

PROSIDING



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



Seminar Nasional Teknologi Lingkungan VII

*"Aplikasi Teknologi Lingkungan untuk Mendukung
Kota Berkelanjutan (Green City)"*

Ruang Sidang Jurusan Teknik Lingkungan, ITS – Surabaya
25 Oktober 2010

Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya

ISBN 978-602-95595-2-1



Daftar Isi

EDITOR	i
SAMBUTAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
Daftar Isi	iv
Agenda acara	vi
Keynote Speech : Infrastruktur Berkelanjutan (<i>Green Infrastructure</i>) oleh Dr. Sukmana Soma	ix
Keynote Speech : Sanitasi Delta Karbon Nol untuk Kota Surabaya oleh Prof. Sarwoko Mangkoedihardjo	xi
Potensi Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biogas	1
Runoff Reduction Menggunakan Pervious Paving	7
Kran Air Siap Minum, Langkah Awal Menuju <i>Drinking Water from the Tap</i> Untuk Masyarakat Kota Surabaya	13
Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Besi Untuk Pengolahan Air dengan Sistem Kontinyu	20
Etanol dari Sampah Sebagai Komoditas Ekonomi	32
Pengembangan <i>Garden Roof</i> Untuk Konservasi Air dan Peningkatan Produktifitas Wilayah Perkotaan	38
Kajian Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Kecamatan Kuta, Bali	48
Perencanaan <i>Material Recovery Facilities</i> (MRF) di Kota Tanah Grogot, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur	59
Studi Kinerja Boezem Morokrengan Surabaya Akibat Pencemaran Air Limbah Domestik dan Penentuan Koefisien Biodegradabilitasnya	69
Studi Kinerja Boezem Morokrengan pada Penurunan Kandungan <i>Total Solid</i> Dan Zat Organik Sebagai <i>Permanganate Value</i> (PV)	80
Evaluasi Kondisi Lahan Penampungan Sementara (LPS) di Kecamatan Gubeng, Kota Surabaya	90
Potensi Produksi Biogas Dari Eceng Gondok	97
Pengelolaan Air Hujan yang Berkelanjutan dengan <i>Zero Outflow Approach</i>	103
Efisiensi Penggunaan Mangan Zeolit pada Cascade Aerator Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur Gali	110
Model Matematika Pola Pengendapan Flok Pada Bak Sedimentasi Persegi Panjang	116
Studi Kemampuan Lumpur Alum Dalam Menurunkan Konsentrasi Fluorida Pada Air Limbah Industri Pupuk	125
Microorganism Activities in Schmutzdecke Within Slow Sand Filter as a Drinking Water Treatment	133

Model Matematika Pola Pengendapan Flok Pada Bak Sedimentasi Persegi Panjang

Euis Nurul Hidayah¹, Nicke Karnaningroem²
 Dosen Jurusan Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jatim¹
 e-mail: euisnh@yahoo.com
 Dosen Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya²
 e-mail: nieke@enviro.its.ac.id

Abstrak

Evaluasi secara langsung terhadap kinerja dan efisiensi bak sedimentasi membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit. Model matematika dapat menjadi alternatif yang cukup baik untuk mengamati hidrodinamika dalam bak sedimentasi. Model matematika tersebut dibangun dari dua persamaan hidrodinamika, yaitu persamaan kontinuitas dan persamaan momentum. Penelitian ini bertujuan mengkaji model matematika terhadap pola pengendapan flok pada bak sedimentasi rectangular berdasarkan perumusan matematika pada Model HP2S. Tahapan penelitian meliputi perumusan model matematika yang hasilnya akan divisualisasikan dengan program Matlab, perolehan data primer menggunakan model fisik, menguji model menggunakan program Matlab dengan input data primer tersebut.

Perumusan model matematika menghasilkan persamaan konservasi massa, persamaan konservasi momentum terhadap sumbu x dan sumbu z serta persamaan fenomena transport. Hasil menjalankan program variasi input data penelitian menunjukkan pola pengendapan flok dalam bak sedimentasi yang menjelaskan bahwa dalam zona pengendapan (*settling zone*) mulai dari inlet menuju outlet terjadi penurunan pola kecepatan aliran (u). Bilangan Reynold (NRe), Bilangan Froude (NFr) dan konsentrasi kekeruhan (c). Selain itu penurunan juga terjadi seiring dengan kedalaman bak dalam *settling zone*. Sedangkan untuk pola kecepatan pengendapan flok (w) terjadi peningkatan mulai dari inlet menuju outlet dan seiring dengan kedalaman bak. Perumusan model matematika terhadap pola pengendapan flok dapat digunakan melalui parameter pola kecepatan aliran, pola kecepatan pengendapan dan pola konsentrasi kekeruhan. Bilangan Reynold (NRe) dan Bilangan Froude (NFr) namun secara parsial karena model matematika masih terbatas pada model hidrodinamika dan belum memodelkan kecepatan pengendapan flok dan model flokulasi.

Katakunci: Model HP2S, bak sedimentasi, pengendapan flok

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Unit sedimentasi membutuhkan kondisi aliran yang laminar untuk menjamin terjadinya pengendapan (Hadisoebroto dan Notodarmojo, 2004). Pengaruh hidrodinamika, pada prinsipnya akan mempengaruhi laju pengendapan flok pada bak sedimentasi. Evaluasi secara langsung terhadap kinerja dan efisiensi bak sedimentasi membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit. Model matematika dapat menjadi alternatif yang cukup baik untuk mengamati hidrodinamika dalam bak sedimentasi. Model matematika tersebut dibangun dari dua persamaan hidrodinamika, yaitu persamaan kontinuitas dan persamaan momentum. Model HP2S (Hidrodinamika Penyebaran Polutan di Sungai) merupakan model kualitas air dua dimensi horisontal yang telah disusun berdasarkan hukum kekekalan massa dan kekekalan momentum dengan menggunakan matematika numerik beda hingga eksplisit Leap Frog serta di visualisasi dengan menggunakan program komputer (Karnaningroem, 2006). Penelitian ini menggunakan Model HP2S untuk merumuskan model matematika terhadap pola pengendapan flok dalam bak sedimentasi *rectangular*, karena mekanisme transport yang terjadi dalam proses penyebaran flok sebelum mengendap dianalogkan dengan fenomena transport yang terjadi di dalam air sungai.

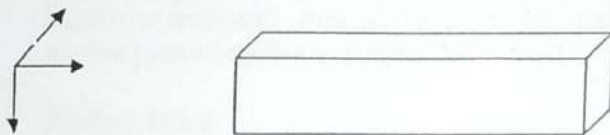
1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengkaji model matematika terhadap pola pengendapan flok pada bak sedimentasi persegi panjang berdasarkan perumusan matematika pada Model HP2S.

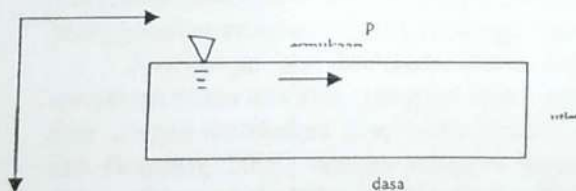
1.3 Landasan teori

Model HP2S (Hidrodinamika Penyebaran Polutan di Sungai) merupakan model kualitas air dua dimensi horisontal yang telah disusun berdasarkan hukum kekekalan massa dan kekekalan momentum dengan menggunakan matematika numerik beda hingga eksplisit Leap Frog serta di visualisasi dengan menggunakan program komputer Matlab. Perumusan model matematika pengendapan flok di bak sedimentasi menggunakan struktur model HP2S dengan mengabaikan nilai lebar atau $y = 0$. Hal ini karena flok yang akan bergabung membentuk flok yang lebih besar, berat dan mengendap, sehingga pengaruh kedalaman atau z tidak diabaikan (Wouda, *et. al.* 1977).

Bak sedimentasi memerlukan kondisi aliran laminar untuk memudahkan terjadinya penggabungan dari flok-flok halus yang terdispersi dalam bak sedimentasi. Aliran laminar terjadi akibat kekentalan relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga perilaku aliran sangat dipengaruhi oleh kekentalan. Dalam aliran laminar, butir-butir air seolah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur dan lurus. Pada proses pengangkutan massa pada aliran laminar terjadi suatu gaya yaitu gaya adveksi, yaitu gaya yang dipengaruhi oleh viskositas. Bentuk bak sedimentasi yang dirumuskan model alirannya adalah lurus seperti ditunjukkan oleh Gambar 1. Sedangkan aliran dan tampak samping bak sedimentasi ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Bentuk morfologi bak sedimentasi



Gambar 2. Bentuk morfologi bak sedimentasi tampak samping

Model matematik dibangun dari persamaan pengatur yang berasal dari dua persamaan hidrodinamika, yaitu persamaan kontinuitas (konservasi massa) dan persamaan momentum (konservasi momentum). Dengan menggunakan prinsip kontinum, maka persamaan kontinuitas dan persamaan momentum untuk dimensi dua dapat diturunkan dengan Metode Volume Hingga (Makrup, 2001)

Prinsip fisik dari konservasi massa adalah hukum kekekalan massa, dimana massa tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Untuk mempermudah elemen fluida, dapat ditinjau dalam dimensi dua berbentuk segi empat dengan bentuk Persamaan 1.

$$\frac{\partial \rho V}{\partial t} + \rho U A_{in} - \rho U A_{out} = 0 \dots\dots (1)$$

Prinsip fisik dari konservasi momentum adalah Hukum Newton II. Untuk mempermudah elemen fluida, dapat ditinjau dalam dimensi dua berbentuk segi empat dengan bentuk Persamaan 2.

$$\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \rho U A_{u1} U - \rho U A_{u2} U + \rho U A_{u3} U - \rho U A_{u4} U = F \dots (2)$$

Penyebaran flok dalam bak sedimentasi terjadi perpindahan massa sehingga berlaku persamaan kontinuitas. Perpindahan massa tersebut dari titik awal ke titik akhir terjadi dengan adanya kecepatan aliran sehingga berlaku persamaan momentum. Pada proses perpindahan tersebut, terjadi proses pengangkutan massa yang mempunyai konsentrasi tertentu (Schnoor, 1996). Proses ini disebut dengan fenomena transport. Persamaan transport dua dimensi untuk aliran laminar seperti pada Persamaan 3

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -U \frac{\partial C}{\partial x} - W \frac{\partial C}{\partial z} - R \dots (3)$$

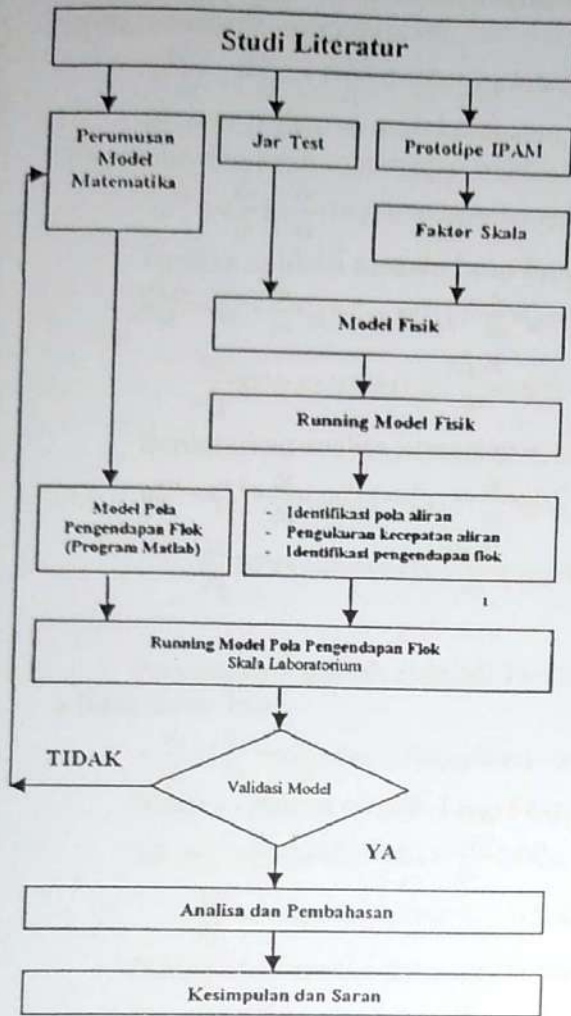
Bak sedimentasi dibagi menjadi dua kategori, berdasarkan jenis dan konsentrasi partikel yang akan diendapkan (Hendricks, 2008). Bak pengendap pertama mengandung konsentrasi partikel tersuspensi yang rendah, sehingga daerah aliran didalamnya tidak dipengaruhi oleh konsentrasi partikel dan pengaruh gaya apung dapat diabaikan. Namun, pada bak pengendap kedua atau bak pengendap akhir mengandung konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi. Menurut Van der Walt (2008), untuk mencapai pemodelan bak sedimentasi yang sesuai, maka kecepatan pengendapan efektif dan hidrodinamika sistem perlu dipertimbangkan dalam hal ini adalah pola aliran yang terjadi. Pengendapan partikel padatan beserta efisiensi penyisihannya tergantung pada pola aliran, seperti penelitian Tamayol dan Firoozabadi (2006), Boyle, *et.al.*, (2005), Guo, *et.al.*, (2009), Razmi, *et.al.*, (2009). Pola dan jalur aliran yang dilalui flok-flok dalam bak pengendap untuk saling berikatan sangat berhubungan erat dan berpengaruh terhadap kinerja sedimentasi. Pola aliran dalam bak sedimentasi terkait dengan mekanisme transport, bentuk geometri bak dan pengaruh eksternal.

