

EVALUASI ANALISIS TEGANGAN GESER PADA DAERAH HULU DAN HILIR SUDETAN WONOSARI SUNGAI BENGAWAN SOLO

Cahyono Ikhsani¹⁾ Koosdaryani²⁾ Wildan Yoga Pratama³⁾

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1) 2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : wildwildan82@gmail.com

Abstract

Bengawan Solo River is one of the longest river in Indonesia which annually overflowed due to silting by sedimentation. Analyzing the effect of shear stress on the sediment is a way to predict sedimentation in Bengawan Solo River. This study aimed to determine the shear stress on the up-stream and downstream cross section of Wonosari diversion. Field data collection and sieve analysis in the laboratory have been done to obtain and calculate the shear stress, then helped by HEC-RAS 4.0 program to find the water level. The results showed that the critical shear stress < basic shear stress. In the whole point of the upstream cross section, sediment particles encounter a "movement". While in the downstream area, only sediment particles at P. 468 cross section encounter a movement on all of its points. For P. 470 and P. 479 cross section, the sediment particles have movement at C, D and E points. The deeper the depth of a point in a cross section, the shear stress would be even higher and cause the greatest degradation.

Keywords: diversion, HEC-RAS, shear stress

Abstrak

Sungai bengawan solo merupakan salah satu sungai terpanjang di Indonesia yang setiap tahunnya meluap akibat pendangkalan oleh sedimentasi. Salah satu cara untuk prediksi sedimentasi di Sungai bengawan Solo adalah dengan melakukan analisis pengaruh tegangan geser terhadap sedimen. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui tegangan geser pada *cross section* atau potongan melintang bagian hulu dan hilir Sudetan Wonosari. Untuk mendapatkan dan menghitung tegangan geser dilakukan pengambilan data di lapangan serta dilakukan analisis saringan di laboratorium, kemudian dibantu dengan menggunakan program HEC-RAS 4.0 untuk mencari tinggi muka air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan geser kritis < tegangan geser dasar maka pada seluruh titik *cross section* di hulu butiran sedimen mengalami "pergerakan". Sedangkan pada daerah hilir hanya pada *cross section* P. 468 saja butiran sedimen bergerak pada seluruh titiknya. Untuk *cross section* P. 470 dan P. 479 butiran sedimen mengalami pergerakan pada titik C, D dan E. Semakin dalam kedalaman suatu titik di suatu *cross section* maka tegangan gesernya pun akan semakin tinggi dan menimbulkan degradasi paling besar.

Kata kunci: HEC-RAS, sudetan, tegangan geser

PENDAHULUAN

Sungai adalah saluran alamiah di permukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau di laut. Salah satu sungai terpanjang di Indonesia adalah Sungai Bengawan Solo. Sungai ini selalu meluap setiap musim hujan. Penyebabnya antara lain aliran sungai mulai dangkal karena ada sedimentasi. Di dalam aliran air terangkut material-material sedimen yang berasal dari proses erosi dan dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi. Pergerakan butiran sedimen secara otomatis akan menimbulkan kecepatan. Untuk menghentikan kecepatan maka akan dibutuhkan tegangan geser yang akan mengurangi kecepatan pergerakan sedimen tersebut. Ketepatan perhitungan tegangan geser dasar digunakan untuk mengevaluasi jumlah angkutan sedimen yang diperoleh dari gelombang harmonik yang perlu diklarifikasi dengan perhitungan angkutan sedimen digabung dengan efek percepatan dalam perhitungannya. Untuk prediksi sedimentasi di Sungai Bengawan Solo, perlu adanya Analisis Pengaruh Tegangan Geser Terhadap Sedimen di Sungai Bengawan Solo. Prediksi sedimentasi bertujuan memprakirakan jumlah sedimentasi dimasa datang dan untuk mengetahui seberapa besar potensi sungai agar dapat menampung air secara optimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Firman Dwi Setiawan (2012), tegangan geser merupakan studi awal sebagai langkah praktis untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen dasar pada suatu lokasi yang akan di teliti. Kecepatan dan percepatan partikel gelombang mempengaruhi tegangan geser yang akan terjadi pada suatu tempat penelitian. Penelitian mengenai kajian angkutan sedimen di Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug) pernah dilakukan oleh Nur Hidayah (2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode angkutan sedimen apa yang baik digunakan di Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Mayer-Peter Muller

dapat digunakan untuk menghitung angkutan sedimen di Serenan sedangkan di Jurug belum ada metode yang dapat digunakan.

Yamsir Rusman (2015) menyatakan bahwa nilai kecepatan geser kritis dan tegangan geser kritis sedimen hanya dapat diperoleh dengan mengetahui besarnya diameter butir sedimen yang diteliti. Besarnya diameter sedimen diplot ke dalam diagram Shields dalam bentuk garis, sedemikian hingga memotong garis atau wilayah kritis. Data kedalaman aliran diperlukan untuk analisis kecepatan geser dan tegangan geser di dasar saluran. Semakin kecil kemiringan saluran maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar.

Analisis angkutan sedimen menggunakan program HEC-RAS telah dilakukan oleh Chandra Murpobowo Mudjib dan Umboro Lasminto (2013) di sudetan Palangwot. Ahmad Ghuftron Ismail (2013) juga melakukan analisis angkutan sedimen menggunakan program yang sama di Bengawan Solo pada ruas Serenan-Cepu.

Tegangan Geser Dasar

Bila air mengalir dalam sebuah saluran, maka pada dasar saluran akan timbul suatu gaya bekerja searah dengan arah aliran. Gaya ini yang merupakan gaya tarik pada penampang basah disebut tegangan geser (*tractive force*). Akibat pengaruh kecepatan, aliran mampu menggerus talud dan dasar sungai. Aliran air sungai akan memberikan tegangan geser (τ_0) pada penampang sungai.

Kecepatan aliran sungai juga mempengaruhi terjadinya erosi sungai. Kecepatan aliran yang menimbulkan terjadinya tegangan geser kritis disebut kecepatan kritis (V_{cr}) memberikan distribusi tegangan geser pada saluran. Erosi dasar sungai terjadi jika tegangan geser (τ_0) lebih besar dari tegangan geser kritis (τ_{cr}) pada dasar dan tebing sungai. Tegangan geser kritis adalah tegangan geser yang terjadi tepat pada saat butiran akan bergerak. Besarnya tegangan geser kritis didapatkan dengan menggunakan Grafik Shield dengan menggunakan data ukuran butiran tanah dasar sungai.

apabila:

$\tau_0 > \tau_c$ maka butiran bergerak

$\tau_0 = \tau_c$ maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)

$\tau_0 < \tau_c$ maka butiran diam

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dimana deskriptif merupakan pemaparan masalah yang ada sedangkan kuantitatif adalah pendekatan ilmiah dengan memperoleh data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan. Pada penelitian ini digunakan data berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa kecepatan aliran sungai serta sampel sedimen yang diambil pada *cross section* P. 402, P 410, P 412, P 468, P 470 dan P 479 di Sungai Bengawan Solo. Data ini diperoleh melalui metode *Point Integrated sampling* (PIS) pada 6 titik arah transversal dimana tiap titik pengukuran arah transversal diukur 5 titik kedalaman vertikal. Sedangkan data sekunder berupa peta, *cross section*, dan *long section* sudetan Wonosari serta debit tahunan Sungai Bengawan Solo yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Analisis data pada penelitian ini menggunakan bantuan *software Microsoft Excell* serta *Hydrolic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS) 4.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel dilakukan di Sudetan Sungai Bengawan Solo di daerah Wonosari, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Sampel diambil pada bagian hulu dan hilir Sudetan Wonosari. Sampel yang di ambil pada hulu dan hilir Sudetan Wonosari berjumlah 6 *cross section*. Pada hulu 3 *cross section* dan pada hilir 3 *cross section* dengan tiap *cross section* di ambil sampel sebanyak 2,5 kg. Dalam penentuan titik pengambilan sampel, mengacu pada data *cross section* yang di dapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo yaitu untuk daerah hulu diambil pada *cross section* 402, 410 dan 412. Sedangkan pada daerah hilir diambil pada *cross section* 468, 470 dan 479.

