

**PENGARUH ALIRAN SUNGAI TERHADAP PENGGERUSAN DISEKITAR
PILAR JEMBATAN
(STUDI KASUS JEMBATAN SRANDAKAN KULON PROGO)**

Ashal Abdusalam, ST.,MT, M. Furqon Hakim

^{1,2)} Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ) Wonosobo
Jl. Kalibeber Km. 3 Wonosobo, 56351 Telp (0286) 321 873
Email: ashalabdussalam@gmail.com

Abstrak

Proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran merupakan pengertian Gerusan lokal (local scouring). Adanya pusaran yang disebabkan oleh gerusan lokal umumnya terjadi pada alur sungai yang terhalang pilar jembatan. Pusaran tersebut terjadi di bagian hulu pilar. Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut disebut kondisi kritik. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser dasar (τ_0), kecepatan aliran (U) juga mencapai kondisi kritik.

Penelitian dilaksanakan pada Jembatan Srandakan yang terletak pada Lintas Kabupaten Bantul – Kabupaten Kulon Progo km 23.170 dari Yogyakarta. Jembatan Srandakan menyebrangi Kulon Progo hilir, yang merupakan jembatan terpanjang di Pulau Jawa yaitu : 531 m, dari Fondasi dan Pilar (2 dari 58 pilar) turun. Kegagalan pilar jembatan fondasi terjadi pada pilar ke 25 dan pilar ke 26 yang akan diteliti. Pola penggerusan di sekitar pilar akibat aliran karena terbentuknya pusaran, tekanan dari aliran. Kecepatan normal sebelum melintas di pilar 0,85 m/dt, 0.14m/dt saat aliran melintas diantara pilar. Untuk kecepatan aliran 2.16 m/dt dengan diameter 0,85mm dan $U^ 0,077$ m/dt dilihat dari diagram shields pada butiran tersebut bergerak. Akibat butiran tersebut bergerak maka gerusan pada pilar terjadi. Terjadinya gerusan, akibat tekanan aliran yang menekan, dan terbentuknya pusaran pada pilar secara terus menerus maka pilar Jembatan Srandakan tersebut mengalami penurunan di*

pilar ke 25 dan pilar ke 26. Dengan dibuatnya cek dam di belakang bawah jembatan akan mengurangi gerusan pada pilar.

Kata kunci : gerusan, aliran, material sedimen, diameter butiran, cek dam

Latar Belakang

Berdasarkan data dari Kementerian Pekerjaan Umum (PU) pada tahun 2011 jumlah sungai yang ada di Indonesia sekitar sebanyak 5.590 sungai. Dengan ekivalen sepanjang 1.000 km jumlah jembatan di Indonesia sebanyak 88.000 jembatan, dari jumlah tersebut dengan ekivalen sepanjang 500 km 30.000 diantaranya berstatus sebagai jembatan nasional dan jembatan provinsi.

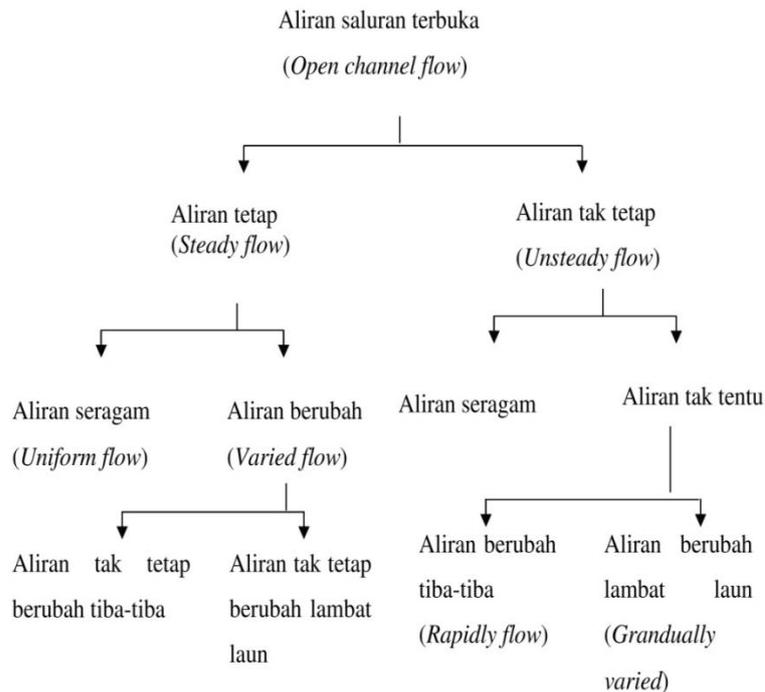
Tiga bagian jembatan secara struktur yaitu *superstructure*, *substructure* dan *foundation*. Struktur jembatan bagian bawah yang berperan penting adalah pilar dan abutment. Pilar jembatan itu sendiri berfungsi untuk menahan berat badan jembatan dan berat muatan yang melintas. Sedangkan *abutment* berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada jembatan. Kriteria desain harus baik untuk pilar yang ditanam pada dasar sungai sehingga bila dasar saluran disekitar pilar jembatan tersebut tergerus, maka gerusan tidak mencapai kedalaman yang membahayakan kestabilan pilar. Contoh kasus kerusakan *abutment* dan pilar jembatan yaitu terjadi di Jembatan Srandakan sungai Progo di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan kasus ini, terjadinya keruntuhan bagian struktur bawah jembatan karena adanya gerusan. Gerusan yang terjadi disekitar pilar jembatan adalah gerusan local yang mana terjadi karena adanya gangguan dari bangunan air terhadap pola aliran.

Salah satu faktor yang menentukan dalam proses terjadinya gerusan adalah morfologi sungai, hal ini disebabkan aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas (*free surface*). Berdasarkan waktu dan ruang kondisi aliran saluran terbuka pada kedudukan permukaan bebasnya cenderung berubah, disamping itu ada hubungan ketergantungan antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan saluran bebas itu sendiri. Pola aliran adalah kegiatan erosi dan tektonik yang menghasilkan bentuk-bentuk lembah sebagai tempat pengaliran air, selanjutnya akan membentuk pola-pola tertentu. Pola aliran ini sangat berhubungan dengan jenis batuan, struktur geologi kondisi erosi dan sejarah bentuk bumi. Proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran merupakan pengertian Gerusan lokal (*local scouring*). Adanya

pusaran yang disebabkan oleh gerusan lokal umumnya terjadi pada alur sungai yang terhalang pilar jembatan. Pusaran tersebut terjadi di bagian hulu pilar.

Landasan Teori

Sungai menurut Sosrodarsono (1994) adalah alur alam yang panjang, merupakan tempat mengalirnya air berasal dari mata air gunung/pegunungan, ditambah air hujan yang tidak mampu terserap bumi dengan penampang senantiasa tersentuh aliran air serta terbentuk secara alamiah. Sedangkan menurut Lengono (1992) sungai merupakan aliran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air. Klasifikasi aliran menurut Chow (1996) dalam Wibowo (2007) dapat digolongkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Klasifikasi Aliran
 (Sumber : Chow (1996) dalam Wibowo (2007))

Yuwono Sosrodarsono dan Kazuno Nakazawa (1981) mengemukakan bahwa kerusakan pada pilar jembatan akibat banjir sebagian besar disebabkan oleh arus sehingga terjadi pengurangan luas penampang sungai dengan adanya sejumlah tiang-tiang (terutama pada jembatan kayu) pada aliran sungai dan hampir semua kerusakan

pada jembatan disebabkan oleh perubahan dasar sungai atau penggerusan lokal (localscouring).

Metodologi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Jembatan Srandakan yang terletak pada Lintas Kabupaten Bantul – Kabupaten Kulon Progo km 23.170 dari Yogyakarta. Jembatan Srandakan menyebrangi Kulon Progo hilir, yang merupakan jembatan terpanjang di Pulau Jawa yaitu : 531 m, dari Fondasi dan Pilar (2dari 58pilar) turun. Dari beberapa jumlah pilar yang ada, kegagalan pilar jembatan fondasi terjadi pada pilar ke 25 dan pilar ke 26 yang akan diteliti.

