

Analisis Tegangan Geser pada Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo

Fariza Rubawi Achmad¹Cahyono Ikhsan²Suyanto³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

^{2,3}Staff Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp.0271647069, Email: rubawi_fariza@yahoo.com,

Abstract

The longer the water on this earth will deteriorate the quality. In the distribution of water, it takes a river or a good channel to continue human life on this earth. The river is a means of channeling water to accommodate and drain the water from upstream to downstream. This study is an analysis of shear stress that occurs in diversion Wonosari, Klaten regency, Central Java. To obtain and calculate the shear stress Wonosari diversion, done taking the data directly in the field to do data processing in the laboratory. To help the calculations used HEC-RAS applications. Diversion Wonosari Klaten regency, Central Java in shape for a long river that is too extreme characteristics of streams. With the state of diversion in the field, in the process of sampling sediment in charge to 6 sampling points. Samples have been taken will be at the test filter. In the analysis of shear stress in getting the maximum shear stress of 0.277 N / m² and occurs at the point P 440, while the average shear stress that is on diversion of 0.2 0.277 N / m². State of the sediments are not experiencing movement, because the value of the shear stress (τ_0) < value critical shear stress (τ_c)

Keywords: *Diversion, shear stress, sediment*

Abstrak

Penelitian ini merupakan analisis tegangan geser yang terjadi pada sudetan Wonosari, Kabupaten Klaten, Jawa tengah. Untuk mendapatkan dan menghitung tegangan geser sudetan Wonosari, dilakukan pengambilan data secara langsung di lapangan untuk dilakukan pengolahan data di laboratorium. Untuk membantu perhitungan digunakan aplikasi HEC-RAS. Sudetan Wonosari Kabupaten Klaten, Jawa tengah di bentuk karena sungai lama yang terlalu ekstrim karakteristik sungainya. Dengan keadaan sudetan di lapangan, dalam proses pengambilan sampel sedimen di tetapkan menjadi 6 titik pengambilan sampel. Sampel yang telah terambil di uji saringan. Dalam analisis tegangan geser di dapatkan tegangan geser maksimum sebesar 0,277 N/m² dan terjadi pada titik P 440, sedangkan tegangan geser rata-rata yang ada pada sudetan sebesar 0,2 0,277 N/m². Keadaan sedimen tersebut tidak mengalami pergerakan, karena nilai tegangan geser (τ_0) < nilai tegangan geser kritis (τ_c).

Kata kunci : Sudetan, tegangan geser, sedimen

PENDAHULUAN

Kebutuhan air merupakan salah satu hal terpenting yang berpengaruh dalam kehidupan manusia. Untuk keberlangsungan hidup manusia dibutuhkan air yang melimpah dan layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari umat manusia di seluruh dunia ini. Dalam pendistribusian air secara alami dibutuhkan sarana, yaitu sungai alami maupun buatan.

Fungsi utama sungai adalah mengalirkan air dari hulu ke hilir. Dalam proses mengalirnya aliran sungai dari hulu menuju hilir yang membawa material bahan di daerah hulu, maka secara otomatis akan memunculkan angkutan sedimen-sedimen baru di dasar sungai, yang berupa angkutan muatan dasar (bed load) dan angkutan muatan layang (suspended load). Dengan penumpukan sedimen yang secara terus menerus dapat membuat banjir di daerah sekitar sungai dikarenakan volume tampungan sungai berkurang sehingga air sungai meluap. Salah satu dampak yang ditimbulkan oleh sedimentasi sungai adalah perubahan morfologi sungai misalnya pendangkalan pada dasar sungai.

Pendangkalan ini mengakibatkan berkurangnya volume daya tampung sungai yang dapat meningkatkan potensi terjadinya banjir disepanjang alur sungai.

