

PENGARUH *HEAD* DAN LUAS *UNDERFLOW* TERHADAP EFISIENSI PEMISAHAN SEDIMEN *HYDROCYCLONE*

¹Debby Rahmawati, ST., MT.

²Dr. Budi Santoso, ST., MT.

¹Email: debbyrahmawati04@gmail.com

²Email: bsantosa@staff.gunadarma.ac.id

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma, Jakarta

ABSTRAK

Hydrocyclone adalah suatu alat yang digunakan untuk pemisahan material padat yang ada dalam medium pembawa dengan memanfaatkan efek vortex yang ditimbulkan dari gaya sentrifugal. *Hydrocyclone* terdiri dari bagian silinder vertikal dengan bagian bawah berbentuk corong, pintu inlet pada sisi atas, pintu *underflow* di bagian bawah, dan pintu *overflow* di bagian puncak. Pada penelitian ini akan diketahui bagaimana pengaruh *head* dan luas *underflow* terhadap efisiensi pemisahan sedimen air pada alat *hydrocyclone*. Variasi pada efisiensi *hydrocyclone* sebesar 94.1% disebabkan oleh *head* dan luas *underflow* dan sisanya sebesar 5.9% dipengaruhi oleh hal lain yang belum dapat dijelaskan oleh variabel yang ada. Antara *head* dan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* terdapat hubungan yang searah namun lemah. Luas *underflow* dengan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* terjadi korelasi negatif dan memiliki keeratan sangat kuat, sedangkan antara *head* dan luas *underflow* tidak terdapat hubungan. Model analisis yang paling baik dalam memprediksi variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*) dengan adanya pengaruh variabel independen (*head* dan luas *underflow*) adalah model regresi linier berganda dengan persamaan prediksi $Y=0.612 + 0.915 \text{ head} - 0.646 \text{ luas } \textit{underflow}$. Prediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* paling tinggi yang terjadi sebesar 98.746% dengan hasil penelitian laboratorium sebesar 99.781% yang berada pada *head* 50% dan luas *underflow* 13% dari pintu inlet.

Kata Kunci: *hydrocyclone*, *head*, luas *underflow*, efisiensi pemisahan sedimen, dan air.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karakteristik hujan yang tidak menentu disertai dengan perubahan lingkungan yang banyak terjadi seperti halnya perubahan tata guna lahan di daerah hulu dapat memicu erosi dan peningkatan jumlah sedimen dalam jumlah besar dan berdampak pada berkurangnya volume efektif saluran dalam menampung aliran air salah satunya pada lahan tadah hujan. Pada saluran tadah hujan, konsentrasi sedimen antara musim hujan dan kemarau memiliki perbedaan yang ekstrim, tingginya konsentrasi sedimen disertai heterogenitas sedimen baik berupa sedimen dasar (*bed loads*) dan sedimen suspensi (*suspension loads*) yang terdiri dari partikel-partikel lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) pada suatu ikatan suspensi dalam periode yang cukup lama di musim hujan dapat

membuat saluran atau sungai-sungai sering terlihat keruh, menurunkan kualitas air dan berdampak negatif pada pemakaian air untuk kebutuhan irigasi, perikanan, penyediaan air bersih dan lainnya (Rakhmat Yusuf, 1999) sehingga upaya pemisahan antara air dengan sedimen terkandungnya menjadi hal yang harus diselesaikan.

Mengingat potensi lahan tadah hujan di Indonesia cukup besar, tentu permasalahan sedimentasi harus dengan segera diselesaikan agar tidak menghambat potensi yang ada. Berdasarkan karakteristik sedimen di sungai dan derajat pemisahan yang diinginkan, sedimen di bangunan air umumnya dikontrol dengan terowongan penyaring sedimen (*excluder tunnel*), kantong lumpur (*settling basin*), maupun *vortex chamber type extractor*. Namun diantara semuanya, kantong lumpur merupakan yang paling umum digunakan (Ranga Raju, 1999).

Di Indonesia, salah satu bentuk penanganan sedimen yang telah dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum yaitu melalui alat tabung pemusar (*vortex tube*) sebagai alat perangkap sedimen. Selain *vortex tube*, penanganan sedimentasi yang terjadi ini dapat diupayakan dengan pendekatan lain yaitu *hydrocyclone*. Alat ini sebagai pemisah sedimen yang menggunakan metode siklon yaitu menerapkan prinsip gaya sentrifugal dan menimbulkan adanya perputaran untuk memisahkan materi berdasarkan perbedaan massa jenis dan ukuran. *Hydrocyclone* sebelumnya telah umum diaplikasikan untuk memisahkan partikel di berbagai bidang ilmu seperti perkebunan (untuk memisahkan kelapa sawit dengan pengotornya), tambang (*mineral processing*), kimia (*chemical engineering*), dan pemurnian batu bara (*coal refineries*). Walaupun alat yang digunakan di berbagai bidang tersebut berbeda satu sama lain namun menerapkan prinsip yang sama, dan efisiensi pemisah partikel dengan *hydrocyclone* ditemukan memiliki efisiensi yang tinggi (Pandit, 2007).