Untuk memperjelas alur kegiatan dalam penelitian ini dibuat bagan alir penelitian seperti terlihat pada Gambar

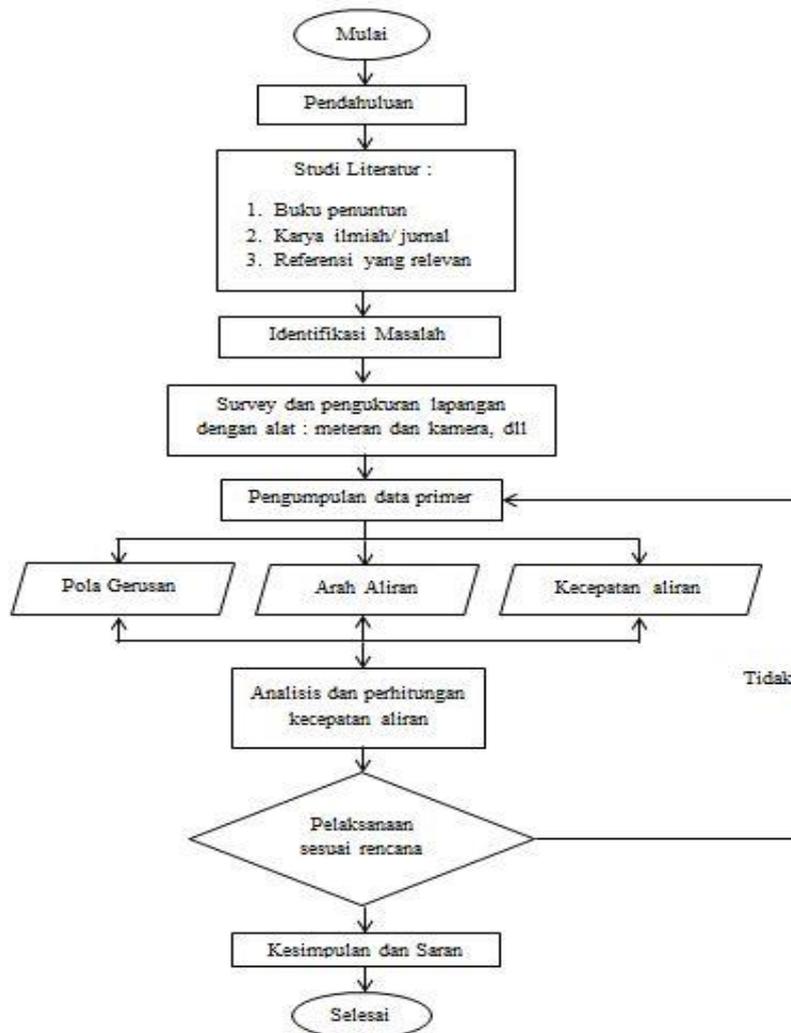


Diagram Alur Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Jembatan Srandakan mulai dibangun pada tahun 1925 dan diresmikan pada tahun 1929. Jembatan Srandakan merupakan jembatan yang melintas Sungai Progo, yang menghubungkan Kecamatan Srandakan, Kabupaten Batul-Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo DI Yogyakarta. Jembatan Srandakan telah mengalami beberapa ahli fungsi dan rehabilitasi diantaranya pengalihan fungsi dari jembatan kereta api (lori) menjadi jalan raya pada tahun 1951.

Tahun 2000, pada dua hari berturut dua dari 58 pilar jembatan turun (ambles) yaitu pada tanggal 20 April 2000 pilar ke 25 dan pilar ke 26 pada hari berikutnya. Sebelum peristiwa ini terjadi pada tanggal 19 April sebuah truk bermuatan semen melintasi jembatan. Setelah peristiwa ini terjadi dipasang sebuah jembatan darurat *type bailey* diatas bentang yang turun untuk membuka akses jalan.

Dilihat dari kecepatan arah aliran yang melalui pilar pada jembatan sebagai berikut:

- Dari hasil uji kecepatan aliran di lapangan, kecepatan aliran diuji sebanyak 3 kali dan didapatkan hasil tabel sebagai berikut:

Tabel.4.1. Hasil Percobaan Kecepatan Aliran Sebelum Melintas Pilar

Percobaan ke	1	2	3
Jarak (<i>m</i>)	20 m	15 m	10 m
Kecepatan (<i>V</i>)	23 dt	17 dt	12 dt
Kecepatan per meter	0,86 m/dt	0,88 m/dt	0,83 m/dt
Kecepatan rata-rata (V_r)	0,85 m/dt		

Dari hasil uji kecepatan tersebut didapatkan kecepatan rata-rata saat aliran melintas sebelum pilar 0,85 m/dt.

