

LAPORAN PENELITIAN BIDANG STUDI/ILMU/KEAHLIAN  
TAHUN ANGGARAN 2011

**PENERAPAN ESTIMASI KALMAN FILTER UNTUK MENGETAHUI  
PENCEMARAN AIR SUNGAI DI DIY**



Oleh :

Retno Subekti, M.Sc

Fitriana Yuli, M.Si

Husna Arifah, S.Si

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
TAHUN 2011**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
Karangmalang Yogyakarta

LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Penerapan Estimasi Kalman Filter Untuk Mengetahui Pencemaran Air Sungai Di DIY
2. Nama Ketua Peneliti :  
a. Nama : Retno Subekti, M.Sc  
b. Pangkat/ Gol/ NIP : Penata Muda Tk I/IIIa/198111162005012002  
c. Jabatan : Asisten Ahli  
d. Jurusan/Program Studi : Pendidikan Matematika/Pendidikan Matematika
3. Bidang Keilmuan/Penelitian : TERAPAN/REKAYASA/SAINS
4. Tim Peneliti

No	Nama dan Gelar	Bidang Keahlian
1.	Fitriana Yuli, M.Si	Matematika Terapan
2.	Husna Arifah, S.Si	Matematika Terapan

5. Mahasiswa yang terlibat

No	Nama	NIM
1	Widhatul Mila	

6. Lokasi Penelitian : FMIPA UNY
7. Waktu Penelitian : 6 bulan
8. Dana yang diusulkan : Rp. 4.000.000,-
9. Sumber Dana : DIPA UNY
10. Hasil Evaluasi
1. Pelaksanaan kegiatan penelitian **telah / belum** sesuai dengan rancangan yang tercantum dalam proposal
  2. Sistematika laporan **sudah / belum** sesuai dengan pedoman penyusunan laporan Penelitian
  3. Hal-hal lain **sudah / belum** memenuhi persyaratan dalam hal .....
- .....
11. Simpulan : Laporan **dapat / belum** diterima

Mengetahui/Menyetujui,  
Dekan FMIPA UNY,

Dr. Hartono  
NIP. 19620329 198702 1 002

Yogyakarta, 31 Oktober 2011  
Wakil Dekan I  
FMIPA UNY

Suyoso, M.Si  
NIP. 19530610 198203 1 003

## KATA PENGANTAR

Segenap syukur kami panjatkan hanya bagi Alloh SWT yang senantiasa menganugerahkan nikmat dan karuniaNya yang tiada terkira. Atas segala perkenan dan kemudahan yang dilimpahkanNya, maka kami dapat melaksanakan dan menyusun laporan penelitian yang berjudul “Penerapan Estimasi Kalman Filter Untuk Mengetahui Pencemaran Air Sungai Di DIY”. Penelitian yang didanai dari dana DIPA FMIPA UNY tersebut bertujuan untuk mengetahui pencemaran air sungai di DIY dengan menerapkan estimasi Kalman Filter.

Terlaksananya penelitian tersebut juga tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari semua pihak di sekitar kami. Oleh karena itu sangatlah penting kiranya dalam kesempatan ini kami menghaturkan beribu-ribu terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik sengaja maupun tidak sengaja dalam pelaksanaan penelitian tersebut. Secara khusus kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Negeri Yogyakarta atas kesempatan yang telah diberikan.
2. Bapak Dekan FMIPA UNY atas kesempatan yang telah diberikan.
3. Bapak Ketua Jurusan di FMIPA UNY atas masukan dan sarannya.
4. Bapak/Ibu Ketua Program Studi Matematika di FMIPA UNY atas masukan dan sarannya.
5. Bapak-ibu dosen yang telah memberikan sumbang saran dalam seminar proposal dan seminar hasil penelitian.
6. **Tim Lingkungan** hidup atas kemudahan ijin penggunaan data.

Hasil penelitian ini masih mengandung banyak kelemahan, sehingga sangat dimungkinkan adanya perubahan di waktu yang akan datang. Akhir kata, kami sangat mengharapkan adanya sumbang saran dan kritik terhadap hasil penelitian ini, untuk pengembangan dan perbaikan di masa datang.

Yogyakarta, Oktober 2011

Tim Peneliti

# **Penerapan Estimasi Kalman Filter Untuk Mengetahui Pencemaran Air Sungai Di DIY**

## **ABSTRAK**

**oleh**

**Retno Subekti, dkk**

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Berdasarkan Undang-Undang no 7 tentang sumber daya air pemerintah telah mewajibkan pada instansi yang bertanggung jawab terhadap pengawasan air. Kegiatan monitoring air mengalami banyak kendala salah satunya mahal biaya monitoring air sehingga kegiatan monitoring hanya dapat dilakukan pada sejumlah titik monitoring yang terbatas dan pada periode yang cukup lama.

Kondisi ini kurang mencerminkan keadaan yang sesungguhnya. Diperlukan suatu metode yang dapat memonitoring air sungai dengan jumlah titik terbatas. Penelitian ini akan menerapkan estimasi kalman filter untuk mengetahui pencemaran air sungai di DIY dan mensimulasikannya dengan bantuan program komputer yaitu MATLAB 7.01

Hasil penelitian menunjukkan .....

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia. Air diperlukan untuk kebutuhan minum, mandi, mencuci, pengairan dalam bidang pertanian, dan minuman untuk ternak. Selain itu, air juga sangat diperlukan dalam kegiatan industri dan pengembangan teknologi untuk meningkatkan taraf kesejahteraan hidup manusia. Sungai merupakan salah satu sumber untuk mendapatkan air untuk mencukupi kebutuhan hidup manusia. Fungsi penting ini menjadi salah satu alasan pentingnya menjaga air sungai dari pencemaran yang dapat menjadi sumber berbagai penyakit. Studi yang dilakukan oleh Syamsul A Siradz dkk [1] pada air sungai di Yogyakarta yaitu sungai Code, Winongo, dan Gajah Wong menunjukkan Kualitas air telah mengalami penurunan. Ketiga sungai yang diteliti tergolong kedalam kelas II atau III atas dasar beberapa parameter penentu kualitas air sesuai dengan PP 82 Tahun 2001. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas air sungai di Yogyakarta tidak layak untuk digunakan dalam kegiatan rumah tangga. Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut berdasarkan beberapa sifat air yaitu pH, DHL, TDS, DO, BOD dan COD. Dari hasil penelitian [1] menunjukkan bahwa kualitas air sungai yang paling rendah terjadi pada daerah tengah dan hilir. Pada umumnya terdapat pemukiman penduduk pada daerah sungai bagian tengah dan hilir. Pada daerah ini air sungai menjadi sumber air yang penting untuk kebutuhan sehari-hari. Namun dibalik manfaat-manfaat tersebut, aktivitas manusia di bidang pertanian, industri, dan kegiatan rumah tangga dapat dan telah terbukti menyebabkan menurunnya kualitas air.

Daerah Aliran Sungai Code, Winongo dan Gajahwong sebagian besar dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah dari kegiatan-kegiatan tersebut yang umumnya langsung dibuang ke dalam sungai dan akan berdampak sangat buruk terhadap kualitas air sungai-sungai tersebut. Dampak buruk terhadap kualitas air sungai tergantung dari jenis, jumlah dan sifat dari limbah yang masuk ke dalam sungai. Informasi mengenai tingkat pencemaran sungai diperlukan setiap saat sehingga ketika terjadi suatu permasalahan yang berkaitan dengan pencemaran sungai dapat segera ditangani. Berdasarkan Undang-Undang no 7 tentang sumber daya air pemerintah telah mewajibkan pada instansi yang bertanggung jawab terhadap pengawasan air yaitu salah satunya BAPEDAL untuk selalu mengadakan

pemantauan terhadap air sungai. Namun karena mahal biaya untuk mengadakan pengujian terhadap kualitas air sungai pemantauan hanya dapat dilakukan pada sejumlah titik sungai yang terbatas dan hanya dilakukan pada periode tertentu.

Pengamatan terhadap kondisi sungai yang hanya bisa dilakukan pada sejumlah sampel dari titik sungai tertentu dan pada periode tertentu dapat diatasi dengan estimasi kalman filter. Jumlah sampel yang minim dirasa masih kurang bisa mewakili kondisi sungai yang sesungguhnya. Karena itu perlu dikembangkan suatu metoda untuk mengestimasi kondisi kualitas air sungai pada ruas yang tidak terdapat stasiun monitoring dan dapat dilakukan setiap saat diinginkan. Salah satu metoda estimasi yang cukup akurat adalah algoritma Kalman filter. Pada penelitian oleh Ali Masduqi dan Erna Apriliani tahun 2008 telah meneliti mengenai estimasi kalman filter untuk mengetahui kualitas air di kali Surabaya. Pada penelitian ini akan menganalisa penerapan algoritma kalman filter untuk mengestimasi kadar pencemaran air yang terjadi pada sungai di DIY dengan menggunakan data pada titik monitoring sungai yang jumlahnya terbatas untuk mengetahui kondisi pencemaran air disepanjang sungai di DIY. Penelitian ini akan mengkaji mengenai persamaan polutan, algoritma kalman filter, dan menerapkannya untuk mengetahui kadar pencemaran air di sepanjang sungai di Yogyakarta dan mensimulasikan hasilnya dengan menggunakan bantuan MATLAB 7.01.

## **B. Identifikasi masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan. Pentingnya pemantauan air sungai untuk mengetahui kualitas air sungai sehingga dapat dimanfaatkan dengan tepat. Monitoring air sungai seharusnya dilakukan dalam periode yang tidak terlalu lama karena perubahan pemanfaatan sungai oleh penduduk yang berubah dengan cepat. Kegiatan Monitoring air sungai memerlukan dana yang mahal sehingga kegiatan monitoring hanya dapat dilakukan pada titik sungai yang jumlahnya sangat terbatas dan dalam periode yang cukup lama. Kondisi ini menjadi kendala dalam kegiatan monitoring air sungai. Penelitian ini akan menerapkan estimasi kalman filter untuk mengetahui pencemaran air sungai di DIY dan membuat program dengan bantuan Matlab 7.01 untuk mensimulasikan kondisi tersebut.

## **C. Rumusan masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, dirumuskan permasalahan dari penelitian ini yaitu bagaimana menerapkan estimasi kalman filter untuk mengetahui pencemaran air

sungai di DIY dan bagaimana membuat program yang dapat mensimulasikan kadar pencemaran air sungai di DIY dengan bantuan MATLAB 7.01.

#### **D. Tujuan penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana menerapkan estimasi kalman filter untuk mengetahui pencemaran air sungai di DIY dan bagaimana membuat program yang dapat mensimulasikan kadar pencemaran air sungai di DIY dengan bantuan MATLAB 7.01.

#### **E. Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat mengatasi permasalahan monitoring pencemaran air sungai yang hanya mampu memonitoring titik tertentu sehingga kurang mewakili kondisi sebenarnya. Dengan menerapkan estimasi kalman filter dapat mengatasi keterbatasan jumlah sampling sehingga dapat memonitoring pencemaran air sungai di DIY dengan baik dan setiap saat diinginkan. Selain itu juga mengembangkan dan menerapkan bidang ilmu yang peneliti tekuni.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kualitas Air**

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu (Efendi, 2003). Dengan demikian, kualitas air akan berbeda dari suatu kegiatan ke kegiatan lain, sebagai contoh: kualitas air untuk keperluan irigasi berbeda dengan kualitas air untuk keperluan air minum. Kualitas air secara umum mengacu pada kandungan polutan yang terkandung dalam air dan kaitannya untuk menunjang kehidupan ekosistem yang ada di dalamnya (Rao, 1992; Ferdias, 1992; Haslam, 1995).