Batasan Masalah

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi beberapa aspek yaitu:

1. Alat yang digunakan berupa pemisah sedimen dengan metode siklon (*hydrocyclone*)
2. Variabel yang berpengaruh berupa:
 - a. Variabel bebas (*head* atau beda elevasi pada kolam penampung serta luas *underflow* yang diwakili luas permukaan/ besarnya bukaan kran/*valve* outlet bawah dimana kedua variabel tersebut dinyatakan dalam bentuk rasio)
 - b. Variabel terikat (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*)
 - c. Variabel kontrol (bukaan pintu inlet *hydrocyclone*, kemiringan saluran, dan jarak alat *hydrocyclone* terhadap *reservoir*, ukuran partikel sedimen)
3. Nilai *head* yang digunakan berada antara 30% sampai dengan 50% yang menyatakan perbandingan antara kedalaman kolam penampung terhadap beda tinggi muka air dengan pintu masuk *hydrocyclone*
4. Ukuran butiran sedimen yang digunakan adalah pasir lolos saringan no. 200 atau berukuran lebih kecil dari 0.075 mm
5. Luas *underflow* yang digunakan sebesar 13% sampai dengan 76% yang menyatakan perbandingan antara bukaan kran yang digunakan terhadap bukaan kran maksimum
6. Luas pintu inlet yang digunakan sebesar 20 cm² dengan kemiringan saluran (*slope*) 36%
7. *Running* dilakukan menerus tanpa ada pembersihan ulang yang dilakukan antar percobaan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan *range* efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dengan kombinasi *head* dan luas *underflow*, mengetahui model analisis yang dapat mewakili pola hubungan *head* dan luas *underflow* terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*, mendapatkan persamaan untuk prediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dengan kombinasi *head* dan luas *underflow*, mendapatkan korelasi model regresi antara variabel independen (*head* dan luas *underflow*) terhadap variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*), mengetahui besar dan arah korelasi yang terjadi antara variabel *head*, luas *underflow*, dan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*, serta mendapatkan kombinasi *head* dan luas *underflow* yang dapat memberikan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* terbaik.

TINJAUAN PUSTAKA

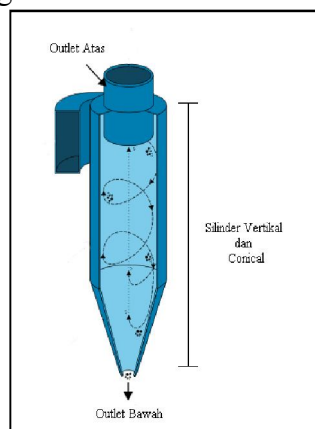
Erosi dan Sedimentasi

Proses-proses hidrologis, secara langsung atau tidak langsung, mempunyai kaitan dengan terjadinya erosi, transpor sedimen, dan deposisi sedimen di daerah hilir. Perubahan tata guna lahan juga mempengaruhi terjadinya erosi, sedimentasi, dan selanjutnya akan mempengaruhi kualitas air (Asdak, 1995). Terjadinya erosi dan sedimentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor (Sucipto, 2008) yaitu erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan dan panjang lereng, pengelolaan tanaman, dan konservasi tanah. Pengaruh faktor tersebut yang menentukan besarnya partikel-partikel tanah dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen.

Alat Pemisah Sedimen *Hydrocyclone*

Pengendalian sedimen yang umum digunakan di saluran atau sungai terdiri dari *excluder tunnel*, kantong lumpur (*settling basin*), maupun tabung pemusar atau *vortex chamber type extractor* (Pandit, 2007). Selain itu terdapat suatu alat yang digunakan untuk pemisahan material padat yang ada dalam medium pembawa dengan memanfaatkan efek vortex yang ditimbulkan dari gaya sentrifugal (Tri Widjaja, 2012) atau yang disebut *hydrocyclone*. *Hydrocyclone* atau *centrifugal separator* yang dapat dilihat pada gambar 1 terdiri dari:

1. Silinder vertikal dengan bagian bawah berbentuk corong (*conical*)
2. Pipa outlet pada bagian bawah untuk mengeluarkan partikulat (*underflow*)
3. Pipa outlet atas untuk mengeluarkan aliran air bersih (*overflow*)



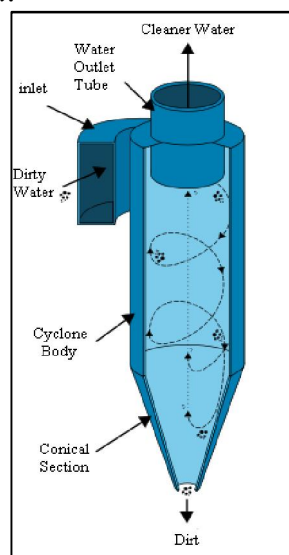
Gambar 1. Penampang Alat *Hydrocyclone*

Alat *hydrocyclone* ini masih dapat digunakan secara luas dikarenakan beberapa kelebihanannya (Leeuwner, 2008) yaitu desain dan cara pengoperasiannya yang sederhana, struktur alat yang kokoh, kapasitas yang besar, biaya pengoperasian yang rendah, dan fleksibilitas serta mudah dipindahkan.

Prinsip Kerja *Hydrocyclone*

Dasar operasional dari *hydrocyclone* yaitu memanfaatkan efek dari gaya *centrifugal* dan *density* fluida. Tiap partikel sedimen di dalam air, sebagai media yang bergerak mengikuti arus pusaran di dalam *hydrocyclone*, dipengaruhi oleh 2 gaya yang berlawanan (M.Athar et al, 2003), yaitu:

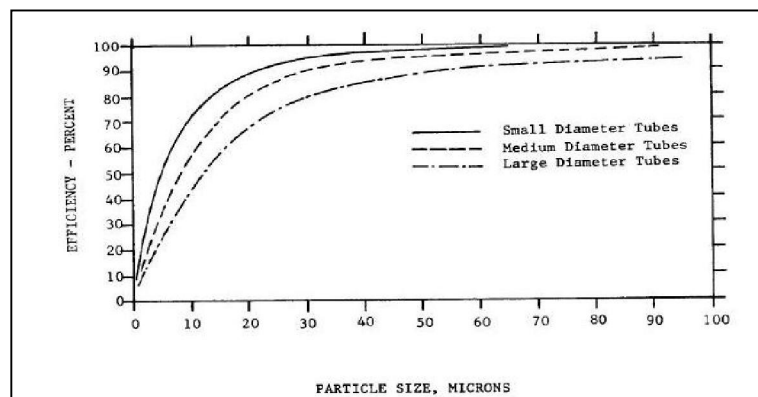
1. Gaya sentrifugal, yaitu gaya yang mendorong partikel-partikel sedimen ke dinding *cone hydrocyclone*.
2. Gaya yang berlawanan arah dengan gaya *centrifugal* yaitu gaya yang mendorong menuju ke lubang dari *vortex*.



Gambar 2. Prinsip Kerja *Hydrocyclone*

Efisiensi *Hydrocyclone*

Hydrocyclone umum digunakan untuk memisahkan partikel berdiameter sekitar 10 μm atau lebih. Sebagai tinjauan awal untuk melihat efisiensi penggunaan *hydrocyclone* digambarkan pada gambar 3. berikut.



Gambar 3. Efisiensi Tipe *Cyclone* dan Ukuran Partikel
Sumber: Tri Widjaja (2006)

Efisiensi dari *hydrocyclone* tergantung pada:

1. Ukuran partikel
Semakin besar ukuran partikel, maka efisiensi *cyclone* akan semakin meningkat karena pada penggunaan *hydrocyclone* diameter partikel berbanding lurus dengan *terminal settling velocity*.
2. Diameter dari *cyclone*
Berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya.
3. Viskositas medium
Berdasarkan Hukum Stokes, semakin besar viskositas maka efisiensi *cyclone* semakin kecil.
4. Densitas partikel
Semakin besar densitas partikel maka akan semakin besar efisiensi *cyclone*.
5. *Dust loading*
Semakin banyak *dust loading* maka akan semakin baik efisiensi karena memungkinkan terjadinya tumbukan antar partikel semakin besar.
6. *Inlet velocity*
Semakin besar *inlet velocity* maka akan semakin besar efisiensi *cyclone*.

Analisis Statistik

Statistika dalam penelitian digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, menginterpretasi, dan mempresentasikan data agar dapat dengan mudah dipahami dan bermanfaat menjawab masalah yang berkaitan dengan penelitian. Pengujian data yang lazim dilakukan sebelum penggunaan model statistik adalah uji normalitas data, uji data outlier, dan uji linieritas data.

Regresi

Analisis data dilakukan dengan mengukur tingkat regresi antara variabel independen dan dependen. Melalui persamaan regresi dapat dibuat peramalan apa yang akan terjadi dengan variabel dependen (Y) apabila terjadi perubahan pada variabel independen (X). Model regresi yang mencakup lebih dari satu variabel independen dapat menggunakan analisis regresi linier berganda untuk mengukur pengaruh antara lebih dari satu variabel prediktor (variabel bebas) terhadap variabel terikat yang memenuhi rumusan:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e \dots\dots\dots (1)$$

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 variabel*) pertama, kedua, dan seterusnya
- e = *Error*

Korelasi

Analisis korelasi mempelajari hubungan atau asosiasi (searah dan tidak timbal balik) antara dua variabel atau lebih. Terdapat tiga arah korelasi yang menunjukkan pola gerakan variabel Y terhadap X, yaitu korelasi positif (searah), korelasi negatif (berkebalikan), dan korelasi nihil (tidak ada hubungan). Selain arah korelasi, perlu juga

diketahui seberapa besar tingkat keeratan hubungan antara dua variabel secara kuantitatif yang dinyatakan dalam koefisien korelasi yang berkisar antara -1 hingga 1 yang dapat diinterpretasikan seperti tabel berikut.

Tabel 1. Interpretasi Koefisien Korelasi

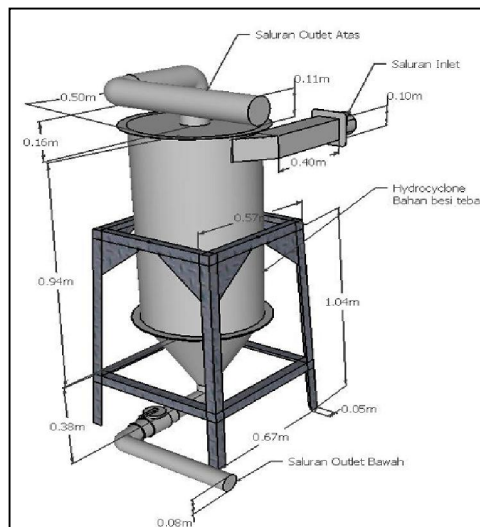
r	Interpretasi
0 – 0.50	Korelasi lemah
0.50 – 0.70	Korelasi kuat
0.70 – 1	Korelasi sangat kuat

Sumber: Singgih Santoso (2012)

METODE PENELITIAN

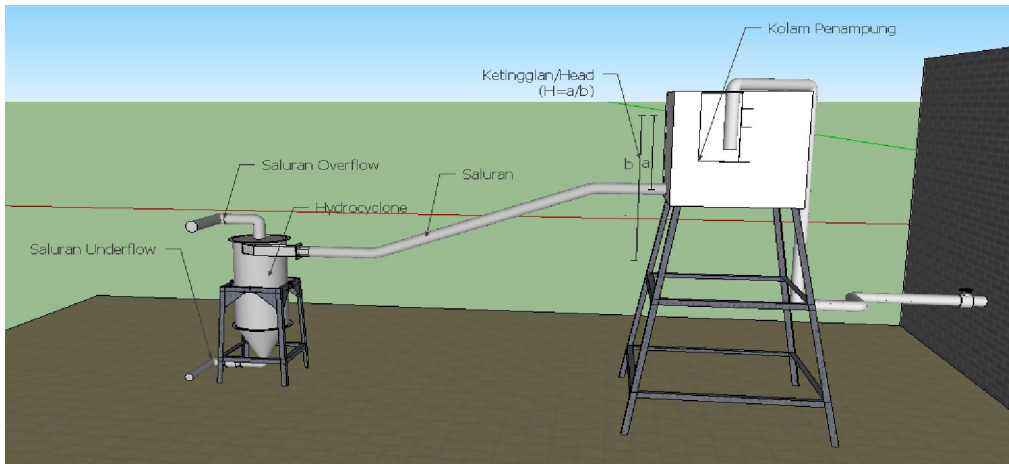
Rancangan metode penelitian yang digunakan untuk melaksanakan rencana penelitian di laboratorium dan mencapai tujuan yang diharapkan terdiri dari beberapa tahap, yaitu studi literatur, persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian laboratorium, pengumpulan data primer, pengolahan dan analisis data, dan kesimpulan.

Rancangan Penelitian



Gambar 4. Rancangan Alat *Hydrocyclone*

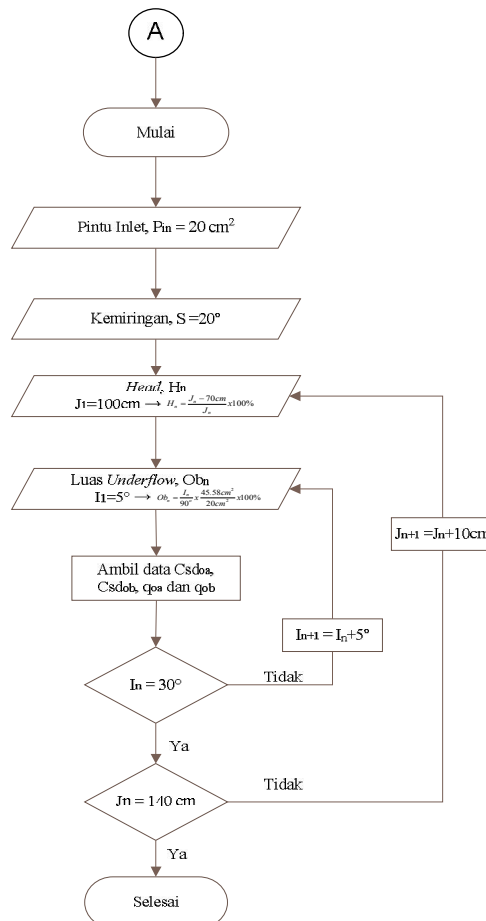
Pada alat uji *hydrocyclone* di laboratorium seperti gambar 4, saluran air dirancang sehingga dapat mengalirkan aliran dengan debit yang bisa diatur melalui pintu air sebagai pengendali debit. Dalam rancangan ini pintu air inlet dibuat dengan pintu geser horizontal dan pintu *underflow* dirancang dengan pintu putar. Tabung pemisah sedimen dengan metode siklon yang digunakan (*hydrocyclone*) terbuat dari bahan besi dengan bagian yang terdiri dari bagian silinder tabung yang terhubung dengan bagian bawah berupa kerucut. Pintu outlet *hydrocyclone* terbagi menjadi 2 yaitu outlet bawah (*underflow*) tempat keluarnya sedimen dan juga outlet atas (*overflow*) pada bagian puncak alat *hydrocyclone* sebagai tempat keluarnya air dengan konsentrasi sedimen yang lebih sedikit. Setting keseluruhan peralatan dalam pengujian laboratorium *hydrocyclone* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Set Up Alat Hydrocyclone

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 6, dimana dilakukan pengaturan variabel tetap *slope* sebesar 36% dan bukaan inlet 20 cm². Kemudian variabel bebas akan diatur mulai dari *head* = 100 cm hingga 140 cm dan bukaan *underflow* = 5° hingga 30°. Pada setiap percobaan, secara bersamaan dilakukan pengambilan data konsentrasi sedimen dari outlet bawah (*underflow*) dan outlet atas (*overflow*), serta pengambilan data debit atas dan debit bawah.



Gambar 6. Diagram Alir Pengujian Laboratorium

HASIL & PEMBAHASAN

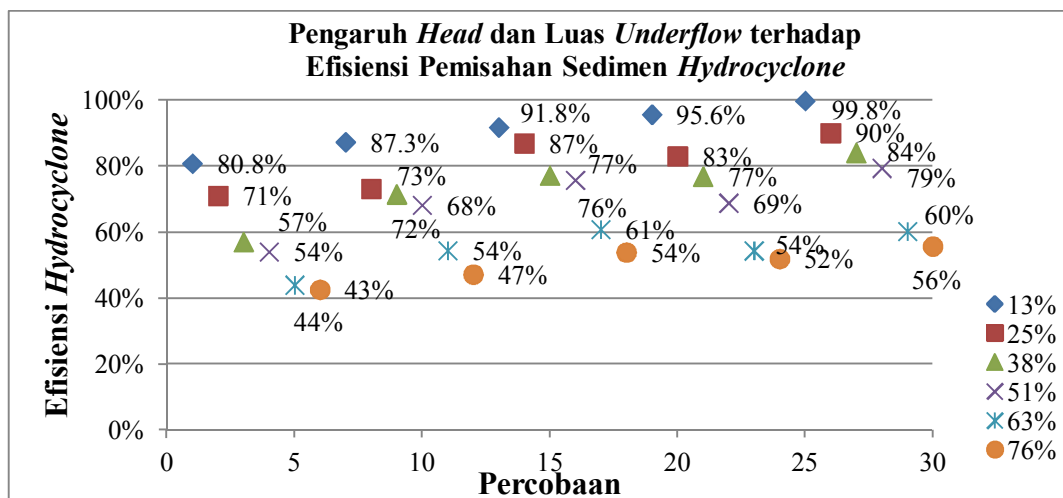
Data Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan berupa eksperimen alat uji pemisah sedimen *hydrocyclone* di laboratorium dengan kombinasi *head* dan luas *underflow*. Nilai variabel kontrol alat *hydrocyclone* dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan uji coba terlebih dahulu dan beberapa pertimbangan sehingga ditentukan bahwa luasnya bukaan pintu inlet sebesar 20 cm² dengan kemiringan saluran 20° atau sebesar 36% (perbandingan antara tinggi dengan panjang saluran). Nilai variabel bebas (prediktor) berupa luas *underflow* yang menggunakan pintu putar diatur bervariasi sebesar 5° s/d 30° atau bila dinyatakan sebagai perbandingan luas *underflow* dengan luas inlet sebesar 12.661% s/d 75.968%. Mengacu salah satu penelitian yang dilakukan H.P Pandit (2007), dinyatakan bahwa efisiensi maksimum umumnya berada pada perbandingan luas *underflow* dengan luas inlet sebesar 1.12%-25.5%. Rangkuman jangkauan data yang didapatkan dari penelitian dapat dilihat pada tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 2. Jangkauan Pengumpulan Data Penelitian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Diameter <i>hydrocyclone</i>	D _h	mm	500
2	Tinggi bagian silinder	H _s	mm	940
3	Tinggi bagian kerucut	h _c	mm	380
4	Beda elevasi <i>outflow reservoir</i> dan inlet	Δh	mm	700
5	Debit inlet	Q _{in}	L/dtk	3.129-4.868
6	Debit <i>underflow</i>	Q _{ob}	L/dtk	0.100-3.950
7	Debit <i>overflow</i>	Q _{oa}	L/dtk	0.343-4.286
8	<i>Head</i>	H	%	30-50
9	Konsentrasi inlet	C _{sd_{in}}	g/L	0.146-7.902
10	Konsentrasi <i>underflow</i>	C _{sd_{ob}}	g/L	0.113-5.021
11	Konsentrasi <i>overflow</i>	C _{sd_{oa}}	g/L	0.005-4.171
12	Efisiensi	E _f	%	42.605-99.781

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tersebut, didapatkan pandangan mengenai hubungan kombinasi *head* dan luas *underflow* terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* yang digambarkan seperti grafik pada gambar 4.1 dibawah.



Gambar 7. Hasil Penelitian Efisiensi Pemisahan Sedimen *Hydrocyclone*

Terlihat pada gambar 7. bahwa dengan adanya kombinasi *head* dan luas *underflow* menyebabkan tingkat efisiensi *hydrocyclone* yang terjadi secara keseluruhan menuju ke arah kanan atas. Oleh karena itu, diperkirakan bahwa peningkatan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebanding dengan peningkatan *head* namun berbanding terbalik dengan peningkatan luas *underflow*.

Pengujian Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan program *Predictive Analytics SoftWare* (PASW) atau *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) melalui pengujian *outlier*, uji normalitas, dan uji linieritas.

Uji Data Outlier

Deteksi data *outlier* dilakukan dengan menggunakan metode standardisasi, yaitu mengubah nilai data semula menjadi dalam bentuk z, kemudian menganalisis nilai z tersebut. Statistik deskriptif dari data yang diuji terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Uji *Outlier*

	N	Minimum	Maximum	Mean (\bar{x})	Std. Deviation (σ)
Efisiensi	30	0.426	0.998	0.6991	0.161373
Valid N (listwise)	30				

Berdasarkan data yang ada selanjutnya dapat dihitung standardisasi data dengan nilai z melalui perhitungan seperti berikut berikut:

$$z_1 = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} = \frac{99.781 - 69.919}{16.137} = 1.851$$

dan hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4. berikut.

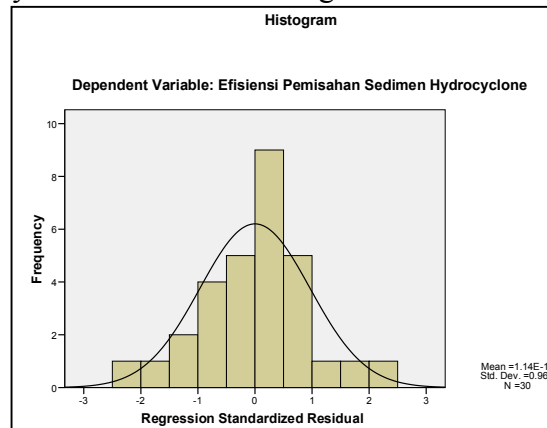
Tabel 4. Standardisasi Data

No.	Efisiensi (%)	Z efisiensi	No.	Efisiensi (%)	Z efisiensi	No.	Efisiensi (%)	Z efisiensi
1	80.782	0.673	11	54.460	-0.958	21	76.889	0.432
2	71.057	0.071	12	47.210	-1.407	22	68.849	-0.066
3	57.066	-0.796	13	91.766	1.354	23	54.362	-0.964
4	54.006	-0.986	14	86.963	1.056	24	51.917	-1.115
5	44.031	-1.604	15	77.246	0.454	25	99.781	1.851
6	42.605	-1.693	16	75.758	0.362	26	90.039	1.247
7	87.263	1.075	17	60.777	-0.567	27	84.066	0.876
8	73.142	0.200	18	53.878	-0.994	28	79.352	0.585
9	71.500	0.098	19	95.640	1.594	29	60.222	-0.601
10	68.222	-0.105	20	83.002	0.811	30	55.706	-0.881

Hasil dari standardisasi data menunjukkan bahwa dari data penelitian yang didapatkan tidak menunjukkan adanya nilai yang lebih besar dari +2,5 atau lebih kecil dari -2,5 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada hasil penelitian.

Uji Normalitas Data

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Suatu data dapat dikatakan baik apabila data yang digunakan dalam penelitian mempunyai atau mendekati pola distribusi yang normal yaitu distribusi data dengan bentuk lonceng (*bell shaped*).



Gambar 8. Histogram Uji Asumsi Regresi (Normalitas)

Uji normalitas juga dapat dilakukan melalui perhitungan Kolmogorov-Smirnov seperti tabel 5 berikut.

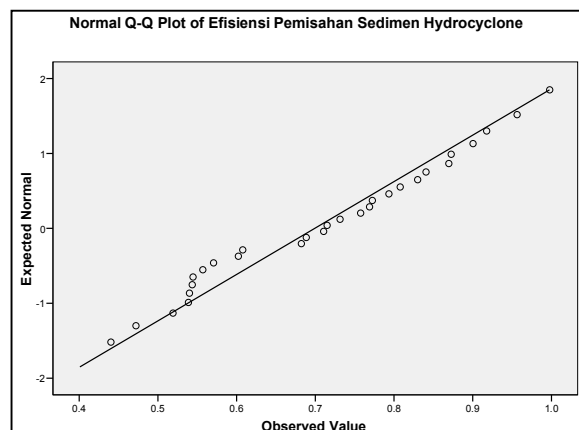
Tabel 5. Hasil Uji Normalitas

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

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan tabel 5, dapat diketahui bahwa nilai signifikansi untuk variabel efisiensi memiliki nilai 0.200 atau berada jauh diatas 0.05 ($Sig > 0.05$) yang artinya data penelitian efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* yang didapatkan berdistribusi normal.

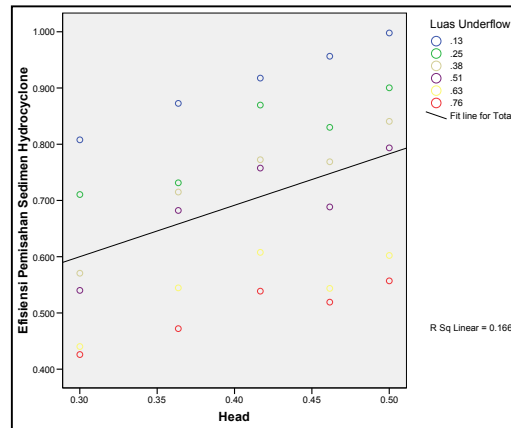


Gambar 9. Plot Normal Sebaran Data

Berdasarkan gambar 9, terlihat bahwa sebaran data dari efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* berada di sekitar garis uji yang mengarah ke kanan atas. sehingga dengan demikian data penelitian yang dihasilkan dapat dikatakan berdistribusi normal.

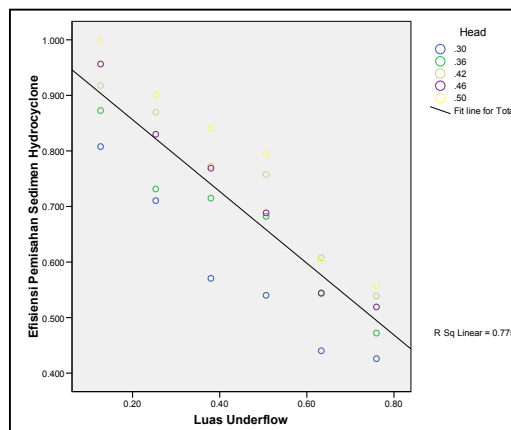
Uji Linieritas Data

Uji linieritas dilakukan untuk mengetahui apakah hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen bersifat linier (lurus) dalam range variabel independen tertentu.



Gambar 10. Uji Linieritas Variabel Efisiensi Pemisahan Sedimen *Hydrocyclone* dan Variabel *Head*

Pada pengujian linieritas antara variabel efisiensi dan variabel *head* diatas terlihat bahwa garis regresi pada grafik mengarah ke arah kanan atas. Hal ini membuktikan adanya linieritas searah pada hubungan dua variabel tersebut yang bisa diartikan bahwa semakin tinggi *head* maka efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* akan semakin meningkat.



Gambar 11. Uji Linieritas Variabel Efisiensi Pemisahan Sedimen *Hydrocyclone* dan Variabel Luas *Underflow* (Kanan)

Sedangkan sebaran dot dan garis regresi pada grafik uji linieritas variabel efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dan luas *underflow* mengarah turun ke kanan bawah. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan yang bersifat linier terbalik diantara kedua variabel yang bisa diartikan bahwa semakin besar luas *underflow* maka semakin menurun efisiensi pemisahan sedimen pada alat *hydrocyclone*.

Regresi

Penelitian yang dilakukan meliputi dua variabel independen (*head* dan luas *underflow*) dan satu variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*) sehingga analisis regresi yang digunakan dalam penelitian ini berupa analisis regresi linier

berganda. Hubungan tersebut diwujudkan dalam bentuk matematis yang hasilnya seperti gambar 12. berikut.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.612	.046		13.339	.000
	Head	.915	.104	.408	8.755	.000
	Luas Underflow	-.646	.034	-.880	-18.892	.000

a. Dependent Variable: Efisiensi Pemisahan Sedimen Hydrocyclone

Gambar 12. Hasil Regresi Linier Berganda

Melihat koefisien (B) pada gambar 12. diatas dapat diketahui persamaan untuk model regresi linier berganda yang dapat digunakan dalam prediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* yaitu

$$Y = 0.612 + 0.915 X_1 - 0.646 X_2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Y = Efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*

X₁ = Head

X₂ = Luas Underflow

Berdasarkan persamaan 2 tersebut, terdapat beberapa yang dapat disimpulkan yaitu:

1. Konstanta sebesar 0.612 menyatakan bahwa jika tidak ada *head* ataupun luas *underflow* saat dilakukan percobaan maka nilai efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebesar 0.612 atau 61.2%. Hal ini tentu tidak mungkin terjadi karena apabila luas *underflow* bernilai 0 (pintu outlet tertutup) maka tidak akan dapat dilakukan pemisahan sedimen dari medium pembawanya. Oleh karena itu persamaan ini dapat digunakan apabila kedua variabel tersebut tidak ada yang bernilai nol.
2. Koefisien regresi 0.915 menyatakan bahwa setiap peningkatan (karena koefisien bertanda +) 10% *head* maka akan meningkatkan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebesar 0.0915.
3. Koefisien regresi 0.646 menyatakan bahwa setiap pengurangan (karena koefisien bertanda -) 10% luas *underflow* maka akan meningkatkan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebesar 0.0646.

Model Summary Regresi Linier Berganda

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.970 ^a	.941	.937	.040494

a. Predictors: (Constant), Luas Underflow, Head

Gambar 13. Model Summary Regresi Linier Berganda

Hasil *model summary* pada *output* regresi linier berganda dapat dilihat pada gambar 13. yang menunjukkan beberapa hal:

1. Koefisien korelasi (R)

Nilai koefisien korelasi model sebesar 0.970 yang menunjukkan bahwa korelasi atau tingkat keeratan hubungan antara variabel independen (*head* dan luas *underflow*) dengan variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*) sebesar 97.0% yang berarti sangat kuat.

2. Koefisien determinasi (*R square*)

Nilai *R square* atau koefisien determinasi menyatakan seberapa variasi Y akibat adanya X. Menurut gambar 4.8, dapat dilihat nilai *R square* (R^2) sebesar 0.941, artinya bahwa variasi yang terjadi terhadap efisiensi *hydrocyclone* sebesar 94.1% disebabkan oleh variasi *head* dan luas *underflow* dan sisanya sebesar 5.9% dipengaruhi oleh hal lain yang belum dapat dijelaskan oleh variabel yang ada.

3. *Adjusted R square*

Nilai *adjusted R square* merupakan nilai R^2 yang disesuaikan sehingga gambarannya lebih mendekati mutu penyajakan model. Untuk jumlah variabel independen yang lebih dari dua, maka akan lebih baik bila menggunakan nilai *adjusted R square* yang selalu bernilai lebih kecil dari R^2 .

Berdasarkan gambar 4.8, diketahui nilai *adjusted R square* sebesar 0.937 atau dapat dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{Adjusted } R^2 &= 1 - \left((1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-k} \right) \right) \\ &= 1 - \left((1 - 0.941) \left(\frac{30-1}{30-3} \right) \right) \\ &= 0.937 \end{aligned}$$

4. *Standar Error of Estimate* (SEE)

Kesalahan (*error*) dari penaksiran model diperkirakan sebesar 0.040494. Nilai SEE tersebut cukup kecil yang berarti model regresi cukup tepat dalam memprediksi variabel dependen karena kesalahan model semakin kecil.

Analisis Varians (ANOVA)

Analisis varians dilakukan untuk mengetahui seberapa besar variabel independen mampu menjelaskan variasi pada variabel bergantung.

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.711	2	.355	216.778	.000 ^a
	Residual	.044	27	.002		
	Total	.755	29			

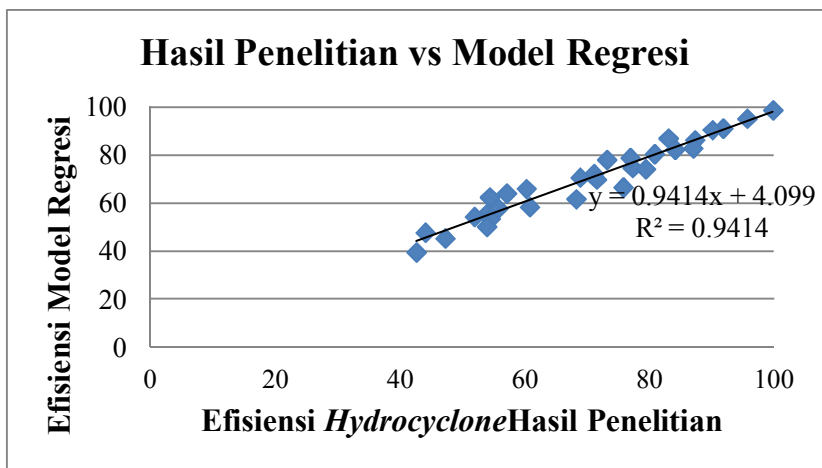
a. Predictors: (Constant), Luas Underflow, Head
b. Dependent Variable: Efisiensi Pemisahan Sedimen Hydrocyclone

Gambar 14. ANOVA

Berdasarkan gambar 14, untuk validasi model juga dapat dilihat dari nilai probabilitas (Sig) yang memiliki nilai < 0.05 yang artinya model dapat diterima.

Ukuran Keandalan Model

Keeratan hubungan antara hasil model regresi dan penelitian dapat dilihat pada gambar 15. berikut.



Gambar 15. Hubungan Hasil Penelitian dan Model Regresi

Berdasarkan gambar 15 dapat diketahui nilai persamaan linieritas antara model penelitian dan model regresi yang dinyatakan dalam persamaan $y=mx+c$ dimana dalam penelitian ini didapatkan persamaan $y=0.941x+0.041$. Nilai m sebesar 0.941 yang mendekati 1 berarti bahwa persamaan yang didapatkan telah cukup baik dan layak digunakan untuk prediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*.

Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk menguji apakah antara dua variabel terdapat hubungan yang signifikan dan bagaimana arah hubungan serta besar atau kekuatan hubungan tersebut.