2. Metodologi

Tahapan penelitian yang dilakukan seperti pada Gambar 3.

Perumusan model matematika mengacu pada Model HP2S (Kamaningroem, 2006) dimana model matematika tersebut berdasarkan pada hukum kekekalan massa, hukum kekekalan momentum dan fenomena transport. Hasil perumusan akan divisualisasikan dengan menggunakan program Matlab sehingga diperoleh model pola pengendapan flok.

Analisa jar test bertujuan untuk menentukan dosis optimum koagulan tawas, PAC, campuran tawas dan PAC yang mampu menurunkan kekeruhan paling tinggi. Pembuatan model fisik dengan melakukan *downscale* instalasi pengolahan air PT. Taman Tirta Sidoarjo (Trisiana dan Diansari, 2006) dengan memilih model tak distorsi dan mengacu pada aturan Froude dengan faktor skala $Ml = 25$ (Novak dan Cabelka, 1981). Data dari running model fisik, yaitu kecepatan aliran, konsentrasi kekeruhan dan kecepatan pengendapan flok, dimensi bak pengendap digunakan sebagai input data untuk melakukan running dengan Model Pola Pengendapan Flok dalam program Matlab.



Gambar 3. Tahapan penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perumusan Model Matematika Pola Pengendapan Flok

Persamaan konservasi massa (Persamaan 1) disederhanakan menjadi Persamaan 4 karena terjadi perubahan aliran massa akibat perubahan terhadap panjang dan kedalaman bak dan limpasan atau sumber massa masuk, dimana dalam bak sedimentasi adalah injeksi koagulan.

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) = q \quad \dots\dots (4)$$

Dengan aplikasi metode Leap Frog, maka menjadi Persamaan 5

$$\rho_{i,k}^{n+1} = q_{i,k}^n + \rho_{i,k}^{n-1} \frac{\Delta t}{\Delta x} \rho_{i,k}^n (u_{i+1,k}^n - u_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_{i,k}^n (\rho_{i+1,k}^n - \rho_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} \rho_{i,k}^n (w_{i,k+1}^n - w_{i,k-1}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_{i,k}^n (\rho_{i,k+1}^n - \rho_{i,k-1}^n) \quad \dots(5)$$

Berdasarkan analisa kemandapan non linier (Maharani, 2006), maka menjadi Persamaan 6

$$\rho_{i,k}^{m+1} = q_0 + \rho_{i,k}^{m-1} \frac{\Delta t}{\Delta x} \rho_0 (u_{i+1,k}^m - u_{i-1,k}^m) - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_0 (\rho_{i+1,k}^m - \rho_{i-1,k}^m) - \frac{\Delta t}{\Delta z} \rho_0 (w_{i,k+1}^m - w_{i,k-1}^m) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_0 (\rho_{i,k+1}^m - \rho_{i,k-1}^m) \quad \dots(6)$$

Persamaan konservasi momentum (Persamaan 2) disederhanakan menjadi Persamaan 7 karena terjadi perubahan aliran massa akibat perubahan terhadap panjang dan kedalaman bak, gaya hidrostatik, gaya adveksi.

$$\left(\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \frac{\partial \rho u U}{\partial x} + \frac{\partial \rho w U}{\partial z} \right) - (P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y - \mu \frac{U B}{\Delta x} = 0 \dots (7)$$

Karena pengaruh arah kecepatan, maka Persamaan 7 diubah menjadi Persamaan 8, yaitu persamaan momentum terhadap sumbu x (panjang bak).

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + w \frac{\partial u}{\partial z} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) + u q - (P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y - \mu \frac{u \Delta z}{\Delta x} = 0 \dots (8)$$

Dengan aplikasi metode Leap Frog, maka Persamaan 8 diubah menjadi Persamaan 9

$$u_{i,k}^{n+1} = u_{i,k}^{n-1} - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_{i,k}^n (u_{i+1,k}^n - u_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_{i,k}^n (u_{i,k+1}^n - u_{i,k-1}^n) + \frac{2 \Delta t}{\rho_{i,k}^n} \left[((P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y) + \left(\mu \frac{u_{i,k}^n \Delta z}{\Delta x} \right) - (u_{i,k}^n q_{i,k}^n) \right] \dots (9)$$

Berdasarkan analisa kemandapan non linier maka diubah menjadi Persamaan 10

$$u_{i,k}^{n+1} = u_{i,k}^{n-1} - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_0 (u_{i+1,k}^n - u_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_0 (u_{i,k+1}^n - u_{i,k-1}^n) + \frac{2 \Delta t}{\rho_0} \left[((P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y) + \left(\mu \frac{u_0 \Delta z}{\Delta x} \right) - (u_0 q_0) \right] \dots (10)$$

Persamaan 7 diubah menjadi Persamaan 11, yaitu persamaan momentum terhadap sumbu z (kedalaman bak).

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) + w q - (P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y - \mu w = 0 \dots (11)$$

Dengan aplikasi metode Leap Frog, maka Persamaan 11 menjadi Persamaan 12

$$w_{i,k}^{n+1} = w_{i,k}^{n-1} - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_{i,k}^n (w_{i+1,k}^n - w_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_{i,k}^n (w_{i,k+1}^n - w_{i,k-1}^n) + \frac{2 \Delta t}{\rho_{i,k}^n} \left[((P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y) + \left(\mu w_{i,k}^n \right) - (w_{i,k}^n q_{i,k}^n) \right] \dots (12)$$

Berdasarkan analisa kemandapan non linier maka diubah menjadi Persamaan 13

$$w_{i,k}^{n+1} = w_{i,k}^{n-1} - \frac{\Delta t}{\Delta x} u_0 (w_{i+1,k}^n - w_{i-1,k}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z} w_0 (w_{i,k+1}^n - w_{i,k-1}^n) + \frac{2 \Delta t}{\rho_0} \left[((P_0 + \rho g h) \Delta z \Delta y) + \left(\mu w_0 \right) - (w_0 q_0) \right] \dots (13)$$

Persamaan fenomena transport (Persamaan 3) disederhanakan menjadi Persamaan 14 dengan aplikasi Metode Leap Frog

$$C_{i,k}^{n+1} = \frac{\Delta t}{\Delta x} u_{i,k}^n (C_{i+1,k}^n - C_{i-1,k}^n) + \frac{\Delta t}{\Delta z} w_{i,k}^n (C_{i,k+1}^n - C_{i,k-1}^n) - C_{i,k}^{n-1} \dots (14)$$

Berdasarkan analisa kemandapan non linier (Maharani, 2006) maka diubah menjadi Persamaan 15

$$C_{i,k}^{n+1} = \frac{\Delta t}{\Delta x} u_0 (C_{i+1,k}^n - C_{i-1,k}^n) + \frac{\Delta t}{\Delta z} w_0 (C_{i,k+1}^n - C_{i,k-1}^n) - C_{i,k}^{n-1} \dots (15)$$

Perumusan model matematika pengendapan flok di bak sedimentasi yaitu Persamaan 6, Persamaan 10, Persamaan 13, Persamaan 15 divisualisasi menggunakan program komputer Matlab.

3.2. Analisa Model Matematika Pola Pengendapan Flok

Model fisik dengan L (panjang bak) = 37,2 cm dan H (kedalaman bak) tetap = 12 cm digunakan untuk mengidentifikasi pola aliran, pengukuran kecepatan aliran dan identifikasi pola pengendapan. Dari hasil running dengan menggunakan model fisik diperoleh data, yaitu data kecepatan aliran horisontal, nilai kekeruhan di titik awal atau inlet bak sedimentasi. Data yang lain, meliputi : dimensi bak, waktu detensi, debit aliran, debit limpasan, kecepatan

injeksi/limpasan. Sedangkan kecepatan vertikal, yaitu kecepatan pengendapan partikel sebesar 0,025 cm/detik – 0,06 cm/detik untuk rata-rata diameter partikel 0,08 mm – 0,85 mm diperoleh dari data penelitian di Malaysia oleh Sammarrae, *et., al.*, (2009). Data-data tersebut merupakan input untuk menjalankan model dalam program Matlab. Running model dilakukan untuk semua titik, yaitu di 3 titik pada inlet bak sedimentasi dengan berbagai variasi jenis koagulan.

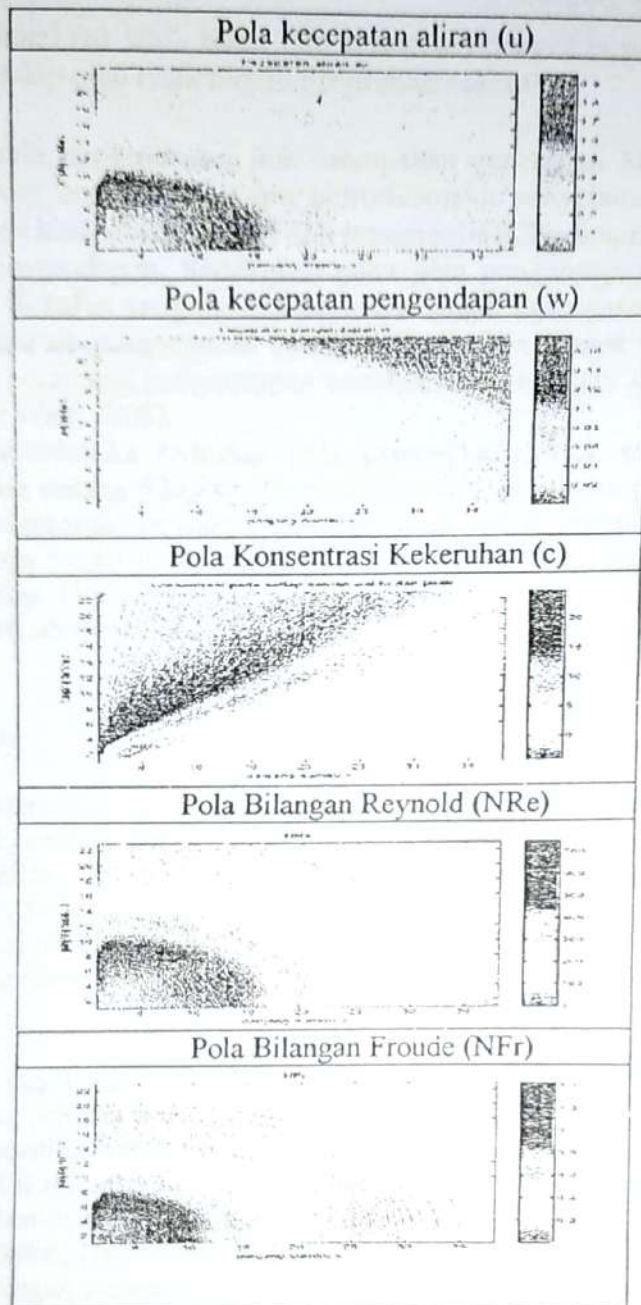
Output running model HP2S berupa pola kecepatan aliran horisontal (u), pola kecepatan pengendapan partikel (w), pola konsentrasi kekeruhan (c) sebagai parameter untuk menganalisa pengendapan flok. Selain itu output running model HP2S adalah Bilangan Reynold (NRe) yang menunjukkan kondisi aliran laminar dan Bilangan Froude (NFr) yang menunjukkan kondisi aliran stabil.

Berdasarkan pengukuran kecepatan aliran horisontal, diperoleh adanya hubungan linier antara kecepatan aliran horisontal terhadap Bilangan Reynold (NRe) dan hubungan nonlinier antara kecepatan aliran horisontal dan Bilangan Froude (NFr). Hubungan tersebut akan diperkuat melalui model pola pengendapan flok dengan menambahkan pengaruh konsentrasi kekeruhan.

Visualisasi gambar hasil running model menunjukkan bahwa koordinat (0,0) merupakan titik awal/inlet bak sedimentasi, dimana sumbu x merupakan permukaan bak dan sumbu z merupakan kedalaman bak. Visualisasi gambar menunjukkan daerah pengendapan (*settling zone*) mulai dari inlet sampai dengan kedalaman bak. Gambar 4 merupakan salah satu hasil running model dengan menggunakan jenis koagulan tawas pada debit aliran 36 liter/jam.