Air sungai yang telah mengalami pencemaran logam berat dan penurunan kualitas, apabila digunakan sebagai air konsumsi rumah tangga ataupun untuk pengairan, terutama untuk tanaman pangan akan menimbulkan dampak yang sangat berbahaya bagi konsumen. Logam-logam berat yang terdapat di dalam air tersebut, pada gilirannya akan terakumulasi pada tanaman, dan lewat tanaman ini pada akhirnya logam-logam berat tersebut akan masuk ke dalam tubuh hewan dan manusia yang dapat menimbulkan berbagai jenis penyakit terutama kanker (Siradz, 2001).

Pemerintah lewat PP Nomor 82 Tahun 2001 telah menetapkan baku mutu kualitas air untuk berbagai jenis penggunaan air. Mutu air ditentukan antara lain oleh beberapa sifat fisik air seperti suhu, warna, kekeruhan air dan total dissolved solid (TDS); taraf keudaraan di dalam tubuh air yang diidentifikasi lewat beberapa sifat antara lain dissolved oxygen (DO) dan chemical oxygen demand (COD); taraf kehidupan mikroba air biological oxygen demand (BOD), dan juga atas dasar kandungan beberapa logam berat As, Hg, Cr, Pb.

#### **B. Karakterisasi Polutan Mikrobiologi**

Karakteristik polutan ditunjukkan oleh jenis dan jumlahnya, selain juga pola pemunculannya. Parameter karakteristik pencemar di air diantaranya adalah Panas, padatan, kekeruhan, warna, organik, CO<sub>2</sub> (karbondioksida) bebas, Nutrien, anorganik, mikrobiologi dan logam berat. Pada penelitian ini dibahas mengenai tingkat pencemaran dari parameter mikrobiologi.



Lingkungan perairan mudah tercemar oleh mikroorganisme patogen (berbahaya) yang masuk dari berbagai sumber seperti permukiman, pertanian dan peternakan. Bakteri yang umum digunakan sebagai indikator tercemarnya suatu badan air adalah bakteri yang tergolong *Escherichia coli*, yang merupakan salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup normal di dalam kotoran manusia dan hewan. Keberadaan bakteri ini dapat digunakan sebagai indikator dalam menilai tingkat higienitas suatu perairan. Pencemaran bakteri tinja (feses) di perairan sangat tidak dikehendaki, baik ditinjau dari segi estetika, kebersihan, sanitasi maupun kemungkinan terjadinya infeksi berbahaya. Mikroba patogen asal tinja yang sering menyebabkan penyakit disentri yang ditularkan melalui air mencakup salmonella, shigella dan coliform.

### C. Kalman Filter

Kalman Filter adalah suatu pendekatan teknis menaksir fungsi parameter dalam peramalan deret berkala (*time series*). Keunggulan Kalman filter adalah kemampuan mengestimasi suatu keadaan berdasarkan data yang minim. Kalman Filter merupakan suatu algoritma yang menggabungkan model dan pengukuran. Data pengukuran terbaru menjadi bagian penting dari algoritma Kalman filter karena data mutakhir akan mengoreksi hasil prediksi, sehingga hasil estimasi selalu mendekati kondisi yang sebenarnya.

Persamaan dasar yang digunakan dalam estimasi adalah persamaan linier untuk *continuous-time Kalman filter* sebagai berikut:

$$\dot{x}(t) = F(t)x(t) + G(t)w(t)$$

dengan kondisi awal  $x(t)=x_0$ .

