

# SIMTEKS

(Sistem Infrastruktur Teknik Sipil)



Jurnal Teknik Sipil	Vol. 1	No. 2	Hal. 1-92	Bandung Oktober 2019	ISSN 2655-8149
Terakreditasi LIPI No. 0005.26558149/JI.3.1/SK.ISSN/2019.01					

<b>SIMTEKS</b> (Sistem Infrastruktur Teknik Sipil)
---

**Dewan Redaksi :**

**Penelaah Ahli**

Dr. Ir. H. Bakhtiar Abu Bakar, MT. (Universitas Sangga Buana)

Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT. (Universitas Sangga Buana)

Dr. Ir. Agus Rachmat, MT. (Universitas Sangga Buana)

Dr. Ir. Abdul Chalid, M. Eng. (Universitas Sangga Buana)

Dr. Ir. A. Anton Soekiman, MT., MSc. (Universitas Katolik Parahyangan)

**Mitra Bestari**

Prof., Dr., Hadi UM., MIHT. (Universitas Sangga Buana)

**Penyunting Pelaksana**

Chandra Afriade Siregar, ST., MT. (Universitas Sangga Buana)

Dody Kusmana, ST., MT. (Universitas Sangga Buana)

Ir. Muhammad Ryanto, MT. (Universitas Sangga Buana)

Muhammad Syukri, ST., MT. (Universitas Sangga Buana)

**Alamat Redaksi**

Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana

Jl. PHH Mustofa (Suci) No.68 – Bandung Jabar

Gedung C – Lantai 3

Telepon : (022) 7275489

Fax : (022) 7201756

Jurnal Teknik Sipil	Vol. 1	No. 2	Hal. 1-92	Bandung Oktober 2019	ISSN 2655-8149
Terakreditasi LIPI No. 0005.26558149/JI.3.1/SK.ISSN/2019.01					

# **SIMTEKS**

(Sistem Infrastruktur Teknik Sipil)

1. Agus Triyansah, Bahktiar AB  
**Studi Pada Kasus Rehabilitasi Jembatan Citarum Dengan Sistem Manajemen Konstruksi Jembatan (Bms)**
2. Almuhammad, Bakhtiar AB, Doni Romdhoni Witarsa  
**Analisis Banjir Pada Wilayah Sungai Akibat Tinggi Curah Hujan Dengan Pemodelan Hec-Ras (Studi Kasus: Sungai Citanduy)**
3. Arif Brahan Udin, R. Didin Kusdian  
**Uji Laboratorium Untuk Variasi Perbandingan Semen Terkait Kebutuhan Beton Kedap Pada Bangunan Reservoir Dari Campuran 2 : 3 : 5 2,5 : 3 : 5 2,75 : 3 : 5**
4. Bagus Sukma Saputra, Chandra Afriade Siregar, Hadi Utoyo Moeno  
**Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dengan Formula Statis Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu**
5. Budi Rismansandi, Chandra Afriade Siregar  
**Kajian Kerusakan Jaringan Drainase Perkotaan Akibat Pengaruh Aliran Air Permukaan Dan Sampah Pada Wilayah Kecamatan Cibeunying Kidul Kota Bandung**
6. Deden Ridwan, Iwan Gunawan Adiwijaya  
**Kajian Kerusakan Tanggul Akibat Debit Banjir Yang Berdampak Pada Kerusakan Lereng Dan Sungai Dengan Pendekatan Analisis Uji Model Hidrolik (Sungai Cisangkuy)**
7. Dessi Natalia, Bakhtiar AB, Lina Nurhayati  
**Analisis Pengaruh Gerakan Air Hujan Terhadap Penurunan Kualitas Jaringan Drainase Perkotaan Pada Studi Kasus Daerah Selatan Sumedang**
8. Eka Oktaviani, Muhammad Ryanto  
**Kajian Uji Tekan Beton Dengan Berbagai Variasi Penggunaan Jumlah Dosis Zat Additive Super *Plasticizer***
9. Eva Farahdiba Nurul Adha, Abdul Chalid, Dody Kusmana  
**Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Semen Variasi Penambahan *Calcium Carbonate* Dengan Perawatan Air Kapur Terhadap Beton Normal Tekan Rencana K300**
10. Famuazi Eka Herdyana, R. Didin Kusdian, Anton Sunarwibowo  
**Analisis Perbandingan Uji Laboratorium Untuk Variasi Perbandingan Semen Terkait Kebutuhan Beton Kedap Air Pada Bangunan Reservoir Dari Campuran 3:2:3, 3,5:2:3, 3,75:2:3**