Dalam penelitian ini mengingat kondisi lapangan dan fasilitas/jumlah alat yang tersedia tidak memungkinkan untuk melakukan pengukuran semua titik pengamatan secara bersamaan, maka pelaksanaan pengukuran kecepatan dilakukan dengan metode *Point Intregated Sampling*, yaitu mengambil data dengan cara mengukur kecepatan di titik-titik pengamatan vertikal berdasarkan arah melintang yang tegak lurus dari tepi sungai. selanjutnya setelah didapatkan kecepatan maka dapat dilakukan perhitungan debit.

Tabel 1. Data kecepatan dari lapangan menggunakan alat pengukur kecepatan currentmeter

No	Cross Section	Kecepatan (m/s)				
		Titik A	Titik B	Titik C	Titik D	Titik E
1	402	0.230	0.458	0.691	0.921	1.151
2	410	0.194	0.392	0.582	0.777	0.971
3	412	0.186	0.369	0.559	0.745	0.931
4	468	0.200	0.427	0.599	0.798	0.998
5	470	0.223	0.419	0.670	0.894	1.117
6	479	0.207	0.411	0.621	0.829	1.036

Tabel 2. Debit aliran dari perhitungan menggunakan kecepatan yang terjadi saat pengambilan sampel

No	Cross Section	Debit (m/s)				
		Titik A	Titik B	Titik C	Titik D	Titik E
1	402	27.10	53.85	81.30	108.40	135.50
2	410	16.48	33.23	49.43	65.91	82.39
3	412	14.41	28.60	43.24	57.65	72.07
4	468	14.50	31.04	43.49	57.99	72.49
5	470	14.98	28.10	44.94	59.92	74.90
6	479	18.24	36.16	54.72	72.95	91.19

Analisis butiran sedimen digunakan untuk mendapatkan d50 yang akan digunakan untuk mencari tegangan geser dan pergerakan sedimen. Pengambilan sampel dilakukan di tiap-tiap titik yang ditinjau di lokasi Sudetan Wonosari, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, kemudian dilakukan pengujian saringan / *sieve analysis* di Laboratorium Bahan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dari hasil pengujian dan analisis saringan / *sieve analysis* di Laboratorium Bahan Universitas Sebelas Maret Surakarta dapat di ketahui besarnya d50.

Tabel 3. Tabel nilai d50

No	Cross Section	d50 (mm)
1	P 402	0.24
2	P 410	0.25
3	P 412	0.35
4	P 468	0.40
5	P 470	0.48
6	P 479	0.49

Dalam perhitungan atau pencarian tinggi muka air menggunakan aplikasi HEC-RAS diperlukan nilai debit yang digunakan dan data geometri berupa cross section, long section, jarak antar cross section, dan tinggi elevasi. Dalam penelitian kali ini menggunakan debit yang didapatkan dari hasil pengolahan kecepatan yang terjadi di lapangan sedangkan data geometri di dapat dari data yang diambil dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.

Tabel 4. Tabel tinggi muka air (TMA) dari HEC-RAS model 1

No	Cross Section	Tinggi Muka Air (m)
1	P.402	2.01
2	P.410	2.24
3	P.412	4.44
4	P.468	2.12
5	P.470	3.13
6	P.479	1.89

Perhitungkan tegangan geser pada hulu dan hilir sudetan yang terjadi pada *cross section* yang diambil sampel sedimennya yaitu pada *cross section* P.410, P.412, P.468, P.470 dan P.479 yaitu dengan menghitung kecepatan geser dan bilangan reynolds, serta pembacaan nilai dimensi tegangan geser (F^*), Setelah mendapatkan kecepatan geser, bilangan reynolds (Re) dan nilai dimensi tegangan geser (F^*). Maka selanjutnya dapat dihitung tegangan geser kritis (τ_c) dan tegangan geser dasar (τ_0).

Tabel 5. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.402

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U^*	Re	F^*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	2.268	0.00024	0.098	27.97	0.036	1.352	9.567
D	1.591	0.00024	0.082	23.43	0.033	1.239	6.711
C	1.015	0.00024	0.065	18.71	0.032	1.202	4.282
B	0.542	0.00024	0.048	13.67	0.032	1.202	2.286
A	0.19	0.00024	0.028	8.10	0.031	1.164	0.801

Tabel 6. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.410

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U^*	Re	F^*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	1.770	0.00025	0.086	25.74	0.034	1.330	7.466
D	1.245	0.00025	0.072	21.59	0.033	1.291	5.252
C	0.795	0.00025	0.058	17.25	0.032	1.252	3.354
B	0.428	0.00025	0.042	12.66	0.031	1.213	1.805
A	0.150	0.00025	0.025	7.49	0.032	1.252	0.633

Tabel 7. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.412

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U^*	Re	F^*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	1.621	0.00035	0.083	34.48	0.037	2.026	6.838
D	1.120	0.00035	0.069	28.66	0.036	1.972	4.724
C	0.731	0.00035	0.056	23.16	0.033	1.807	3.084
B	0.392	0.00035	0.041	16.96	0.032	1.752	1.654
A	0.138	0.00035	0.024	10.06	0.031	1.698	0.582

Tabel 8. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.468

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U^*	Re	F^*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	2.109	0.0004	0.094	44.95	0.037	2.316	8.896
D	1.467	0.0004	0.079	37.49	0.037	2.316	6.188
C	0.928	0.0004	0.063	29.82	0.036	2.253	3.915
B	0.495	0.0004	0.046	21.78	0.033	2.065	2.088
A	0.172	0.0004	0.027	12.84	0.031	1.940	0.726

Tabel 9. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.470

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U^*	Re	F^*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	2.074	0.00048	0.094	53.49	0.041	3.079	9.766
D	1.439	0.00048	0.078	44.56	0.037	2.779	6.776
C	0.91	0.00048	0.062	35.43	0.037	2.779	4.285
B	0.486	0.00048	0.045	25.90	0.034	2.554	2.288
A	0.168	0.00048	0.027	15.23	0.031	2.328	0.791

Tabel 10. Perhitungan tegangan geser pada cross section P.479

Titik	Kedalaman	Diameter Butiran	U*	Re	F*	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)	Tegangan Geser Dasar (kg/m ²)
E	2.276	0.00049	0.098	57206	0.041	3.143	10.941
D	1.584	0.00049	0.082	47724	0.038	2.913	7.614
C	1.005	0.00049	0.065	38014	0.037	2.837	4.831
B	0.536	0.00049	0.048	27761	0.035	2.683	2.576
A	0.186	0.00049	0.028	16354	0.031	2.377	0.894

Keterangan :

U* = kecepatan geser

Re = bilangan reynolds

F* = nilai dimensi tegangan geser

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tegangan geser kritis lebih kecil dari tegangan geser dasar. Oleh karena itu, pada seluruh titik cross section di hulu butiran sedimen mengalami “pergerakan”. Sedangkan pada daerah hilir, hanya pada *cross section* P. 468 saja butiran sedimen bergerak pada seluruh titiknya. Untuk *cross section* P. 470 dan P. 479 butiran sedimen mengalami pergerakan pada titik C, D dan E. Selain itu dapat diketahui pula bahwa pada titik E terjadi tegangan geser terbesar sehingga terjadi degradasi paling tinggi. Semakin dalam kedalaman suatu titik di suatu *cross section* maka tegangan gesernya pun akan semakin tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Dr. Cahyono Ikhsan S.T., M.T. dan Ibu Ir. Koosdaryani, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Chandra dan Umboro. 2013. Studi Angkutan Sedimen Sudetan Pelangwot-Sedayu Lawas Sungai Bengawan Solo. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dwi Setiawan, Firman. 2012. Analisa Tegangan Geser Dasar dan Total Angkutan Sedimen pada Gelombang Asimetris. Jurusan Teknik Kelautan-FTK.
- Ghufron Ismail, Ahmad. 2013, Analisis Angkutan Sedimen di Bengawan Solo pada Ruas Serenan-Cepu, Teknik Sipil, UNS.
- Hidayat, Nur. 2013. Kajian Angkutan Sedimen di Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug.), Teknik Sipil, UNS
- Rusman, Y 2015. Analisis Pergerakan Sedimen pada Saluran dengan Beberapa Variasi Kemiringan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.