Keterangan:

$x(t)$  = *state vector* berdimensi  $n \times 1$ , yang menyatakan *error model state*

$F(t)$  = matriks  $n \times n$ , yang menyatakan dinamika model sistem dan *error*

$G(t)$  = matriks  $n \times r$ , disebut juga *noise gain matrix*, yang menyatakan pengaruh dinamika input

$w(t)$  = vektor input stokastik berdimensi  $r \times 1$

Persamaan model estimasi tersebut didukung dengan persamaan yang menyatakan data pengukuran sebanyak  $m$  buah, yaitu:

$$z(t) = H(t)x(t) + v(t) \tag{2}$$

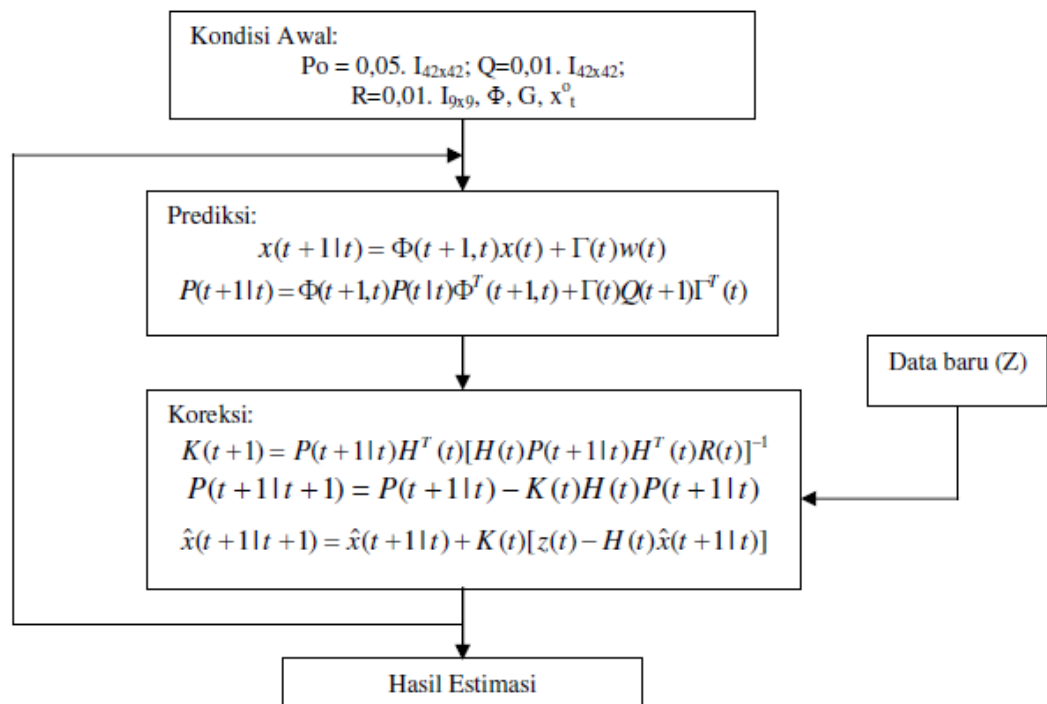
dengan:

- $z(t)$  = vector berdimensi  $m \times 1$ , vektor pengukuran atau output
- $H(t)$  = matriks  $m \times n$ , disebut juga matriks pengukuran atau observasi
- $v(t)$  = vector error observasi stokastik berdimensi  $m \times 1$

Dalam prakteknya, algoritma Kalman Filter diimplementasikan dalam komputer digital yang hanya menerima data diskret atau *data sequence*. Langkah-langkah algoritma *discrete-time Kalman Filter* meliputi:

- a. *State prediction*
- b. *Observation prediction*
- c. *Innovations*
- d. *Covariance prediction*
- e. *Innovation covariance*
- f. *Kalman gain*
- g. *State update*
- h. *Covariance update*

Langkah-langkah di atas dapat digambarkan dengan diagram alir seperti pada Gambar 1.



Algoritma Kalman filter telah banyak diaplikasikan pada pemodelan hidrologi, seperti pemodelan air tanah, limpasan hujan, air permukaan dan sebagainya. Referensi [8] menggunakan Kalman filter *ensemble* untuk estimasi model hidrologi, yaitu model

aliran air tanah, kelembaban tanah, presipitasi, dan aliran sungai. Gambar 1 Algoritma Kalman Filter (dimodifikasi dari referensi [Siouris, G.M.,])

Keterangan notasi:

$P$  = matriks kovarians error

$I$  = matriks identitas

$Q$  = matriks  $r \times r$ , disebut *system noise strength*

$R$  = matriks  $m \times m$ , disebut *measurement noise strength*

$\Phi$  = *state transition matrix*, matriks  $m \times n$ , disebut juga matriks pengukuran atau observasi

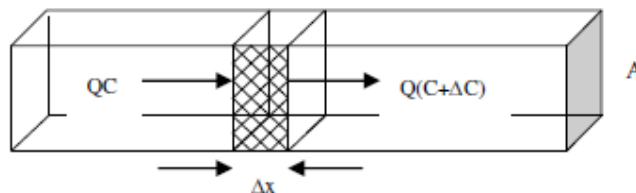
$\Gamma$  = *vector error observasi stokastik berdimensi  $m \times 1$*

$K$  = *Kalman gain*

#### D. Aliran Air Sungai

##### a. Model Penyebaran Polutan

Kualitas air dapat dinyatakan dengan parameter mikrobiologi yaitu kandungan total bakteri coli dalam air sungai. Kandungan bakteri coli yang diperbolehkan dalam aliran sungai adalah tidak lebih dari 5000/100mg. Perhitungan kandungan total coli dalam sistem sungai dapat didekati dengan model *plug flow* [9] dengan volume kontrol seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Volume Kontrol Aliran Sistem Plug Flow

Perhitungan volume kontrol adalah sebagai berikut:

$$\text{Accumulation} = \text{Inputs} - \text{Outputs} + \text{Reactions}$$

$$\frac{d(VC)}{dt} = QC - Q(C + \Delta C) - kCV$$

$$C \frac{dV}{dt} + V \frac{dC}{dt} = QC - Q(C + \Delta C) - kCV$$

Persamaan (2) dibagi dengan  $V$ , untuk  $V = A \cdot \Delta x$  dan

$dV/dt = 0$ , maka:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{QC}{A\Delta x} - \frac{QC}{A\Delta x} - \frac{Q\Delta C}{A\Delta x} - kC$$

Untuk limit  $\Delta x$  mendekati 0, maka:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{Q\partial C}{A\partial x} - kC$$

Bila  $Q/A = \bar{u}$ , maka:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\bar{u} \frac{\partial C}{\partial x} - kC$$

dengan:

$Q$  = debit sungai

### BAB III

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada awal penelitian direncanakan untuk melihat kualitas tiga air Sungai di DIY yaitu Kali Code, Winongo dan GajahWong. Pada saat pengambilan data, ada informasi bahwa untuk sungai di kulon progo perubahan perilakunya cukup signifikan, maka tim peneliti merasa perlu untuk mengamati perilaku sungai di kulon progo dengan menggunakan estimasi kalman filter yaitu pada Sungai Opak, Progo dan Serang . Karena keterbatasan penelitian, tim memutuskan untuk meneliti satu kondisi sungai yaitu Sungai Serang.

Sungai Serang adalah sungai yang melintas di area Kabupaten Kulonprogo DIY. Pada pengamatan kualitas air, terdapat 3 titik stasiun monitoring yaitu bendung Pengasih, Jembatan Graulan dan Glagah. Data pengamatan diambil pada bulan Maret, April, Mei, Juni, Juli dan Agustus tahun 2009. Untuk tahun 2010 data diamati pada bulan Maret, April, Mei, Juli, dan September. Dalam analisis datanya diasumsikan bulan periodic ini sama. Dengan polutan yang diamati adalah total coli (). Normal baku untuk total coli di suatu sungai adalah 5000

\*) Baku Mutu Air Klas II sesuai dengan  
Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008  
Tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY

#### I. OUTPUT

Program dengan MATLAB

##### **Hasil Penelitian**

Kalman Filter  
Persamaan polutan  
Penerapan kalman filter dengan persamaan polutan  
Pembuatan program MATLAB  
Estimasi dg simulasi di 3 kali  
Simulasi kadar pencemaran di 3 kali

Persamaan diskritnya :  
 $X(n+1)=Ax(n)+Bu(n)$   
 $Y(n) = Cx(n)+Du(n)$

```
A = [1.1269  -0.4940  0.1129,  
      1.0000      0      0,  
      0      1.0000      0];
```

```
B = [-0.3832  
      0.5919  
      0.5191];
```

```
C = [1 0 0];
```

```
D = 0;
```

#### Hasil penelitian dan pembahasan

Pada awalnya peneliti bermaksud akan menganalisa kondisi air sungai di beberapa sungai di DIY yaitu sungai Code, Gajah Wong dan Winongo. Tetapi karena keterbatasan pelaksanaan penelitian maka peneliti memilih salah satu sungai di DIY yang belum pernah dianalisa data kualitas airnya yaitu sungai Serang. Sungai Serang melintasi .....

Stasiun titik pengamatan pada sungai Serang adalah

Parameter yang digunakan untuk melihat tingkat pencemaran air adalah kadar total koloni.

Total koloni merupakan jumlah total kadar koloni .....

Berikut ini data

Data total coli yang teramati di kali Serang dari tahun 2009 hingga 2010 dari 3 titik monitoring yaitu Pengasih, Graulan dan Glagah :

Tahun	Periode	Pengasih	Graulan	Glagah
2009	1	24000000	2100000	11000000
	2	930000	150000	930000
	3	110000	93000	930000
	4	23000	9000	15000
	5	9000	150000	15000
	6	1100000	1100000	7000
2010	1	54000	20000	49
	2	790000	240000	12
	3	49000	540000	24000
	4	170000	240000	49000
	5	160000	160000	540000

**BAB IV**  
**SIMPULAN DAN SARAN**



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syamsul A Siradz, Endra Setyo H, dan Ismi, *Kualitas Air Sungai Code, Winongo Dan Gajahwong, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol. 8, No. 2 (2008) p: 121-125
- [2] Ali Masduqi dan Erna Apriliani, *Estimation of Surabaya River Water Quality*, IPTEK, *The Journal for Technology and Science*, Vol. 19, No. 3, August 2008 87
- [3] Siouris, G.M., *An Engineering Approach to Optimal Control and Estimation Theory*, John Wiley & Sons, Inc, New York. 1996.
- [4] Drécourt, JP., “Kalman filtering in hydrological modeling”, *DAIHM Technical Report 2003-1*, DHI Water & Environment, Agern All 11, 2970 Hørsholm, Denmark. 2003.
- [5] Moradkhani, H., S. Sorooshian, H.V. Gupta, dan P.R. Houser, “Dual state–parameter estimation of hydrological models using ensemble Kalman filter”, *Advances in Water Resources* 28, p, 135–147. 2005.
- [6] Schnoor, J.L., *Environmental Modeling, Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil*, John Wiley & Sons, Inc, New York. 1996
- [7] Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta. [8]Haslam, S.M. 1995. River Pollution and Ecological Perspective. John Wiley and Sons.
- [9]. Siradz, S.A Limited. New Delhi. 2001. Monitoring dan Pengendalian Pencemaran Logam-logam Berat pada Beberapa sungai di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta

www. ....  
PANDUAN  
MEMPRAKIRAKAN DAMPAK LINGKUNGAN  
KUALITAS AIR PERMUKAAN 2009