Dalam periode tertentu sedimen pada sungai akan menimbulkan dampak yang cukup besar, oleh karena itu perlunya diadakan kajian dan penelitian terhadap angkutan sedimen sungai. Pengaruh morfologi sungai sangatlah besar dalam keberlangsungan sungai Bengawan Solo, maka sungai Bengawan Solo yang dulunya memiliki kelokan yang cukup banyak, maka ruas sungai Bengawan Solo yang berada di Wonosari di bentuklah sudetan. Hal ini bertujuan agar pergerakan air dan sedimen lebih cepat menuju hilir sungai sehingga tidak terjadi banjir dan pengendapan sedimen yang berlebihan. Sedimen dasar sungai akan mudah mengalami pergerakan jika sungai tersebut di sudet, karena kelokan yang menghambat lajunya air akan hilang dengan adanya sudetan. Sedimen yang berada pada sudetan akan memiliki tegangan geser lebih besar untuk mendukung pergerakan sedimen. Salah satu tujuan dilakukan sudetan adalah untuk menangani banjir. Pada alur sungai yang berkelok-kelok secara kritis sebaiknya dilakukan sudetan agar air banjir dapat mencaai bagian hilir dengan cepat, dengan mempertimbangkan alu sunga stabil.

Tegangan geser kritis erosi didefinisikan sebagai tegangan geser dasar yang terjadi pada saat dimana sedimen mulai tererosi dari dasar. Pengetahuan tentang besarnya angkutan sedimen dasar (bed load) sangat penting dalam kondisi lapangan sebenarnya, maka perlu dilakukan penelitian tentang besarnya tegangan geser sedimen yang membuat sedimen-sedimen tersebut berpindah tempat. Penelitian ini akan mengambil lokasi di Sungai Bengawan Solo yang di sudet tepatnya di Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo.

TINJAUAN PUSTAKA

Sungai

Sungai merupakan sumber air yang menampung dan mengalirkan air serta material bahan yang dibawanya dari bagian hulu. Aliran sungai mengalir dari daerah tinggi ke daerah yang lebih rendah dan pada akhirnya akan bermuara ke laut (Arta dan Ivan, 2011).

Sudetan

Sudetan merupakan tindakan untuk mempercepat aliran air sungai tanpa harus mengikuti karakteristik sungai yang terbentuk secara alami. Pada alur sungai yang berbelok-belok sangat ekstrim, sebaiknya dilakukan sudetan agar banjir yang para ahli yang sudah paham (Fuad, 2011).

Sedimen

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel (Asdak, 2004).

Sedimen merupakan material yang terbawa hanyut oleh aliran air, yang dapat dibedakan menjadi 3 yaitu: (Suyono Sosrodarsono dalam Ratnasari, 2014)

1. Sedimen dasar (bed load) Sedimen dasar bergerak dalam aliran sungai dengan cara bergulir, meluncur dan meloncat-loncat di atas permukaan dasar sungai.
2. Sedimen melayang (suspended load) Sedimen melayang terdiri dari butiran halus yang ukurannya lebih kecil dari 0,1 mm dan senantiasa melayang di dalam aliran air.
3. Sedimen kikisan (wash load) Berupa butiran yang sangat halus, walaupun air tidak lagi mengalir, tetapi butiran tersebut tetap tidak mengendap serta airnya tetap saja keruh.

Transport Sedimen

Transport sedimen adalah gerak partikel yang dibangkitkan oleh gaya yang bekerja. Transport sedimen merupakan hubungan aliran air dan partikel-partikel sedimen. Pemahaman dari sifat-sifat fisis air dan partikel sedimen sangatlah penting untuk mengetahui tentang pengertian transport sedimen. Transport sedimen sangat perlu untuk diperhitungkan agar sungai dapat dinilai dalam kondisi seperti apa.

DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

DASAR TEORI

Aliran Air di Saluran Terbuka

Pada saluran terbuka, aliran air akan memiliki suatu permukaan bebas yang berkaitan langsung dengan parameter-parameter aliran seperti kecepatan, kekentalan, gradien dan geometri saluran.