Secara keseluruhan, hasil running dengan berbagai variasi data penelitian menunjukkan pola pengendapan flok dalam bak sedimentasi yang menjelaskan bahwa dalam zona pengendapan (*settling zone*) mulai dari inlet menuju outlet terjadi penurunan pola kecepatan aliran (u), Bilangan Reynold (NRe), Bilangan Froude (NFr) dan konsentrasi kekeruhan (c). Selain itu penurunan juga terjadi seiring dengan kedalaman bak dalam *settling zone*. Sedangkan untuk pola kecepatan pengendapan flok (w) terjadi peningkatan mulai dari inlet menuju outlet dan seiring dengan kedalaman bak.

Hasil running model HP2S untuk bak sedimentasi *rectangular* (model fisik) dengan variasi debit, jenis koagulan, panjang bak sedimentasi menunjukkan pola yang sama untuk pola aliran kecepatan horisontal (u), pola kecepatan pengendapan (w), pola konsentrasi (c), Bilangan Reynold (NRe) dan Bilangan Froude (NFr). Tetapi nilai kecepatan maupun konsentrasi di setiap titik tidak sama.



Gambar 4. Visualisasi program Matlab dengan data debit 36 liter/jam dan jenis koagulan tawas

Berdasarkan hasil identifikasi di laboratorium dan hasil running model, maka kelima pola tersebut jika dianalisa bersama-sama untuk menggambarkan pola pengendapan flok, diperoleh hasil bahwa :

- i. Kecepatan aliran horisontal (u) semakin menurun, NRe semakin < 2000 , NFr semakin $< 10^{-5}$ dan konsentrasi kekeruhan semakin menurun. Hubungan antara kecepatan aliran (u) dan NFr tidak sesuai terhadap penurunan kekeruhan karena $NFr < 10^{-5}$ mengindikasikan aliran yang tidak stabil, artinya terjadi daerah sirkulasi atau aliran stagnan yang akan mengurangi kinerja pengendapan flok. Namun dari running model diperoleh konsentrasi yang semakin menurun pada kecepatan yang paling kecil serta diperoleh efisiensi semakin besar. Oleh karena itu model memiliki batasan kecepatan aliran, yaitu 0,98 cm/det – 0,52 cm/det
2. Kecepatan aliran horisontal (u) selalu lebih besar daripada kecepatan pengendapan (w).

Hasil tersebut tidak sesuai dengan pola konsentrasi yang menunjukkan bahwa konsentrasi membentuk pola isokonsentrasi yang semakin menurun menuju outlet. Jika

kecepatan aliran horisontal (u) lebih besar dari kecepatan pengendapan (w) maka partikel flok tidak dapat mengendap atau tidak terjadi penurunan kekeruhan.

Model matematika pola pengendapan flok merupakan penerapan Model HP2S, dimana Model HP2S dikembangkan untuk mengetahui hidrodinamika penyebaran polutan di sungai dengan sifat polutannya non konservatif (COD) dan konservatif (Cl), dimana Model HP2S tidak memodelkan kecepatan pengendapan. Sedangkan pada pola pengendapan flok, polutan atau obyeknya berupa partikel flokulan yang pengendapannya sangat dipengaruhi oleh karakteristik flok. Pada dasarnya kecepatan pengendapan partikel merupakan fungsi konsentrasi padatan tersuspensi, dimana nilai kecepatan pengendapan tersebut tidak konstan dan tergantung pada karakteristik flok (Van der Walt, 2008).

Perumusan model matematika terhadap pola pengendapan flok tersusun atas model hidrodinamika (seperti yang sedang dikaji dalam penelitian ini). Selain itu perlu dikembangkan model tersebut dengan menambahkan model flokulasi yang terkait dengan karakteristik flok yang akan diendapkan serta model kecepatan pengendapan flok yang terkait dengan perilaku flok yang akan mengendap (Van der Walt, 2008). Namun masih ada pengaruh lain atau pengaruh eksternal yang masih diabaikan, misalnya angin dan perubahan temperatur yang tidak signifikan.

4. Kesimpulan Dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Perumusan model matematika terhadap pola pengendapan flok yang dikembangkan dari Model HP2S dapat digunakan pada bak sedimentasi *rectangular* dengan menggunakan parameter pola kecepatan aliran, pola kecepatan pengendapan dan pola konsentrasi kekeruhan, Bilangan Reynold (NRe) dan Bilangan Froude (NFr) namun secara parsial.
2. Perumusan model matematika pola pengendapan flok masih terbatas pada model hidrodinamika dan belum memodelkan kecepatan pengendapan flok dan model flokulasi.

4.2. Saran

1. Penelitian yang sama dapat dilakukan dengan menggunakan program yang berbeda agar dipeoleh visualisasi yang berbeda untuk dibandingkan.
2. Perumusan model matematika perlu dikembangkan dengan merumuskan model kecepatan pengendapan dan model flokulasi.
3. Penelitian perlu dilakukan dengan memvariasi pengaruh hidrodinamika yang lain, misalnya letak inlet, penggunaan sekat, pola aliran masuk, suhu, dll.
4. Pengembangan model dengan memodelkan karakteristik flok serta meninjau pengaruh jenis koagulan dan dosis koagulan

5. Pustaka

- Boyle, J.F., Ice Manas, Feke, Donald, L., (2005). Hydrodynamic Analysis of the Mechanisms of Agglomerate Dispersion. *Powder Technology*. Vol. 153. Issue 2, p.127 – 133.
- Kamaningroem, Nieke, (2006). Model Matematika Hidrodinamika Penyebaran Polutan di Sungai. Disertasi Program Pasca Sarjana ITS, Surabaya
- Guo, L., Zhang, D., Xu, D., Chen, Y., (2009). An Experimental Study of Low Concentration Sludge Settling Velocity Under Turbulent Condition, *Water Research* 43. p.2383 – 2390.
- Hadisoebroto, R., dan S. Notodarmojo. (2004). Pengaruh Debit Influen Terhadap Karakteristik Hidrodinamika Kolam Fakultatif Bojongsoang : Tanpa Pengaruh Angin. *Makara Teknologi*. Vol.8. No.3. Hal. 83-89.
- Hendricks, David, (2008). *Water Treatment Unit Operations and Processes*. John Willey and Sons Inc.
- Maharani, A., (2006). Aplikasi Metode Leap Frog pada Model Aliran Air di Sungai pada Kondisi Tidak Tunak Dalam Dua Dimensi. Tugas Akhir, Jurusan Matematika – FMIPA ITS Surabaya

- Makrup, L., (2001). *Dasar-Dasar Analisa Aliran di Sungai dan Muara*. UII Press, Yogyakarta.
- Novak, P., Cabelka, J., (1981). *Model in Hydraulic Engineering, Physical Principles and Design Application*. Pitman Publishing Inc, London.
- Razmi, A., Firoozabadi, B., Ahmadi, G., (2009). *Experimental and Numerical Approach to Enlargement of Performance of Primary Settling Tanks*. *Journal of Applied Fluid Mechanics*. Vol.2. No.1, pp.1 - 12.
- Sammarrace, M.A., Chan, A., Salim, S.M., Mahabaleswar, U.S., (2009). *Large-Eddy Simulations of Particle Sedimentation in a Longitudinal Sedimentation Basin of a Water Treatment Plant. Part I: Particle Settling Performance*, *Chemical Engineering Journal*. Vol.152. p. 307-314
- Schnoor J.L., (1996). *Environmental Modelling, Fate and Transport of pollutants in water, Air and Soil*. John Willey and Sons Inc.
- Tamayol, A., Firoozabadi, B., (2006). *Effects of Turbulent Model and Baffle Position on the Hydrodynamics of Settling Tanks*. *Scientia Iranica*. Vol.13. No.3. p.255-260.
- Trisiana, Diansari, (2006). *Evaluasi Sistem Pengolahan Air Bersih pada IPA PT. Taman Tirta Sidoarjo*. Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya .
- Van der Walt, J.J., (2008). *The Modelling of Water Treatment Process Tanks*. Dissertation, University of Johannesburg
- Wouda, T.W.M., Rietema, K., Ottengraf, S.P.P., (1977). *Continuous Sedimentation Theory - Effects of Density Gradients and Velocity Profiles on Sedimentation Efficiency*. *Chemical Engineering Science*. Vol. 32. p. 351 - 358.