

HUBUNGAN DEBIT INLET TERHADAP DEBIT SEDIMEN PADA UJI MODEL FISIK SEDRAINPOND

¹Muhammad Ammar. ST.,MT.
²Iwan Kridasantausa, Ir. MSc., PhD

¹Email: fameosu@yahoo.com
²Email: Iwan.Krisdasantausa@staff.gunadarma.ac.id
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma, Jakarta

ABSTRAK

Sedrainpond is a prototype that is used to reduce the solid material in the carrier medium. Sedrainpond consists of a Pond (wells), the channel inlet and outlet channels. This research will know how to influence the efficiency of the inlet discharge water sediment reduction in the physical test models sedrainpond. 91.3% of efficiency hydrocyclone variations influenced by head and underflow area and the remaining due to other things that can't be explained by existing variables. The best analysis model to predict the dependent variable (sediment reduction efficiency of sedrainpond) with the effect of independent variables (inlet flow) is a simple linear regression model with the prediction equation $Y = 0686-0915 \text{ Debit Inlet}$. Prediction of sediment separation efficiency ranged sedrainpond 0.02% - 57% depending on the size of the inlet flow.

Keywords: SeDrainPond, sediment, inlet flow, efficiency, linear regression

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keberadaan air tersebar di seluruh bagian dunia sehingga ketersediaan air di berbagai tempat di seluruh bagian dunia akan bervariasi seiring berjalannya waktu. Salah satu usaha untuk mengatasi kesenjangan persediaan air tersebut diupayakan dengan membangun bangun-an air seperti bendungan (waduk) dan bendung, sehingga dengan adanya bangunan air semacam ini pendistri-busian air irigasi dapat diatur. Apabila air mengalir pada alur sungai atau saluran, maka air tersebut akan menyebabkan pengikisan (scouring) pada permukaan tanahnya (Anonymous, 1993; Sosrodar-sono, 2003). Partikel-partikel tanah be-rupa lumpur, kerikil atau yang agak besar dapat terlepas dari dasar laut (bed) atau tebing (tank). Partikel yang terlepas tersebut akan terbawa oleh aliran air.

Sedimentasi adalah suatu proses pengapungan, penggelindingan, penyeretan atau pemercikan jarah-jarah tanah hasil pemecahan dan telah terlepas dari satuan tubuh tanahnya, menempuh rentang jarak tertentu sampai tertahan di tempat pengendapan (Yang, 1996; Wulandari, 1999). Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Sedangkan hasil sedimen (sediment yield) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak, 2004; Chow, 1997). Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Pada alur sungai yang curam, daerah mana merupakan obyek dari pekerjaan bangunan pengendali sedimen ada dua fenomena dari gerak sedimen. Sedimentasi terjadi apabila banyaknya sedimen yang terangkut lebih besar daripada kapasitas sedimen yang ada. Sungai selalu berubah-ubah baik bentuk, aliran, pengangkutan sedimen dan kekasaran dasar sungai, hal ini disebabkan karena faktor sifat-sifat aliran air, sifat-sifat sedimen, dan pengaruh timbal balik (inter-action). Faktor-faktor tersebut selalu berubah secara terus menerus sejalan dengan kondisi curah hujan yang terjadi. Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri (Priyantoro, 1987). Model Sedrainpond (Sriyana, 2010) merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri dari saluran pembuang yang berfungsi sebagai Inlet, dan Pond yang berfungsi menampung air yang akan menambah resapan air dan menampung sedimen tersuspensi, sehingga akan mengurangi aliran permukaan, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah dan juga sedimen yang tertangkap dapat dipanen dan menjadi sumber pupuk alternative (Haryono Putro, 2012). Model Numerik Sedrainpond (Sriyana, 2011) mampu menampung sedimen (30-70)%, sedimen ini ditangkap dalam suatu sumuran yang dapat dipanen oleh petani dan disebar lagi ke area pertanian atau ladang. Model Sedrainpond yang sudah ada dilapangan dan dikembangkan di daerah Wonogiri, dimana merupakan wilayah DAS Kamplong, memberikan kehandalan yang cukup baik. Dalam satu periode musim hujan, pond-pond dapat menampung kisaran 25%-75% dari volume Sedrainpond. Debit Inlet pada Model Sedrainpond akan mempengaruhi laju sedimentasi pada model ini. Hubungan debit Inlet dengan debit sedimen pada model Sedrainpond akan di jabarkan.

Tujuan Penelitian

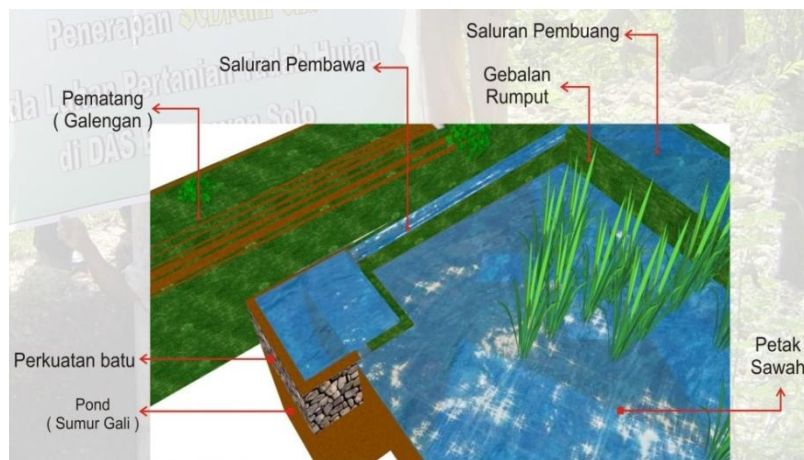
Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi reduksi debit sedimen sedrainpond dari pengaruh debit inlet, mengetahui model analisis dan bentuk persamaan model yang mewakili hubungan debit inlet terhadap efisiensi pemisahan sedimen pada model uji fisik sedrainpond, mengetahui kondisi batas dari persamaan model yang diperoleh, mengetahui batas kecepatan efektif untuk memaksimalkan sedimentasi pada sedrainpond, mengetahui variable yang berpengaruh terhadap hasil tangkapan sedimen.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Sedimentasi dan SeDrainPond

Menurut Hermida et al (2005), Sedimentasi adalah proses perpindahan dan pengendapan erosi tanah, khususnya sebagai hasil dari percepatan erosi lapisan tanah. Erosi dapat mempengaruhi produktivitas lahan yang biasanya mendominasi DAS bagian hulu dan dapat memberikan dampak negatif pada DAS bagian hilir (sekitar muara sungai) yang berupa hasil sedimen.

Sedangkan, SeDrainPond merupakan suatu model yang terdiri dari saluran pembuang yang berfungsi sebagai *inlet*, dan *Pond* yang berfungsi menampung air yang akan menambah resapan air dan menampung sedimen tersuspensi, sehingga akan mengurangi aliran permukaan, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah dan juga sedimen yang tertangkap dapat dipanen dan menjadi sumber pupuk alternatif.



Gambar 1. Ilustrasi model SeDrainPond di lapangan

Sumber: Sriyana, 2010

Tinjauan Aspek Hidrologi

Penetapan permeabilitas dilakukan dalam keadaan jenuh dengan menggunakan metode tinggi air konstan (constan head methode), Klute dan Dirksen, 1986 dalam Kurnia, 2006 dan didasarkan pada hukum darcy. Campuran bahan di timbang dan dimasukkan ke dalam ring sample sesuai dengan bobot isi yang telah didapatkan, lalu pasang pada set permeameter. Semakin tinggi nilai k maka makin tinggi nilai kecepatan tanah meloloskan air.

Harga permeabilitas tanah (k) untuk tiap-tiap tanah adalah berbeda-beda tergantung pada besar pori-pori antar butiran tanah. Besarnya harga permeabilitas diberikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Harga Koefisien Permeabilitas Tanah (k)

Jenis Tanah	k (m/det)	Keterangan
Kerikil	$>10^{-1}$	<i>High permeability</i>
Kerikil halus/ pasir	$10^{-1}-10^{-3}$	<i>Medium permeability</i>
Pasir sangat halus Pasir lanau Lanau tidak padat	$10^{-3}-10^{-5}$	<i>Low permeability</i>

Lanau padat		
Lanau lempung	10^{-5} - 10^{-7}	<i>Very low permeability</i>
Lanau tidak murni		
Lempung	$<10^{-7}$	<i>Impervious</i>

Sumber : M. Das, Braja, 1985

Tanah pada pond dimodelkan dengan campuran agregat dan semen dengan menyamakan koefisien permeabilitas, perbandingan campuran beton pada jenis permeabilitas berbeda (Tabel 2).

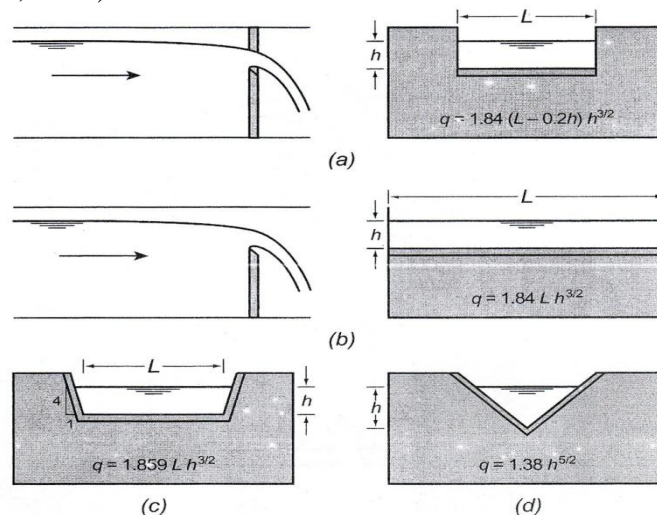
Tabel 2. Perbandingan campuran beton pada jenis permeabilitas berbeda

No.	Jenis Tanah	Nilai k	Perbandingan	
			semen	pasir
1	Tanah berpasir	1.E-03	1	15
2	Tanah Lanau	1.E-07	1	11
3	Tanah Lanau Berpasir	1.E-05	1	7
4	Tanah Lempung	1.E-04	1	4

Sumber: Putro, 2011

Prinsip Dasar Hidrolika

Bendung mempunyai rumus hubungan antara permukaan air dan debit. Bentuknya seperti pada Gambar 2: segi empat dengan (a) lebar mengecil (*contracted rectangular*), (b) lebar penuh (*suppressed rectangular*), (c) trapesium (*Cipolletti*) dan (d) segitiga (*v-notch*). (Fangmeier, 2005)



Gambar 2. Bendung dengan ambang tajam (*Sharp-crested weirs*)

Sumber : Nuranto, 2005

Untuk mengetahui volume air yang melewati suatu penampang saluran maka perlu dilakukan pengukuran terhadap volume air yang mengalir. Debit merupakan volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang saluran persatuan waktu.

Bilangan Forude (F_r) didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata v dibagi akardari gravitasi dan kedalaman air y dan ditulis:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gy}} \dots\dots\dots(1)$$

Aliran pada saluran terbuka berdasarkan bilangan Froude dapat digolongkan menjadi tiga bagian yaitu aliran sub kritis, kritis dan super kritis, dengan ketentuan masing-masing adalah:

- Aliran sub kritis : bila $Fr < 1$
- Aliran kritis : bila $Fr = 1$
- Aliran super kritis : bila $Fr > 1$

Klasifikasi aliran berdasarkan bilangan Reynolds dapat dibedakan menjadi 3 kategori:

- $Re < 500$ aliran laminar
- $500 < Re < 1.600$ aliran transmisi
- $Re > 1.600$ aliran turbulen

Statistika

Pada prinsipnya, ilmu statistik menurut Santoso (2012) bisa diartikan sebagai sebuah kegiatan untuk:

1. Mengumpulkan data.
2. Meringkas/menyajikan data.
3. Menganalisis data dengan metode tertentu.
4. Menginterpretasikan hasil analisis tersebut.

Pengujian Data

Uji data pada prinsipnya bertujuan untuk memastikan bahwa metode statistik, seperti regresi dan *time series* bias digunakan pada data tertentu. Dengan demikian, hasil proses analisisnya pada data yang telah lolos uji tersebut bisa diinterpretasikan dengan tepat. Uji pada data yang akan diproses pada umumnya meliputi pengujian adanya data *outlier*, uji normalitas data, dan linieritas data.

Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis regresi dan korelasi dikembangkan untuk mengkaji dan mengukur keterkaitan/ hubungan secara statistik antara dua vaiabel/ lebih. Hubungan yang didapat biasanya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik.

Gujarati (2006) dalam Sarwono (2009) mendefinisikan bahwa analisis regresi merupakan kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan (*the explained variable*) dengan satu atau dua varabel yang menerangkan (*the explanatory*). Variabel pertama disebut juga sebagai variabel tergantung (*dependen*) dan variabel kedua disebut sebagai variabel bebas (*independen*). Jika variabel bebas lebih dari satu, maka analisis regresi disebut regresi linier berganda. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel bebas akan dikenakan langsung kepada variabel tergantung. Persamaan regresi linier berganda ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \dots\dots\dots(2)$$

Atau secara lengkap dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- Y = Variabel dependen (bergantung)
- a = Koefisien/konstanta regresi
- $b_1, 2, \dots, n$ = Koefisien untuk variabel X_1, X_2 , dan seterusnya

$X_{1,2,\dots,n}$ = Variabel bebas (*independent/ predictor variable*) pertama, kedua, dan seterusnya
 e = Error

Hasil analisis korelasi dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi. Berdasarkan nilai koefisien korelasi hubungan antara 2 variabel dapat dinyatakan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai koefisien korelasi dan kekuatan hubungan antar variabel

Nilai koefisien korelasi	Keterangan
1	Hubungan positif sempurna
0,6 - 1	hubungan langsung positif baik
0 - 0,6	hubungan langsung positif lemah
0	tidak terdapat hubungan linier
-0 - -0,6	hubungan langsung negatif lemah
-1 - -0,6	hubungan langsung negatif baik
-1	hubungan negatif sempurna

Sumber: Santoso, 2012

Langkah awal analisis regresi dan korelasi adalah menentukan data yang menjadi variabel bebas dan tak bebas, kemudian menentukan bentuk kurva dan persamaan yang cocok dengan sebaran data dan melakukan interpolasi nilai variabel tak bebas berdasarkan nilai variabel bebas yang telah diketahui.

METODE PENELITIAN

Sumber Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari percobaan di laboratorium serta data hasil studi literatur yang didapat dari tesis, buku maupun jurnal ilmiah.

Objek Penelitian

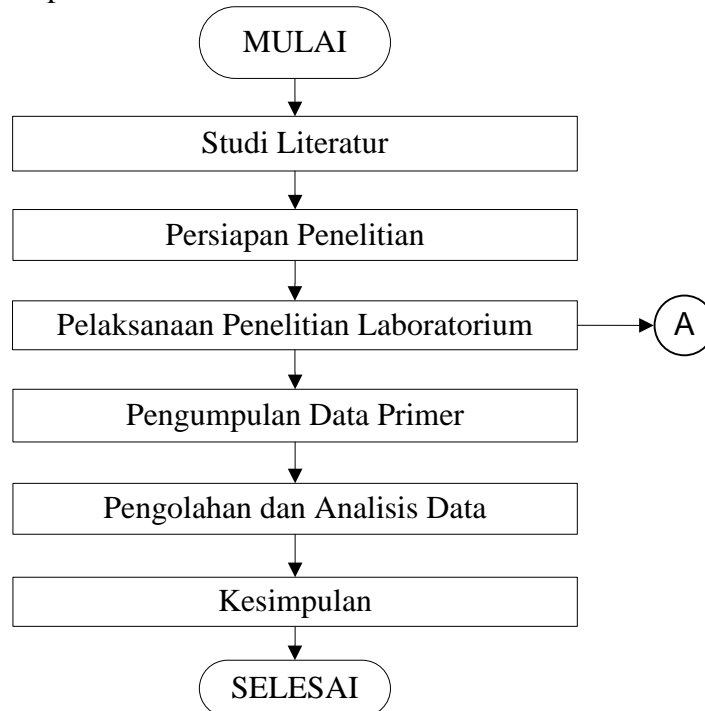
Percobaan laboratorium yang dijadikan objek penelitian adalah input dan output dari SeDrainPond.

Variabel Penelitian

Terdapat dua jenis variabel dalam penelitian ini adalah Variabel Bebas (*Independent Variable*) yaitu debit inlet, dan kecepatan, serta Variabel Tak Bebas (*Dependent Variable*) yaitu efisiensi penurunan sedimen.

Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian dalam membuat Penentuan Formula Model Pengaruh Debit Inlet Terhadap Penurunan Konsentrasi Sedimen Pada Uji Model Fisik Sedrainpond disajikan dalam diagram alir penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Bagan alir ini menguraikan secara garis besar dari tinjauan pustaka, kemudian rumusan masalah, tujuan penelitian, metode yang digunakan, kesimpulan berupa lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengambil sedimen dalam pond pada ke empat jenis tanah yang berbeda.

Rancangan Penelitian

Dalam rancangan penelitian menggunakan jenis statistik parametrik dimana jumlah sampel data yang akan diuji sebanyak 30 kali dengan variasi antara pengaturan bukaan pintu sorong (P_S), konsentrasi sedimen (C_{sd}), dan waktu pengaliran (T_R). setelah percobaan di *running* dengan kombinasi yang berbeda sebanyak 30 sampel maka percobaan dapat dihentikan. Diagram alir rancangan penelitian tangkapan sedimen dengan uji model fisik di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4. Dalam melakukan percobaan ini dibagi menjadi tiga langkah percobaan, yakni:

1. Percobaan 1 (P1)

Variabel Bebas : Debit Inlet

Variabel Tetap : Konsentrasi Sedimen dan Waktu Pengaliran

2. Percobaan 2 (P2)

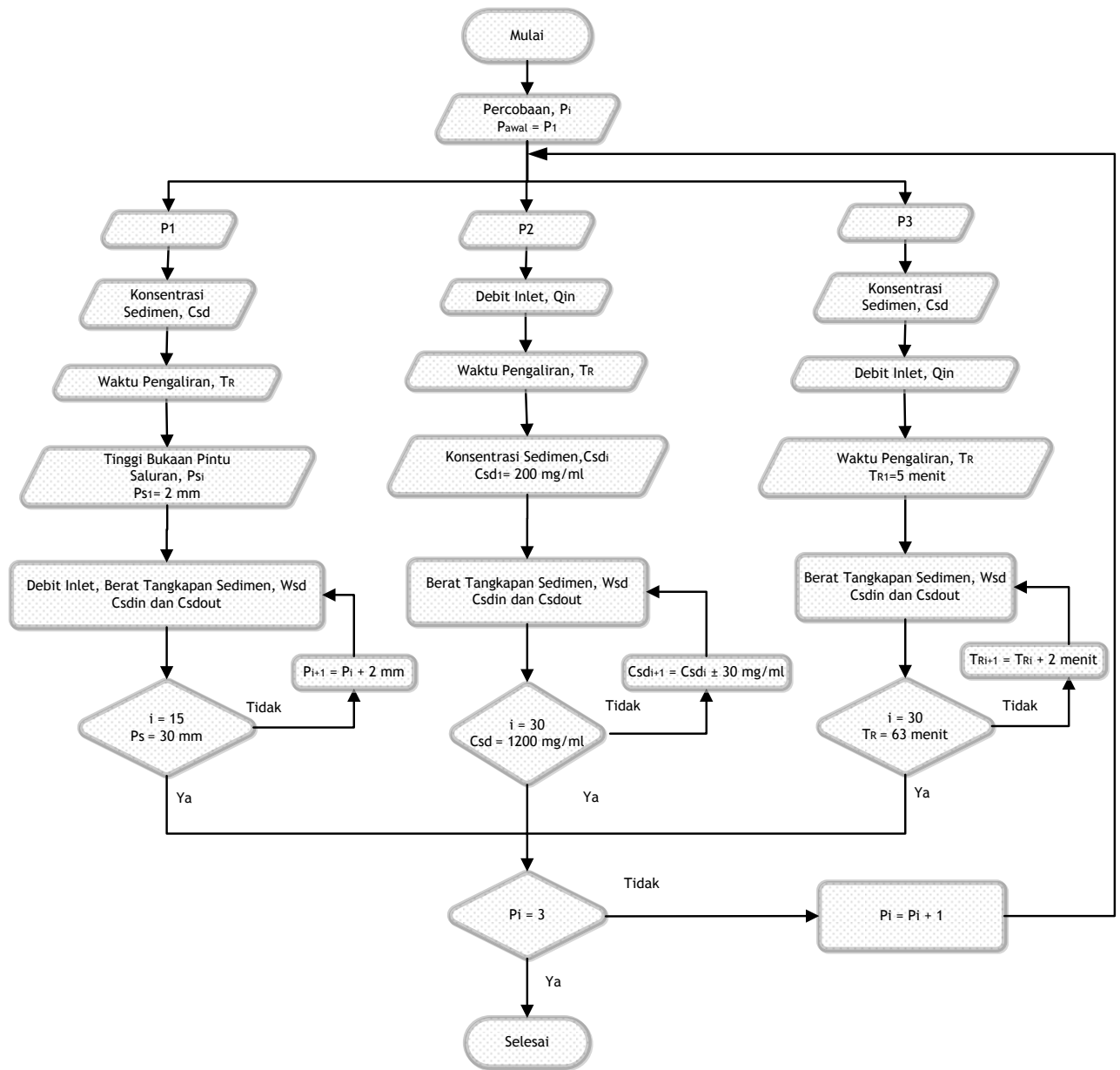
Variabel Bebas : Konsentrasi Sedimen

Variabel Tetap : Debit Inlet dan Waktu Pengaliran

3. Percobaan 3 (P3)

Variabel Bebas : Waktu Pengaliran

Variabel Tetap : Debit Inlet dan Konsentrasi Sedimen



Gambar 4. Rancangan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Nilai variabel control alat SeDrainPond dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan uji coba terlebih dahulu dan beberapa pertimbangan sehingga dapat ditentukan bahwa volume pond yaitu $0,054 \text{ cm}^2$.

Tabel 4. Jangkauan Pengumpulan Data Penelitian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Panjang pond	p_p	cm	30
2	Lebar pond	l_p	cm	30
3	Tinggi pond	h_p	cm	60
4	Debit <i>inlet</i>	Q_{in}	L/dt	0,199 – 2,479
5	Konsentrasi <i>inlet</i>	$C_{sd_{in}}$	mg/mL	1.467 – 10.147
6	Konsentrasi <i>outlet</i>	$C_{sd_{out}}$	mg/mL	833 – 4.810
7	Konsentrasi reduksi	$C_{sd_{red}}$	mg/mL	3,33 – 7.177,00
8	Efisiensi	E_f	%	0,0018 – 0,5896

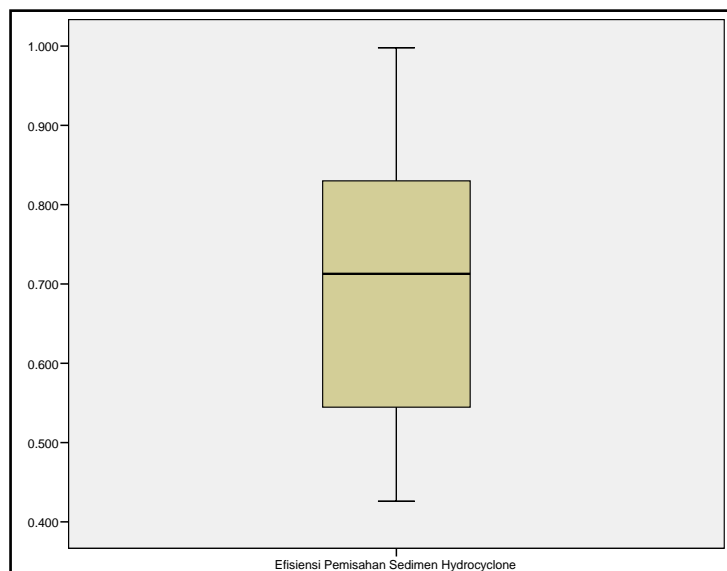
Dengan melakukan 72 percobaan konsentrasi sedimen yang dapat di reduksi dari 3,33 mg/mL hingga 7.177 mg/mL. Total debit *inlet* pada percobaan ini dari 0,199 L/dt hingga 2,479 L/dtk. Efisiensi reduksi antara konsentrasi *inlet* dan konsentrasi *outlet* adalah 0,18% - 58,96%.

Pengujian Data

Pengujian data pada Tabel 2 dengan variabel tetap rasio efisiensi reduksi dan variabel bebas kemiringan saluran (*slope*) dan rasio *head* meliputi uji *outlier*, uji normalitas, dan uji linieritas dengan menggunakan program *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*.

Uji Outlier

Deteksi adanya *outlier* pada data dilakukan juga dengan menggunakan box plot. Pengujian dilakukan pada variabel konsentrasi reduksi sedimen (E_f) yang hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian *outlier* dengan box plot

Pada box plot untuk variabel $C_{sd_{red}}$ terlihat ada data yang tersebar diluar box plot sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada data outlier maupun ekstrem.

Uji Normalitas

Uji normalitas bisa dilakukan dengan grafik dan melihat besaran Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk.

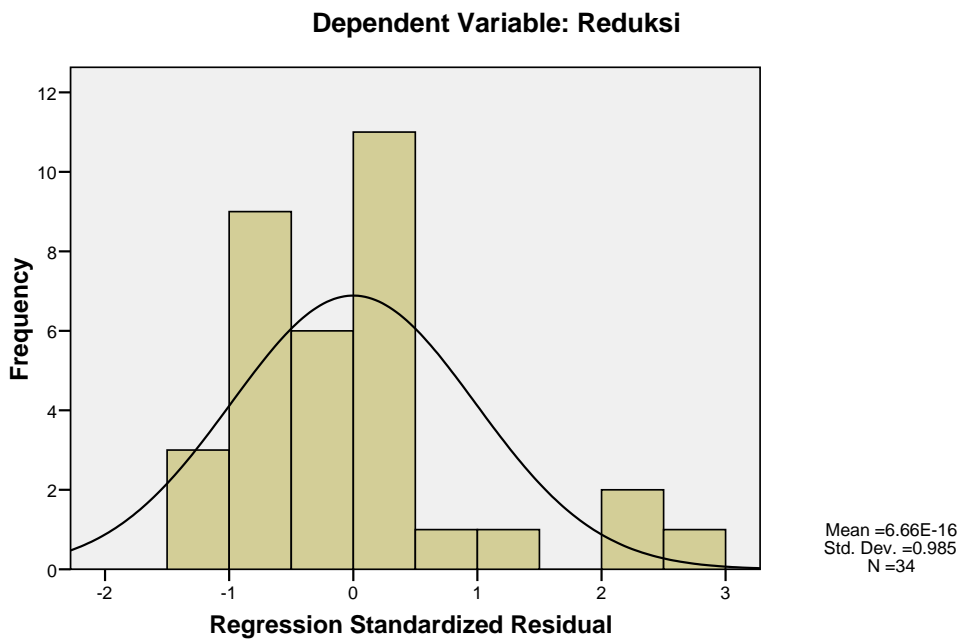
Tabel 5. Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^(a)		
	Statistic	df	Sig.
Efisiensi Reduksi Sedimen <i>Sedrainpond</i>	.120	30	.200*

a Lilliefors Significance Correction

Pada data diatas ada nilai sig. $E_f < 0,06$ berarti data berdistribusi normal.

Histogram



Gambar 6, Diagram histogram variabel E_f

Deteksi Normalitas :

Dari grafik terlihat sebaran data mempunyai kurva yang dapat dianggap berbentuk lonceng. Karena itu *error* model regresi dapat dikatakan berdistribusi tidak normal.

Pengaruh Debit Terhadap Pengendapan Partikel Sedimen

Dari model regresi sederhana didapat persamaan $Y = 0.686 - 0.915 X_1$. Persamaan ini menunjukkan hubungan antara debit inlet dan efisiensi reduksi debit sedimen. Dari persamaan bisa dilihat bahwa semakin kecil debit yang terjadi maka semakin besar

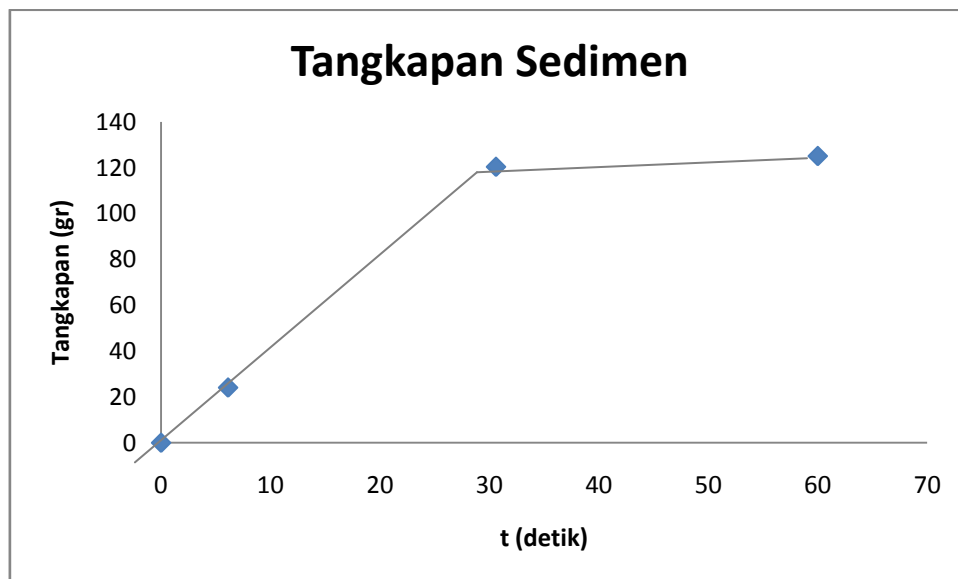
reduksi sedimennya. Ini selaras dengan rumusan pada kolam pengendapan sedimen. Pengendapan semakin besar ketika kecepatan pengendapan lebih kecil daripada kedalaman kolam dibagi waktu pengendapan.

Jika dilihat dari rumusan diatas seharusnya ada batasan-batasan dari efisiensi reduksi sedimen pada model uji fisik sedrainpond, batasan tersebut berpengaruh pada debit dan kecepatan dari aliran yang masuk pada saluran inlet. Diperlukan data debit secara bertahap dengan konsentrasi sedimen yang tetap sehingga akan didapat debit dan kecepatan maksimum yang efektif pada model Sedrainpond.

Dari data penelitian, reduksi sedimen yang terjadi berkisar antara 0.104×10^{-6} Ton/hari sampai dengan 3.31×10^{-6} Ton/hari. Dengan efisiensi berkisar antara 0.02 % sampai dengan 57%.

Prediksi Tangkapan Sedimen pada Model Uji Fisik Sedrainpond

Prediksi tangkapan sedimen bisa diketahui dengan menghitung volume dari Pond dijumlah dengan perkalian antara reduksi konsentrasi sedimen dengan debit yang masuk pada pond tersebut. Waktu yang dibutuhkan aliran untuk mengisi penuh Pond adalah volume pond dibagi dengan debit aliran. Jika debit dan konsentrasi sedimen yang masuk dianggap konstan maka bisa di prediksi tangkapan sedimen dalam pond dengan fungsi waktu. Tangkapan Sedimen = {(volume pond x konsentrasi sedimen) + (reduksi konsentrasi sedimen x debit aliran)}



Gambar 7 Grafik Tangkapan sedimen (fungsi t)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tentang pengaruh debit *inlet* terhadap efisiensi reduksi sedimen *sedrainpond* sebagai berikut:

1. *Range* efisiensi reduksi debit sedimen *sedrainpond* yang didapatkan dari pengaruh *debit inlet* sebesar 0.104×10^{-6} Ton/hari sampai dengan 3.31×10^{-6} Ton/hari. Dengan efisiensi berkisar antara 0.02 % sampai dengan 57%.
2. Model analisis yang dapat digunakan dengan baik dalam menggambarkan pola hubungan *debit inlet* terhadap efisiensi pemisahan sedimen *sedrainpond* yaitu model regresi linier sederhana.
3. Persamaan model regresi linier sederhana yang dihasilkan untuk memprediksi efisiensi pemisahan sedimen *sedrainpond* dengan pengaruh *debit inlet* yaitu $Y = 0.686 - 0.915 \text{ Debit Inlet}$.
4. Nilai R^2 pada analisis korelasi model antara variabel independen (*debit inlet*) terhadap variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *sedrainpond*) sebesar 0.913 yang berarti bahwa variasi yang terjadi terhadap efisiensi pemisahan sedimen *sedrainpond* sebesar 91.3% disebabkan oleh variasi *debit inlet* dan sisanya dipengaruhi oleh hal lain yang belum dapat dijelaskan oleh variabel yang ada.
5. Pengendapan sedimen akan efektif pada debit dan kecepatan aliran dibawah kecepatan pengendapan sedimen.
6. Hasil tangkapan sedimen berpengaruh besar terhadap volume Pond. Semakin besar volume Pond maka semakin besar tangkapan sedimen.

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan mengenai penelitian ini untuk mengurangi terjadinya masalah serta kesulitan dan didapatkan hasil yang lebih baik yaitu:

1. Melakukan studi lanjutan mengenai berbagai dimensi alat uji perangkap sedimen *sedrainpond*.
2. Pengambilan data penelitian yang lebih banyak dan dilakukan beberapa kali agar didapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Pengambilan data debit secara bertahap dengan konsentrasi sedimen tetap.
4. Perlunya kombinasi dimensi pond agar didapat efisiensi dari betuk pond tersebut.
5. Perlunya diperhatikan lebih jauh mengenai variabel bebas lainnya (misalnya dimensi butiran sedimen) yang mempengaruhi besarnya efisiensi reduksi sedimen *sedrainpond* agar diperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja Abdurachman, 2008. Teknologi dan Strategi Konservasi Tanah dalam Kerangka Revitalisasi Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Pengembangan Inovasi Pertanian 1, pp.105-1
- Ang, Alfredo H-S. and Wilson H. Tang, 1987. Konsep-konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa, Terjemahan Binsar Hariandja, Erlangga, Jakarta, xi+364p.
- CASQA, California Stormwater Quality Association, 2003. Infiltration basin. Whashington DC
- Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Chow, V. T., 1964. *Handbook of Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill Inc. New York.
- Fangmeier, D.D. 2006. *Soil and Water Conservation Engineering 5th ed.* Thomson Delmar learning, USA, xvii+491p.
- Handayani, W. 2002. Model Karakteristik Hidrologi dan Simulasi Pola Penggunaan lahan pada Sub DAS Karang Mumus Samarinda, Kalimantan Timur. Tesis Magister. Program Pascasarjana Universitas Mulawarwan, Samarinda, Kalimantan Timur.
- KMTS UGM, 2004. Mekanika Tanah II, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. dan Basoeki M., 2005. Kajian Undang-Undang Sumber Daya Air. Penerbit ANDI, Yogyakarta, xv+240p.
- Kodoatie, Robert J. dan Syarief R., 2010. Tata Ruang Air. Penerbit ANDI, Yogyakarta, Xvi+538p.
- Kodoatie, Robert J., 2005. Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa. Penerbit Andi, Yogyakarta, xii+342p.
- Kodoatie, Robert J., 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit Andi, Yogyakarta, x+412p.
- Nuranto, Sindu. 2005. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Pengendapan Partikel Pada Kolam Sedimentasi. Media Teknik No. ISSN 0216-3012
- Ritter, M.E. 2006. *The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography: The Geologic Work of Streams.*
http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/title_page.html
 Visited: October 3, 2012.
- Sosrodarsono S., 1983. Hidrologi untuk Pengeiran . PT.Pradnya Paramita, Jakarta, viii+225p.
- Sriyana, 2010. “Model Sedrainpond untuk konservasi tanah dan air berbasis Masyarakat”, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Semarang, Indonesia, pp.1-4.
- Suripin, 2002. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Penerbit Andi, Yogyakarta, xvi+210p.
- Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Penerbit ANDI Yogyakarta, xxi+384p.
- Triadmojo, Bambang, 1996. Hidrolika I, Beta Offset, Yogyakarta. xii+345p.
- Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan.
- Undang-Undang No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.