# **SIMTEKS**

(Sistem Infrastruktur Teknik Sipil)

11. Ganjar Satria Nugraha, Yushar Kadir  
**Kajian Pengaruh Kalsium Karbonat Dan Limbah Adukan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah**
12. Indra Cahyana, R.Didin Kusdian, Muhammad Syukri  
**Analisa Perbandingan Uji Laboratorium Untuk Variasi Perbandingan Semen Terkait Kebutuhan Beton Kedap Air Pada Bangunan Reservoir Dari Campuran 4:2:3 , 4,5:2:3 , 4,75:2:3**
13. Indria Stephanie Widiantara, Chandra Afriade Siregar, Yanti Irawati  
**Studi Perbandingan Semen Dengan Menggunakan Serbuk Calcium Carbonate Sebagai Substitusi Semen Pada Beton Ringan**
14. Irwan Setiawan, Dwi Haryono Aji Wibowo  
**Kajian Kerusakan Kaki Bendung Akibat Pengaruh Aliran Turbulensi Dan Gerusan Setempat (*Local Scouring*) Pada Daerah Irigasi Sentig Dengan Pendekatan Uji Model Hidrolik Laboratorium**
15. Juana Trisno Setiadi, Tia Sugiri  
**Kajian Kerusakan Drainase Kereta Api Akibat Pengaruh Infiltrasi Dan Limpasan Air Curah Hujan Pada Jalur St. Rancaekek Menuju St. Cimekar Daerah Operasional 2 Bandung**
16. Mochamad Qodir Oktariana, Hendra Garnida  
**Analisa Pemanfaatan Sumber Daya Air Kali Kuto Untuk Kebutuhan Air Baku Perusahaan Daerah Air Minum Wilayah Kabupaten Kendal**
17. Muhamad Miftakhul Fahri, Muhammad Ryanto, Heri Sismoro  
**Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Beton Polimer**

# KAJIAN KERUSAKAN KAKI BENDUNG AKIBAT PENGARUH ALIRAN TURBULENSI DAN GERUSAN SETEMPAT (*LOCAL SCOURING*) PADA DAERAH IRIGASI SENTIG DENGAN PENDEKATAN UJI MODEL HIDROLIK LABORATORIUM

Irwan Setiawan<sup>(1)</sup>, Dwi Haryono Aji Wibowo, ST.,MT<sup>(3)</sup>  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik  
Universitas Sangga Buana YPKP

## ABSTRAK

Bendung Sentig dibangun untuk membendung aliran sungai Cipeles yang airnya melimpah dan mengalirkannya ke saluran irigasi yang berada di kiri dan kanan aliran Sungai Cipeles. Telah banyak bangunan bendung yang sudah dibangun, namun banyak pula bangunan bendung yang mengalami kerusakan akibat terjadinya gerusan di bagian hilirnya. Untuk lebih jauh perlu dilakukan penelitian karena bendung bertujuan untuk meningkatkan taraf muka air sehingga airnya bisa di sadap untuk berbagai keperluan, tanpa mengumpulkan volume air. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati faktor apa saja yang mengakibatkan kerusakan pada kaki bendung. Proses terjadinya pada kerusakan kaki bendung dapat di sebabkan oleh berbagai faktor diantaranya karena adanya pengaruh dari kecepatan aliran, kedalaman air dan adanya energi.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan bangunan chek dam di peroleh tinggi permukaan air sebesar 1,25 cm, debit aliran sebesar (Q) 675,722 cm<sup>3</sup>/det, debit persatuan lebar sebesar (q) 46,098 cm<sup>2</sup>/det, kecepatan aliran sebesar (V) 37,81 cm/det, bilangan froude sebesar(F) 1,05 dengan energi spesifik sebesar (Es) 1,88 cm, tegangan geser sebesar ( $\tau$ ) 9,37 gr/cm<sup>2</sup>det, yang memiliki tekanan air sebesar (P) 0,78 gr/cm menimbulkan gerusan sedalam 9,35 cm. Dengan nilai bilangan Froude lebih dari 1 ( $F < 1$ ), maka aliran pada saluran terbuka ini termasuk aliran laminer super kritis (Turbulen).

**Kata kunci :** Bendung, Sungai, Gerusan setempat , Aliran turbulen

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

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 (Mokonio, 2013).

Adanya Pembangunan bendung menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan atau turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transportasi sedimen dan terjadinya gerusan serta perubahan pola aliran sungai. Gerusan lokal (*local scouring*) merupakan proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran, misalnya pangkal jembatan dan gerusan pada hilir bendung. Secara konvensional, desain penangkap sedimen relatif berbentuk persegi dalam arah memanjang maupun melintang (Departemen Pekerjaan Umum, 1986).

Gerusan Lokal (*local Scouring*) adalah akibat yang biasa terjadi apabila dalam suatu

saluran di tempatkan suatu penghalang atau penghambatan laju aliran sampai terjadi perubahan yang mendadak pada arah alirannya. Penghambat aliran ini dapat berupa bangunan – bangunan air yang sengaja dibuat atau akumulasi sampah maupun sedimen yang menumpuk pada alur aliran. ( Pudyono dan Sunik,2013).

Aliran air sungai merupakan suatu proses yang cukup kompleks. Air bergerak turun melalui kanal sungai karena pengaruh gaya gravitasi. Kecepatan aliran meningkat sesuai dengan kelerengan atau kemiringan sungai. Aliran air tidak saja lurus tetapi dapat pula acak (turbulent). (Ady Syaf Putra,2014)

Aliran turbulen terjadi apabila pergerakan dari partikel- partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata

diseluruh fluida sehinggamenhasilkan kerugian-kerugian aliran.(Maria Ulfah Handayani dkk, 2016).

## 1.2. Batasan Masalah

Batas masalah pada pelaksanaan penelitian ini harus dilakukan uji model laboratorium dahulu dengan model bangunan bendung dilengkapi dengan kaki dan terbuat dari campuran beton dengan dasar saluran hamparan pasir yang dipadatkan sehingga dapat diamati perubahan kecepatan, debit dan penumpukan sedimen juga yang terjadi akibat adanya gerusan setempat pada dasar saluran sungai yang berada di ujung bangunan kaki bendung dengan Uji Model Hidrolik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

Bendung merupakan bangunan memotong suatu aliran sungai yang berfungsi meninggikan muka air sungai agar bisa di sadap dan dialirkan ke saluran lewat bangunan pengambilan (*intake structure*).

#### Bendung berdasarkan tipe strukturnya

Gerusan merupakan suatu proses alamiah (sering terjadi di sungai atau saluran) akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air. Adanya bangunan air menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan atau tubulensi sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadinya gerusan.

Gerusan lolak (*local Scouring*) adalah akibat yang biasa terjadi apabila dalam suatu saluran ditempatkan suatu penghalang atau penghambat laju aliran sampai terjadi perubahan yang mendadak pada arah alirannya. Penghambat aliran ini dapat berupa bangunan – bangunan air yang sengaja dibuat atau akumulasi sampah maupun sedimen yang menumpuk pada alur aliran.

Proses pengangkutan sedimen (*sediment transport*) dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut :

- a. Pukulan air hujan terhadap bahan sedimen yang terdapat diatas tanah sebagai hasil dari erosi percikan dapat menggerakkan partikel-partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama-sama limpasan permukaan
- b. Limpasan permukaan juga mengangkat bahan sedimen yang terdapat di permukaan tanah, selanjutnya dihanyutkan masuk

kedalam alur-alur, dan seterusnya masuk kedalam selokan dan akhirnya ke sungai.

- c. Pengendapan sedimen, terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat dan mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dan kecepatan aliran.

#### Kedalaman *Local Scouring*

Kedalaman gerusan yang terjadi disekitar bangunan air dan penyempitan air dipengaruhi beberapa faktor yang antara lain adalah:

- a. Kecepatan aliran pada alur sungai

Kedalaman gerusan lokal maksimum rata-rata di sekitar kaki bendung sangat tergantung pada nilai relatif kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran (butiran seragam/ tidak seragam). Dengan demikian maka gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang.

- b. Gradasi sedimen

Gradasi sedimen dari sedimen transpor merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan pada kondisi air bersih (*clear water scour*).

#### Loncatan Air Ditinjau Dari Lokasi dan Posisi Loncatan

Pada umumnya teori mengatakan, bahwa loncatan akan terjadi pada saluran persegi panjang horisontal jika kedalaman mula dan kedalaman lanjutan serta bilangan froude dari segi pendekatan analitik memenuhi persamaan momentum dari hasil analisa suatu fenomena aliran yang terjadi (Chow,1985). Surbamanya (1986), Legono(1990) mengatakan kondisi aliran bebas dicapai bila aliran di depan pintu adalah subkritis dan di belakang pintu berupa aliran superkritis pada kondisi inilah terjadi loncat air (*hydraulics jump*). Pada sebagian besar bangunan irigasi, sering ditemui fenomena air, pada saat terjadi perubahan aliran superkritis ke subkritis.

## III. METODE PENELITIAN

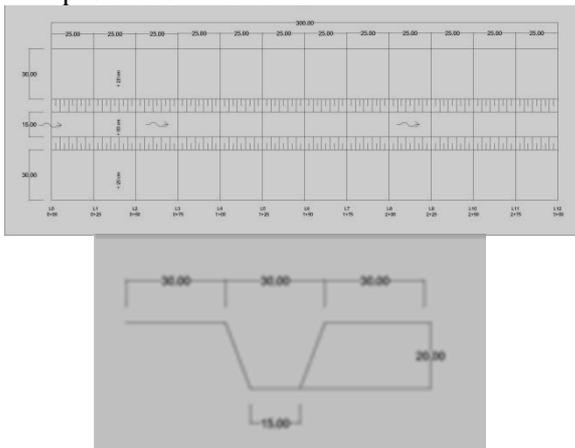
Data hasil pengamatan yang telah dilakukan di laboratorium Uji Model Hidrolik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung atas dasar:

- a) Besaran debit atau aliran debit yang berbeda (Q) berdasarkan perubahan nilai air raksa ( $\Delta H$ ).

- b) Ketebalan timbunan pasir di sepanjang saluran terbuka akibat perbedaan debit air yang mengalir.
- c) Ketebalan timbunan pasir di sepanjang saluran terbuka akibat aliran turbulensi atau aliran super kritis.

Pengamatan ini dilakukan dengan beberapa kondisi dasar saluran yang berbeda, antara lain kondisi dasar saluran tanpa lapisan pasir, kondisi dasar saluran dengan lapisan pasir dan kondisi dasar saluran dengan kombinasi lapisan pasir dan Kaki Bendung. Dengan adanya perbedaan kondisi dasar saluran terbuka tersebut, maka data pengamatan dari penelitian ini adalah terhadap:

- a) Pengamatan pola aliran hidrolika tanpa pasir.
- b) Pengamatan pola aliran hidrolika dengan pasir.
- c) Pengamatan pola aliran hidrolika dengan kombinasi pasir dan Kaki Bendung.
- d) Pengamatan pola penggerusan lapisan pasir akibat aliran air.



**Gambar 1.** Saluran Penampang Trapesium

#### IV. ANALISA DATA

Dari data-data yang telah didapat dari hasil penelitian, kemudian data-data tersebut dianalisa sehingga mendapatkan hasil analisa sebagai berikut:

Penggunaan rumus keliling basah sesuai dengan persamaan diatas, yaitu :

$$K = b + 2 \cdot y$$

$$K = 15 + 2 \cdot 1,23$$

$$K = 17,46 \text{ cm}$$

Dimana :

- K = keliling basah (cm)
- b = lebar saluran (cm)
- y = tinggi permukaan air (cm)

Penggunaan rumus luas permukaan basah (A) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu :

$$A = b \cdot y$$

$$A = 15 \cdot 1,23$$

$$A = 18,45 \text{ cm}^2$$

Penggunaan rumus jari-jari hidrolika (R) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu :

$$R = \frac{A}{K}$$

$$R = \frac{18,45}{17,46}$$

$$R = 1,057 \text{ cm}$$

Debit Aliran

Penggunaan rumus Debit Aliran (Q) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu:

$$Q = 171,808 \times \pi \times \Delta h^{0,5}$$

$$Q = 171,808 \times 3,14 \times (1,5)^{0,5}$$

$$Q = 660,722 \text{ cm}^3/\text{det}$$

Dimana :

$\Delta h$  = Tinggi Air Raksa (cm)

Penggunaan rumus kecepatan aliran (V) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu:

$$V = \frac{Q}{b \cdot Y_i}$$

$$V = \frac{660,722}{15 \cdot 1,23}$$

$$V = 35,811 \text{ cm} / \text{det}$$

Dimana :

A = Luas basah permukaan (cm<sup>2</sup>)

b = Lebar basah saluran (cm)

Y<sub>i</sub> = Tinggi muka air di titik i (cm)

Analisa Bilangan Froude

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_i}}$$

$$F = \frac{35,811}{\sqrt{(981 \cdot 1,23)}}$$

$$F = 1,03$$

Dengan ketentuan nilai bilangan froude:

F = 1 ( aliran normal)

F < 1 ( Aliran sub kritis)

F > 1 (aliran super kritis)

Dasar perhitungan nilai bilangan froude (F) adalah terhadap:

1. Kecepatan aliran (V)
2. Gravitasi bumi (g = 9,81 m/det<sup>2</sup>)
3. Kedalaman aliran (y)

Energi potensial

$$E_p = y$$

$$E_p = 1,23 \text{ cm}$$

Dimana :

$y$  = tinggi permukaan air (cm)  
Energi Kinetik

$$Ek = \frac{V^2}{2g}$$

$$Ek = \frac{(35,811)^2}{2 \cdot 981}$$

$$Ek = 0,654 \text{ cm}$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan aliran (cm/det)

$g$  = Gaya gravitasi (981 cm/det<sup>2</sup>)

Energi spesifik

$$Es = Ek + Ep$$

$$Es = y + \frac{V^2}{2g}$$

$$Es = 1,23 + \left( \frac{35,811^2}{2 \cdot 981} \right)$$

$$Es = 1,88 \text{ cm}$$

Tekanan Air

Penggunaan rumus tekanan air ( $P$ ) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot y^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (1,23)^2$$

$$P = 0,756 \text{ gr / cm}$$

**Tegangan Geser**

Penggunaan rumus tegangan geser ( $\gamma$ ) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu:

$$\tau = \gamma \cdot g \cdot R \cdot So$$

$$\tau = (1) \cdot (981) \cdot (1,06) \cdot (0,009)$$

$$\tau = 9,359 \text{ gr / cm det}$$

Dimana :

$\gamma$  = Berat jenis air (1 gr/cm<sup>3</sup>)

$g$  = gravitasi (981 cm/det<sup>2</sup>)

$R$  = jari-jari hidrolis (cm)

$So$  = kemiringan saluran

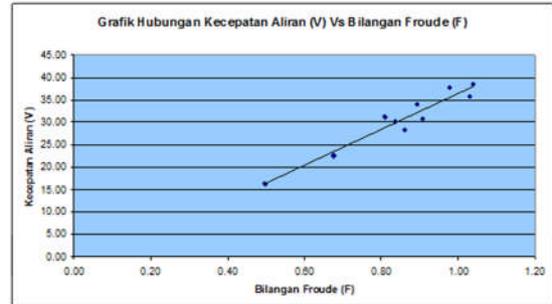
Kedalaman Gerusan

Penggunaan rumus kedalaman gerusan ( $ds$ ) sesuai dengan persamaan diatas, yaitu:

$$ds = 1,18 \cdot H^{0,235} \cdot q^{0,51}$$

$$ds = 1,18 \cdot 0,12^{0,235} \cdot 44,048^{0,51}$$

$$ds = 4,94 \text{ cm}$$



**Gambar 2.** Grafik hubungan kecepatan dengan bilangan froude

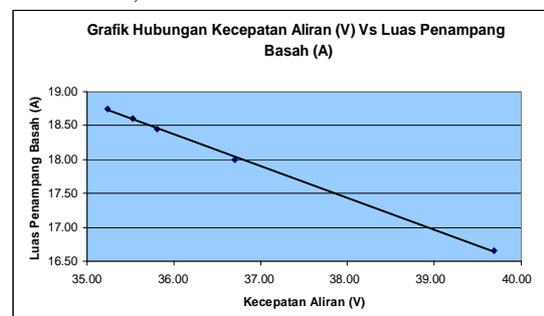
Pada gambar diatas menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan bilangan froude, dimana pada saat kecepatan sebesar 35,24 cm/det memiliki nilai bilangan froude sebesar 1,01 dan untuk kecepatan sebesar 39,68 cm/det memiliki nilai bilangan froude sebesar 1,22.



Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Aliran (V) vs Tinggi Permukaan Aliran (Y)

**Gambar 3.** Grafik hubungan kecepatan aliran dengan tinggi permukaan air

Pada gambar diatas menunjukkan hubungan antara tinggi permukaan air dengan kecepatan aliran, dimana tinggi permukaan air maksimum sebesar 1,25 cm memiliki kecepatan aliran minimum sebesar 35,24 cm/det sedangkan untuk tinggi permukaan air minimum sebesar 1,11 memiliki kecepatan aliran maksimum sebesar 39,68 cm/det.



**Gambar 3.** Grafik hubungan kecepatan aliran dengan luas penampang basah

Pada gambar 3 menunjukkan hubungan antara Kecepatan aliran dan Luas penampang basah, dimana kecepatan maksimum sebesar 39,68 cm/det diakibatkan oleh luas penampang basah minimum sebesar 16,65 cm<sup>2</sup>, sebaliknya kecepatan minimum sebesar 35,24 cm/det diakibatkan oleh luas penampang basah yang maksimum sebesar 18,75 cm<sup>2</sup>.

Gambar grafik 4.9 menunjukkan hubungan antara Kecepatan aliran dan debit aliran, dimana debit maksimum sebesar 852,988 cm<sup>3</sup>/det mengakibatkan kecepatan aliran maksimum sebesar 37,66 cm/det, begitu juga sebaliknya dengan debit minimum sebesar 269,739 cm<sup>3</sup>/det mengakibatkan kecepatan aliran minimum sebesar 16,35 cm/det.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

1. Kerusakan yang terjadi pada bangunan kaki bendung dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya karena adanya kecepatan aliran, kedalaman air dan adanya energi.
2. Dari hasil penelitian dengan menggunakan kaki bendung di peroleh tinggi permukaan air sebesar 1,25 cm, debit aliran sebesar 675,722 cm<sup>3</sup>/det, debit persatuan lebar sebesar 46,098 cm<sup>2</sup>/det, kecepatan aliran sebesar 37,81 cm/det, bilangan froude sebesar 1,05 dengan energi spesifik sebesar 1,88 cm, tegangan geser sebesar 9,37 gr/cm<sup>2</sup>, yang memiliki tekanan air sebesar 0,78 gr/cm<sup>2</sup> menimbulkan gerusan sedalam 9,35 cm.

### **5.2. SARAN**

1. Ketelitian dan ketepatan dalam pengukuran dan perhitungan dalam pelaksanaan penelitian harus ditingkatkan.
2. Sebaiknya dibangun peredam energi pada konstruksi bendung sungai yang akan dibendung berupa pasangan beton melintang dasar atau rip-rap yang berfungsi untuk meredam loncatan air agar tidak mengakibatkan gerusan pada dasar saluran yang diakibatkan oleh pusaran air (Turbulensi), sehingga kerusakan pada kaki bendung bisa dihindari.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Asdak, Chay, 2002, Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
2. Chow, Ven Te, 1959, Open Channel Hydraulics, Mc. Graw-Hill Civil Engineering Series, New York, USA
3. Mawardi Erman, Memed Moch. 2002. Desain Bendung Tetap Untuk Irigasi, Bandung: Alfabeta.