- Saat uji kecepatan aliran diantara pilar didapatkan hasil tabel sebagai berikut:

Tabel.4.2. Hasil Percobaan Kecepatan Aliran Di antara Pilar

Percobaan ke	1	2	3
Jarak (<i>m</i>)	9 m	9 m	9 m
Kecepatan (<i>V</i>)	7.5 dt	59 dt	65 dt
Kecepatan per meter	0,14 m/dt	0,15 m/dt	0,13 m/dt
Kecepatan rata-rata (V_r)	0,14 m/dt		

Dari hasil uji kecepatan aliran diantara pilar, didapatkan kecepatan aliran diantara pilar 0,14 m/dt.

Maka bisa dilihat bahwa arah aliran yang melintas disekitar pilar bisa dilihat dari kecepatannya, jika tanpa pilar kecepatannya lebih cepat maka di antara pilar yang terjadi pusaran kecepatannya lebih lambat.

Dari pengamatan dilapangan Sungai Progo merupakan daerah yang berpasir kasar, seperti yang dilihat dari tabel dibawah ini diameter partikel pasir kasar antara 0,5 – 1 mm. Maka untuk mencoba partikel yang diijinkan oleh kecepatan aliran menggunakan diameter 0,85m.

NAMA PARTIKEL		DIAMETER PARTIKEL (mm)
Kerikil (<i>gravel</i>)	<i>Boulders</i>	> 256
	<i>Cobbles</i> (bongkah)	64 – 256
	<i>Pebbles</i> (kerikil)	4 – 64
	<i>Granules</i> (butir)	2 – 4
Pasir (<i>sand</i>)	<i>Very coarse sand</i> (sangat kasar)	1 – 2
	<i>Coarse sand</i> (kasar)	0,5 – 1
	<i>Medium sand</i> (sedang)	0,25 – 0,5
	<i>Fine sand</i> (halus)	0,125 – 0,25
	<i>Very fine sand</i> (sangat halus)	0,0625 – 0,125
Lanau (<i>silt</i>)		0,004 – 0,0625 (1/256 – 1/16)
Lempung (<i>clay</i>)		< 0,004 (< 1/256)

Gambar 4.2. BesarButirBatuan

Dengan diameter 0,85mm maka bisa dilihat bagaimana partikel yang melintas di pilar sebagai berikut:

- Dilihat dari diagram shields pada gambar 2.8 untuk menentukan butiran kecepatan geser (U^*) adalah:

Data yang diambil menggunakan pemisalan banjir maksimal dengan debit $1950 \text{ m}^3/\text{dt}$, kedalaman aliran 3m, lebar sungai 300m.

Didapatkan hasil:

$$B : 900\text{m}^2$$

$$V_{\text{aliran}} : 2,16 \text{ m/dt}$$

$$I : 0,03 \rightarrow \text{perhitungan debit banjir}$$

Menghitung Kecepatan geser (U^*) :

$$\begin{aligned} U^* &= \sqrt{g \cdot D \cdot S} \\ &= \sqrt{10\text{m/dt}^2 \cdot 3\text{m} \cdot 0,03} \\ &= 0,28 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

Maka dari perhitungan banjir diatas untuk kecepatan aliran 2.16 m/dt dengan diameter 0,85mm dan U^* 0,28 m/dt dilihat dari diagram shields pada gambar 2.8

butiran tersebut bergerak. Dengan kecepatan aliran tersebut maka kecepatan itu tidak diijinkan melewati pilar.

Dari pengamatan langsung dilapangan dengan kondisi Jembatan Srandakan yang turun pada pilar ke 25 dan pilar ke 26 dampak yang terjadi sebagai berikut:

- a. Dengan adanya gerusan disekitar pilar, butiran akan menumpuk dibelakang pilar dan gerusan tersebut akan membahayakan pilar, karena daya dukung tanah pondasi tergantung dari, antara lain kedalaman. Jika tergerus maka kedalamannya akan berkurang jadi kestabilan akan turun atau berkurang.
- b. Dengan adanya gerusan tanah disekitar pilar jembatan maka, tekanan tanah yang aktif dari pilar akan berkurang sehingga akan mengakibatkan kurangnya stabilitas pilar. Terbukti pada saat pengamatan pada pilar ke 25 dan pilar ke 26 terjadi kemiringan pilar, akibat beban horizontal dan terjadinya pusaran juga dampak amblesnya pilar ke 25 dan pilar ke 26.

Akibat dari penambangan pasir yang berlebihan, tanah pondasi yang ada di bawah pilar akan menjadi semakin kedalam dan mengakibatkan penurunan terjadi secara cepat

Kesimpulan

Dari penelitian langsung dilapangan Jembatan Srandakan terjadinya gerusan terhadap pengaruh pola aliran yaitu sebagai berikut:

- a. Arah aliran dengan kecepatan rata-rata aliran sebelum melintas dipilar 0,85m/dt lebih cepat dibanding dengan kecepatan aliran saat melintas diantara pilar 0,12 m/dt karena ada pusaran diantara pilar, didapatkan dari melakukan percobaan 3 kali.
- b. Dari perhitungan banjir untuk kecepatan 2.16m/dt dengan diameter butiran 0,85mm dan kecepatan geser (U^*) 0,28 m/dt dilihat dari diagram shields butiran tersebut bergerak. Jadi dengan kecepatan tersebut aliran tidak diijinkan melewati pilar.
- c. Pola penggerusan lokal disekitar pilar jembatan terhadap aliran yaitu terbentuknya pusaran *horseshoe vortex*, *wake vortex*, dan tekanan aliran.

- d. Karena terjadi gerusan, tekanan aliran yang menekan, dan terbentuknya pusaran pada pilar secara terus menerus maka pilar Jembatan Srandakan tersebut mengalami penurunan di pilar ke 25 dan pilar ke 26.
- e. Penanganan terbaik adalah dengan dibuatnya cek dam di belakang bawah jembatan akan mengurangi gerusan pada pilar.

Daftar Pustaka

- Aisyah, S. 2004. *Pola Gerusan Lokal di Berbagai Bentuk Pilar Akibat Adanya Variasi Debit*. Tugas Akhir. Yogyakarta: UGM
- Breuser. H.N.C. and Raudkivi. A.J. 1991. *Scouring. IAHR Hydraulic Structure Design Manual : AA Balkema*.
- Chow, V.T. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta : Erlangga
- Garde, R.J and Raju K.G.R. 1997. *Mechanics Of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem*. New Delhi : Willy Limited
- Gunawan, H.A. 2006. *Pengaruh Pilar Segiempat Terhadap Perilaku Gerusan Lokal*. Skripsi. Semarang: UNNES
- Hanwar, S. 1991. *Gerusan Lokal di Sekitar Abutment Jembatan*. Tesis. Yogyakarta : PPS UGM
- Martanto Wibowo, Okky. 2007. *Pengaruh Arah Aliran Terhadap Gerusan Lokal Disekitar Pilar Jembatan*. Skripsi. Semarang: UNNES
- Miller, W. 2003. *Model For The Time Rate Of Local Sediment Scour At Acylb Indrical; Structure*. Disertai. Florida: PPS Universitas Florida
- Indra, Purwo. 2000. *Pola Gerusan Lokal pada Pilar Jembatan dengan Variasi Sudut Posisi Pilar terhadap Arah Arus*. Tugas Akhir. Surakarta: UMS
- Istiarto, dkk. 2014. *Penurunan Pilar Jembatan akibat Degradasi Dasar Sungai dan Erosi Lokal*. Jurnal. Yogyakarta: UGM
- Rangga Raju, K.G. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga
- Setianingrum, R.M. 2003. *Efektifitas Penanganan Gerusan Lokal di Sekitar Pilar Pada Kondisi Live-Bed Scour*. TA. Yogyakarta: UGM
- Suyono , Sosrodarsono, 1994. *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Triatmodjo, B. 2003a. *Hidrolika I*. Yogyakarta. Beta Offset