Correlations				
		Efisiensi Pemisahan Sedimen Hydrocyclone	Head	Luas Underflow
Efisiensi Pemisahan Sedimen Hydrocyclone	Pearson Correlation	1	.408*	-.880**
	Sig. (2-tailed)		.025	.000
	N	30	30	30
Head	Pearson Correlation	.408*	1	.000
	Sig. (2-tailed)	.025		1.000
	N	30	30	30
Luas Underflow	Pearson Correlation	-.880**	.000	1
	Sig. (2-tailed)	.000	1.000	
	N	30	30	30

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 16. Korelasi Pearson

Korelasi antara variabel efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dengan variabel *head* diketahui sebesar 0.408 yang berarti:

1. Arah korelasi positif, yang berarti semakin besar nilai *head* maka efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* akan semakin besar pula dan sebaliknya.
2. Besar korelasi 0.408 atau berada dibawah 0.5. Angka korelasi yang berada dibawah 0.5 dianggap sebagai korelasi yang lemah (Singgih Santoso, 2012). Sehingga dapat diartikan bahwa *head* berkorelasi lemah terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*.

Sedangkan korelasi antara variabel efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dengan variabel luas *underflow* diketahui sebesar -0.880 yang berarti:

1. Arah korelasi negatif, sehingga semakin kecil nilai luas *underflow* maka efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* akan semakin besar, dan sebaliknya.
2. Besar korelasi 0.880 atau berada diatas 0.7 (mendekati 1). Angka korelasi yang berada diatas 0.7 dianggap sebagai korelasi sangat kuat (Singgih Santoso, 2012). Sehingga dapat diartikan bahwa luas *underflow* berkorelasi sangat kuat terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*.

Untuk korelasi antara variabel *head* dan luas *underflow* memiliki nilai 0 yang berarti bahwa antara variabel *head* tidak berkorelasi atau memiliki hubungan dengan variabel luas *underflow*.

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Range efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* yang didapatkan dari pengaruh *head* dan luas *underflow* sebesar 42.605% (pada kondisi *head* 30% dan luas *underflow* 76%) sampai dengan 99.781% (pada kondisi *head* 50% dan luas *underflow* 13%).
2. Model analisis yang dapat digunakan dengan baik dalam menggambarkan pola hubungan *head* dan luas *underflow* terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* yaitu model regresi linier berganda.
3. Persamaan model regresi linier berganda untuk memprediksi efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* dengan pengaruh *head* dan luas *underflow* yaitu $Y = 0.612 + 0.915 \text{ head} - 0.646 \text{ luas } \textit{underflow}$.
4. Nilai R^2 pada korelasi model variabel independen (*head* dan luas *underflow*) terhadap variabel dependen (efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone*) sebesar 0.941 artinya variasi yang terjadi terhadap efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebesar 94.1% disebabkan oleh variasi *head* dan luas *underflow* dan sisanya sebesar 5.9% dipengaruhi oleh hal lain yang belum dapat dijelaskan oleh variabel yang ada.
5. Korelasi pada *head* dengan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* sebesar 0.408 yang berarti terdapat hubungan yang searah namun lemah. Pada hubungan luas *underflow* dengan efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* terjadi korelasi negatif dan memiliki keeratan sangat kuat (-0.880). Sedangkan antara *head* dan luas *underflow* tidak ada korelasi (nol).
6. Kombinasi variabel independen yang diprediksi dapat digunakan untuk mendapatkan efisiensi pemisahan sedimen paling tinggi yaitu pada *head* 50% dan luas *underflow* 13% dengan diprediksi efisiensi *hydrocyclone* sebesar 98.746% dan hasil penelitian sebesar 99.781%.

Saran

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

1. Perlu dilakukan kalibrasi *hydrocyclone* melalui pembersihan alat untuk tiap percobaan sehingga didapatkan data yang lebih valid.
2. Lebih diperhatikan adanya *random error* pada sebaran data percobaan yang telah memperhatikan kalibrasi alat.
3. Melakukan studi lanjutan mengenai berbagai dimensi alat pemisah sedimen *hydrocyclone*.
4. Pengambilan data penelitian yang lebih banyak dan dilakukan beberapa kali agar didapatkan hasil yang lebih akurat.
5. Perlu diperhatikan lebih jauh mengenai variabel bebas lain (misalnya dimensi butiran sedimen) yang mempengaruhi besarnya efisiensi pemisahan sedimen *hydrocyclone* agar diperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Athar, M., U.C. Kothiyari, R.J. Garde. 2003. *Distribution of Sediment Concentration In The Vortex Chamber Type Sediment Extractor*. Jurnal of Hydraulic Research Vol. 41 No.4 (2003) pp 427-438.
- Leeuwner, M.J. dan J.J Eksteen. 2008. *Computational Fluid Dynamic Modeling of Two Phase Flow in a Hydrocyclone*. The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy Vol. 108, 231-236.
- Pandit, H.P., 2007. *Hydrocyclone: Alternative Device for Sediment Handling in ROR Projects*. Department of Civil Engineering, Institute of Engineering, Tribhuvan University, Nepal.
- Ranga Raju, K.G., U.C. Kothiyari, Somya Srivastav, Manish Saxena. 1999. *Sediment Removal Efficiency of Settling Basins*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 308-314.
- Santoso, Singgih. 2012. *Aplikasi SPSS pada Statistik Non Parametrik*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Sucipto. 2008. *Kajian Sedimentasi di Sungai Kaligarang dalam Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang-Semarang*. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Widjaja, Tri. 2006. *Pengendalian Pencemaran Udara Cyclone*. Teknik Kimia ITS.
- Yusuf, Rakhmat dan Bambang Agus Kironoto.1999. *Pengukuran dan Prediksi Distribusi Sedimen Suspensi pada Saluran Terbuka*. Semarang: Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata.