

# MODEL CEMARAN SENG (Zn) DI PERAIRAN SUNGAI DENGAN METODE UPWIND DAN METODE QUICKEST BERDASARKAN PEMBAGIAN ABBOT-IONESCHU (Studi Kasus : Kaligarang Semarang)

Taufiqur Rohman<sup>1</sup>, Syafrudin<sup>2</sup>, dan Badrus Zaman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumni Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang,

## ABSTRAK

Kali Garang kondisinya sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar sungai. Kali Garang juga mempunyai fungsi sebagai buangan limbah industri yang terdapat di sekitar bantaran sungai. Seng (Zn) adalah salah satu polutan logam berat yang terdapat di Kali Garang. Untuk mengetahui besarnya cemaran dan cara yang lebih sederhana dalam proses pemantauan dapat dilakukan dengan membuat model cemaran di perairan sungai tersebut. Penelitian model cemaran ini menggunakan model matematis dengan metode Upwind dan metode Quickest berdasarkan pembagian Abbot-Ioneschu, kemudian diaplikasikan ke dalam software Delphi 6. Hasil dari penelitian yang dilakukan pada saat pengukuran di sepanjang Kali Garang, diketahui bahwa kandungan Zn di lokasi KG1 (Jembatan Pramuka) sebesar 0,715 – 0,806 mg/l, KG2 (Jembatan Tinjomoyo) sebesar 0,611 – 0,911 mg/l, dan KG3 (Jembatan Tugu Suharto) sebesar 0,826 – 1,420 mg/l. Sedangkan hasil metode Upwind untuk rentang waktu  $t = 0 - 18$  jam mempunyai konsentrasi Zn sebesar 0,561 – 1,495 mg/l dengan nilai kesalahan terhadap data pengukuran masing-masing sebesar 0 % dan hasil metode Quickest untuk rentang waktu  $t = 0 - 18$  jam mempunyai konsentrasi Zn sebesar 0,611 – 1,356 mg/l dengan nilai kesalahan terhadap data pengukuran masing-masing sebesar 0 %.

**Kata kunci:** Kali Garang, Seng (Zn), Pembagian Abbot-Ioneschu, Upwind, Quickest

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan suatu ekosistem yang di dalamnya terjadi suatu proses interaksi antara faktor-faktor biotik, abiotik, dan manusia yang bisa mengakibatkan terjadinya pencemaran.

Pencemaran air dapat terjadi akibat adanya unsur/zat lain yang masuk ke dalam air, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi turun. Seperti yang terjadi di Kali Garang, ini dibuktikan dari hasil penelitian tanggal 8 Juni 2009 yang dilakukan BLH Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa hasil sampling air yang diambil di Tugu Suharto diketahui tercemari seng (Zn) sebesar 0,144 mg/l. Identifikasi cemaran seng (Zn) di permukaan Kali Garang dapat digambarkan dengan model.

Model adalah sebuah objek yang kecil biasanya berdasarkan skala, dimana objek yang dimodelkan mempunyai skala yang lebih besar. Model cemaran air merupakan salah satu keterkaitan dalam proses manajemen yang lebih besar. Sebuah model cemaran air biasanya terdiri dari serangkaian matematika yang berkaitan satu atau lebih parameter

cemaran air. Model cemaran air dapat digunakan untuk memprediksi bagaimana perubahan proses parameter cemaran air tertentu (ADEM, 2001).

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar konsentrasi dan identifikasi cemaran seng (Zn) di sepanjang Kali Garang dan mengaplikasikan permodelan dengan menitikberatkan pada cemaran seng (Zn) yang ada di Kali Garang. Model matematis yang digunakan adalah metode Upwind dan metode Quickest berdasarkan pembagian Abbot-Ioneschu. Hasil hubungan matematis tersebut diaplikasikan ke dalam software Delphi 6.

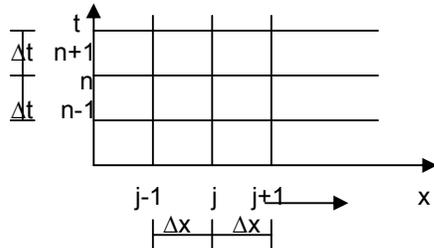
### Data Input

Data input berasal data primer. Input pada model hidrodinamika untuk simulasi model adalah data kecepatan arus ( $U$ ), sedangkan input untuk model transpor adalah konsentrasi polutan sebagai nilai awal (*initial condition*).

### Pembagian Implisit Abbott-Ioneschu

Bentuk pembagian ini pertama kali diusulkan oleh Abbott-Ioneschu, 1967 (Cahyono, 1993 dalam Syafrudin, 1997).

Menurut Makrup (2001) jaring perhitungan adalah satu setting terbatas dari titik dalam domain pada bidang datar (x,t) yang dianggap sebagai fungsi kontinu.



**Gambar 1.** Metode beda hingga pembaganan Abbot-loneschu  
Sumber :Kodoatie, 2005

### Persamaan Model

a. Persamaan Dasar Model Cemar Polutan

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$

b. Metode Upwind

$$\frac{C_j^{n+1} - C_j^n}{\Delta t} + U \frac{C_{j+1}^n - C_j^n}{\Delta x} = 0$$

$$C_j^{n+1} = \left(1 + \frac{U\Delta t}{\Delta x}\right) C_j^n - \frac{U\Delta t}{\Delta x} C_{j+1}^n \text{ dimana}$$

$$Cr = \frac{U\Delta t}{\Delta x} \text{ maka}$$

$$C_j^{n+1} = (1 + Cr)C_j^n - CrC_{j+1}^n$$

dimana  $j = 1, 2, \dots, n$

c. Metode Quickest

$$\frac{C_j^{n+1} - C_j^n}{\Delta t} + U \frac{C_j^n - C_{j-1}^n}{\Delta x} = 0$$

$$C_j^{n+1} = \frac{U\Delta t}{\Delta x} C_{j-1}^n + \left(1 - \frac{U\Delta t}{\Delta x}\right) C_j^n \text{ dimana}$$

$$Cr = \frac{U\Delta t}{\Delta x} \text{ maka}$$

$$C_j^{n+1} = CrC_{j-1}^n + (1 - Cr)C_j^n$$

dimana  $j = 2, 3, \dots, n$

### Syarat Stabilitas Model

Syarat stabilitas untuk model cemar metode Upwind dan metode Quickest dengan menggunakan syarat berdasarkan bilangan Courant; nilai  $Cr \leq 1$ , dimana :

$$Cr = \frac{U\Delta t}{\Delta x} \text{ sehingga nilai stabilitasnya}$$

$$\text{menjadi } Cr = \frac{U\Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

Oleh karena itu, ditentukan nilai  $\Delta t = 30$  detik dan  $\Delta x = 100$  meter dengan  $U_{max}$  (Kecepatan maksimum dari hasil studi) = 0,509 meter/detik adalah:

$$Cr = 0,509 \times 30 / 100 = 0,15, \text{ sehingga nilai kestabilannya memenuhi syarat.}$$

### Verifikasi Model

Verifikasi model adalah proses membandingkan data lapangan dan hasil simulasi menggunakan cara statistik. Dalam proses verifikasi ini, hanya dilihat sejauh mana kemiripan hasil simulasi terhadap data lapangan. Metode statistik yang dapat digunakan pada proses verifikasi model adalah rata-rata kesalahan relatif (*Mean Relative Error/MRE*).

$$RE = \frac{[x - C]}{x} 100 \%$$

$$MRE = \sum_0^n \frac{RE}{n}$$

Keterangan:

RE = Relative Error (%)

MRE = Mean Relative Error (%)

C = data hasil simulasi

X = data lapangan

n = jumlah lapangan

Jika  $MRE < 10 \%$ , maka model diterima

Jika  $MRE > 10 \%$ , maka model ditolak

### Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal digunakan untuk mengetahui bahwa distribusi data variabel normal. Adapun langkah yang digunakan adalah dengan *ratio skewness* dan *ratio kurtosis*, sebagai berikut :

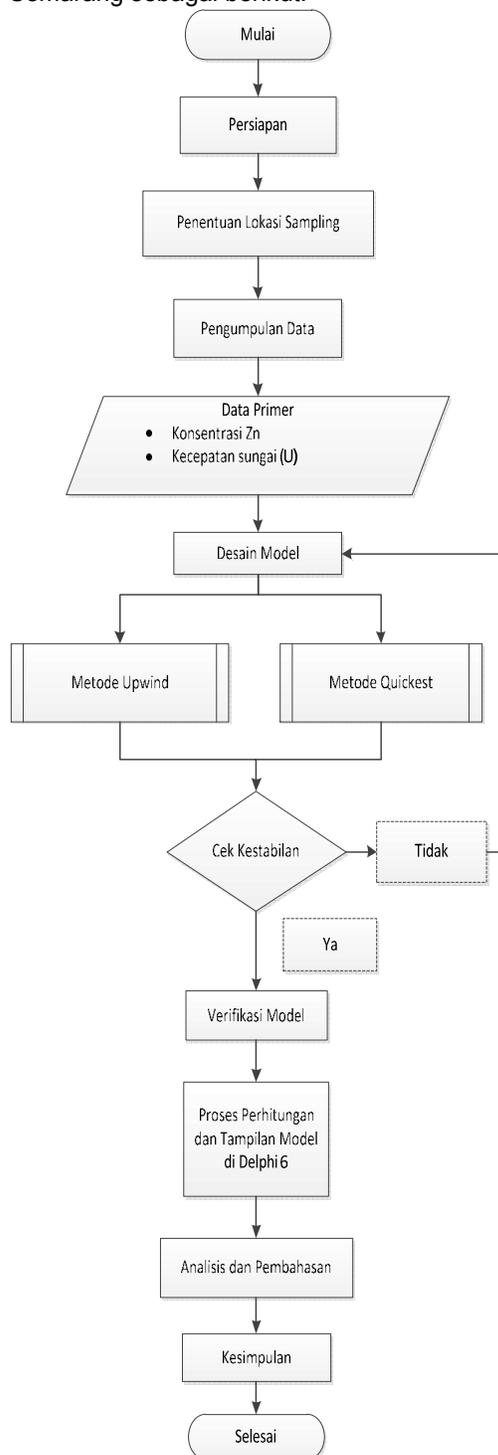
$$\text{Ratio Skewness} = (\text{nilai skewness} / \text{standar error skewness})$$

$$\text{Ratio Kurtosis} = (\text{nilai kurtosis} / \text{standar error kurtosis})$$

### METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Menurut Hadi (1986) bahwa studi kasus berarti penelitian terhadap kasus yang hanya berlaku pada waktu tertentu

dan hasilnya belum tentu sama untuk daerah lain meskipun dalam kasus yang sama. Berikut ini adalah diagram alir metodologi model cemaran seng (Zn) di perairan Kali Garang Semarang sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi

### Desain Model

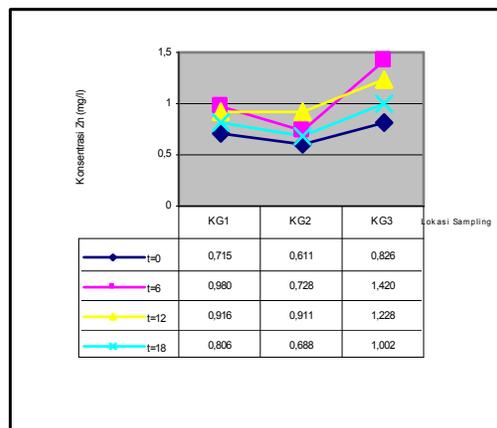
Dalam model digunakan asumsi dan batasan sebagai berikut:

- Penelitian dilakukan di Kali Garang Semarang dengan mengabaikan anak-anak sungai yang masuk ke alirannya
- Permodelan ini digunakan untuk mengidentifikasi cemaran Zn sepanjang Kali Garang berdasarkan diskrit yang sudah ditentukan, yaitu sepanjang 9537 meter (mulai dari jembatan pramuka sampai jembatan tugu suharto)
- Materi analisis adalah Zn di Kali Garang
- Perhitungan model cemaran Zn diselesaikan dengan metode Upwind, dan metode Quickest berdasarkan pembaganaan Abbott-lonescchu
- Penetapan variabel syarat stabilitas aliran dengan memberikan nilai selang jarak ( $dx$ ) yaitu 100 meter, dan nilai selang waktu ( $dt$ ) yaitu 30 detik.
- Permodelan dilakukan dengan software Delphi 6

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Sampling

Hasil sampling parameter fisik dan kimia dapat ditampilkan pada grafik berikut di bawah ini:



Gambar 3. Konsentrasi Zn di masing-masing titik sampel

Sumber: Data Primer, 2010

Keterangan:

- KG1 = Jembatan Jln. Pramuka
- KG2 = Jembatan Tinjomoyo
- KG3 = Jembatan Tugu Suharto
- t = 0 ; pukul 04.00 wib
- t = 6 ; pada pukul 10.00 wib
- t = 12 ; pukul 16.00 wib
- t = 18 ; pukul 22.00 wib

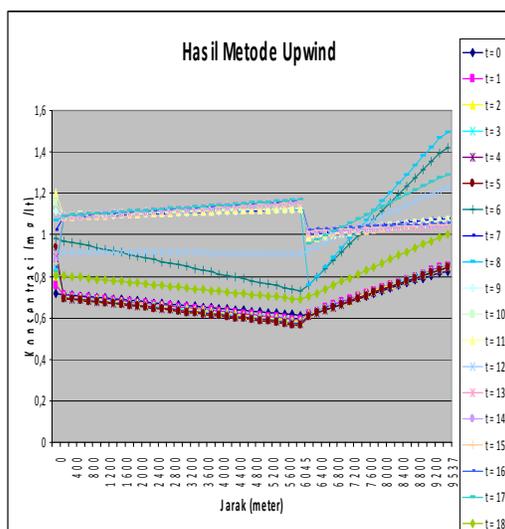
Konsentrasi Zn di lokasi KG1 terjadi penurunan hingga lokasi KG2. Kenyataan ini mungkin dipengaruhi oleh kecepatan aliran sungai dan adanya proses aerasi di air sungai. Hal ini sesuai dengan pendapat Moerniati (2003), yang menyatakan bahwa morfologi Kali Garang diketahui agak bergelombang, serta banyak terdapat batu pada bagian hulunya. Kondisi itu, secara tidak langsung membantu proses aerasi terhadap polutan di air sungai.

Sedangkan lokasi di KG3 memiliki konsentrasi Zn paling tinggi diantara masing-masing tempat sampel yang lain. Hal ini dikarenakan pengaruh yang berasal dari buangan industri dan masukan polutan dari hulu sungai Kreo yang terdapat tempat pembuangan akhir sampah.

Menurut Palar (2004), menyatakan bahwa beberapa kasus pencemaran menunjukkan pelepasan logam berat dalam air permukaan dapat berasal dari sumber-sumber alamiah dan dari aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber alamiah yang masuk ke dalam badan perairan dapat berupa pengikisan dari batu mineral yang banyak di sekitar perairan, partikel-partikel dari udara, dan juga hujan (Maslukah, 2006). Dengan demikian dapat diketahui bahwa sumber logam berat dari hasil buangan industri yang berasal dari industri pelapisan logam yang terdapat di bantaran Kali Garang.

## 2. Hasil Model Dengan Metode Upwind

Hasil model dengan metode Upwind dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 4. Hasil Model dengan Metode Upwind

Keterangan:

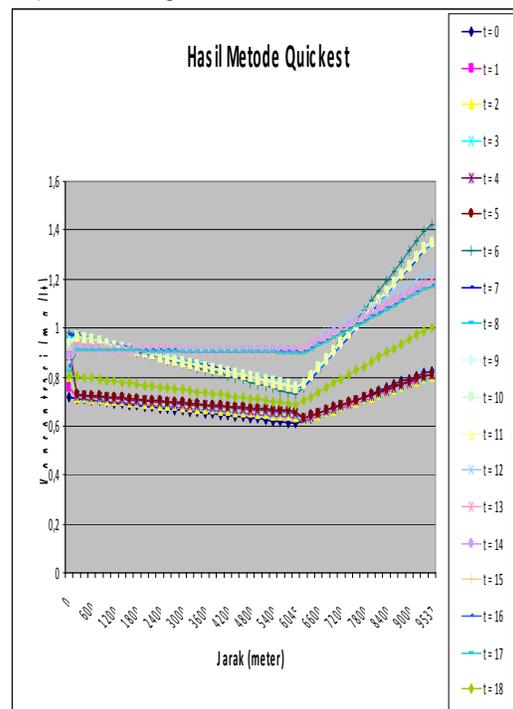
|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| t = 0 ; jam ke-0 | t = 10 ; jam ke-10 |
| t = 1 ; jam ke-1 | t = 11 ; jam ke-11 |
| t = 2 ; jam ke-2 | t = 12 ; jam ke-12 |
| t = 3 ; jam ke-3 | t = 13 ; jam ke-13 |
| t = 4 ; jam ke-4 | t = 14 ; jam ke-14 |
| t = 5 ; jam ke-5 | t = 15 ; jam ke-15 |
| t = 6 ; jam ke-6 | t = 16 ; jam ke-16 |
| t = 7 ; jam ke-7 | t = 17 ; jam ke-17 |
| t = 8 ; jam ke-8 | t = 18 ; jam ke-18 |
| t = 9 ; jam ke-9 |                    |

## 3. Mean Relative Error (MRE) Upwind

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $MRE = 0 = 0 \%$ . Jika  $MRE < 10 \%$  maka model diterima.

## 4. Hasil Model Dengan Metode Quickest

Hasil model dengan metode Quickest dapat dilihat grafik di bawah ini.



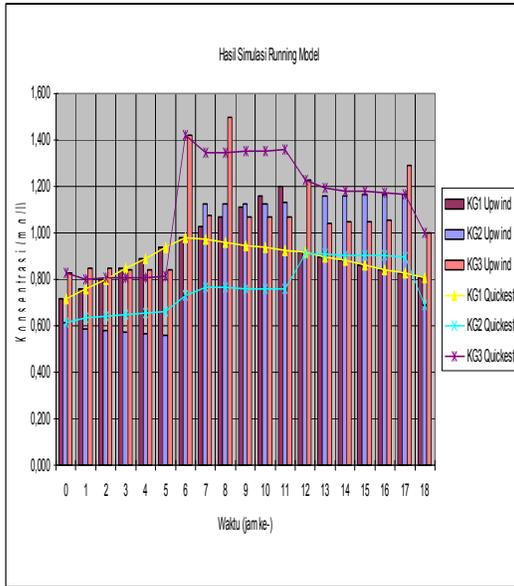
Gambar 5. Hasil Model dengan Metode Quickest

## 5. Mean Relative Error (MRE) Quickest

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $MRE = 0 = 0 \%$ . Jika  $MRE < 10 \%$  maka model diterima.

## 6. Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal yang digunakan adalah ratio skewness dan ratio kurtosis.



Gambar 6. Hasil Simulasi Running di Software Delphi 6

Hasil uji distribusi normal model cemaran dengan metode Upwind dan Quickest, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Distribusi Normal Metode Upwind

| Lokasi | Ratio Skewness | Ratio Kurtosis | Ket.              |
|--------|----------------|----------------|-------------------|
| KG1    | 1,29           | -0,32          | Distribusi Normal |
| KG2    | -0,58          | -1,94          | Distribusi Normal |
| KG3    | 1,61           | 0,31           | Distribusi Normal |

Hasil uji distribusi normal metode Upwind pada masing-masing lokasi KG1, KG2, dan KG3 memiliki nilai ratio skewness dan ratio kurtosis lebih kecil dan lebih besar dari  $\pm 2$ . Dengan demikian, hasil simulasi *running* di software Delphi 6 dengan metode Upwind secara keseluruhan memiliki hasil distribusi normal.

Tabel 2. Hasil Uji Distribusi Normal Metode Quickest

| Lokasi | Ratio Skewness | Ratio Kurtosis | Ket.              |
|--------|----------------|----------------|-------------------|
| KG1    | -1,19          | -0,27          | Distribusi Normal |
| KG2    | 0,46           | -1,47          | Distribusi Normal |
| KG3    | 0,67           | 1,54           | Distribusi Normal |

Berdasarkan tabel di atas, menunjukkan bahwa hasil uji distribusi normal pada masing-masing lokasi KG1, KG2, dan KG3 memiliki nilai ratio skewness dan ratio kurtosis lebih kecil dan lebih besar dari  $\pm 2$ . Dengan hasil tersebut, menunjukkan bahwa secara keseluruhan hasil simulasi *running* di software Delphi 6 dengan metode Quickest memiliki hasil distribusi normal.

### 7. Perbandingan Hasil Model

Perbandingan hasil model dengan metode Upwind dan metode Quickest dilakukan dengan membandingkan nilai standar deviasi. Menurut Hartono (2008), menyatakan bahwa standar deviasi adalah selisih atau simpangan seluruh skor dengan nilai rata-rata pada masing-masing variabel. Dengan demikian, semakin besar standar deviasi maka data semakin heterogen. Sebaliknya, semakin kecil standar deviasi berarti data semakin homogen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat nilai setandar deviasi kedua metode tersebut, berikut di bawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Standar Deviasi

| Lokasi | Metode   | Standar Deviasi |
|--------|----------|-----------------|
| KG1    | Upwind   | 0,135           |
|        | Quickest | 0,074           |
| KG2    | Upwind   | 0,267           |
|        | Quickest | 0,110           |
| KG3    | Upwind   | 0,196           |
|        | Quickest | 0,232           |

Berdasarkan nilai perbandingan nilai standar deviasi tabel 4.7 di atas, menunjukkan bahwa metode Quickest memiliki nilai standar deviasi lebih kecil dibandingkan dengan metode Upwind. Sedangkan pada lokasi KG3 nilai standar deviasi metode Upwind lebih kecil dibandingkan dengan metode Quickest. Meskipun demikian, secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa metode Quickest memiliki data yang homogen dibandingkan dengan metode Upwind.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap kondisi perairan Kali Garang Semarang, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran data lapangan di Kali Garang, diketahui konsentrasi Seng (Zn) di lokasi KG1 (Jembatan Jl. Pramuka) sebesar 0,715 – 0,916 mg/l, lokasi KG2 (Jembatan Tinjomoyo) sebesar 0,611 –

- 0,911 mg/l, dan lokasi KG3 (Jembatan Tugu Suharto) sebesar 0,826 – 1,420 mg/l.
- Masing-masing hasil model dengan metode Upwind dan Quickest mempunyai nilai kesalahan terhadap data pengukuran masing-masing sebesar 0 %. Kedua metode tersebut dapat digunakan sebagai model cemaran. Karena masing-masing metode tersebut memiliki nilai kepercayaan 100 %.
  - Metode Quickest memiliki hasil data yang lebih homogen dibandingkan metode Upwind.

## DAFTAR PUSTAKA

- ADEM. 2001. *The ADEM Spreadsheet Water Quality Model*. Alabama Department of Environmental Management Water Division: Water Quality Branch. Alabama.
- Ajeng, Francine. 2009. *Penentuan Kelas Air, Daya Tampung BOD, Daya Tampung COD di Sungai Garang, Jawa Tengah*. Semarang: UNDIP
- Anggraini, Dewi. 2007. *Analisis Kadar Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn pada Air laut, Sedimen dan Lokan (Geloina coaxans) di Perairan Pesisir Dumai, Provinsi Riau*. Jakarta
- Butler, Kirk. 2009. *Properties, history, and uses of Zinc*. New York: NY
- Cahyorini, Lintang. 2007. *Identifikasi Daya Tampung Beban Cemaran BOD Sungai Dengan Model Qual2E*. Semarang. PSTL
- Chapra, Steven, C. 1997. *Surface Water Quality Modelling*. Singapore: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Darmawan. 2006. *Pola Sebaran Cd di Muara Sungai*. Semarang.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hadi, S. 1980. *Metodologi Research*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Harahap, Mangamar. 2008. *Studi Status Mutu Air Sungai Belawan Sebelum Instalasi Pengolahan Air (IPA) Sunggal dan Sebelum Instalasi Pengoalahan Air (IPA) Hamparan Perak untuk Pemanfaatan Sumber Air Bersih*; Tesis. Medan: Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara.
- Hartono. 2008. *SPSS 16.0*. Yogyakarta: Pustaka belajar.
- Simarmata, Janner. 2008. *Dasar-dasar Pemrograman dengan Delphi 7*. Yogyakarta: Andi publisher.
- Taufiqur Rohman, Syafrudin, dan Badrus Zaman**  
*Model Cemaran Seng (zn) di Perairan Sungai Dengan Metode Upwind dan Metode Quickest*
- Kodoatie, Robert. 2005. *Hidraulika Terapan*. Yogyakarta: Andi publisher.
- Luknanto, Djoko. 2003. *Hidraulika Komputasi Skema Eksplisit dan Implisit*. Yogyakarta: UGM
- Luknanto, Djoko. 2003. *Model Matematika*. Yogyakarta: UGM
- Makrup, Lalu. 2001. *Dasar-dasar Analisis Aliran di Sungai dan Muara*. Yogyakarta: UII
- Rahayu, Subekti, dkk. 2009. *Monitoring air di daerah aliran sungai*. World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. 104 p. Bogor.
- Suara Merdeka. 2010. *Layakkah Kali Garang Jadi Sumber Air Minum, Mengandung E-coli dan Logam Berat*. <http://suaramerdeka.com/rsssm/26/05/2010>
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Air dan Tanah*. Yogyakarta: Andi Publisher
- Sutrisno, C.T. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Syafrudin, 1997. *Metode Numerik Angkutan Ion Klorida di Perairan Estuari dengan Metode Pembaganan Abbot-ioneschu, Quickest dan Upwind*; Tesis. Bandung: Program Magister Teknik Lingkungan Program Pasca Sarjana ITB
- Thomann, et. al. 1987. *Principles of Surface Water Quality Modelling and Control*. New York: Harper & Row, Publisher, Inc.
- Zakaria, Teddy. 2003. *Pemrograman Delphi untuk Pemula: IDE dan Struktur Pemrograman*. Bandung: Maranatha.edu