



SIMULASI PRILAKU SENYAWA PADA DRAINASE ALAMI

Adiguna

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Email : Adigunaym@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan yang sangat pesat dari teknologi yang diciptakan manusia telah memberikan banyak kemudahan bagi manusia misalnya kemajuan dalam bidang teknologi perindustrian. Selain memiliki dampak positif, teknologi tersebut memberikan dampak negatif dimana bahan-bahan produksi sampingan yang menjadi bahan buangan dari industri tersebut sebagian dibuang ke lingkungan. dan penyebarannya sulit dideteksi. Untuk itu simulasi model angkutan senyawa pada lingkungan perairan (sungai) ini dapat memantau pergerakan dan perubahan konsentrasi senyawa pada sungai khususnya yang dipengaruhi pasang surut berbanding jarak dan waktu. Hasil dari simulasi model selama 23 jam ini didapatkan bahwa pada saat arah aliran menuju muara konsentrasi senyawa terus menurun Ketika arah aliran berubah dari muara ke hulu akibat pasang naik, konsentrasi senyawa kembali naik karena arah angkutan senyawa searah dengan pergerakan arus air. Besarnya koefisien Decey mempengaruhi kecepatan penurunan konsentrasi senyawa pada titik pengamatan dengan variasi koefisien $0,4 \times 10^{-7}$ dan $0,6 \times 10^{-7}$ memiliki selisih penurunan konsentrasi senyawa mencapai 0,001 %. Semakin besar koefisien Souce berpengaruh pada berkurangnya kecepatan penurunan konsentrasi senyawa dengan variasi koefisien 0,01 dan 0,03 memiliki selisih penurunan konsentrasi senyawa mencapai mencapai 12,6 %, karena kapasitas senyawa yang terangkut oleh aliran semakin kecil. Semakin besar koefisien Sink berpengaruh pada semakin cepatnya penurunan konsentrasi senyawa dengan variasi koefisien 0 dan 0,01 memiliki selisih penurunan konsentrasi senyawa mencapai mencapai 2,3 % karena sebagian unsur senyawa ada yang menguap atau terurai secara biologis.

Kata Kunci : *Simulasi, Angkutan Senyawa, Aliran.*

LATAR BELAKANG

Pada saat suatu senyawa baik berbentuk padatan maupun cairan yang masuk ke lingkungan perairan akan sulit sekali memantau prilakunya di dalam lingkungan tersebut. Hal ini dipersulit dengan sifat aliran pada lingkungan perairan yang secara alami mengalami perubahan perilaku. Adapun perubahan perilaku aliran air tersebut berupa adanya perubahan arah lairan maupun kecepatan aliran serta flukturnya yang tidak seragam.

Perilaku penyebaran dan pergerakan senyawa tersebut di air perlu dipantau apabila senyawa tersebut termasuk kategori polutan bagi lingkungan sekitarnya. Dalam menganalisa penyebaran senyawa tersebut diperlukan pendekatan teknologi informasi melalui suatu simulasi angkutan senyawa dengan membuat model. Model angkutan senyawa merupakan analisis hidrodinamik yang dapat berupa model skala fisik di laboratorium dan model numerik.

Pada penelitian ini digunakan model numerik yang didapat dari pemecahan persamaan-persamaan matematik yang menerangkan proses fisik, kimia dan biologis yang terjadi di dalam aliran pada lingkungan perairan. Secara sederhana lingkungan perairan yang dijadikan model simulasi adalah aliran drainase alami berupa aliran sungai. Persamaan-persamaan tersebut dibuat dalam suatu aplikasi bahasa pemrograman yang sangat bermanfaat untuk kajian awal serta untuk pengembangan studi kasus pencemaran pada sungai.

RUMUSAN MASALAH PENELITIAN

Pada saat suatu senyawa dibuang ke lingkungan perairan yang mengalami pasang surut dan memiliki karakter penampang aliran berupa drainase alami. Permasalahannya adalah sulit sekali untuk memonitor distribusi senyawa baik besar maupun banyaknya jumlah senyawa tersebut. Untuk itu dibutuhkan teknologi informasi yang cepat, tepat pakai, tepat guna berupa bahasa pemrograman Visual Basic aplikasi Exel yang bisa menghasilkan simulasi angkutan senyawa yang dimaksud.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap daya angkut senyawa pada sungai yang dipengaruhi pasang surut.
2. Membuat program aplikasi berupa simulasi model numerik angkutan senyawa pada sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut.
3. Membandingkan hasil simulasi dari variasi koefisien *Decay*, *Source* dan *sink* yang berpengaruh terhadap angkutan senyawa tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Hidrologi

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air atau pekerjaan air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer (ruang udara) ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Di darat air mengalir baik di permukaan bumi maupun di dalam bumi (ruang darat) menuju laut (ruang laut) secara terus menerus dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah secara gravitasi. Di atmosfer perjalanannya melalui *evaporasi* (E), *transpirasi* (T), *evapo-transpirasi* (ET), *kondensasi*, *presipitasi* (hujan). (Robert J. Kodoatie, 2013).

Drainase

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan kelebihan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu (H.A Halim Asmar, 2012). Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. secara umum didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan / lahan, agar fungsi kawasan/lahan tidak terganggu (Dr. Ir. Suripin, 2004:7). Drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan penerima air atau ke bangunan resapan buatan.

Sistem pembuangan air atau drainase dibagi 3 macam, yaitu (Notodihardjo, dkk,1998) :

- a. Sistem Terpisah (*Separate System*)
- b. Sistem Tercampur (*Combined System*)
- c. Sistem Kombinasi

Persamaan pengatur yang digunakan adalah persamaan aliran satu dimensi pada saluran yang sering disebut sebagai persamaan St. Venant yang terdiri dari:

Persamaan Kontinuitas:

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

dimana:

- B = lebar atas penampang basah (m)
h = elevasi muka air terhadap bidang acuan (m)
Q = debit aliran (m³/detik)
q = aliran limpasan permukaan (*overland flow*)
Zb = tinggi datum

Persamaan Momentum:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\beta \frac{Q^2}{A} \right] + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q}{AC^2} \frac{Q}{R} = 0$$

dimana:

- β = Koeffisien momentum
- A = luas penampang basah
- G = percepatan gravitasi(m/detik)
- R = Jari-jari hidrolis aliran (m)
- C = Koeffisien Chezy

Persamaan Angkutan Material Terlarut

$$\frac{\partial}{\partial t} (A\phi) + \frac{\partial}{\partial x} (UA\phi) = \frac{\partial}{\partial x} \left(DA \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + qk \cdot \phi k + S(\phi)$$

\downarrow
Konveksi

\downarrow
Diffusi

Dimana:

- A = Luas penampang basah (m²)
- U = Kecepatan rata-rata (m/detik)
- ϕ = konsentrasi senyawa (ppm)
- D = Koeffisien Dispersi arah memanjang
- qk. ϕk = flux senyawa yang masuk/keluar permukaan air
- S(ϕ) = Laju perubahan senyawa akibat proses-proses kimia, fisika, biologi

METODOLOGI

Pengumpulan Data Sekunder

Dalam penelitian ini sesuai lingkup pembahasan, unsur senyawa yang digunakan sebagai uji model adalah Senyawa X yang merupakan senyawa model dimana pada penerapannya nanti dapat disesuaikan dengan karakteristik senyawa yang diamati di lapangan.

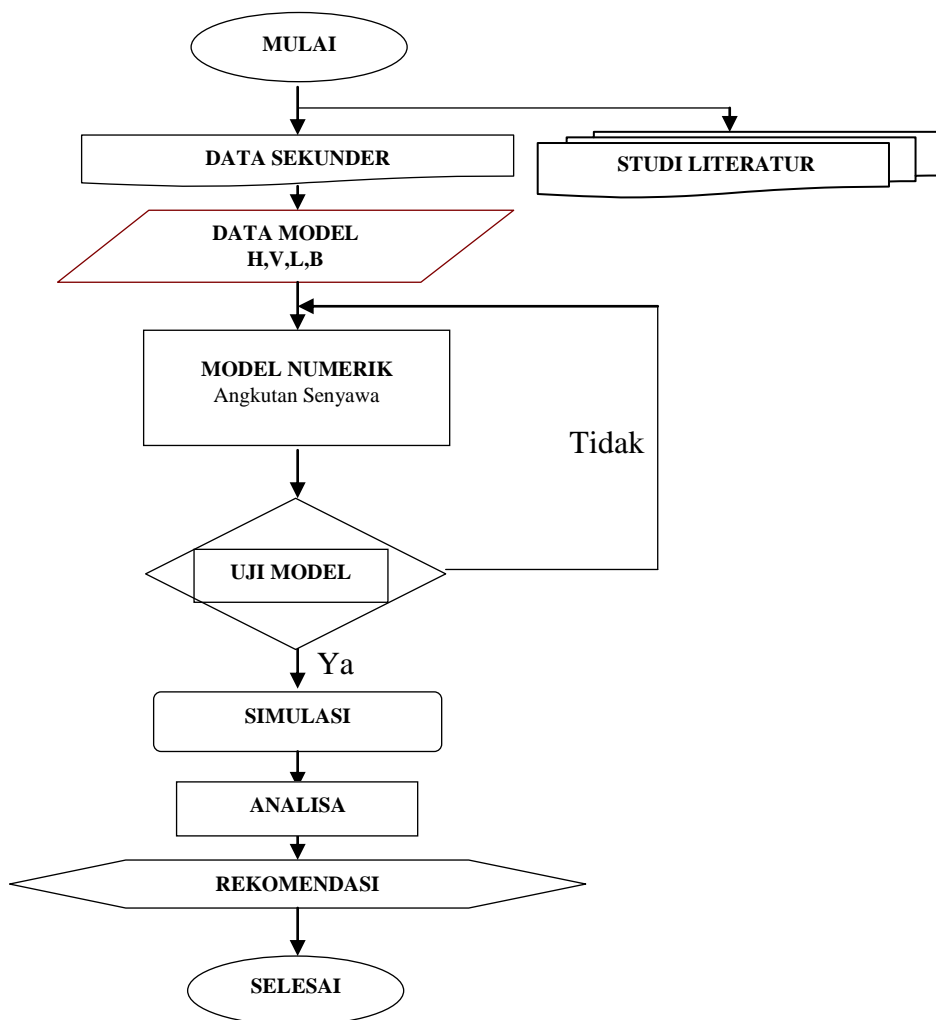
Sebagai media dipilih ekosistem perairan Sungai Sekanak. Pemilihan dilakukan mengingat ekosistem ini atau dikenal sebagai drainase Sekanak telah memiliki data dasar (Putra, 2004). Dengan demikian maka simulasi permodelan akan dapat dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang ada sehingga prediksi angkutan/distribusi senyawa dapat diperlihatkan dengan baik.

Model pendekatan

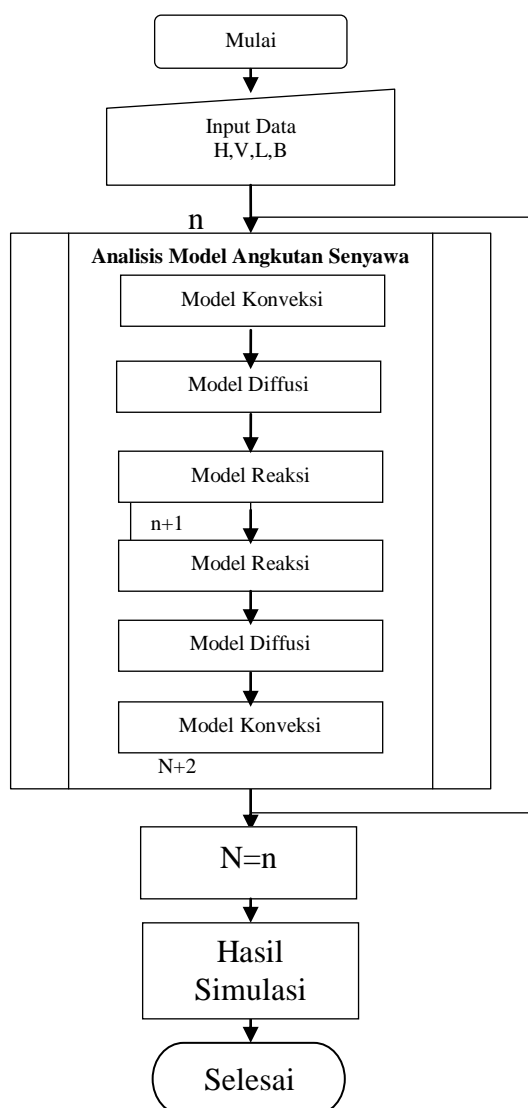
Model numerik satu dimensi untuk angkutan senyawa digunakan Fasilitas *Makro* pada *Microsoft Excel*. Model numerik terdiri dari tiga suku yaitu suku konveksi, suku diffusi serta suku reaksi. Masing-masing suku tersebut diselesaikan dengan metode *Quickest* untuk suku konveksi, metode *Central Scheme* untuk suku diffusi, serta metode *Euler* untuk suku reaksi.

Persiapan Pembuatan Simulasi

Simulasi angkutan senyawa pada sungai yang dipengaruhi pasang surut adalah model angkutan senyawa pada sungai yang dibuat simulasinya dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dimana control pengoperasian menggunakan *Visual Basic* Aplikasi sederhana pada *Microsoft Excel*. Sebelum membuat program simulais dengan menggunakan perangkat komputer, terlebih dahulu dilakukan persiapan dengan membuat rencana susunan dari program simulasi itu sendiri. Susunan program tersebut antara lain diagram alir atau *Flow Chart* dan Algoritma.



Gambar 1. Flow Chart Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2. Flow Chart Model Angkutan Senyawa

PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan untuk melihat perubahan konsentrasi pada titik pengamatan dengan koefisien *Decay*, *Source* dan *Sink* yang bervariasi. Pengamatan nilai konsentrasi senyawa yang mengalami perubahan pada tahap simulasi ini dilakukan dengan melihat penurunan puncak grafik dari hasil tiap simulasi per perubahan waktu. Kondisi parameter-parameter lain pada simulasi adalah sebagai berikut:

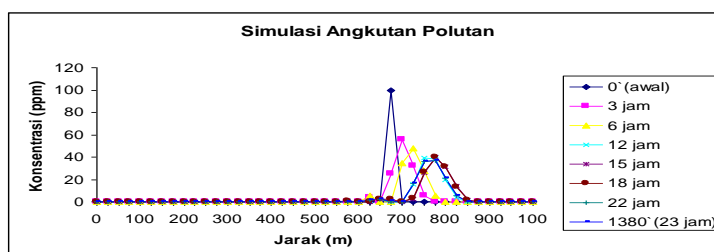
- 1) Parameter tetap berupa :
 - Panjang sungai yang diamati = 1000m
 - Lebar sungai yang diamati =13 m
 - Kemiringan saluran = 0,0007
 - Selang jarak pengamatan = 25 m
 - Selang waktu pengamatan = 10 menit
 - Kecepatan aliran = m/detik (terlampir)
 - Tinggi permukaan air =m (terlampir)
 - Konsentrasi senyawa 100 ppm pada jarak 325 m dari muara
- 2) Parameter tak tetap berupa :

- Decay :
 - $\lambda_1 = 0,0000004$
 - $\lambda_2 = 0,0000006$
- Source :
 - $Sc_1 = 0,01$
 - $Sc_2 = 0,03$
- Sink :
 - $Sk_1 = 0$
 - $Sk_2 = 0,01$

Hasil simulasi untuk variasi, $D_1 = 0,0000004$; $Sc_1 = 0,01$; $Sk_1 = 0$

Tabel. 1. Rekapitulasi Perubahan Nilai Senyawa Terhadap waktu pada Simulasi 1

Δt (menit)	Jarak Puncak Senyawa dari muara (m)	Nilai konsentrasi pada titik Pengamatan (ppm)	Penurunan Tingkat Senyawa (%)
Awal	325	100	0
240	300	24,733651	75,26635
360	275	0	100
720	250	0	100
900	225	1,11884364	98,88116
1080	225	2,3495074	97,65049
1320	225	0	100
1380	225	0,45552766	99,54447



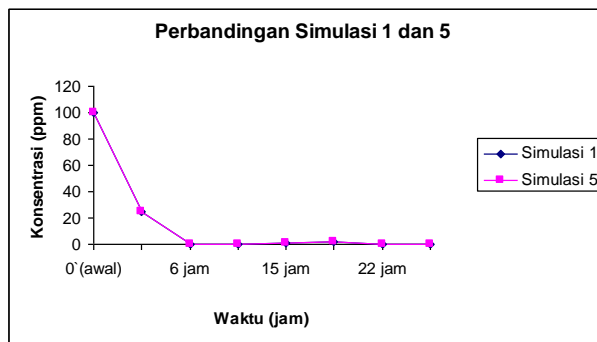
Gambar.3. Grafik Simulasi 1 Selama 23 jam

Hasil Simulasi tampak pada grafik saat 0-12 jam (waktu tenang-surut) pengamatan dengan konsentrasi awal sebesar 100 ppm, konsentrasi puncak senyawa bergerak sejauh 25 meter ke arah kanan (menuju muara) dengan nilai senyawa saat $\Delta t = 3$ jam $C = 24,733651$ ppm konsentrasi senyawa turun sebesar 75,26635 %. Konsentrasi puncak senyawa bergerak sejauh 25 meter ke arah kanan (menuju muara) dengan nilai senyawa pada $\Delta t = 6$ dan 12 jam $C = 0$ ppm turun sebesar 100 %, karena senyawa yang ditinjau sudah terangkut ke hilir atau muara dan kemungkinan terjadinya adsorpsi senyawa X oleh partikel-partikel tersuspensi serta kemungkinan degradasi aerobik dari bahan organik yang mengandung senyawa X sehingga pada titik pengamatan nulainya sudah tidak terdeteksi.

Konsentrasi puncak senyawa masih berada pada 225 meter dari muara saat $\Delta t = 15$ jam $C = 1,11884364$ ppm turun sebesar 98,88116 % dari konsentrasi awal. Konsentrasi puncak senyawa masih berada pada 225 meter dari muara saat $\Delta t = 18$ jam $C = 2,3495074$ ppm turun sebesar 97,65049 % dari konsentrasi awal. Konsentrasi puncak senyawa masih berada pada 225 meter dari muara saat $\Delta t = 22$ jam $C = 0$ ppm turun sebesar 100 % dari konsentrasi awal. namun arah aliran mulai berbalik ke hulu (kecepatan aliran negatif). Konsentrasi puncak senyawa masih berada pada 225 meter dari muara saat $\Delta t = 23$ jam $C = 0,45552766$ ppm turun sebesar 99,54447 % dari konsentrasi awal namun naik kembali dibandingkan saat 1 jam sebelumnya karena pengaruh arus balik.

Untuk melihat lebih jelas pengaruh Koefisien *Decey*, *Source* dan *Sink* dari simulasi yang tersebut maka dapat dibuat 3 perbandingan data simulasi:

1. Perbandingan penurunan konsentrasi senyawa akibat pengaruh koefisien *Decey* untuk simulasi 1 dan simulasi 5, dimana yang berbeda adalah koefisien *Decey* saja.



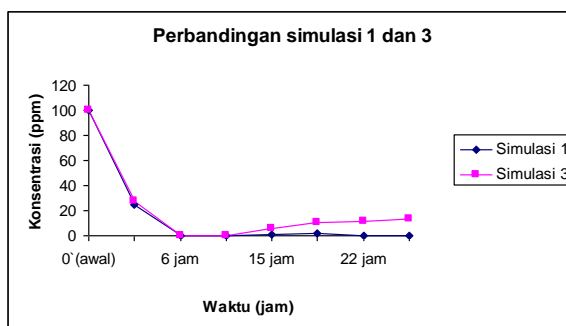
Gambar 4. Grafik Simulasi 1 dan Simulasi 5 Selama 23 jam

Tabel 2. Perbandingan Tingkat Senyawa pada Titik Pengamatan

Waktu (jam)	simulasi 1 (ppm)	simulasi 5 (ppm)
0 (awal)	100	100
3 jam	24,73365	24,7348
6 jam	0	0
12 jam	0	0
15 jam	1,118844	1,118686
18 jam	2,349507	2,349316
22 jam	0	0
1380` (23 jam)	0,455528	0,454419

Pada tabel di atas terlihat bahwa perbedaan koefisien Decey mempengaruhi penyebaran senyawa dan penurunan konsentrasi senyawa pada titik pengamatan.

