti lunak Mike11 dan Mike 21C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya potensi bahaya gerusan tebing yang akan mengancam bangunan abutment / tiang pangkal jembatan bagian kanan. Masalah ini dapat diatasi dengan pembuatan bangunan pelengkap berupa susunan krib minimal 2 buah yang diletakkan di udik kanan lokasi jembatan.

Kata kunci : Sungai Luk Ulo, gerusan tebing, krib, MIKE 11, MIKE21C

ABSTRACT

This research was conducted to elaborate the possibility of damages and alternative problem anticipation to protect the new bridge design at Luk Ulo River. Mike 11 and Mike 21C were used to understand the possible damages caused by hydraulic behavior of Luk Ulo River starting from National Bridge (Kebumen-Gombong road) to river mouth by taking into consideration of some information i.e. new bridge design, topographical data, sediment transport data, dredging recorded data, and discharge of the Luk Ulo River. The result indicates that the local scouring at the right side of river bank will endanger the toe of the bridge abutment. The problem should be solved with providing groyne (krib) that located on the right side of river, upstream of the bridge.

Keywords: bridge, river, local scouring, groyne, MIKE 11, MIKE21C

PENDAHULUAN

Sungai merupakan kenampakan alam yang mempunyai sifat dinamis, yang akan memberikan respon jika terjadi gangguan di lingkungan sekitarnya. Gangguan dapat terjadi akibat kejadian alam maupun akibat rekayasa yang dilakukan oleh manusia. Respon sungai yang terjadi dapat bersifat positif, dan dapat juga bersifat negatif. Respon positif yang dapat dirasakan antara lain terlindunginya infrastruktur di sekitar sungai, sedangkan respon negatif yang dirasakan antara lain terjadinya gerusan / kerusakan akibat adanya perubahan pola aliran baik di bagian udik maupun di bagian hilir bangunan yang ada.

Salah satu bangunan yang berbatasan atau bersinggungan langsung dengan sungai adalah bangunan jalan dan jembatan. Beberapa tipikal letak jalan dan jembatan yang berbatasan langsung dengan sungai antara lain : jalan /

jembatan yang berada di sekitar tikungan luar sungai, badan jalan yang membatasi jalan air (drainase ke sungai, jalan / jembatan pada segmen hulu dan tengah sungai (rawan degradasi dasar sungai), dan jalan / jembatan di sekitar sungai.

Keberadaan jalan dan jembatan, baik yang lama maupun pembangunan baru yang berbatasan langsung dengan sungai, akan berpengaruh dan dipengaruhi oleh perilaku hidraulik dan perkembangan morfologi sungai. Hal yang perlu diwaspadai adalah pengaruh sungai yang berpotensi terhadap kerusakan jalan dan jembatan yang berada di sekitarnya.

Kondisi tersebut di atas juga menjadi pertimbangan utama dalam rencana pembangunan Jembatan Baru di ruas Sungai Luk Ulo hilir, Kebumen – Jawa Tengah. Penempatan rencana jembatan saat ini lebih mempertimbangkan trase jalan baru yang sedang

dibangun, belum mempertimbangkan kondisi hidraulik dan morfologi sungai di sekitarnya.

Setelah dilakukan pengukuran detail topografi dan identifikasi lapangan, secara umum lokasi rencana jembatan berada pada segmen sungai yang relatif lurus, sedikit tikungan akibat adanya gerusan lokal yang berpotensi gerusan tebing tepat di udik bagian kanan lokasi jembatan.

Maksud dari penelitian ini adalah mendapatkan gambaran potensi kerusakan yang dapat terjadi di sekitar lokasi jembatan baru di Sungai Luk Ulo Hilir akibat perilaku hidraulik dan morfologi sungai, serta alternatif penanganan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Tujuan yang akan dicapai adalah didapatkannya gambaran / acuan dalam mengatasi permasalahan yang akan terjadi pada jembatan baru di Sungai Luk Ulo Hilir secara optimum, agar didapatkan fungsi bangunan jembatan sesuai rencana desain.

Lokasi penelitian yang ditinjau adalah sepanjang ruas Sungai Luk Ulo dari Jembatan Jalan Nasional Kebumen – Gombong sampai dengan muara di Samudera Hindia. Gambaran ruas Sungai Luk Ulo dan lokasi rencana jembatan baru, yang masuk dalam lokasi studi ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Memperhatikan kondisi tersebut, agar rencana pembangunan jembatan lebih optimal, perlu dilakukan kajian pengaruh perilaku

hidraulik dan morfologi sungai terhadap rencana jembatan tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tikungan sungai akan terjadi gaya sentrifugal yang mengakibatkan kemiringan permukaan air tidak sama (Yiniarti, 2014). Pada kondisi aliran yang simetris terhadap sumbu sungai di tikungan, kemiringan permukaan air dalam arah melintang sungai dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{dh}{dr} = \frac{\alpha U^2}{g R}$$

dengan keterangan:

dh : perbedaan tinggi air (m)

dr : perbedaan panjang pada jari-jari tikungan (m)

U : kecepatan rata-rata penampang (m/det)

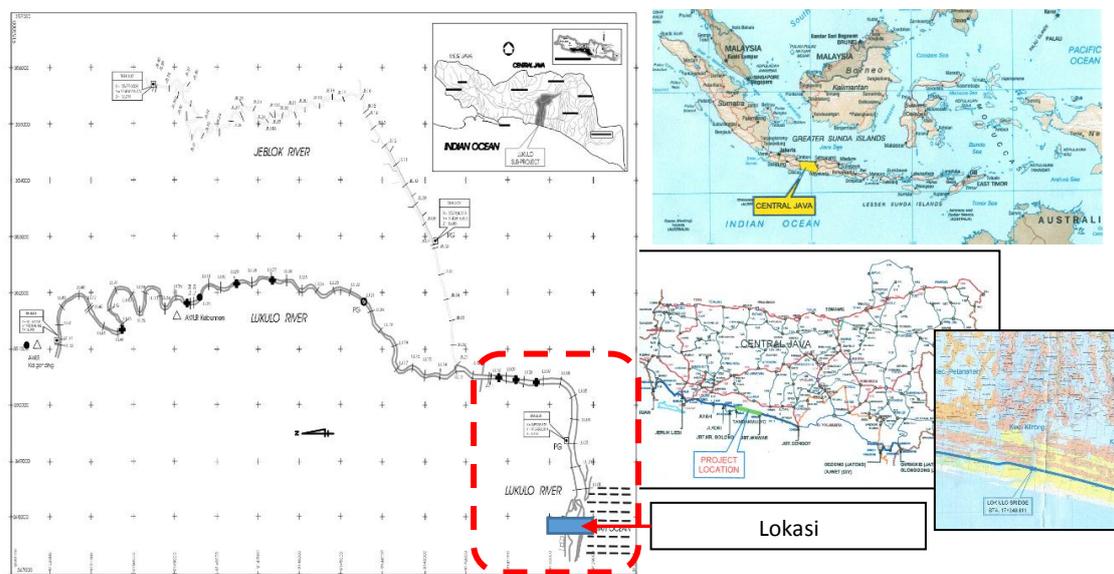
R : jari-jari tikungan (m)

g : percepatan gravitasi (m/det²)

α : koefisien Coriolis = 1,06

Karena dh/dr sama untuk setiap partikel sepanjang vertikal, maka di permukaan di mana $U^* > U$. $R_s > R$ dan di dekat dasar di mana $U^* < U$. $R_b < R$. Dengan demikian maka aliran di permukaan mengarah ke tikungan luar dan aliran di dekat dasar mengarah ke tikungan dalam, sehingga dihasilkan aliran spiral atau aliran helikoidal sepanjang tikungan.

Aliran helikoidal ini menimbulkan aliran sekunder dalam arah melintang (lateral) sungai dengan distribusi kecepatan yang hampir linier sepanjang kedalaman aliran.



Gambar 1 Lokasi Penelitian (Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2011)

Arah kecepatan aliran di dekat dasar terhadap arah kecepatan aliran rata-rata dinyatakan oleh:

$$\tan \delta = -\frac{2}{\kappa^2} \cdot \frac{h}{R} \left(1 - \frac{\sqrt{g}}{C}\right)$$

dengan keterangan:

δ : sudut antara vektor kecepatan di dekat dasar dengan vektor kecepatan rata-rata (0)

h : kedalaman aliran (m)

R : jari-jari tikungan (m)

κ : konstanta von Karman

C : koefisien Chezy (m^{0,5}/det)

g : percepatan gravitasi (/det²)

Untuk harga $C = 30 \sim 60$ m^{0,5}/det dan $\tan \delta$ berkisar antara 9,5 ~ 11 h/R.

Sebagai pendekatan dapat digunakan $\tan \delta = 10$ h/R.

Selanjutnya komponen lateral tegangan geser pada dasar σ_y , dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\tau_y}{\tau_x} = 10 \frac{h}{R}$$

dengan keterangan: $\tau_x = \rho g h l$

τ_y : tegangan geser pada dasar dalam arah sumbu memanjang aliran

Analisis ini hanya berlaku apabila terjadi aliran spiral secara penuh, tanpa ada pengaruh tebing. Pada kenyataannya, ada pengaruh gesekan sepanjang tebing dan pengaruh timbal balik antara aliran sekunder dan aliran utama, yang membedakan antara aliran spiral dan bentuk geometri.

Berdasarkan studi yang telah dilakukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, tahun 2012 didapatkan resume alur permasalahan, penanggulangan, dan hasil evaluasi dari hasil studi kasus lapangan, terkait morfologi sungai, seperti disampaikan pada Tabel 1.

Untuk membantu analisis banjir dan prediksi perubahan dasar sungai digunakan dua modul dari program *MIKE 11*, yaitu: Hidrodinamik dan Konservasi Massa Sedimen untuk material dasar sungai seragam atau Konservasi Massa Sedimen Bergradasi untuk material dasar sungai yang bergradasi. Model Hidrodinamik menyelesaikan persamaan kontinuitas aliran air dan persamaan momentum aliran air, sedangkan Modul Sedimen dan Sedimen

Bergradasi menyelesaikan persamaan kekekalan massa sedimen.

Persamaan untuk bagian hidrodinamik adalah persamaan kontinuitas air:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial h}{\partial t} = q$$

dengan keterangan:

Q : debit sungai (m³/det)

B : lebar sungai (m)

H : kedalaman air (m)

Δx : langkah jarak (m)

Δt : langkah waktu (det)

q : debit aliran lateral (m/det/m')

Persamaan momentum:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\beta Q^2}{A} \right] + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_f = 0$$

Dengan keterangan:

A : luas basah (m²)

B : koefisien Bousinesq (-)

S_f = kemiringan energi (-)

$$\frac{Q|Q|}{K^2}$$

$$= \frac{Q|Q|}{K^2}$$

K : kapasitas pengaliran yang dihitung berdasarkan persamaan Manning

$$\frac{2}{AR^3} = n$$

R : hidraulik radius (m)

$$= \frac{A}{P}$$

P : keliling basah (m)

n : koefisien kekasaran Manning (m^{1/3}/det)

Modul Hidrodinamik MIKE 11 menggunakan skematisasi Abbott - Lonescu dengan 6 titik untuk memecahkan persamaan diferensial berdasarkan metoda Beda-Hingga secara Implisit.

Persamaan kontinuitas sedimen:

$$(1-p) W \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial G}{\partial x} = 0$$

Dengan keterangan:

p : porositas material dasar (-)

W : lebar dasar sungai yang aktif mengalami degradasi dan agradasi (m)

z : elevasi dasar sungai (m)

G : laju angkutan sedimen (m/det)

Tabel 1 Permasalahan, Penanggulangan, dan Hasil Evaluasi Hasil Studi Kasus Lapangan (Sumber : Direktorat Binan Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

No	Studi Kasus / Permasalahan	Penanggulangan / Antisipasi	Jenis Teknologi	Evaluasi
1	Jembatan Sungai Cibadak - Jabar :			
	- Di hilir tikungan sungai	Bottom panels (krib tenggelam)	Beton / Pasangan batu dan Susunan karung pasir	Bottom panels beton / pasangan batu masih stabil dan berfungsi baik, sedangkan dari susunan karung pasir rusak / hanyut
		Tembok pelindung tebing dan sebagai pengapit bangunan pengendali dasar sungai	Pasangan batu dan beton bertulang	Pelindung tebing berfungsi baik (perkuatan tebing dan menjaga susunan blok beton terkunci sebagai bangunan pengendali dasar sungai)
	- Berada pada segmen hulu sungai (potensi degradasi dasar sungai)	Bangunan pengendali dasar sungai	Susunan blok beton terkunci Pemasangan rip-rap dari karung-karung pasir	Dari tahun 2005 - 2012 masih berfungsi dengan baik, walaupun terjadi gerusan lokal di hilirnya Karung-karung pasir kurang efektif / hanyut
2	Jembatan Cibarusah (S. Cipamingkis)			
	- Di hilir tikungan sungai	Bottom panels (krib tenggelam)	Susunan blok beton terkunci	Bottom panels hanyut
	- Pada segmen hulu sungai - Terdapat banyak aktivitas galian C	Bangunan pengendali dasar sungai	Susunan blok beton terkunci tanpa tembok pengapit	Setelah 8 tahun (terjadi degradasi > 3 m di hilir bangunan pengendali dasar sungai), terjadi gerusan tebing dan menghancurkan bangunan pengendali dasar sungai, serta memicu keruntuhan jembatan
3	Jembatan Katingan,			
	- Berada pada sudetan sungai	Penutupan sudetan sungai	-	Alur sudetan yang semula mempunyai lebar < 2 m, mengalami perubahan morfologi dalam arah vertikal dan horisontal, sehingga lebarnya menjadi > 200 m dan menunjukkan indikasi terus bertambah. Jembatan yang direncanakan dengan bentang < 200 m mengalami ancaman kerusakan
4	Jembatan Cibungur -			
	- Berada di sudetan sungai mendekati muara - Ada rencana dibangun bendung pengendali banjir di udik jembatan	-	-	Belum ada analisis detail terkait potensi <i>scouring</i> di sekitar jembatan
5	Jembatan Kali Kuto, Jateng			
	- Berada di daerah aktivitas galian C	Pembuatan bangunan pengendali sungai sistem berjenjang (<i>cascade dam</i>) Pemasangan rip-rap di hilir bangunan pengendali dasar sungai	Pasangan batu dan beton bertulang Blok beton terkunci dan batu boulder D > 30 cm	Bangunan pengendali dasar sungai dapat berfungsi dengan baik (<i>scouring</i> di bawah pilar jembatan tertutup sedimen) Rip-rap berfungsi baik dalam menjaga peredaman energi di hilir bangunan pengendali dasar sungai
6	Jembatan Cindaga, Jateng			
	- Berada pada daerah tikungan sungai	Model fisik 3D Pemasangan krib	- Susunan bronjong	Krib bronjong berfungsi baik mengarahkan aliran menjauh abutmen kiri jembatan

Untuk setiap langkah waktu dari aliran tidak langgeng, Modul Hidrodinamik *MIKE 11* menghitung kedalaman aliran, debit, dan kecepatan aliran pada setiap penampang di sepanjang sungai. Selanjutnya, Modul Konservasi Massa Sedimen menggunakan data kedalaman aliran, debit, dan kecepatan aliran, serta kemiringan muka air pada setiap penampang bersama dengan informasi ukuran butir pada

dasar sungai untuk menghitung laju angkutan sedimen yang lewat tiap penampang selama waktu tersebut. Pada setiap langkah waktu di antara penampang tersebut diterapkan persamaan kontinuitas massa sedimen untuk menentukan perubahan elevasi dasar sungai pada tiap penampang melintang. Untuk langkah waktu berikutnya, elevasi dasar sungai yang baru

ini digunakan oleh Modul Hidrodinamik MIKE 11 untuk menganalisis kondisi aliran.

Keterbatasan piranti lunak yang dipergunakan ini adalah:

- a) Tidak dapat mensimulasikan fenomena 'lokal' (misalnya gerusan pada pilar jembatan).
- b) Terjadinya bentuk dasar sungai (*bed form*) menggelombang atau meriak tidak dapat ditirukan secara cermat di model, sehingga efek perubahan kekasaran sebagai fungsi debit tidak dapat disimulasikan dengan teliti.

METODOLOGI

Tahapan dan metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

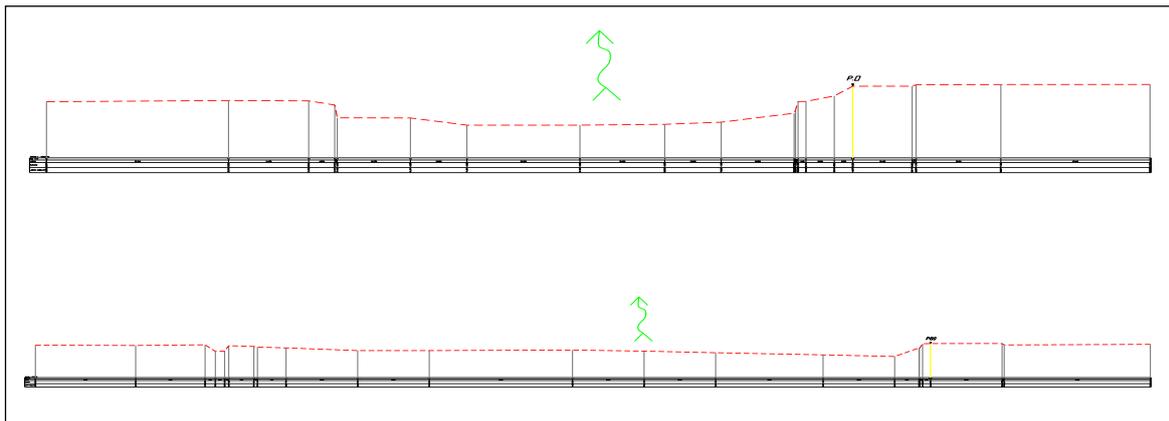
- 1 Pengumpulan data lapangan, dilakukan dengan cara kunjungan langsung lapangan,

wawancara dengan pihak-pihak terkait, dan pengumpulan data sekunder (data desain jalan dan jembatan, dan data topografi - morfologi sungai).

- 2 Analisis data parameter hidrometri (angkutan sedimen) dengan uji laboratorium.
- 3 Analisis masalah dan penentuan alternatif penanggulangan, dilakukan dengan pemodelan numerik dan perhitungan teoretis. Dua tahapan utama yang dilakukan dalam analisis ini, yaitu tahap pertama identifikasi potensi gerusan akibat degradasi dasar sungai dengan menggunakan analisis numerik 1D dan tahap kedua untuk identifikasi potensi gerusan tebing di sekitar lokasi jembatan dengan menggunakan analisis numerik 2D.
- 4 Penyempurnaan penanggulangan yang dapat disesuaikan dengan rencana bangunan jembatan awal.

Tabel 2 Lokasi dan Besar Volume Galian C di Sepanjang Sungai Luk Ulo (Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2002)

No	Lokasi	Volume (m3/tahun)	Desa
1	CP LU.33 / 7848	71	Kebagoran
2	CP LU.25 / 9248	29200	Jemur
3	CP LU.24 / 9447	21900	Jemur
4	CPLU.14 / 11908	8030	Karang Poh
5	BM LU.05 / 12889	11680	Gemasakti
6	LU.44 / 17307	47450	Warudoyong
7	LU.35 / 20773	10220	K. Waru
8	LU.29 / 22388	4563	Karang T.
9	LU.27 / 23302	1278	Bedug
10	LU.09 / 29755	32850	Pandan Lor
11	LU.08 / 30176	18250	Ayam Putih
12	LU.06 / 31048	10950	Karang Poh



Gambar 2 Tipikal Bentuk Potongan Melintang Sungai Luk Ulo di Sekitar Jembatan

PENGUMPULAN DATA

1 Data Studi yang Pernah Dilakukan

Berdasarkan hasil inventarisasi yang telah dilakukan, telah diidentifikasi adanya aktivitas galian C di sepanjang alur Sungai Luk Ulo. Besar dan lokasi galian C yang selama ini ada dapat dilihat pada Tabel 2.

2 Data Topografi

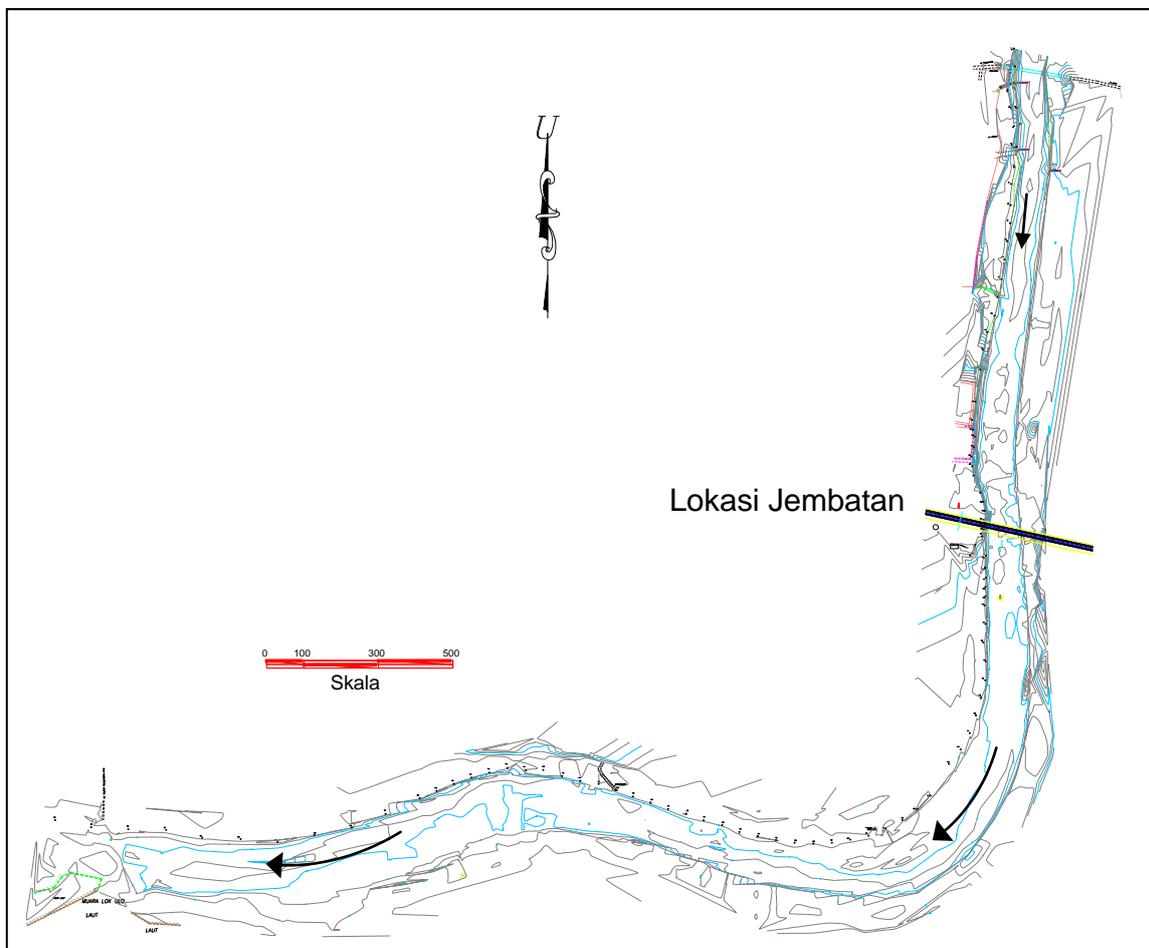
Data topografi yang digunakan dalam studi ini adalah data topografi Sungai Luk Ulo dari Jembatan Jalan Nasional Kebumen – Gombang sampai dengan muara, dengan panjang total ruas sungai yang diukur adalah $\pm 6,6$ Km dengan jarak antar penampang ± 50 m.

Gambaran data bentuk tipikal penampang dan layout topografi Sungai Luk Ulo lokasi kajian hasil pengukuran seperti disampaikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

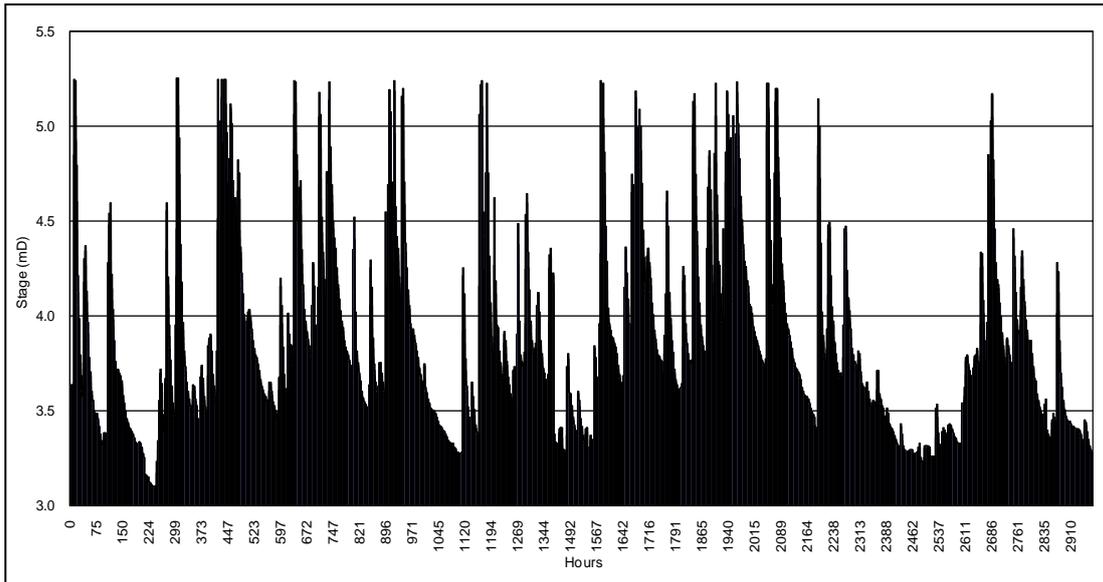
3 Data Debit Sungai Luk Ulo

Data debit yang pernah terjadi di Sungai Luk Ulo didapatkan berdasarkan data pencatatan muka air yang telah dilakukan. Data hasil pencatatan dan perhitungan tersebut selanjutnya dibuat kurva potensi kejadian (*flow duration curve*) untuk memperkirakan besarnya peluang terjadinya debit tertentu di Sungai Luk Ulo. Gambaran data hasil pencatatan kedalaman muka air, besarnya debit yang terjadi, dan kurva potensi kejadian debit tertentu, disampaikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

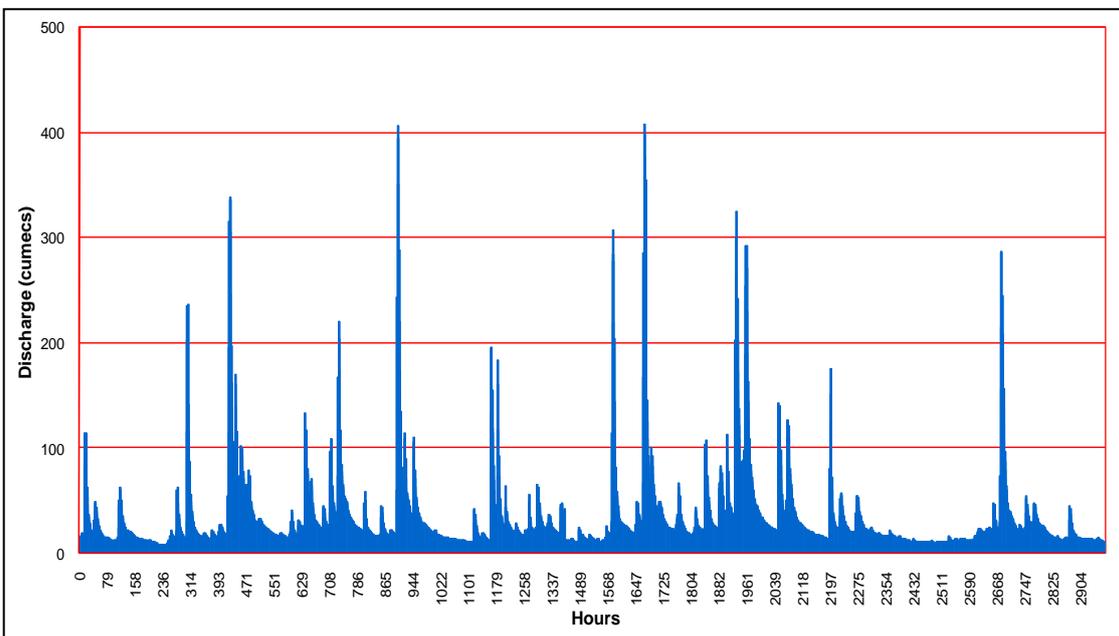
Dari hasil pencatatan dan perhitungan yang telah dilakukan, debit air yang paling besar yang pernah terjadi adalah $400 \text{ m}^3/\text{det}$, dengan besar debit dominan / debit alur penuh sungai $91,39 \text{ m}^3/\text{det}$ (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2011).



Gambar 3 Layout Sungai Luk Ulo Segmen Hilir (Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2011)



Gambar 4 Data Hasil Pencatatan Kedalam Muka Air di Sungai Luk Ulo (Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2002)

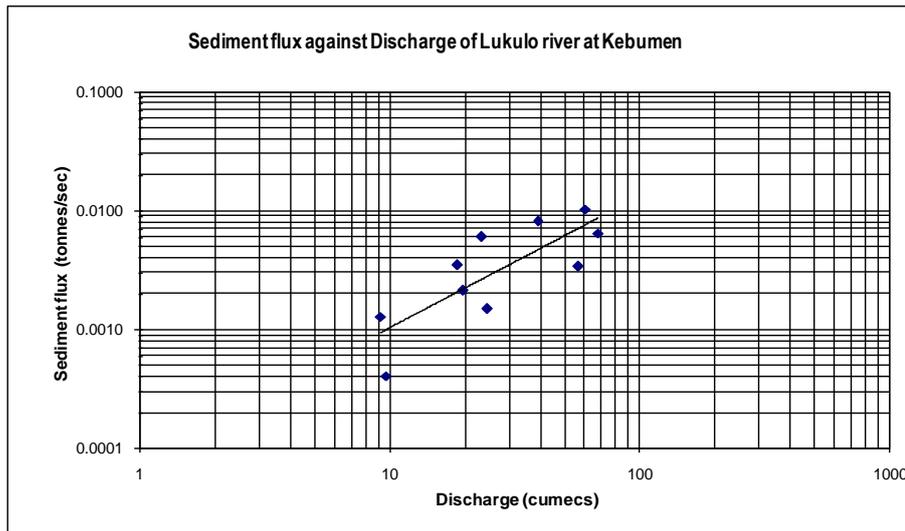


Gambar 5 Data Debit di Sungai Luk Ulo (Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2002)

4 Data Pengukuran Debit, Laju Angkutan Sedimen, Material Dasar Sungai, dan Pengujian Laboratorium

Pengukuran debit yang dilakukan adalah pengukuran debit sesaat, yang sekaligus diikuti dengan pengambilan contoh angkutan sedimen, dan material dasar sungai.

Lokasi pengukuran dan pengambilan contoh angkutan sedimen adalah di Jembatan Jalan Nasional Kebumen – Gombong. Pengukuran debit dan angkutan sedimen dilakukan minimal 3 kali untuk mendapatkan hubungan antara debit dan laju angkutan sedimen di Sungai Luk Ulo.



Gambar 6 Grafik Hubungan Antara Debit dan Laju Angkutan Sedimen Sungai Luk Ulo

Tabel 3 Resume Diameter Butir Material Dasar Sungai Luk Ulo

Sungai	Lokasi	Diameter [mm]			
		D ₃₅	D ₅₀	D ₆₅	D ₉₀
Lukulo	K. Gending	0.45	1.00	4.80	19.20
	LU. 11	0.32	0.50	0.70	6.32
	JB. 07	0.18	0.29	0.40	6.50

Keterangan : D₃₅ artinya 35% butiran material tertahan pada saringan

Dari hasil pengukuran dan analisis laju angkutan sedimen, didapatkan hubungan antara debit dan laju angkutan sedimen seperti terlihat pada Gambar 6. Dari hasil tersebut terlihat kecenderungan laju angkutan sedimen makin besar seiring dengan keanikan debit sungai.

Untuk material dasar sungai, pengambilan contoh (sample) dilakukan pada 3 titik, yaitu di lokasi udik (di K. Gending), segmen tengah (LU.11), dan segmen hilir (JB.07). Resume kondisi diameter butir material dasar Sungai Luk Ulo, seperti disampaikan pada Tabel 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Model Numerik

Analisis numerik yang dilakukan dalam studi ini terdiri dari dua analisis pemodelan numerik, yaitu : analisis model numerik 1D dan analisis model numerik 2D. Analisis numerik 1D dilakukan dengan menggunakan software Mike 11 (DHI Water & Environment, 2003), untuk melihat kecenderungan perubahan dasar sungai di lokasi studi, sedangkan analisis numerik 2D dilakukan untuk melihat kecenderungan gerusan samping / tebing, terutama di sekitar lokasi rencana jembatan dengan menggunakan software Mike 21C (DHI & Environment, 2004).

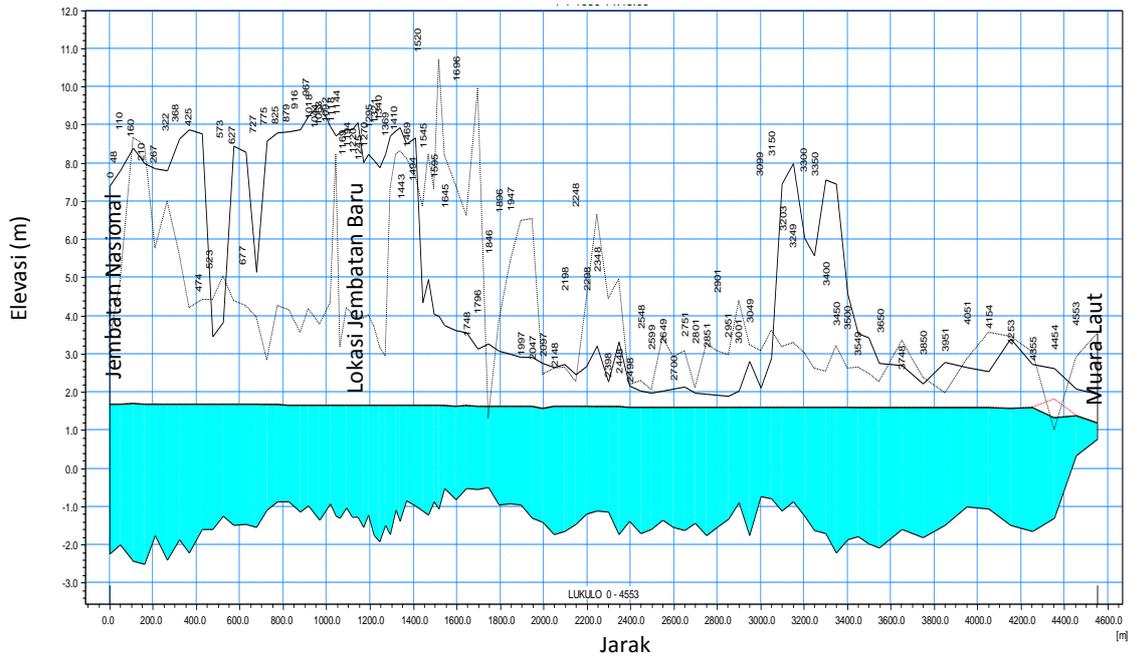
a. Analisis Model Numerik 1D

Seperti telah disinggung pada penjelasan sebelumnya, analisis model numerik 1D ini dilakukan untuk mengetahui kecenderungan perubahan dasar sungai yang terjadi pada waktu-waktu yang akan datang.

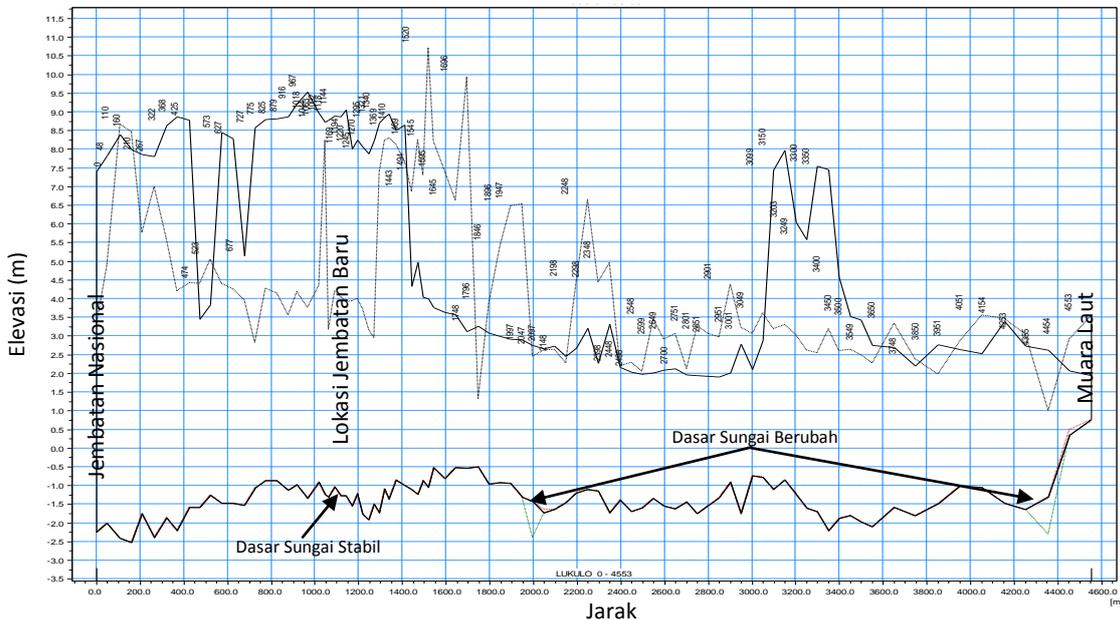
Sebagai parameter masukan (*input*) untuk batas udik model adalah debit dominan hasil pencatatan muka air / debit yang telah dilakukan. Debit dominan yang terjadi di Sungai Luk Ulo adalah $Q = 91,39 \text{ m}^3/\text{det}$, sedangkan untuk batas hilir dimasukkan parameter elevasi muka air sebagai fungsi debit. Diameter butir material dasar sungai hasil pengukuran dijadikan sebagai parameter masukan dalam perhitungan analisis perubahan dasar sungai (sesuai lokasi / segmen sungai).

Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan gambaran kondisi muka air dan kecenderungan perubahan dasar sungai seperti disampaikan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Dari hasil tersebut terlihat, untuk debit dominan, kondisi elevasi dasar sungai relatif stabil (tidak banyak terjadi perubahan / penurunan).

Memperhatikan hasil analisis tersebut dapat dikatakan bahwa lokasi jembatan relatif aman terhadap potensi gerusan lokal akibat degradasi dasar sungai.



Gambar 7 Kondisi Muka Air Sungai Luk Ulo (Warna Hijau) untuk Debit Dominan Hasil Model Numerik 1D



Gambar 8 Hasil Analisis Perubahan Dasar Sungai Luk Ulo (Garis Paling Bawah) di Lokasi Studi dalam 1 Tahun

b. Analisis Model Numerik 2D

Pada analisis model numerik 2D, untuk mengetahui perilaku morfologi sungai (terutama terkait dengan potensi gerusan pada tebing sungai), dilakukan dua skenario pemodelan, yaitu kondisi eksisting dan kondisi penanggulangan.

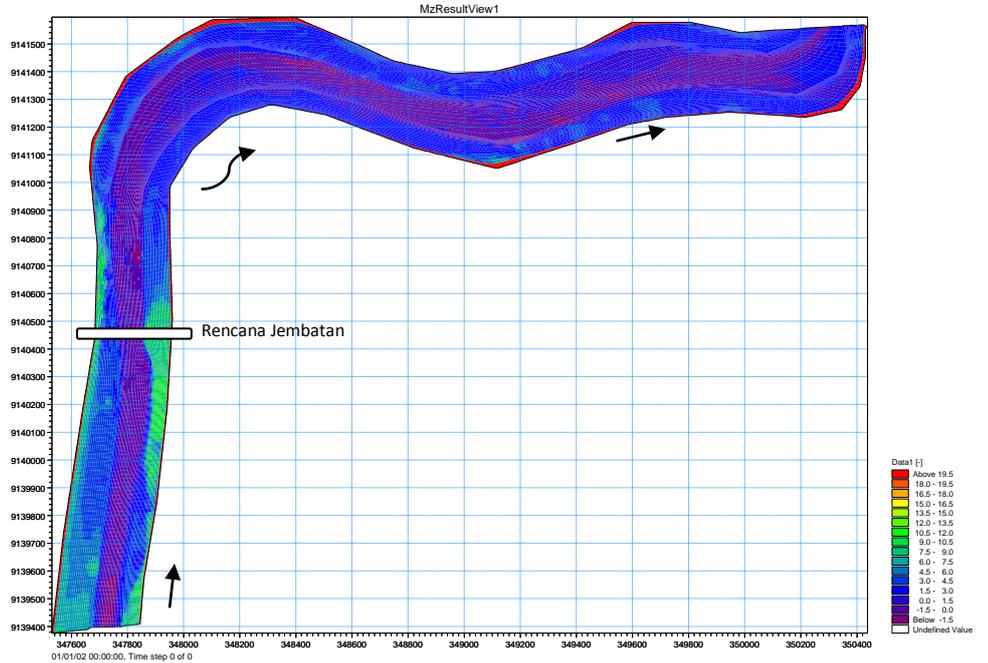
Kedua skenario pemodelan tersebut dicoba untuk kondisi debit banjir dominan ($Q = 91,39 \text{ m}^3/\text{det}$) dan debit banjir maksimum yang pernah terjadi ($Q = 400 \text{ m}^3/\text{det}$).

Skematisasi analisis pemodelan numerik 2D dalam lokasi studi ini dapat dilihat pada Gambar 9.

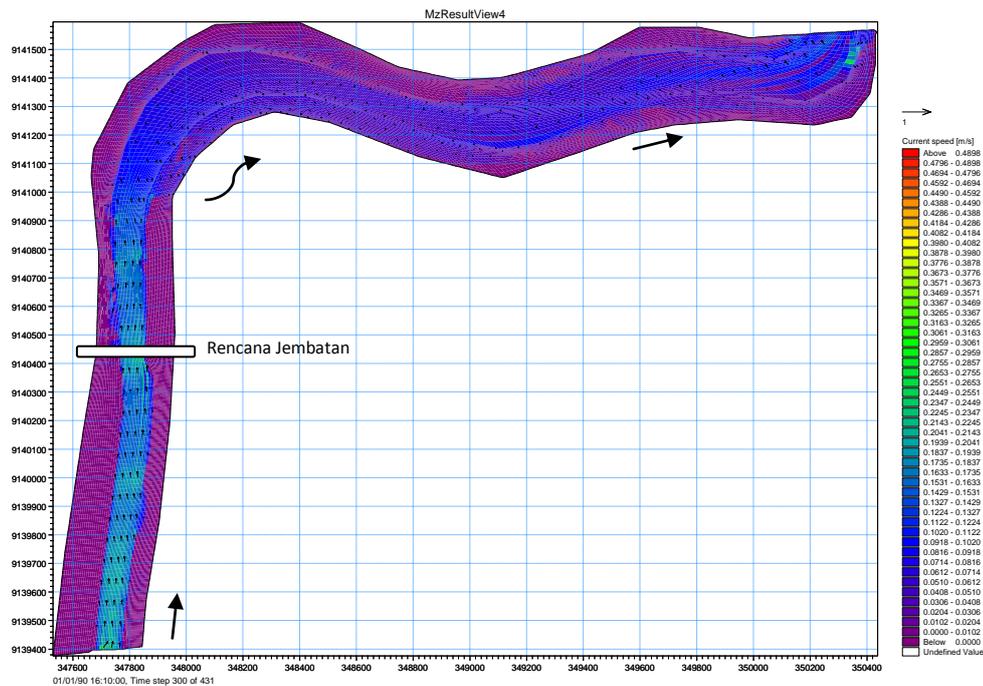
Analisis Kondisi Eksisting

Skenario kondisi eksisting dilakukan untuk melihat kecenderungan perkembangan morfologi sungai jika tidak dilakukan upaya penanggulangan, sedangkan skenario kondisi penanggulangan dilakukan dengan

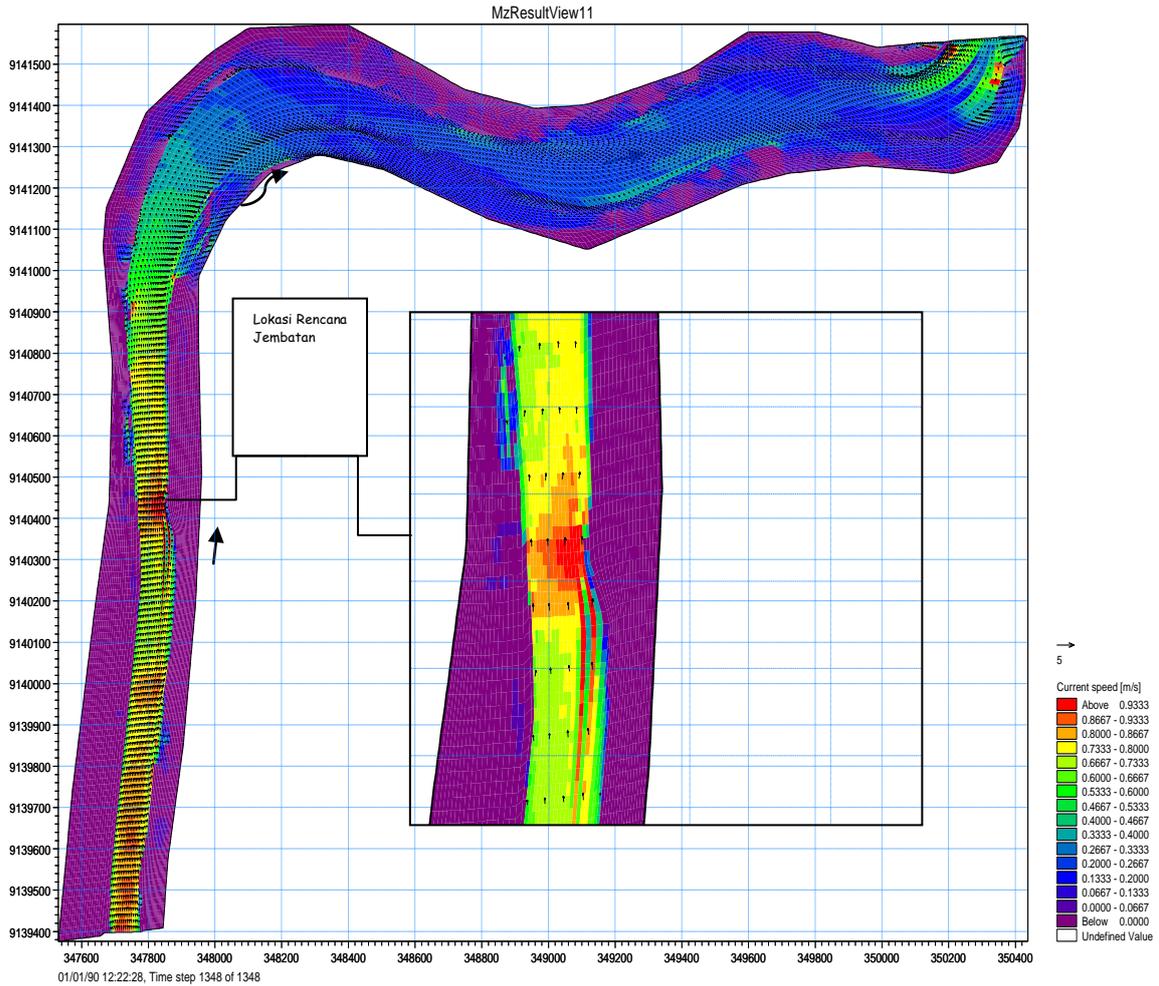
menambahkan bangunan pengarah arus air (krib) untuk mengurangi potensi gerusan di tebing sungai. Hasil analisis numerik 2D untuk kondisi eksisting disampaikan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



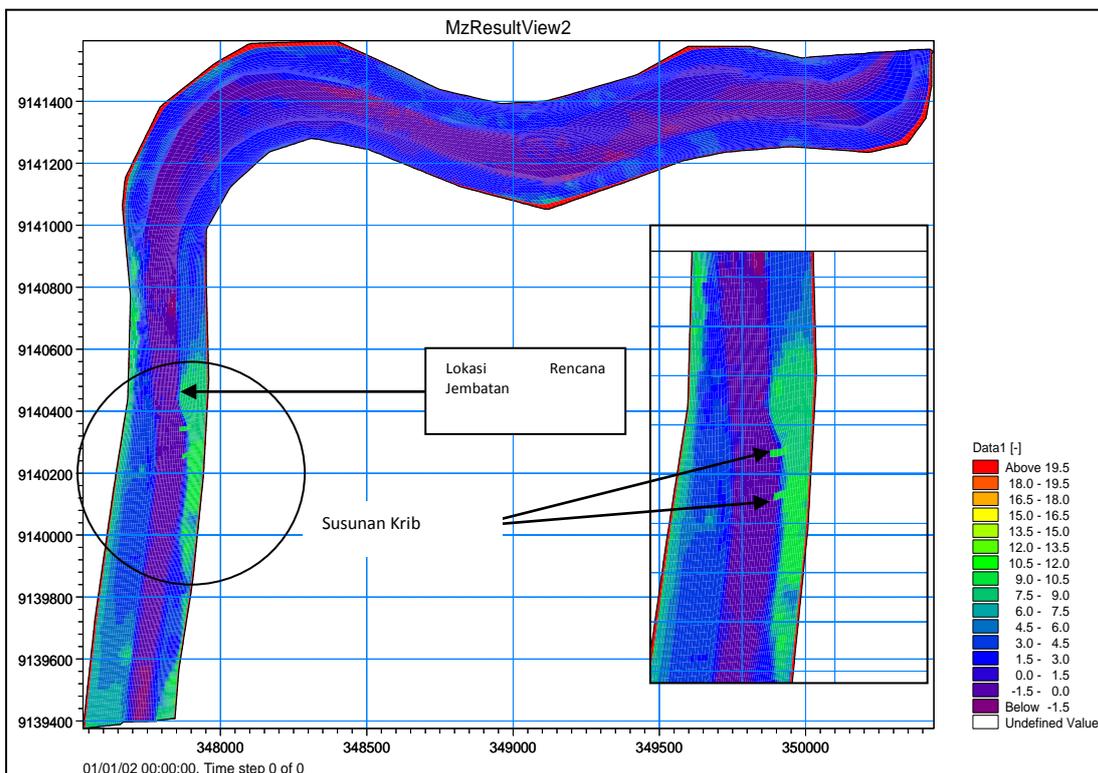
Gambar 9 Skematisasi Model Numerik 2D di Lokasi Studi



Gambar 10 Hasil Analisis Model 2D Kondisi Eksisting untuk Debit Dominan ($Q = 91,39 \text{ m}^3/\text{det}$)



Gambar 11 Hasil Analisis Model 2D Kondisi Eksisting untuk Debit Besar ($Q = 400 \text{ m}^3/\text{det}$)



Gambar 12 Skematisasi Pemodelan Penanggulangan

Dari hasil analisis kondisi eksisting terlihat bahwa untuk debit dominan, kecepatan di sepanjang Sungai Luk Ulo relatif rendah (warna biru). Dari hasil tersebut dapat dikatakan potensi gerusan tebing relatif kecil. Namun untuk debit besar, terlihat di lokasi rencana jembatan terdapat warna merah yang menunjukkan potensi gerusan yang besar, terutama pada tebing kanan. Hal ini juga diperkuat dengan kondisi lapangan yang menunjukkan adanya gerusan tebing di sisi kanan di sekitar lokasi rencana jembatan.

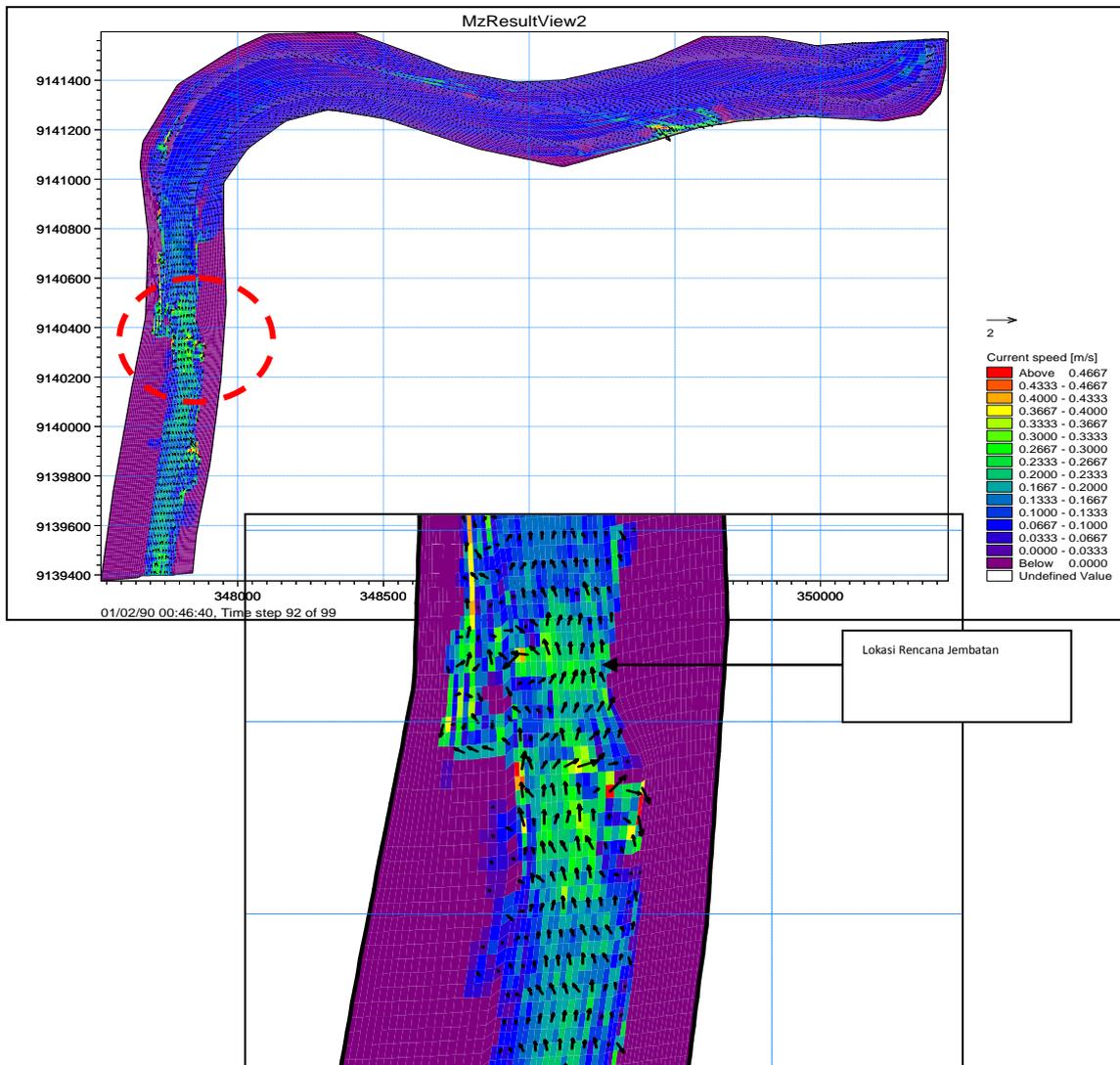
Analisis Kondisi Penanggulangan

Penanggulangan yang dilakukan pada skenario ini adalah dengan memasang bangunan pengarah arus (krib) di udik lokasi rencana jembatan untuk mengarahkan arus air menjauhi

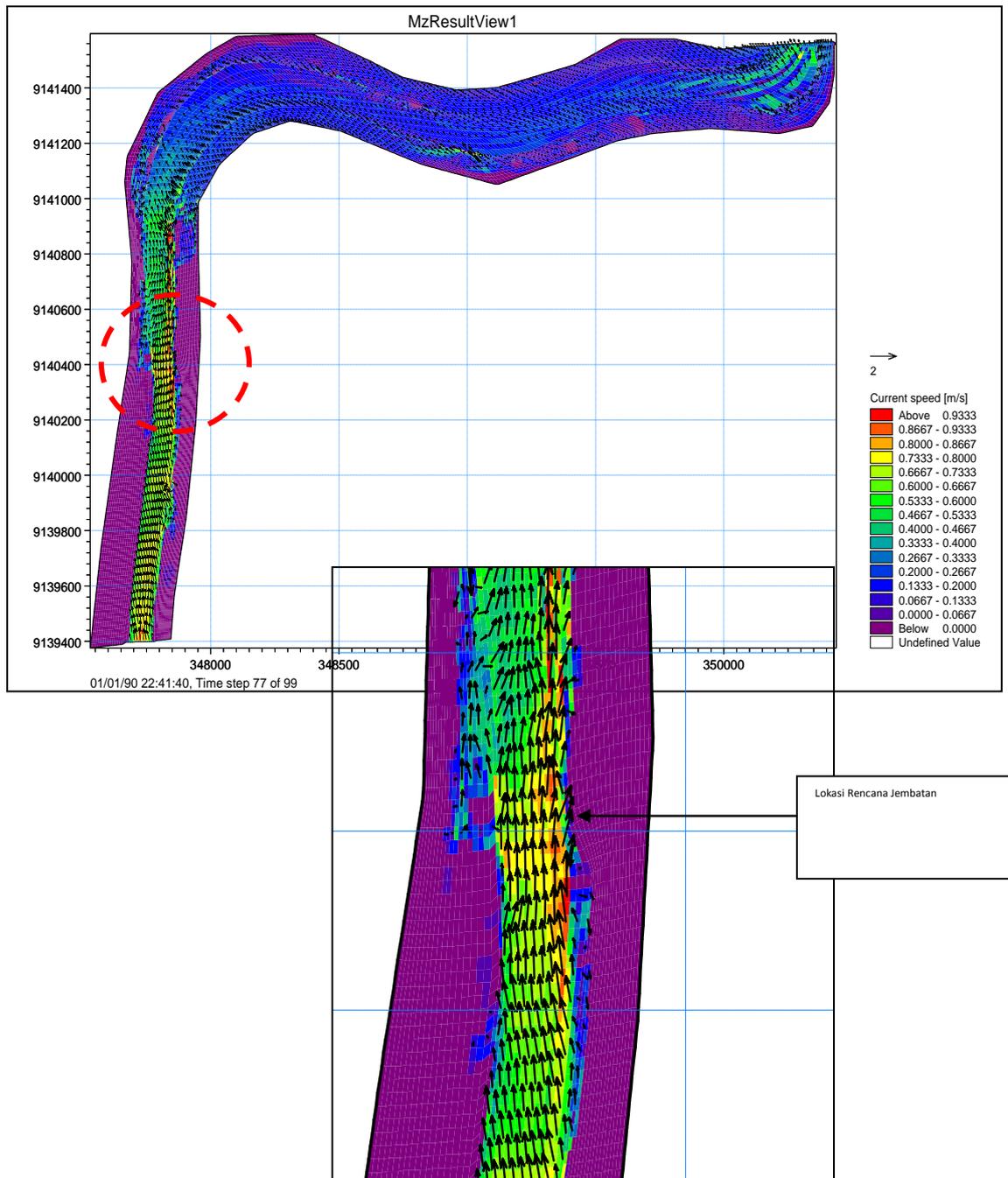
tebing kanan sungai (Direktorat Bina Marga, Laporan Kegiatan Penyusunan Manual Analisa Laju *Scouring* pada Jembatan beserta Penanganannya, 2012). Dari hasil beberapa kali percobaan tata letak krib, untuk meminimalkan potensi gerusan tebing di sekitar lokasi jembatan, diperlukan paling tidak 2 buah krib dengan susunan berjenjang dengan jarak ±100 m.

Skematisasi pemodelan yang dilakukan untuk analisis penanggulangan ini dapat dilihat pada Gambar 12.

Berdasarkan skematisasi pemodelan tersebut dilakukan analisis baik untuk debit rata-rata ($Q = 91,39 \text{ m}^3/\text{det}$) maupun untuk debit besar ($Q = 400 \text{ m}^3/\text{det}$). Hasil analisis pemodelan ini dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13 Hasil Analisis Model Numerik 2D Skenario Penanggulangan untuk Debit Rata-Rata ($Q = 91.39 \text{ m}^3/\text{s}$)



Gambar 14 Hasil Analisis Model Numerik 2D Skenario Penanggulangan untuk Debit Besar ($Q = 400 \text{ m}^3/\text{det}$)

Dari hasil analisis tersebut terlihat bahwa baik untuk debit air rata-rata maupun debit besar potensi gerusan (warna merah) pada tebing kanan sungai di sekitar lokasi rencana jembatan sudah jauh berkurang dengan kecenderungan berpindah ke tengah. Kecepatan arus yang terjadi di sekitar tebing kanan (lokasi rencana jembatan) kurang dari $0,3 \text{ m/det}$ untuk debit rata-rata, dan kurang dari 1 m/det untuk debit besar. Hal ini menunjukkan bahwa pola aliran yang terbentuk akibat pemasangan

susunan krib berubah dari semula terkonsentrasi ke tebing kanan sungai berubah ke tengah sungai. Dari hasil tersebut juga terlihat bahwa perubahan pola aliran yang terjadi tidak berpotensi juga terhadap gerusan tebing di sisi kiri sungai.

Berdasarkan analisis tersebut dapat dikatakan bahwa sistem krib yang dipasang di udik lokasi rencana jembatan cukup efektif dalam mengamankan struktur rencana jembatan, terutama terhadap bahaya gerusan tebing.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disampaikan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

Kondisi elevasi dasar Sungai Luk Ulo di lokasi studi (dari Jembatan Nasional Kebumen – Gombong) sampai muara relatif stabil, sehingga aman terhadap bahaya akibat penurunan dasar sungai. Tidak ada indikasi perubahan elevasi dasar sungai yang cukup berarti, terutama di sekitar lokasi jembatan, seperti terlihat dari hasil analisis numerik 1D.

Potensi gerusan tebing sungai (sebelah kanan) disebabkan bentuk topografi sungai tepat di udik sebelah kanan rencana jembatan. Potensi gerusan makin besar seiring dengan besarnya debit banjir yang terjadi.

Salah satu alternatif penanggulangan yang dapat dilakukan untuk menanggulangi potensi kerusakan yang terjadi akibat perilaku hidraulik adalah dengan pemasangan minimal 2 buah susunan krib yang ditempatkan di sisi kanan-udik jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- DHI Water & Environment. 2003. MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels. User Guide.
- DHI Water & Environment. 2004. MIKE 21C, River Morphology. A Short Description.
- Direktorat Bina Marga, 2012, Manual Analisa Laju Scouring pada Jembatan beserta Penanganannya. Laporan Kegiatan Penyusunan Manual Analisa Laju Scouring pada Jembatan beserta Penanganannya. Jakarta. Tidak diterbitkan.

Indrawan, D., Lestari S., 2006. Dampak Negatif Pemanfaatan Potensi Sungai untuk Perkembangan Kota (Studi Kasus Sungai Cipamingkis dan Kuto). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air, Implikasi Pemanfaatan Potensi dan Tata Ruang terhadap Pengelolaan Sumber Daya Air. Bandung.

Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2011. Potensi Kerusakan Jembatan Baru di Sungai Luk Ulo Hilir. Laporan Advis Teknik Potensi Kerusakan Jembatan Baru di Sungai Luk Ulo Hilir. Bandung. Tidak diterbitkan.

Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2002. South Java Flood Control Sector Project. Laporan Akhir Proyek South Java Flood Control Sector. Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan. Bandung. Tidak diterbitkan.

Zulfan J., Indrawan D., Yiniarti F., 2012. Pemodelan Numerik Pengamanan Sungai Saddang dengan Pemasangan Krib. Jurnal Teknik Hidraulik. Vol. 4 (1):51-62. Bandung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada yang terhormat : Ibu Yiniarti, Bpk Ririn Rimawan, dan tenaga ahli sampai teknisi di lingkungan Balai BHGK Puslitbang SDA.