Tipe aliran pada saluran terbuka yaitu:

1. Aliran Permanen (*Steady Flow*)
2. Aliran Tidak Permanen (*Unsteady Flow*)
3. Aliran Merata (*Uniform Flow*)
4. Aliran Tidak Merata (*Non Uniform Flow*)

Perilaku Aliran

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

dengan,

Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = kedalaman aliran (m)

Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds yaitu:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

dengan,

Re = bilangan Reynolds

V = kecepatan aliran (m/s)

D = kedalaman aliran (m)

ν = viskositas kinematik (m²/s)

Perhitungan Debit atas Dasar Pengukuran

Aliran sungai yang mengalir pada waktu yang sama, pasti akan terdapat persamaan kontinuitas didalamnya, yang dimana debit masuk itu setara dengan debit yang keluar

Azas kontinuitas:

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

Q_{masuk} = debit aliran masuk (m³/s)

Q_{keluar} = debit aliran keluar (m³/s)

V₁ = kecepatan aliran masuk (m/s)

V₂ = kecepatan aliran keluar (m/s)

A₁ = luas saluran ketika aliran masuk (m²)

A₂ = luas saluran ketika aliran keluar (m²)

Pengujian Butiran Sedimen

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis saringan untuk mendapatkan gradasi sedimen. Dalam penentuan distribusi ukuran butiran tanah yang memiliki diameter lebih besar dari 0,075 mm (tertahan diatas saringan no 200 ASTM) dengan cara penyaringan. Rumus yang dapat digunakan adalah:

$$\frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}} \times 100\%$$

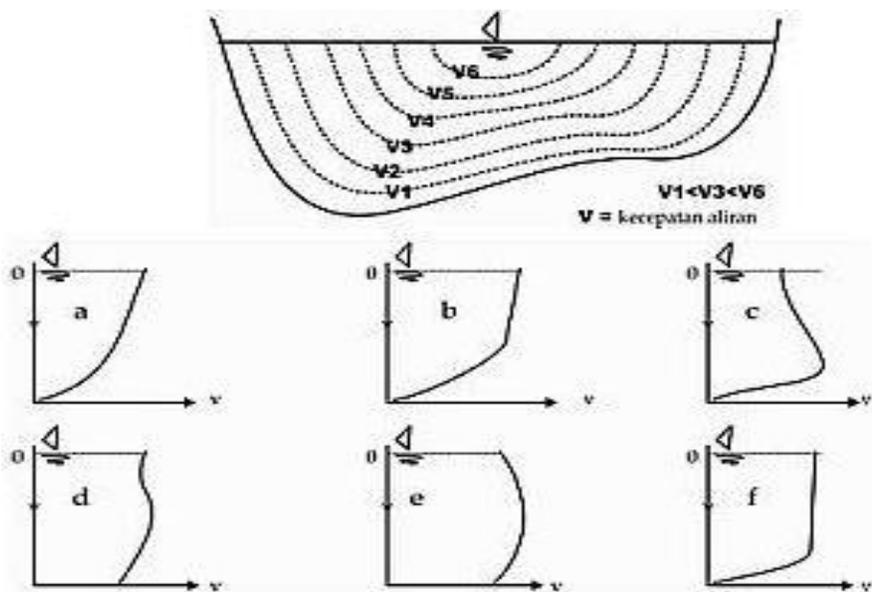
Presentase tanah tertahan (% tertahan) = $\frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}}$

Presentase tanah lolos (% lolos) = 100% - % tertahan

Distribusi Kecepatan

Aliran air di saluran (stream) dan sungai mempunyai karakteristik distribusi kecepatan sebagai berikut :