- Perbandingan penurunan konsentrasi senyawa akibat pengaruh koefisien *Source* untuk simulasi 1 dan simulasi 3, dimana yang berbeda adalah koefisien *Source* saja.
-

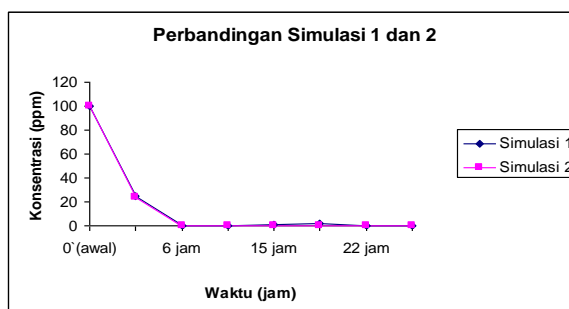


Gambar 5.. Grafik Simulasi 1 dan Simulasi 3 Selama 23 jam

Tabel 3. Perbandingan Tingkat Senyawa pada Titik Pengamatan

Waktu (jam)	simulasi 1 (ppm)	simulasi 3 (ppm)
0 (awal)	100	100
3 jam	24,73365	27,44156
6 jam	0	0
12 jam	0	0
15 jam	1,118844	5,603796
18 jam	2,349507	10,26912
22 jam	0	11,31137
1380` (23 jam)	0,455528	13,02726

- Pada tabel di atas terlihat bahwa semakin besar koefisien Source menyebabkan penurunan konsentrasi senyawa lebih lambat pada titik pengamatan.
- Perbandingan penurunan konsentrasi senyawa akibat pengaruh koefisien Sink untuk simulasi 1 dan simulasi 2, dimana yang berbeda adalah koefisien Sink saja.



Gambar.6. Grafik Simulasi 1 dan Simulasi 2 Selama 23 jam

Tabel . 4. Perbandingan Tingkat Senyawa pada Titik Pengamatan

Waktu (jam)	simulasi 1 (ppm)	simulasi 5 (ppm)
0 (awal)	100	100
3 jam	24,73365	23,3797
6 jam	0	0
12 jam	0	0
15 jam	1,118844	0
18 jam	2,349507	0
22 jam	0	0
1380 (23 jam)	0,455528	0

Pada tabel di atas terlihat bahwa semakin besar koefisien Sink menyebabkan penurunan konsentrasi senyawa lebih cepat pada titik pengamatan.

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil dari simulasi-simulasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:
- Dengan simulasi kecepatan dan pergerakan pasang surut aliran air pada sungai dapat diprediksi arah pergerakan senyawa dan penurunan konsentrasi senyawa berbanding jarak dan waktu.
 - Besarnya koefisien *Decay* mempengaruhi penurunan konsentrasi senyawa pada titik pengamatan. Semakin besar koefisien *Source* berpengaruh pada berkurangnya kecepatan penurunan konsentrasi senyawa. Semakin besar koefisien *Sink* berpengaruh pada semakin cepatnya penurunan konsentrasi senyawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, M.2000. *Hidraulika Lanjut*; Permodelan Hidraulik Aliran dan Angkutan Senyawa di Saluran dan Sungai
- Hasmar, Halim H.A. 2012. "*Drainase terapan*". UII Press. Yogyakarta.

- Kodoatie, Robert J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi.
- Notodiharjo, M., dkk. 1998. *Drainase Perkotaan*. Jakarta: UPT Penerbitan Universitas Tarumanegara.
- Putra, E. S. 2004. *Kajian Sistem Drainase Daerah Aliran Sungai Sekanak Kota Palembang*. Tesis Program Studi Teknik Sipil Bidang Kajian Utama Manajemen Sumberdaya Air Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya (Tidak dipublikasikan)
- Suripin, 2004. “*Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*”. Yogyakarta: Andi offset.