

PENGARUH SUNGAI PADA KERUSAKAN JALAN DAN JEMBATAN

Siti Fatimah

*Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jln. Babarsari 44, Yogyakarta 55281.
E-mail: fatimah@mail.uajy.ac.id*

ABSTRAK

Jembatan adalah bangunan yang melintang sungai untuk menyeberang dari satu sisi ke sisi sungai yang lain. Jembatan didukung oleh pangkal jembatan dan pilar jembatan. Pada penelitian David W. Smith, dari 143 kerusakan jembatan yang diteliti, 66 kerusakan disebabkan oleh arus sungai. Arus sungai dapat disebabkan oleh sifat dinamik sungai, alami atau artifisial. Kerusakan jalan dan jembatan dapat disebabkan oleh arus lintang saat banjir yang menabrak batuan keras (batuan alami atau tebing buatan), pertemuan sungai, dll. Sebagai contoh adalah di Kali Ngasinan, Tulung Agung Selatan, Bengawan Solo di Banaran, jembatan di Babat Jawa Timur. Perbaikan sebaiknya dilakukan dengan tidak menghambat arus yang lewat, tetapi dengan menyalurkannya, misalnya dengan pembuatan krib berupa tiang, pembelokan alur dll. Sedang kerusakan jembatan yang terjadi saat debit kecil terutama adalah oleh adanya penambangan galian C atau adanya bangunan yang menahan jumlah besar sedimen sungai, sehingga saat debit kecil sediment transport capacity (STC) sungai tidak dipenuhi dan menyebabkan terjadinya erosi. Contoh adalah rusaknya jembatan Srandakan atau jembatan Kali Krasak. Kasus ini dapat diatasi antara lain dengan membuat ground sill. Perbaikan jalan dan jembatan yang rusak akibat arus sungai dan banjir hendaknya sesuai dengan penyebabnya dan penentuan letak jembatan pada perencanaan mempertimbangkan sifat dinamik sungai.

Kata kunci: kerusakan jembatan, arus, STC, krib, ground sill.

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bangunan yang melintang sungai yang dibuat untuk menyeberang sungai dari satu sisi ke sisi sungai yang lain, struktur serupa jembatan antara lain adalah talang air yang juga menggunakan pangkal jembatan atau pilar bila bentang jembatan cukup panjang.

Kerusakan jembatan dapat dibagi menjadi dua

a. Kerusakan pada bangunan atas jembatan

Kerusakan pada badan jembatan dapat terjadi sebagai akibat dari retak struktural, lendutan, goyangan (angin, dll), kerusakan lantai kendaraan dan tumpuan/*bearing*, oleh gaya-gaya yang bekerja pada jembatan seperti kelebihan beban, kecelakaan (misal kerusakan pada jembatan Kali Krasak karena terbakarnya tanki bensin yang menyebabkan luluhnya kerangka baja), karena tumbukan, runtuh akibat gaya gempa atau angin, korosi, aliran debris, dll.

b. Kerusakan pada bangunan bawah jembatan

Pangkal jembatan dan pilar jembatan dapat rusak karena gerusan yang ditimbulkan oleh arus, aliran debris atau gerakan fondasi.

Untuk kajian kerusakan pada bangunan bawah jembatan perlu memperhatikan sifat dinamik sungainya, seperti kemungkinan adanya meandering, adanya arus lintang, batuan keras, dll. Kerusakan jembatan ini umumnya terjadi saat banjir, walaupun ada jembatan yang runtuh saat debit kecil.

Makalah ini akan mengkaji kerusakan-kerusakan jembatan terkait dengan perilaku sungai yang diakibatkan oleh gerusan serta analisis perbaikannya dan beberapa contoh kasus yang ada di Indonesia. Sedang kerusakan jalan akibat sungai umumnya karena genangan air banjir yang berulang kali terjadi.

2. KERUSAKAN JEMBATAN KARENA PENGARUH SUNGAI

Tinjauan Umum

Berdasar penelitian yang dilakukan David W. Smith, dari 143 kerusakan jembatan yang diteliti ada 66 kerusakan yang disebabkan karena gerusan oleh arus sungai. Kerusakan yang lain adalah oleh gerakan fondasi, aliran debris,

kerusakan pada badan jembatan, kerusakan karena kelebihan beban atau kecelakaan, kerusakan oleh tumbukan, akibat gempa, angin atau korosi. Pada penelitian ini, dari 143 kerusakan yang diteliti 66 diantaranya karena gerusan yang terjadi pada sungai..

Tabel 1. Kegagalan jembatan (penelitian David W. Smith)

No	Penyebab Kerusakan	Jumlah Jembatan yang Rusak	Keterangan
1	Gerakan fondasi dan gerusan sungai	70	2 gerakan tanah 1 aliran debris 66 gerusan 1 gerakan fondasi
2	Kerusakan pada badan jembatan	22	19 kerusakan/patahnya pelat atau anker
3	Overload dan ditabrak kapal	14	10 ditabrak kapal
4	Kerusakan saat pengangkatan	12	
5	Kerusakan saat gempa	11	
6	Kesalahan design terkait materialnya	5	
7	Angin	4	
8	<i>Fatigue</i>	4	3 pada bahan baja tuang dan 1 korosi
9	Korosi		
	J u m l a h	143	

Sumber: Bridge Engineering (Ponnuswamy)

Tampak pada tabel di atas, bahwa umumnya kerusakan bangunan bawah jembatan disebabkan oleh gerusan Karena itu dalam penentuan lokasi jembatan harus juga mempertimbangkan perilaku dinamika sungainya, terutama pada sungai alluvial. yang mempunyai tampang lintang, tampang memanjang dan kemiringan sungai yang cenderung berubah tergantung debit, material dasar dan tebing sungai dan kualitas dan jumlah sedimen yang dibawa, maka perlu memperhatikan STC (*sediment transport capacity*) dari sungai, STC adalah kemampuan sungai untuk membawa sedimen, apabila sedimen yang dibawa sungai lebih kecil dari STC nya maka sungai akan mengerosi dasar atau tebing sungai sampai STC nya. Sebaliknya bila sedimen yang dibawa sungai lebih besar misal karena adanya longsor, maka sungai akan mengendapkan sebagian sedimen sampai mencapai batas STCnya. STC dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain debit, kemiringan dasar, keccepatan aliran.

Pengaruh Erosi dan Sedimentasi Sungai

Dalamnya gerusan pada sungai dapat dihitung berdasar rumus-rumus yang ada, misalnya teori Lacey, Shen, Blench, Laursen, dll., namun beberapa kasus menunjukkan bahwa selain kondisi umum yang dapat dihitung dengan rumus-rumus tersebut perlu juga memperhatikan pengaruh gerusan akibat sifat dinamis sungai. Beberapa sifat dinamis sungai yang disebutkan di atas adalah pengaruh arus sungai di belokan dan pada pertemuan sungai, adanya arus lintang oleh batuan keras baik alami atau buatan manusia dll.

Karakteristik Sungai di Belokan

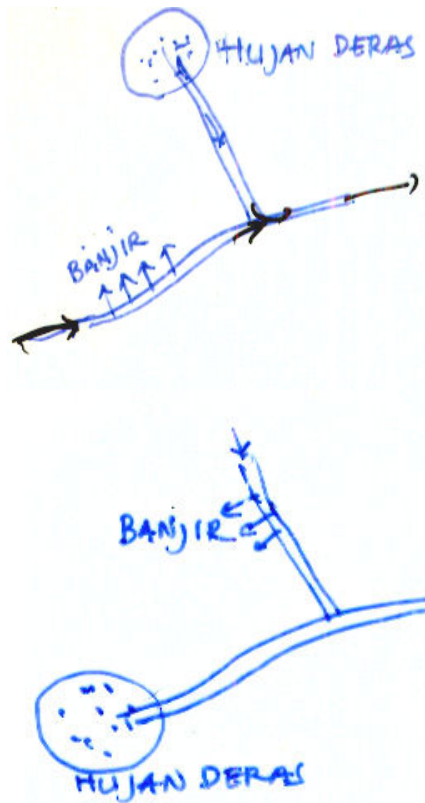
Sungai pada belokan akan mengalami gerusan pada belokan luar dan sedimentasi pada belokan dalam. Belokan luar dapat tergerus karenanya jembatan sebaiknya diletakkan pada bagian lurus sungai yang tidak banyak terpengaruh oleh meandering atau dengan perlindungan fondasi terhadap gerusan maksimum.

Pertemuan Sungai

Kasus banjir di Jawa sedikit berbeda dengan kasus banjir di Sumatra atau Kalimantan yang sungainya sangat lebar. Pada kasus pertemuan sungai dijumpai beberapa kemungkinan terkait dengan perbandingan lebar dan/atau kemiringan kedua sungai.

Banjir pada bagian hulu pertemuan sungai

Banjir pada bagian hulu sungai umumnya terjadi karena salah satu DAS sungai (misal sungai A) hujan deras sehingga menyebabkan debitnya besar sedang sungai yang lain (misal sungai B) DAS nya tidak hujan sehingga debitnya kecil. Pada pertemuan sungai tersebut dapat terjadi arus sungai A menyilang sungai B, sehingga arus lintang menghambat aliran sungai B dan terjadi *back water* yang dapat menyebabkan banjir pada hulu sungai B. Kondisi ini dapat terlihat bila dilempar kayu pada sungai B akan tampak kayu tersebut tidak mengalir ke hilir melainkan terhenti pada pertemuan sungai dan bila kayu dilemparkan ke sungai A kayu dapat mencapau tepi luar sungai B. Arus lintang tersebut juga terlihat dari gerusan pada dasar sungai B setelah banjir selesai



Gambar 1. Kasus pertemuan sungai

Kasus yang sama dapat juga terjadi bila DAS sungai B hujan deras dan DAS sungai A tidak hujan.

Pada kasus banjir ini mengingat ada beberapa cara untuk mengatasinya, perlu dipertimbangkan pemilihan cara pengatasan masalah yang ekonomis antara beberapa cara yang ada. Tetapi kalau masalah pokok banjir tersebut karena air tidak dapat lewat karena terhalang arus lintang, maka sebaiknya diatasi sesuai penyebabnya. Dalam hal ini dibuat suatu alur agar kedua arus sungai dapat melewati pertemuan sungai dengan lancar.

Banjir pada hilir sungai biasanya terjadi pada saat hujan deras pada kedua DAS sungai dan arus kedua sungai sama kuat dan tampang sungai pada hilir tidak dapat menampung.

3. PENYEBAB DAN PENGATASAN KERUSAKAN JEMBATAN OLEH PENGARUH SUNGAI

Penyebab Kerusakan Jembatan oleh Pengaruh Sungai

Pada dasarnya perencanaan jembatan harus menempatkan jembatan di bagian sungai yang arusnya lurus untuk menjaga kemungkinan terjadinya erosi dan sedimentasi yang tidak menguntungkan bagi jembatan. Walaupun demikian hal ini tidak menjamin jembatan tersebut cukup aman. Beberapa kegagalan jembatan yang dijumpai walaupun sudah ditempatkan di bagian yang lurus adalah karena antara lain:

a. Gerusan sungai pada pangkal jembatan

Gerusan sungai pada pangkal jembatan umumnya terjadi karena arus sungai, pada kondisi ini biasanya hanya pada satu sisi pangkal jembatan. Gerusan pada pangkal jembatan dapat juga disebabkan karena sedimen yang dibawa lebih kecil dari *sediment transport capacity* sehingga aliran akan mengambil sedimen sampai STC nya terpenuhi, misalnya pada jembatan yang terletak pada hilir bangunan Sabo atau di hilir dari bendung

b. Adanya arus lintang yang menyilang atau melompat baik karena batuan keras, dll, kasus ini umumnya terjadi pada saat banjir besar pada saat aliran sungai mengenai batuan keras (alami atau artifisial) di belokan sungai.

c. Meandering sungai menyebabkan perubahan alur secara alami yang menyebabkan perubahan arah arus.

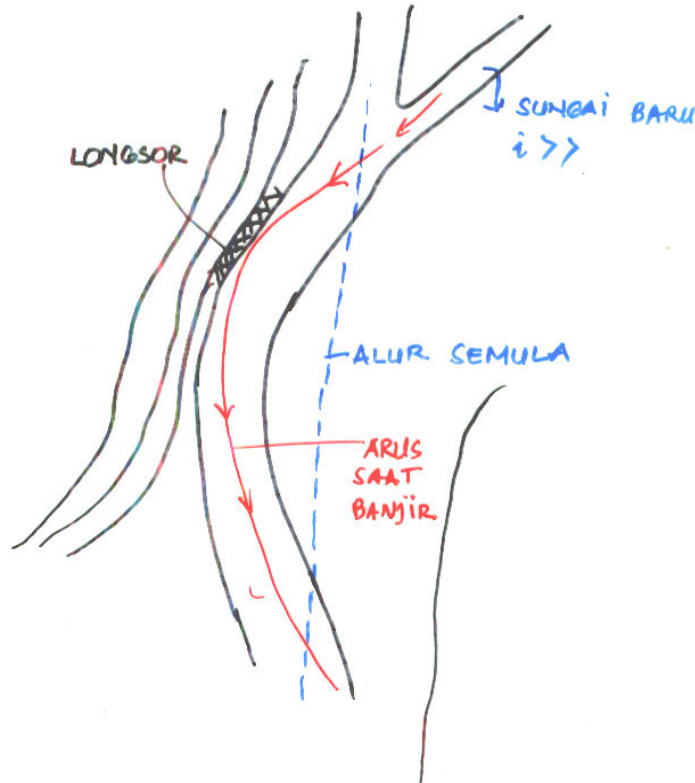
d. Perlakuan yang dilakukan manusia pada sungai yang menyebabkan perubahan arus dan alur sungai

e. Adanya back water,

f. dll.

Contoh Kasus Pengawasan Masalah Kerusakan Jembatan oleh Pengaruh Sungai

a. Kerusakn jembatan akibat pertemuan Kali Tambak Bayan dengan sungai baru



Gambar 2. Kerusakan jembatan karena arus lintang

Kasus ini terjadi karena adanya alur baru yang mengikis tebing yang cukup tinggi (lebih kurang 12 m) sebelah kiri gambar dan menyebabkan longsor dan arah arus berubah saat banjir. Karena pada daerah yang longsor tersebut kemudian dilindungi dengan perkuatan tebing maka saat banjir besar timbul arus lintang yang mengarah pada fondasi jembatan bagian hilir. Akibat gerusan dalam pada fondasi kondisi jembatan dapat terguling, maka untuk mengatasinya dipasang *pile skirt*, sehingga tergulingnya jembatan dapat dihindasi. *Pile skirt* adalah turap yang dipasang di keliling fondasi yang tergerus,

b. Kasus banjir akibat pertemuan Kali Gondang dengan Kali Ngasinan



Gambar 3. Kerusakan jalan akibat banjir pada pertemuan sungai

Banjir kemudian melimpas kejalan dan menimbulkan kerusakan pada badan jalan. Pada kasus ini terjadi arus lintang saat salah satu DAS mengalami hujan deras sedang DAS yang lain tidak hujan yang menyebabkan terjadi banjir dengan arus deras pada sungai yang banjir yang menghambat aliran sungai yang tidak banjir. Pengatasan masalah sebaiknya dilakukan perubahan alur seperti pada gambar agar masalah ini dapat diatasi.

c. Kasus Jembatan Srandakan, Yogyakarta

Jembatan Srandakan didukung oleh banyak pilar karena lebar sungai yang besar yang terletak di muara Kali Opak. Salah satu pilar mengalami penurunan yang besar sehingga badan jalan di kiri kanan pilar tersebut runtuh. Sungai sudah merupakan *braided channel* dan terjadi gerusan-gerusan setempat oleh alur alur kecil, terutama saat debit kecil. Dari kajian lapangan tampak bahwa keruntuhan jembatan terjadi karena adanya gerusan yang terjadi di sekitar pilar jembatan pada debit kecil, karena sedimen yang terangkut lebih kecil dari STC akibat banyaknya galian C. Perbaikan yang disarankan adalah pembuatan groundsil dan dilakukan perbaikan khusus pada bagian fondasi yang rusak.

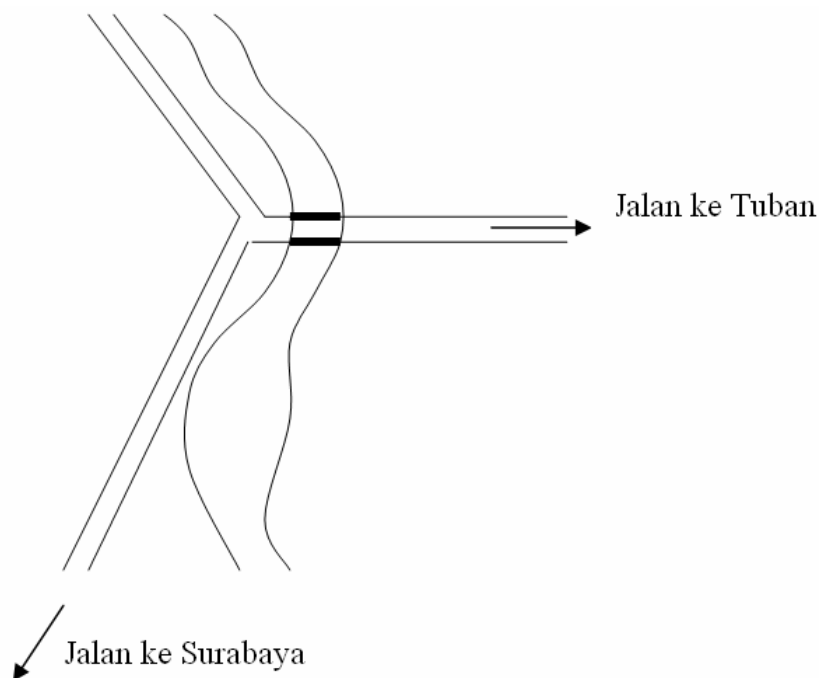
Perbaikan yang dilakukan dapat berupa grouting pada dasar fondasi yang turun dan batas grouting dapat dilakukan dengan memasang pembatas grouting atau dengan menggunakan tiang Strusz sebagai penguat. Pada kasus jembaaan Srandakan dibuat jembatan baru justru di bagian hilirnya.

d. Kasus jembatan Krasak, Jawa Tengah

Pada awal Sabo dam dibuat di Indonesia, umumnya Sabo dam merupakan dam yang impermeabel (tidak ada lubang pada badan bendung), sehingga sedimen tertahan di hilir bendung saat debit kecil. Sedimen terangkut menjadi lebih kecil dari kemampuan sungai untuk membawa sedimen.dan lebih kecil dari STCnya, maka sungai akan mengambil sedimen dari dasar dan tebing sungai yang dilaluinya. Pada kasus Kali Krasak ini terjadi gerusan yang cukup besar pada pangkal jembatan Kali Krasak. Pada kasus ini umumnya dilakukan penyelesaian masalah dengan membuat ground sill di bagian hilir jembatan. Kasus gerusan ini berkurang sejak mulai dibuat Sabo dam yang permeabel (Sabo dam yang dibuat lubang pada badan bendungannya)..

e. Kasus jalan Tuban-Surabaya di Bojonegoro

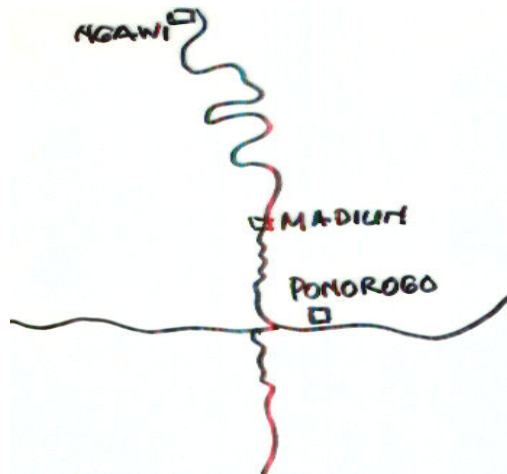
Ada pusaran air yang mendesak arus, sehingga membahayakan jalan, dan menimbulkan genangan pada jalan saat debit sungai besar, sehingga sewaktu-waktu jalan dapat terputus karenanya. Untuk melindungi tebing memang dapat saja digunakan perlindungan tebing, tetapi juga dapat membahayakan jalan ke arah Tuban, dibuat krib yang berupa tiang pancang beton yang dikenal dengan nama krib Gajah Mada, dan ternyata cara ini tidak menimbulkan erosi sampingan dan cukup aman karena kontraksi pada tiang justru akan menimbulkan sedimentasi di daerah gerusan sehingga jalan ke Surabaya akan aman. Pemasangan bronjong batu dalam kasus ini tidak baik karena kondisi tanahnya.



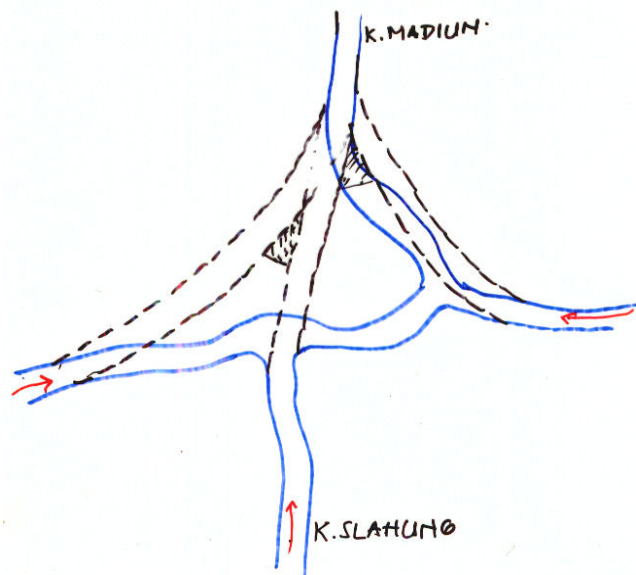
Gambar 4. Pencegahan kerusakan jalan akibat pusaran arus.

h. Pertemuan Kali Slahung dan Kali Madiun

Pertemuan sungai menyebabkan aliran air terhambat dan terjadi banjir, dan jika banjir dapat diatasi maka air dari pertemuan tersebut semuanya akan masuk ke Kali Madiun.



Gambar 5. Banjir Kali Madiun



Gambar 6. Pengatasan masalah banjir Kali Madiun

Dengan perbaikan alur tersebut hambatan aliran dapat dihindari sehingga tidak terjadi back water yang menyebabkan banjir. Sebelum perbaikan alur dilakukan, Kali Madiun harus dilakukan perbaikan lebih dahulu agar dapat menampung saat terjadi banjir.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- Pemilihan lokasi jembatan tidaklah sekedar diletakkan pada bagian yang lurus dari sungai, tetapi juga harus mempertimbangkan sifat dinamik sungainya sesuai dengan umur bangunan yang direncanakan..
- Energi air yang merusak pada kasus-kasus yang ditinjau harus diredam bukan dilawan, karena perlawanan terhadap energi air akan menimbulkan tumbukan dan memungkinkan adanya kerusakan di tempat lain.
- Pengatasan banjir tidak selalu dengan tanggul banjir atau waduk, tetapi juga mempertimbangkan penyebab banjirnya dengan mempertimbangkan faktor ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen R.L.John, 1970, *Physical Process of Sedimentation*, George Allen & Unwin Ltd, London.
- Rosgen Dave, 1996, *Applied River Morphology*, Elsevier Science, Amsterdam.
- Chorly J.Richard, *Introduction to Fluvial Process*, Methuen & co.Ltd, London.
- Garde R.J. & Ranga Raju, 1977, *Mechanism Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*.
- Fatimah, 2007, *Kajian Banjir pada Pertemuan Sungai*, PIT HATHI XXIV, Makasar
- Kinori B.Z., 1984, *Manual of Surface Drainage Engineering*. Elsevier Science Publishing Company, Amserdam, Netherland
- Marie Morizawa, 1968, *Streams, Their Dynamic ang Morphology*, Mc Graw Hill In, USA
- Soenaryo, 1988, *Kuliah Teknik Sungai S2*, Universitas Gadjah Mada
- Suyono Sosrodarsono & Masateru,T., 1994, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, Pradnya Paramita, Jakarta.

*KoNTeKS 3, UPH – UAJY
Jakarta, 6 – 7 Mei 2009*