1. Kurva distribusi kecepatan pada penampang melintang berbentuk parabolik.
2. Lokasi kecepatan maksimum berada antara 0,05 s/d 0,25h kedalam air dihitung dari permukaan aliran.
3. Kecepatan rata-rata berada ± 0,6 kedalaman di bawah permukaan air.
4. Kecepatan rata-rata ± 85 % kecepatan permukaan.
5. Untuk memperoleh ketelitian yang lebih besar dilakukan pengukuran secara mendetail ke arah vertikal dengan menggunakan integrasi dari pengukuran-pengukuran tersebut dapat dihitung kecepatan rata-ratanya. Dalam pelaksanaan kecepatan rata-rata dapat diperoleh dengan:
 - mengukur kecepatan pada titik 0,6h kedalaman
kecepatan rata-rata = kecepatan pada titik tersebut
 - mengukur kecepatan pada titik 0,2h kedalaman dan 0,8h kedalaman
kecepatan rata-rata = 0,5*(kecepatan pada 0,2 h + kecepatan pada 0,8h)
 - mengukur kecepatan pada titik pengukuran 0,2 h ; 0,6h dan 0,8h
kecepatan rata-rata = 0,5*(kecepatan 0,2 h + 2*kecepatan 0,6h + kecepatan 0,8h)



Gambar 1 Distribusi Kecepatan Aliran

Tegangan Geser Dasar

Pemulaan gerak butiran sedimen dasar merupakan awal mula angkutan sedimen. Salah satu faktor yang menyebabkan pemulaan gerak sedimen adalah kecepatan. Kecepatan efektif untuk menggerakkan butiran dinyatakan dalam rumus berikut :

$$U^* = (g.D.S)^{0,5}$$

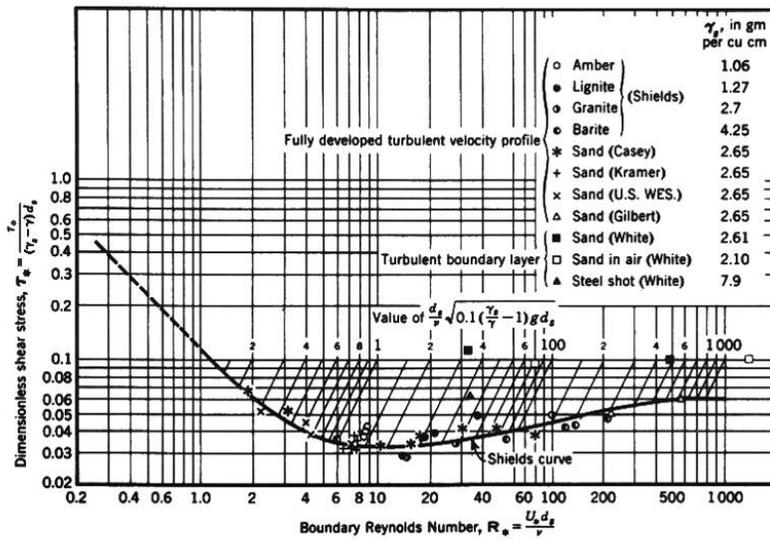
dengan:

$$U^* = \text{kecepatan geser (m/dt)}$$

$$g = \text{gravitasi (m/dt}^2\text{)}$$

$$D = \text{kedalaman aliran (m)}$$

S = kemiringan dasar saluran



Gambar 2 Grafik Shield

Kecepatan geser tersebut digunakan untuk menentukan bilangan Reynolds yang terjadi. Rumus bilangan Reynolds adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{U_* D}{\nu}$$

dengan:

- Re = bilangan Reynolds
- U_* = kecepatan geser (m/dt)
- D = kedalaman aliran (m)
- ν = viskositas (m^2/dt)

Setelah bilangan Reynolds didapatkan, selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi tegangan geser (F^*) dengan menggunakan diagram Shields pada Gambar 2.2. Rumus dimensi tegangan geser adalah sebagai berikut:

$$F^* = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) D_s}$$

dengan:

- F^* = dimensi tegangan geser
- τ_c = tegangan geser kritis (kg/m^2)
- γ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m^3)
- γ_w = berat jenis air (kg/m^3)
- D_s = diameter butiran sedimen (m)

Sedangkan tegangan geser yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\tau_o = \gamma_w \cdot g \cdot H \cdot S$$

dengan:

- τ_o = tegangan geser (kg/m^2)
- g = gravitasi (m/dt^2)
- γ_w = berat jenis air (kg/m^3)
- H = kedalaman saluran (m)
- S = kemiringan dasar saluran

Setelah semua sudah di dapatkan hasilnya maka dapat dilihat pergerakannya pada ketentuan di bawah ini: apabila:

- $\tau_o > \tau_c$ maka butiran bergerak
- $\tau_o = \tau_c$ maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)
- $\tau_o < \tau_c$ maka butiran diam

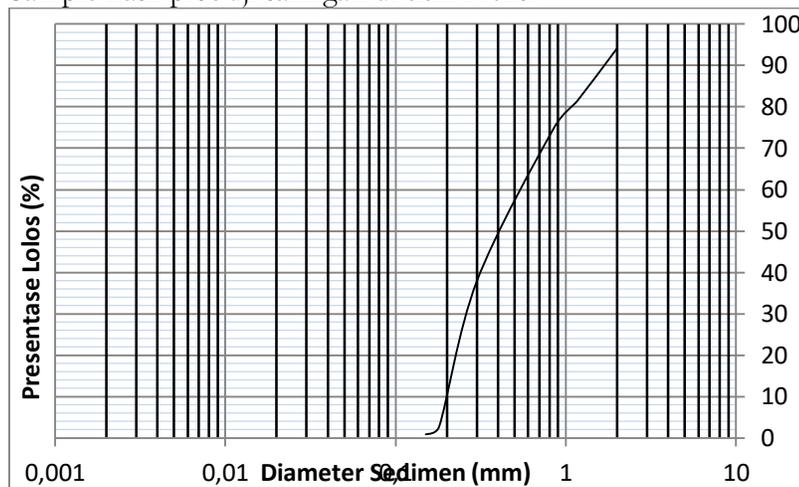
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini kecepatan aliran di ukur dengan menggunakan metode currentmeter yang langsung di aplikasikan di lapangan. Prinsip pengukuran kecepatan pada metode ini yaitu, currentmeter diturunkan kedalam aliran air dengan kecepatan penurunan yang konstan dari permukaan dan setelah mencapai dasar sungai diangkat lagi ke atas dengan kecepatan yang sama.

Sampel di ambil pada tempat yang sama saat pengukuran kecepatan. Sampel yang sebelumnya sudah kering dengan bantuan matahari akan di bawa ke laboratorium Bahan Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk dilakukan pengovenan dan pengujian saringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sample hasil plot uji saringan di titik P.420:



Gambar 3 Gambar distribusi butiran sampel sedimen P 420

Berikut tabel-tabel hasil perhitungan:

Tabel 1 Nilai d50 dan d90

No	Cross Section	d50 (mm)	d90 (mm)
1	P 420	0.4	1.6
2	P 430	0.72	1.7
3	P 438	0.55	1.5
4	P 440	0.45	1.8
5	P 450	0.43	2
6	P 460	0.31	1.8

Tabel 2 Tabel hasil perhitungan nilai U*, Re, dan f titik P.420

No	Kedalam (m)	Diameter Butiran (m)	Nilai U*, Re, dan f		
			U* m/dt	Re	f
1	1.765	0.0004	0.08629	27.612	0.034
2	1.233	0.0004	0.07212	23.078	0.033
3	0.782	0.0004	0.05743	18.379	0.032
4	0.418	0.0004	0.04199	13.437	0.032
5	0.145	0.0004	0.02473	7.914	0.042
6	1.765	0.0004	0.08629	27.612	0.034

Tabel 3 Tabel nilai tegangan geser kritis (τ_c) P.420

No	Kedalaman (m)	Tegangan Geser Kritis (kg/m ²)
1	1.765	0.02244
2	1.233	0.02178
3	0.782	0.02112
4	0.418	0.02112
5	0.145	0.02772

Tegangan geser rata-rata yang terjadi pada sudetan adalah sebagai berikut:

1. Tegangan geser kritis (τ_c):

$$\tau_{c.rata} = \frac{\tau_{c.P420} + \tau_{c.P430} + \tau_{c.P438} + \tau_{c.P440} + \tau_{c.P450} + \tau_{c.P460}}{6}$$
$$= \frac{0.093 + 0.093 + 0.185 + 0.926 + 0.833 + 0.185}{6}$$

$$\tau_{c.rata} = 0.386 \text{ N/m}^2$$
$$\tau_{c.max} = 0.926 \text{ N/m}^2 \text{ (P 440)}$$

2. Tegangan geser ijin (τ_o):

$$\tau_{o.rata} = \frac{\tau_{o.P420} + \tau_{o.P430} + \tau_{o.P438} + \tau_{o.P440} + \tau_{o.P450} + \tau_{o.P460}}{6}$$
$$= \frac{0.072 + 0.007 + 0.057 + 0.277 + 0.19 + 0.115}{6}$$

$$\tau_{o.rata} = 0.12 \text{ N/m}^2$$
$$\tau_{o.max} = 0.277 \text{ N/m}^2 \text{ (P 440)}$$

Dengan hasil perhirungan di atas maka bitiran sedimen pada sudetan tersebut tidak mengalami pergerakan

$$\tau_{o.rata} < \tau_{c.rata}$$
$$0.12 \text{ N/m}^2 < 0.386 \text{ N/m}^2$$

SIMPULAN

Kesimpulan hasil pembahasan dan analisis perhitungan tegangan geser yang terjadi pada sudetan Sungai Bengawan Solo di Wonosari, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, sebagai berikut:

1. Tegangan geser yang terjadi pada sudetan Wonosari memiliki nilai yang berbeda pada setiap cross section yang di ambil sedimennya. Dengan proses pengujian saringan di laboratorium Bahan Universitas Sebelas Maret Surakarta di peroleh nilai d50 dan d90 untuk menghitung tegangan geser. Dari hasil perhitungan di dapatkan nilai tegangan geser maksimum yang terjadi di sudetan $\tau_{o.max} = 0.277 \text{ N/m}^2$ yang terjadi pada titik P 440. Sedangkan untuk tegangan geser rata-rata yang terjadi adalah $\tau_{o.rata} = 0.12 \text{ N/m}^2$.
2. Dengan hasil perhitungan yang mendapatkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa butiran sedimen pada sudetan wonosari tidak mengalami pergerakan, karena tegangan geser dasar aliran (τ_o) yang terjadi $<$ tegangan geser kritis (τ_c) yang ada. Maka untuk keberlangsungan sudetan dengan keadaan tegangan geser seperti tersebut di atas, maka proses sedimentasi di daerah sudetan pada waktu debit aliran saat survei akan mengalami sedimentasi dan pendangkalan dasar sudetan.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

REFERENSI

- Arta dan Ivan. 2011. Kajian Laju Angkutan Sedimen pada Sungai Wampu. Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Asdak, Chay. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- 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.
- Firman, Suntoyo dan Sujantoko. 2012. Analisis Tegangan Geser Dasar dan Total Angkutan Sedimen pada Gelombang Gelombang Asimetris. Jurusan Teknik Kelautan-FTK.
- Halim, Fuad. 2011. Aplikasi Metode Konsep Regime pada Perencanaan Sudetan di Sungai Sario. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Istiarto. 2014. Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. istiarto@ugm.ac.id.
- Kusumaningrum, Ratnasari. 2014. Analisis Angkutan Sedimen Anak Sungai Bengawan Solo pada Sungai Dengkeng. Jurusan Teknik Sipi. Universitas Sebelas Maret.
- Wati A.P, Indratmo S, dan M. Cahyono 2004. Tegangan Geser Kritis Erosi. PROSIDING Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI).
- Wati A.P, Indratmo S, dan M. Cahyono 2005. Studi Tegangan Geser Kritis Erosi terhadap Berat Jenis pada Sedimen Sungai Cimanuk. PROSIDING Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI).