



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGEMBANGAN AWAL MODEL ADVEKSI PENCEMAR  
LATERAL DUA DIMENSI MENGGUNAKAN *RUNGE-KUTTA*  
SEBAGAI SOLUSI DINAMIKA TEMPORAL**

**SKRIPSI**

**INDAH PURNAMASARI  
0606072345**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGEMBANGAN AWAL MODEL ADVEKSI PENCEMAR  
LATERAL DUA DIMENSI MENGGUNAKAN *RUNGE-KUTTA*  
SEBAGAI SOLUSI DINAMIKA TEMPORAL**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**INDAH PURNAMASARI  
0606072345**


**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JULI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Indah Purnamasari

NPM : 0606072345

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juli 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Indah Purnamasari  
NPM : 0606072345  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : PENGEMBANGAN AWAL MODEL ADVEKSI  
PENCEMAR LATERAL DUA DIMENSI  
MENGUNAKAN *RUNGE-KUTTA* SEBAGAI  
SOLUSI DINAMIKA TEMPORAL.

telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Herr Soeryantono, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing II : RR. Dwinanti Rika M., ST., MT.

Penguji I : Dr.-Ing.Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl HE

Penguji II : Toha Saleh, ST., MSc.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2010

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Berkat rahmat Allah SWT penulisan skripsi saya dapat diselesaikan. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan dan semangat dari berbagai pihak, maka skripsi saya akan sangat sulit diselesaikan. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Herr Soeryantono, M.Sc, Ph.D dan Mba Dwinanti Rika M, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing saya, telah menyediakan waktu, pikiran, dan tenaganya untuk memberikan pemahaman dan arahan mulai dari awal pengerjaan skripsi ini sampai dengan selesai,
2. orang tua dan keluarga saya yang tak henti-hentinya memberikan dukungan serta doa kepada saya,
3. teman-teman air yang telah berjuang bersama, selalu memberikan semangat dimasa-masa yang sulit hingga detik-detik terakhir,
4. teman-teman lain dan orang-orang yang tak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 6 Juli 2010

Indah Purnamasari

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Purnamasari  
NPM : 0606072345  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengembangan Awal Model Adveksi Pencemar Lateral Dua Dimensi Menggunakan *Runge-Kutta* Sebagai Solusi Dinamika Temporal**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 6 Juli 2010

Yang menyatakan

  
(Indah Purnamasari)

## ABSTRAK

Nama : Indah Purnamasari  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : PENGEMBANGAN AWAL MODEL ADVEKSI  
PENCEMAR LATERAL DUA DIMENSI  
MENGUNAKAN *RUNGE-KUTTA* SEBAGAI SOLUSI  
DINAMIKA TEMPORAL

Perubahan konsentrasi pencemar di danau salah satunya diakibatkan oleh adanya mekanisme adveksi. Secara spasial, konsentrasi pencemar di tepi dan tengah danau berbeda sehingga perlu meninjaunya dalam arah lateral dua dimensi. Besar konsentrasi di tiap sel ruang di danau secara lateral dapat diperkirakan dengan menggunakan model matematika persamaan massa adveksi. Solusi persamaan matematika menggunakan metode numerik, yaitu metode beda hingga untuk menyelesaikan persamaan perubahan konsentrasi pencemar terhadap perubahan ruang dan metode *Runge-Kutta* untuk menyelesaikan persamaan perubahan konsentrasi pencemar terhadap perubahan waktu. Model numerik ini menggunakan *spreadsheet* sebagai simulator. Hasil dari simulator yang berupa grafik perubahan konsentrasi pencemar terhadap waktu kemudian divalidasi menggunakan perbandingan terhadap teori untuk mendapatkan kebenaran terhadap simulator yang telah dibuat.

Kata kunci:

Adveksi, pencemar, persamaan kekekalan massa, metode numerik, beda hingga, *Runge-Kutta*, *spreadsheet*.

## ABSTRACT

Name : Indah Purnamasari  
Study Program : Civil Engineering  
Title : PRELIMINARY STUDY ON DEVELOPMENT OF  
2-DIMENSIONAL LATERAL ADVECTION MODEL OF  
POLLUTANT EMPLOYING *RUNGE-KUTTA*  
PROCEDURE TO SOLVE THE TEMPORAL DINAMIC

One mechanism of pollutant concentration variation in a lake is caused by advection phenomenon. In a space, pollutant concentration at the shore is different to the mid part of a lake, therefore it is necessary to determine the variation at 2-dimensional lateral. The concentration at each cell room of a lake laterally can be determined by employing 2-dimensional mass balance equation that include advection process. The solution is using numerical approaches, that are finite difference method to solve the spatial derivation and *Runge-Kutta* method to solve temporal dynamic. This model used spreadsheet as a simulator. Simulator results in the form of pollutant concentration change with respect to time or space, then it is validated by comparisons with the theoretical response.

Key words:

Advection, pollutant, mass equation, numerical approach, finite difference, *Runge-Kutta*, spreadsheet.



## DAFTAR ISI

|  |           |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL.....   | i         |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....   | ii        |
| HALAMAN PENGESAHAN.....  | iii       |
| KATA PENGANTAR .....   | iv        |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....   | v         |
| ABSTRAK (INDONESIA).....   | vi        |
| ABSTRAK (INGGRIS) .....  | vii       |
| DAFTAR ISI.....  | viii      |
| DAFTAR TABEL.....  | x         |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xi        |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | xvi       |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1         |
| 1.2. Maksud dan Tujuan.....  | 3         |
| 1.3. Ruang Lingkup Masalah .....   | 3         |
| 1.4. Metodologi .....  | 3         |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....   | 4         |
| <b>BAB 2 PERSAMAAN UMUM PENJALARAN PENCEMAR<br/>LATERAL DUA DIMENSI.....</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1. Mekanisme Adveksi.....  | 6         |
| 2.2. Mekanisme Dispersi.....   | 7         |
| 2.3. <i>Settling</i> .....   | 8         |
| 2.4. Reaksi Kimia.....   | 9         |
| 2.5. <i>Loading</i> .....  | 10        |
| 2.6. Penurunan Persamaan <i>Mass Balance</i> .....   | 10        |
| 2.7. Respon Teoritis terhadap Berbagai Pembebanan.....   | 12        |
| <b>BAB 3 PENGEMBANGAN MODEL NUMERIK PERSAMAAN<br/>PENJALARAN PENCEMAR LATERAL DUA DIMENSI<br/>BERDASARKAN MEKANISME ADVEKSI.....</b> | <b>15</b> |
| 3.1. Metode Numerik .....  | 15        |
| 3.2. Metode Beda Hingga ( <i>Finite Difference</i> ) .....   | 16        |
| 3.3. Metode <i>Runge-Kutta</i> .....   | 17        |
| 3.4. Pengembangan Metode Numerik pada Model Penjalaran Pencemar<br>Dua Dimensi dengan Mekanisme Adveksi.....                         | 18        |
| <b>BAB 4 SIMULASI MODEL DENGAN SPREADSHEET.....</b>  | <b>25</b> |
| 4.1. Tinjauan Umum .....   | 25        |
| 4.2. Skenario, Proses Simulasi, dan Analisa Hasil.....   | 25        |
| 4.2.1. Skenario Danau .....  | 26        |
| 4.2.2. Skenario Pencemar.....  | 30        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.3. Skenario Beban Pencemar.....                  | 31        |
| 4.2.3.1. Beban Pencemar Konstan terhadap Waktu ..... | 31        |
| 4.2.3.2. Beban Pencemar Berubah terhadap Waktu.....  | 52        |
| 4.2.4. Analisis Hasil .....                          | 72        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>               | <b>73</b> |
| 5.1. Kesimpulan .....                                | 73        |
| 5.2. Saran.....                                      | 73        |

## LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.1. Data Hidrolik Danau Kenanga..... | 27 |
| Tabel 4.2. Data Hidrolik Danau Kenanga..... | 28 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 Diagram alir metodologi penelitian.....  | 4  |
| Gambar 2.1 Transport massa dari tinta dalam ruang dan waktu melalui<br>(a) adveksi dan (b) difusi .....                                     | 7  |
| Gambar 2.2 Perbedaan (a) difusi dan (b) dispersi.....   | 8  |
| Gambar 2.3 Settling diformulakan sebagai mass flux yang melewati permukaan<br>air-sedimen .....   | 9  |
| Gambar 2.4 Pembebanan dan responnya untuk <i>impulse loading</i> .....  | 12 |
| Gambar 2.5 Pembebanan dan responnya untuk <i>step loading</i> .....   | 13 |
| Gambar 2.6 Pembebanan dan responnya untuk <i>linearly increasing loading</i> .....  | 13 |
| Gambar 2.7 Pembebanan dan responnya untuk <i>exponentially decaying loading</i>   | 13 |
| Gambar 2.8 Pembebanan dan responnya untuk <i>sinusoidal loading function</i> .....  | 14 |
| Gambar 3.1 Diskritasi pada danau .....  | 18 |
| Gambar 3.2 Diskritasi berdasarkan interval jarak dan waktu beserta arah<br>alirannya.....   | 18 |
| Gambar 3.3 Diagram alir proses simulasi pada model .....  | 20 |
| Gambar 3.4 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>parameter beban (W) .....   | 21 |
| Gambar 3.5 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>parameter kecepatan dalam arah x (u).....                         | 21 |
| Gambar 3.6 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>parameter kecepatan dalam arah y (v).....                         | 22 |
| Gambar 3.7 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>parameter reaksi (k).....   | 22 |
| Gambar 3.8 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>parameter <i>settling</i> (vs) .....                              | 23 |
| Gambar 3.9 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>sebaran konsentrasi pencemar pada saat <i>steady</i> .....        | 23 |
| Gambar 3.10 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk<br>sebaran konsentrasi pencemar pada saat <i>unsteady</i> .....     | 24 |
| Gambar 4.1 Proses simulasi pada model .....   | 26 |
| Gambar 4.2 Danau Kenanga Kampus UI, Depok beserta inlet dan outletnya<br>(tampak atas) ( <i>sumber: data danau 200809_PKAP, 2009</i> )..... | 27 |
| Gambar 4.3 Gambar diskritasi Danau Kenanga.....   | 28 |
| Gambar 4.4 Gambar diskritasi Danau Kenanga untuk dimodelkan.....  | 28 |
| Gambar 4.5 Sebaran kecepatan aliran air Danau Kenanga arah x (m/hari).....  | 29 |
| Gambar 4.6 Sebaran kecepatan aliran air Danau Kenanga arah y (m/hari).....  | 29 |
| Gambar 4.7 Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu x yang<br>masuk ke dalam perhitungan model (m/hari).....                   | 29 |
| Gambar 4.8 Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu y yang<br>masuk ke dalam perhitungan model (m/hari).....                   | 30 |
| Gambar 4.9 Sebaran konsentrasi TSS di danau Kenanga ( $g/m^3$ ).....  | 31 |
| Gambar 4.10 Grafik pembebanan konstan di sel (i,j) .....  | 32 |
| Gambar 4.11 Sebaran konsentrasi TSS dalam kondisi <i>steady</i> ( $g/m^3$ ).....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.12 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j+1)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 33 |
| Gambar 4.13 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j)<br>akibat pembebanan konstan.....     | 33 |
| Gambar 4.14 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 34 |
| Gambar 4.15 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j-1)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 34 |
| Gambar 4.16 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j-1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 35 |
| Gambar 4.17 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 35 |
| Gambar 4.18 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 36 |
| Gambar 4.19 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 36 |
| Gambar 4.20 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 37 |
| Gambar 4.21 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 37 |
| Gambar 4.22 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 38 |
| Gambar 4.23 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 38 |
| Gambar 4.24 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 39 |
| Gambar 4.25 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-2)<br>akibat pembebanan konstan..... | 39 |
| Gambar 4.26 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 40 |
| Gambar 4.27 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 40 |
| Gambar 4.28 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 41 |
| Gambar 4.29 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 41 |
| Gambar 4.30 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j)<br>akibat pembebanan konstan.....   | 42 |
| Gambar 4.31 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 42 |
| Gambar 4.32 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 43 |
| Gambar 4.33 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 43 |
| Gambar 4.34 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+1)<br>akibat pembebanan konstan..... | 44 |
| Gambar 4.35 Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-1)                                   |    |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
|             | akibat pembebanan konstan.....  | 44 |
| Gambar 4.36 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-1)<br>akibat pembebanan konstan.....                | 45 |
| Gambar 4.37 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-1)<br>akibat pembebanan konstan.....                | 45 |
| Gambar 4.38 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-1)<br>akibat pembebanan konstan.....                | 46 |
| Gambar 4.39 | Grafik respon konsentrasi terhadap waktu.....   | 46 |
| Gambar 4.40 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=0<br>hari akibat pembebanan konstan.....             | 47 |
| Gambar 4.41 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=6<br>hari akibat pembebanan konstan.....             | 47 |
| Gambar 4.42 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=11<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 48 |
| Gambar 4.43 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=19<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 48 |
| Gambar 4.44 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=21<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 49 |
| Gambar 4.45 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=25<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 49 |
| Gambar 4.46 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=32<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 50 |
| Gambar 4.47 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=40<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 50 |
| Gambar 4.48 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=50<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 51 |
| Gambar 4.49 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=60<br>hari akibat pembebanan konstan.....            | 51 |
| Gambar 4.50 | Grafik pembebanan berubah terhadap waktu di sel (i,j).....  | 52 |
| Gambar 4.51 | Sebaran konsentrasi TSS dalam kondisi <i>steady</i> (g/m <sup>3</sup> ).....                                    | 53 |
| Gambar 4.52 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....   | 53 |
| Gambar 4.53 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....     | 54 |
| Gambar 4.54 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 54 |
| Gambar 4.55 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....   | 55 |
| Gambar 4.56 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 55 |
| Gambar 4.57 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 56 |
| Gambar 4.58 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 56 |
| Gambar 4.59 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 57 |
| Gambar 4.60 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+2)  |    |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
|             | akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....  | 57 |
| Gambar 4.61 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 58 |
| Gambar 4.62 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 58 |
| Gambar 4.63 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 59 |
| Gambar 4.64 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 59 |
| Gambar 4.65 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-2)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 60 |
| Gambar 4.66 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....        | 60 |
| Gambar 4.67 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....        | 61 |
| Gambar 4.68 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....        | 61 |
| Gambar 4.69 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....        | 62 |
| Gambar 4.70 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....        | 62 |
| Gambar 4.71 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 63 |
| Gambar 4.72 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 63 |
| Gambar 4.73 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 64 |
| Gambar 4.74 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 64 |
| Gambar 4.75 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 65 |
| Gambar 4.76 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 65 |
| Gambar 4.77 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 66 |
| Gambar 4.78 | Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-1)<br>akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....      | 66 |
| Gambar 4.79 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=0<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....   | 67 |
| Gambar 4.80 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=1,5<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 68 |
| Gambar 4.81 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=3,5<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 68 |
| Gambar 4.82 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=6,5<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 69 |
| Gambar 4.83 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=14,5  |    |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
|             | hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu.....  | 69 |
| Gambar 4.84 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat $t=21$<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 70 |
| Gambar 4.85 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat $t=30$<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 70 |
| Gambar 4.86 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat $t=40$<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 71 |
| Gambar 4.87 | Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat $t=58$<br>hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu..... | 71 |





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber kehidupan. Tanpa air, manusia tidak akan dapat bertahan hidup. Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi di suatu daerah atau kota umumnya terdapat permasalahan dalam penyediaan air bersih. Hal ini disebabkan pertambahan jumlah penduduk tidak diimbangi dengan pertambahan jumlah air baku dengan kuantitas dan kualitas yang baik. Kuantitas dan kualitas air semakin mengalami penurunan. Untuk itu, dibutuhkan suatu pengelolaan air yang dapat menjadi solusi terhadap permasalahan tersebut.

Air yang mengalir di permukaan dapat tercemar selama perjalanannya menuju badan air sehingga ketika memasuki badan air, kondisi air telah tercemar. Salah satu badan air adalah danau. Air dalam danau pun dapat menjadi alternatif solusi terhadap permasalahan penyediaan air bersih ketika air yang di tampung atau keluar dari danau memenuhi baku mutu air untuk dapat digunakan oleh manusia. Air yang masuk ke dalam danau kemudian akan mengalami berbagai mekanisme di dalamnya. Melalui berbagai mekanisme tersebut, diharapkan air yang keluar dari danau memiliki kualitas yang baik, yaitu konsentrasi pencemarnya telah sesuai dengan baku mutu air sehingga dapat digunakan oleh manusia. Untuk memenuhi hal tersebut, maka diperlukan pengelolaan air dengan melakukan kontrol terhadap konsentrasi pencemar. Dengan mengetahui berbagai mekanisme yang terjadi di dalam suatu danau, maka akan dapat ditentukan perlakuan yang tepat terhadap air tersebut sehingga kontrol pun dapat berjalan.

Untuk memudahkan penelitian terhadap berbagai mekanisme yang terjadi di dalam suatu badan air, maka dibuat permodelan yang sesuai dengan kondisi danau di lapangan. Kontrol terhadap konsentrasi pencemar dapat dilakukan dengan menggunakan simulator, yaitu melalui pendekatan numerik dari model yang merupakan representasi dari berbagai mekanisme

yang terjadi di dalam danau dan spesifik karakteristik pencemarnya. Dengan simulator tersebut, maka berbagai perlakuan akan lebih mudah dilakukan dan didapat perlakuan yang tepat untuk menghasilkan konsentrasi pencemar yang sesuai dengan baku mutu air.

Oleh karena penelitian dilakukan di dalam danau, maka dibuat permodelan dananya. Berbagai kondisi alamiah danau menjadi batasan di dalam pembuatan modelnya. Aliran air di dalam danau dianggap *steady nonuniform*, yaitu aliran tidak berubah menurut waktu, tetapi berubah menurut ruang. Dilihat dari karakteristik danau yang luas dan tidak terlalu dalam (dangkal), maka penelitian dilakukan dengan meninjaunya dalam arah dua dimensi secara lateral, yaitu arah  $x$  dan  $y$ .

Konsentrasi pencemar akan bervariasi menurut ruang. Konsentrasi pencemar di tengah danau akan berbeda dengan konsentrasi pencemar yang berada di tepi danau. Selain itu, aliran pencemar bersifat *unsteady*, yaitu terjadi konsentrasi pencemar akan berubah terhadap waktu. Variasi sebaran konsentrasi pencemar ini disebabkan adanya mekanisme adveksi dan dispersi yang terjadi di dalam danau. Mekanisme yang nantinya dibahas dalam tugas akhir ini adalah spesifik hanya adveksi, yaitu perubahan konsentrasi pencemar karena adanya kecepatan air. Terdapat pencemar yang karakteristiknya lebih kepada mekanisme adveksi. Selain itu, hal ini sebagai awalan dalam mengembangkan model transport pencemar secara lateral dua dimensi. Belum adanya pengembangan model transport pencemar dalam arah dua dimensi menyebabkan penulis tertarik untuk mengkajinya dalam tugas akhir ini.

Setelah dilakukan pemodelan terhadap kondisi danau tersebut dan didapat suatu penyelesaian secara numerik, maka hasil dari simulator tersebut perlu divalidasi. Validasi dilakukan melalui perbandingan hasil tersebut dengan teori yang ada. Hal ini bertujuan memperoleh kebenaran terhadap pengembangan model yang telah dilakukan.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. mengembangkan sebuah model transport pencemar berdasarkan berbagai mekanisme yang dapat terjadi dalam danau, lebih ditekankan pada mekanisme adveksi dan aliran air dua dimensi secara lateral, dengan menggunakan *spreadsheet*,
2. melakukan validasi terhadap output simulator dengan membandingkannya dengan kewajaran teori yang ada.

## 1.3. Ruang Lingkup Masalah

Batasan permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

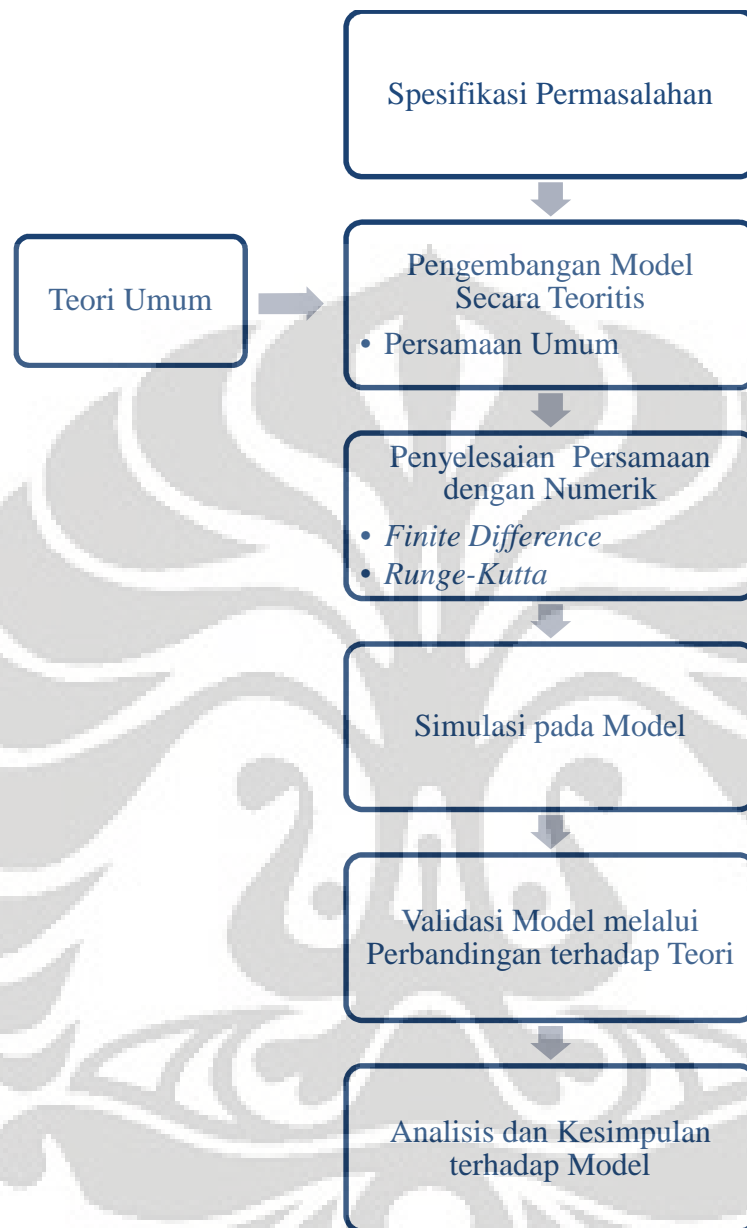
1. aliran air yang ditinjau dalam danau bersifat *steady nonuniform* dalam arah dua dimensi secara lateral, yaitu arah x dan y,
2. mekanisme yang ditinjau pengaruhnya terhadap pengembangan model berupa mekanisme adveksi.

## 1.4. Metodologi

Dalam bab I dijelaskan mengenai latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, serta metodologi dan sistematika penulisan tugas akhir ini. Pengembangan model transport pencemar harus memenuhi landasan teori yang berlaku sesuai dengan batasan permasalahan yang telah ditentukan. Hal ini akan dijelaskan dalam bab II. Selain itu, dijelaskan pula penguraian rumus sehingga didapat persamaan umum untuk model yang dikaji.

Dari persamaan umum yang telah didapat dalam bab II kemudian akan diformulasikan kedalam metode numerik. Hal ini dijelaskan dalam bab III. Pada bab IV akan dijelaskan simulasi terhadap pengembangan model yang telah dibuat. Kemudian hasil dari simulasi tersebut akan divalidasi dengan membandingkannya terhadap teori yang ada. Hal ini dilakukan untuk memperoleh kebenaran terhadap model yang telah dibuat. Selanjutnya

adalah kesimpulan beserta saran terhadap keseluruhan kajian yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya. Hal ini akan dijelaskan dalam bab V.



**Gambar 1.1** Diagram alir metodologi penelitian

### 1.5. Sistematika Penulisan

Secara umum, sistematika penyusunan penulisan tugas akhir ini dibagi ke dalam lima bab, yaitu Pendahuluan; Persamaan Umum Penjalaran Pencemar Lateral Dua Dimensi; Pengembangan Model Numerik Persamaan Penjalaran Pencemar Lateral Dua Dimensi Berdasarkan Mekanisme

Adveksi; Simulasi Model dengan *Spreadsheet* dan Validasi melalui Pemanding Teori, serta Analisa Hasil Simulasi; Kesimpulan dan Saran.

Dalam bab I, Pendahuluan, akan dijelaskan latar belakang masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup batasan masalah dan asumsi yang digunakan, serta metodologi dan sistematika penulisan. Dalam bab II, Persamaan Umum Penjalaran Pencemar Lateral Dua Dimensi, akan dijelaskan penguraian rumus dari persamaan dasar, yaitu hukum kekekalan massa sehingga terbentuk persamaan umum dari model yang nantinya akan digunakan. Dalam bab III, Pengembangan Model Numerik Persamaan Penjalaran Pencemar Lateral Dua Dimensi Berdasarkan Mekanisme Adveksi, akan dijelaskan penyelesaian dengan metode numerik terhadap persamaan umum pengembangan model yang telah didapat dalam bab II dengan menggunakan *finite difference* dan *Runge-Kutta*.

Dalam bab IV, Simulasi Model dengan *Spreadsheet* dan Validasi melalui Pemanding Teori, serta Analisa Hasil Simulasi, akan dijelaskan simulasi terhadap model dengan menggunakan *spreadsheet* kemudian melakukan validasi terhadap hasil *outputnya* dengan membandingkannya terhadap teori yang ada, serta melakukan analisa hasil simulasi. Dalam bab V, Kesimpulan dan Saran, akan dijelaskan kesimpulan dan saran terhadap analisa dan keseluruhan pembahasan yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini.

## BAB 2

### PERSAMAAN UMUM PENJALARAN PENCEMAR LATERAL DUA DIMENSI

#### 2.1. Mekanisme Adveksi

Banyak jenis gerak angkutan materi air didalam badan-badan air alami. Energi angin dan gaya berat memberi gerakan pada air yang dapat menyebabkan terjadinya proses *transport massa*. Dalam kasus ini, gerakan didalam sistem dapat dibagi menjadi dua bagian umum, yaitu adveksi dan difusi.

Adveksi dihasilkan dari aliran yang bersifat *unidirectional* satu arah dan tidak mengubah identitas dari substansi yang dipindahkan. Pada Gambar 2.1 (a) adveksi membawa materi dari satu posisi ke posisi lain di dalam ruang. Contoh sederhana perpindahan secara primer dari gerak angkutan materi air jenis ini adalah aliran air yang melalui *outlet* danau. Besar nilai *mass flux* ( $J$ ) suatu *transport massa* akibat adveksi secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$J = u \cdot c \quad (2.1)$$

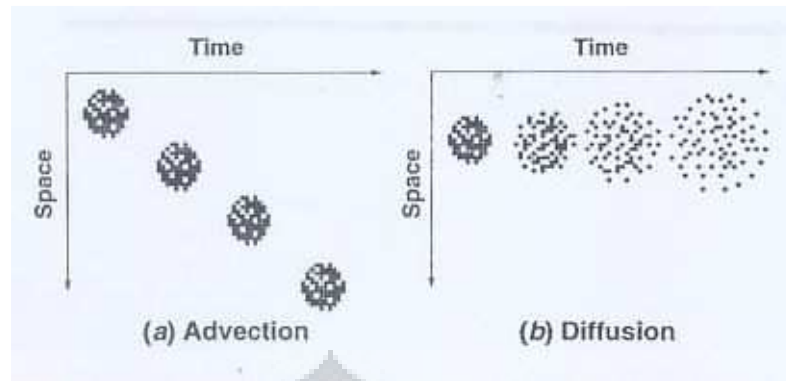
dimana:

$J = \text{mass flux (ML}^{-2}\text{T}^{-1}\text{)}$

$u = \text{kecepatan aliran (LT}^{-1}\text{)}$

$c = \text{konsentrasi (ML}^{-3}\text{)}$

Difusi mengacu pada pergerakan massa akibat gerakan pencampuran air atau *mixing*. Gerakan jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 (b), yaitu materi terlihat menyebar dan menipis terhadap waktu, mengabaikan gerakan pusat massa. Dalam skala mikroskopis, difusi molekuler dihasilkan dari gerak acak *Brownian* pada molekul air. Jenis yang sama, yaitu gerak acak yang terjadi pada skala lebih besar akibat pusaran arus disebut *difusi turbulen*. Kedua jenis difusi tersebut memiliki kecenderungan meminimalisasi *gradient*, yaitu perbedaan konsentrasi, dengan memindahkan massa dari daerah berkonsentrasi tinggi menuju berkonsentrasi rendah.



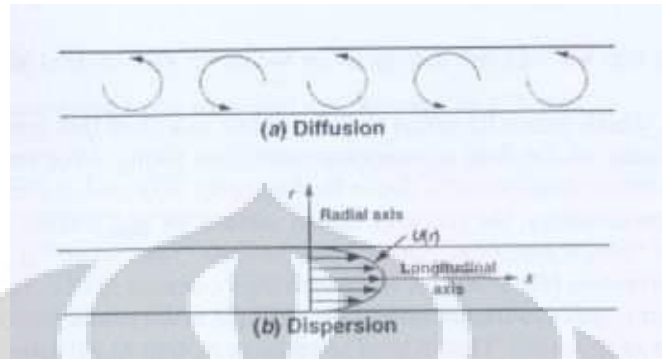
**Gambar 2.1** Transport massa dari tinta dalam ruang dan waktu melalui (a) adveksi dan (b) difusi

Pembagian kedalam dua jenis gerakan ini, yaitu adveksi dan difusi dipengaruhi oleh skala fenomena yang dimodelkan. Misalnya, gerakan air dalam sebuah *estuary* dapat dikategorikan sebagai adveksi secara primer dalam skala waktu yang pendek, pasang surutnya air menyebabkan air bergerak *unidirectionally* ke menuju atau keluar dari *estuary*. Apabila masalah permodelan fokus kepada efek polusi bakteri dari *short-term stormwater*, maka karakteristik perpindahan sebagai adveksi adalah mutlak dilakukan. Dalam skala waktu yang lebih lama, bagaimanapun, pergerakan air bolak-balik dalam suatu siklus dapat secara primer diklasifikasikan sebagai difusi. Dalam banyak kasus perpindahan, dapat dilakukan kombinasi dari dua jenis tersebut, dengan titik tekan bergantung pada skala masalah yang terjadi. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

## 2.2. Mekanisme Dispersi

Poin dari pembahasan ini adalah difusi akibat gerak acak dari air (Gambar 2.2a). Dispersi adalah suatu mekanisme yang dapat menyebabkan suatu polutan menyebar di dalam air. Namun, berbeda dengan difusi, dispersi terjadi akibat adanya perbedaan kecepatan di dalam ruang. Sebagai contoh adalah tinta yang masuk (terlarut) ke dalam air yang mengalir melalui pipa (Gambar 2.2b). Dalam kasus ini molekul tinta yang berada di dekat dinding pipa akan bergerak lebih lambat dibandingkan molekul yang berada di tengah. Ini diakibatkan adanya perbedaan gradien kecepatan, profil kecepatan aliran yang berbentuk parabolik atau akibat adanya gaya geser

(*shear*) pada dinding pipa. Akibat dari perbedaan kecepatan ini, molekul tinta akan tersebar atau tercampur sepanjang sumbu pipa, sejajar arah aliran air. Dispersi ini dapat direpresentasikan ke dalam proses difusi *Fickian*.



**Gambar 2.2** Perbedaan (a) difusi dan (b) dispersi

Pada tahun 1855, Adolf Fick, seorang *physiologist* menunjukkan model berdasarkan difusi:

$$J_x = -D \frac{dc}{dx} \quad (2.2)$$

dimana:

$J_x$  = *mass flux* dalam arah sumbu x ( $ML^{-2}T^{-1}$ )

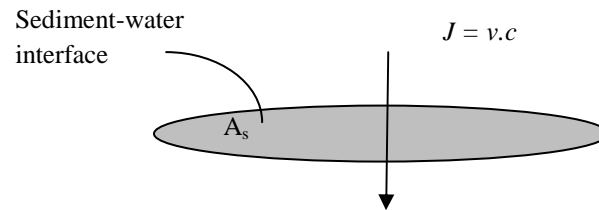
D = koefisien difusi ( $L^2T^{-1}$ )

Model ini, yaitu persamaan (2.2) kemudian disebut sebagai *Fick's first law*, bahwa *mass flux* berbanding lurus dengan gradien (dalam hal ini derivatif atau perubahan kecepatan) konsentrasi. Tanda negatif dalam persamaan (2.2) di atas untuk memastikan bahwa proses perpindahan *mass flux* terjadi dalam arah yang benar, yaitu dari daerah yang berkonsentrasi tinggi menuju daerah yang berkonsentrasi lebih rendah. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

### 2.3. *Settling*

*Settling* dapat diformulasikan sebagai *mass flux* yang melalui permukaan area dari sedimen air. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.





**Gambar 2.3** Settling diformulakan sebagai mass flux yang melewati permukaan air-sedimen

$$\text{Settling} = vA_s c \quad (2.3)$$

dimana:

$v$  = kecepatan *settling* ( $LT^{-1}$ )

$A_s$  = area permukaan sedimen ( $L^2$ )

$c$  = konsentrasi ( $ML^{-1}$ )

Oleh karena volume sama dengan perkalian antara kedalaman ( $H$ ) dan area permukaan danau ( $A_s$ ), maka persamaan (2.3) juga dapat ditulis ke dalam reaksi orde satu, sebagai:

$$\text{Settling} = k_s V c \quad (2.4)$$

dimana:

$k_s$  = orde satu kecepatan settling konstan =  $\frac{v}{H}$  ( $T^{-1}$ )

(Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

#### 2.4. Reaksi Kimia

Meskipun ada banyak cara berbeda dalam memformulasikan reaksi polutan dari air alami, umumnya menggunakan representasi orde pertama.

$$\text{Reaksi} = kM \quad (2.5)$$

dimana:

$k$  = koefisien reaksi orde pertama ( $T^{-1}$ )

Massa berbanding lurus dengan volume dan konsentrasi polutan, sehingga persamaan (2.5) dapat ditulis sebagai:

$$\text{Reaksi} = kVc \quad (2.6)$$

(Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

## 2.5. Loading

Massa yang memasuki danau berasal dari berbagai sumber, dapat berbeda jalannya. Misalnya, massa yang dibawa oleh *effluent* tanaman dan cabang sungai memasuki sebuah danau pada satu titik di kelilingnya. Ini akan berbeda dengan sumber dari atmosfer, misalnya *presipitasi*, yang penyebarannya melalui udara dan permukaan air di permukaan danau. Posisi dan cara masuk *loading* penting dalam kasus *incompletely mixed* suatu badan air, misalnya sungai dan *estuary*, ini tidak penting diperhatikan dalam *completely mixed system*. Hal ini karena semua input didefinisikan secara cepat dan langsung terdistribusi melalui volume. Oleh karena itu, dalam kasus ini, semua *loading* disamaratakan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$\text{Loading} = W(t) \quad (2.7)$$

dimana  $W(t)$  = kecepatan dari *mass loading* ( $MT^{-1}$ ) dan  $(t)$  mengindikasikan bahwa *loading* merupakan fungsi dari waktu. Selain itu, *loading* juga dapat direpresentasikan dalam sebuah perkalian:

$$\text{Loading} = Qc_{in}(t) \quad (2.8)$$

dimana  $Q$  = debit dari semua sumber air yang memasuki sistem ( $L^3T^{-1}$ ) dan  $c_{in}$  = rata-rata konsentrasi *inflow* dari berbagai sumber ( $ML^{-3}$ ). Dengan catatan aliran diasumsikan konstan terhadap waktu dan *loading* yang dihasilkan memiliki konsentrasi *inflow* yang bervariasi. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

## 2.6. Penurunan Persamaan Mass Balance

Hukum kekekalan massa:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (2.9)$$

dimana:

$u$  = kecepatan aliran dalam arah  $x$  ( $LT^{-1}$ )

$v$  = kecepatan aliran dalam arah  $y$  ( $LT^{-1}$ )

$w$  = kecepatan aliran dalam arah  $z$  ( $LT^{-1}$ )

$\rho$  = massa jenis ( $ML^{-3}$ )

$t$  = waktu (T)

Untuk aliran dua dimensi dan *steady*, maka hukum kekekalan massa di atas menjadi lebih sederhana, yaitu:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} = 0 \quad (2.10)$$

Oleh karena  $\rho$  = massa jenis =  $\frac{m}{V}$  dan  $c$  = konsentrasi reaktan =  $\frac{m}{V}$ ,

sehingga persamaan (2.10) di atas dapat ditulis menjadi:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = 0 \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u \frac{\partial c}{\partial x} - v \frac{\partial c}{\partial y} \quad (2.12)$$

Persamaan di atas adalah persamaan umum kekekalan massa untuk fluida secara umum (aliran dua dimensi). Dalam pembahasan mengenai kualitas air di dalam suatu *control volume*, kekekalan massanya tidak sesederhana seperti persamaan (2.12), tetapi dalam *control volume* tersebut juga terjadi berbagai proses lain, dapat berupa *settling*, reaksi, dispersi, dan *load*, sehingga persamaan umumnya menjadi:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -U \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial c}{\partial x} \right) - S - R + W \quad (2.10)$$

dimana:

$c$  = konsentrasi reaktan

$t$  = waktu

$x$  = jarak

$U$  = kecepatan adveksi dalam arah x

$D$  = koefisien *mixing* dan dispersi

$S$  = *source* dan *sink* karena proses *settling* dan *resuspension*

$R$  = reaksi dari proses kimia dan biologi

$W$  = *loading* eksternal

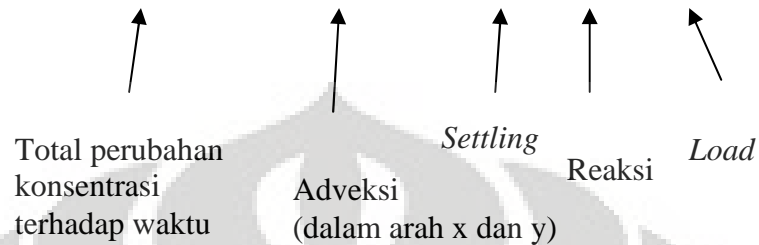
Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah fokus terhadap mekanisme adveksi. Mekanisme dispersi tidak diikutsertakan dalam pembahasan selanjutnya, sehingga persamaan (2.13) menjadi:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -U \frac{\partial c}{\partial x} + S + R + W \quad (2.14)$$

Dengan menjadikan persamaan (2.14) berlaku untuk kasus dua dimensi secara lateral, kemudian memasukkan rumus untuk *settling* (S) dan

reaksi (R), serta mengkalikan semua ruas dengan *volume* (V), maka akan didapat persamaan baru, yaitu:

$$V \frac{\partial c}{\partial t} = -V u \frac{\partial c}{\partial x} - V v \frac{\partial c}{\partial y} - v_s A_s c - k V c + W \quad (2.15)$$



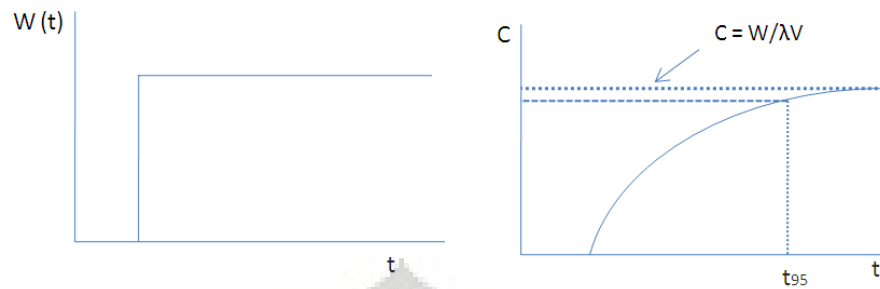
Persamaan (2.15) di atas adalah persamaan umum yang akan digunakan lebih lanjut dalam pembahasan berikutnya.

## 2.7. Respon Teoritis terhadap Berbagai Pembebanan

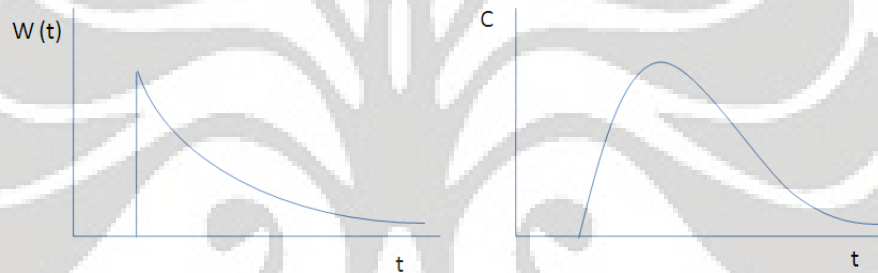
Dalam solusi khusus, ada hubungan antara solusi khusus tersebut dengan spesifik pembebanan  $W(t)$ . Beberapa pembebanan dan responnya secara teoritis dapat dibagi menjadi lima jenis, yaitu *pulse*, *step*, *linear*, *eksponensial*, dan *sinusoidal*. Selain lima tersebut, ada juga jenis pembebanan lain berupa *real*. Masing-masing jenis pembebanan tersebut beserta respon yang akan terjadi (berdasarkan teori) adalah sebagai berikut.



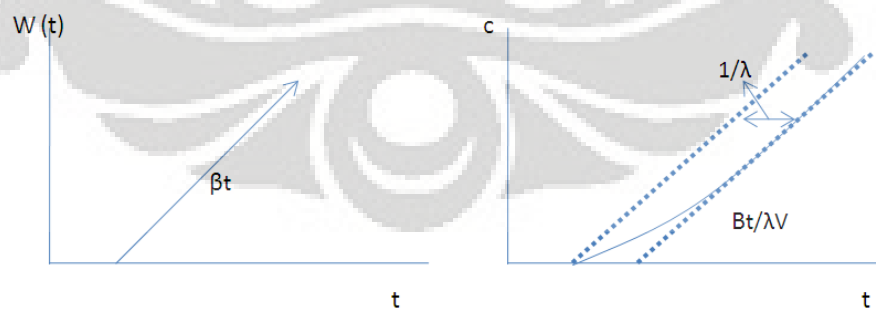
**Gambar 2.4** Pembebanan dan responnya untuk *impulse loading*. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)



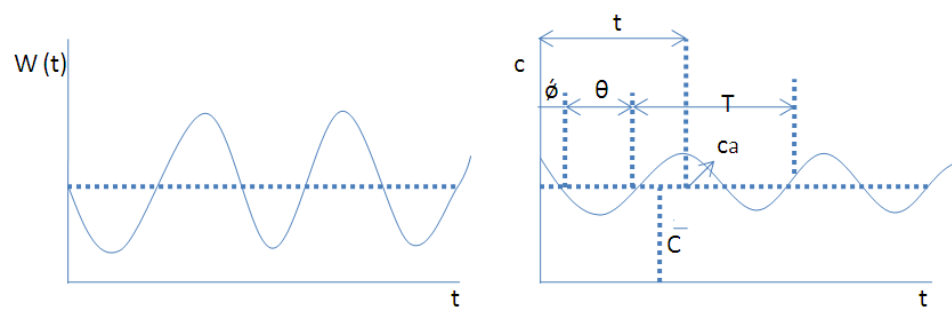
**Gambar 2.5** Pembebanan dan responnya untuk *step loading*. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)



**Gambar 2.6** Pembebanan dan responnya untuk *linearly increasing loading*. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)



**Gambar 2.7** Pembebanan dan responnya untuk *exponentially decaying loading*. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)



**Gambar 2.8** Pembebanan dan responnya untuk *sinusoidal loading function*. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)



# BAB 3

## PENGEMBANGAN MODEL NUMERIK PERSAMAAN PENJALARAN PENCEMAR LATERAL DUA DIMENSI BERDASARKAN MEKANISME ADVEKSI

### 3.1. Metode Numerik

Dalam melakukan permodelan kualitas air akan terdapat banyak model matematika mulai dari yang sederhana hingga yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi. Untuk model matematika yang sederhana dapat dengan mudah diselesaikan menggunakan metode analitik, yaitu metode penyelesaian model matematika dengan rumus-rumus aljabar yang sudah ditetapkan atau baku. Penyelesaian metode analitik ini sangat terbatas dan akan menjadi rumit apabila model matematika yang akan diselesaikan memiliki tafsiran geometri yang tidak lagi sederhana dan berorde tinggi. Hal ini akan menjadi masalah karena persoalan permodelan di lapangan seringkali melibatkan bentuk-bentuk dengan tingkat kerumitan yang tinggi.

Selain metode analitik, terdapat pula metode numerik. Metode numerik adalah metode yang digunakan untuk memecahkan model matematika dengan memformulasikannya ke dalam bentuk aritmatika biasa, yaitu penambahan, pengurangan, pembagian, dan perkalian. Hasil dari metode numerik selalu berupa angka, tidak seperti hasil pada metode analitik yang masih dapat berupa persamaan. Melalui metode numerik, didapat solusi yang menghampiri atau mendekati solusi eksak, sehingga akan terdapat selisih diantara keduanya. Oleh karena itu, solusi numerik disebut solusi hampiran (*approximation*). Selisih yang dihasilkan antara solusi hampiran dan solusi eksak disebut *error*. *Error* ini dapat diperkecil nilainya dengan menggunakan parameter komputasi yang lebih kecil, misalnya parameter yang berupa interval jarak atau interval waktu. (Rinaldi Munir, Metode Numerik Edisi Revisi, 2006).

### 3.2. Metode Beda Hingga (*Finite Difference*)

Metode beda hingga merupakan metode yang digunakan untuk menghitung turunan numerik dalam menyelesaikan suatu permodelan yang memiliki bentuk persamaan diferensial. Metode beda hingga yang akan dijelaskan dalam tugas akhir ini adalah deret Taylor, yang diklasifikasikan ke dalam tiga bentuk, yaitu:

a. *forward difference*

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + \Delta x \frac{df(x_0)}{dx} + \varepsilon_{truncation} \quad (3.1)$$

sehingga

$$\frac{df(x_0)}{dx} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} + \varepsilon_{truncation} \quad (3.2)$$

atau

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \quad (3.3)$$

b. *backward difference*

$$f(x_0 - \Delta x) = f(x_0) - \Delta x \frac{df(x_0)}{dx} + \varepsilon_{truncation} \quad (3.4)$$

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0) - f(x_0 + \Delta x)}{\Delta x} \quad (3.5)$$

c. *central difference*

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + \Delta x \frac{df(x_0)}{dx} + \varepsilon_{truncation}$$

$$f(x_0 - \Delta x) = f(x_0) - \Delta x \frac{df(x_0)}{dx} + \varepsilon_{truncation}$$

---


$$f(x_0 + \Delta x) - f(x_0 - \Delta x) = 2\Delta x \frac{df(x_0)}{dx} \quad (3.6)$$

sehingga

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0 - \Delta x)}{2\Delta x} \quad (3.7)$$

(*ClasNote-numerical-differentiation*)

Pengembangan model dilakukan dengan menggunakan metode *finite difference* (*Taylor Series*), *first derivative*, *forward difference* terhadap ruas kanan pada rumus yang telah didapat dalam Bab II.



Dalam bab II telah didapat persamaan umum yang menjadi dasar dalam pembahasan selanjutnya, yaitu:

$$\forall \frac{\partial c}{\partial t} = -\forall u \frac{\partial c}{\partial x} - \forall v \frac{\partial c}{\partial y} - v_s A_s c - k \forall c + W \quad (3.8)$$

### 3.3. Metode *Runge-Kutta*

Metode *Runge-Kutta* (atau RK) adalah bagian dari metode numerik yang digunakan dalam permodelan kualitas air. Metode *Runge-Kutta* mempunyai rumus umum sebagai berikut:

$$c_{i+1} = c_i + \phi h \quad (3.9)$$

dimana  $\phi = \text{slope/ kemiringan}$  (atau disebut *increment function*). Metode *Euler* adalah orde pertama *Runge-Kutta* dengan  $\phi = f(t_i, c_i)$ . Sebagai tambahan, metode *Heun* (tanpa iterasi korektor) merupakan orde dua dari *Runge-Kutta* (Chapra and Canale, 1988).

Kebanyakan metode *Runge-Kutta* yang digunakan adalah orde empat yang memiliki bentuk:

$$c_{i+1} = c_i + \left[ \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \right] h \quad (3.10)$$

dimana:

$$k_1 = f(t_i, c_i)$$

$$k_2 = f\left(t_i + \frac{1}{2}h, c_i + \frac{1}{2}hk_1\right)$$

$$k_3 = f\left(t_i + \frac{1}{2}h, c_i + \frac{1}{2}hk_2\right)$$

$$k_4 = f(t_i + h, c_i + hk_3)$$

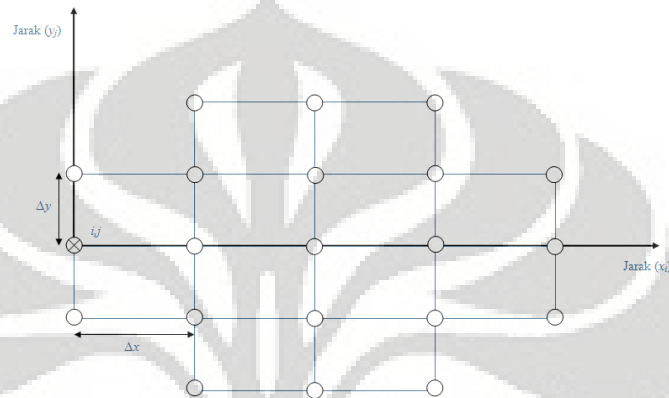
Fungsi tersebut untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang memuat nilai  $t$  dan  $c$ , yaitu:

$$f(t, c) = \frac{dc}{dt}(t, c) \quad (3.11)$$

Orde empat *Runge-Kutta* sama dengan pendekatan *Heun* dalam estimasi slope berkali-kali yang dikembangkan pada perubahan rata-rata slope dalam interval. (Steven C. Chapra, *Surface Water-Quality Modeling*, 1997)

### 3.4. Pengembangan Metode Numerik pada Model Penjalaran Pencemar Dua Dimensi dengan Mekanisme Adveksi

Tahap awal tinjauan terhadap danau yang dikaji adalah melakukan diskritasi. Untuk menyederhanakan, dilakukan diskritasi pada danau dengan membagi danau menjadi sel-sel sebanyak 12 buah (Gambar 3.1). Diskritasi ini dibentuk mendekati kondisi danau di lapangan.



**Gambar 3.1** Diskritasi pada danau

Pada danau terdapat interval jarak dalam dua arah yaitu  $\Delta x$  dan  $\Delta y$ . tahapan selanjutnya adalah menentukan arah aliran. Arah aliran ini nantinya yang akan berpengaruh terhadap konsentrasi pencemar di tiap-tiap selnya (mekanisme adveksi).



**Gambar 3.2.** Diskritasi berdasarkan interval jarak dan waktu beserta arah alirannya

Keterangan:

- ⊗ diketahui
- tidak diketahui

Terdapat kondisi batas, yaitu *boundary condition*, yaitu di sel-sel yang berada di tepi. Hal ini disebabkan sangat kecilnya kecepatan aliran di tepi danau sehingga dapat dianggap tidak ada aliran di sel-sel yang berada di tepi danau. Selain itu, terdapat pula *initial condition*, yaitu kondisi ketika  $t = 0$ . Konsentrasi pencemar di tiap titik akan dapat diketahui untuk waktu berikutnya ( $t + \Delta t$ ) atau bisa disebut kondisi konsentrasi pencemar yang *unsteady* dengan menggunakan metode *Runge Kutta* orde 4.

Dalam bab II telah didapat persamaan umumnya, yaitu:

$$\forall \frac{\partial c}{\partial t} = -\forall u \frac{\partial c}{\partial x} - \forall v \frac{\partial c}{\partial y} - v_s A_s c - k \forall c + W$$

persamaan tersebut adalah persamaan dasar (*governing equation*) yang parameter-parameter didalamnya merupakan data hipotetik. Persamaan diferensial parsial pada ruas kanan diselesaikan dengan menggunakan metode beda hingga (*finite difference*), yaitu *backward difference* sehingga didapat persamaan:

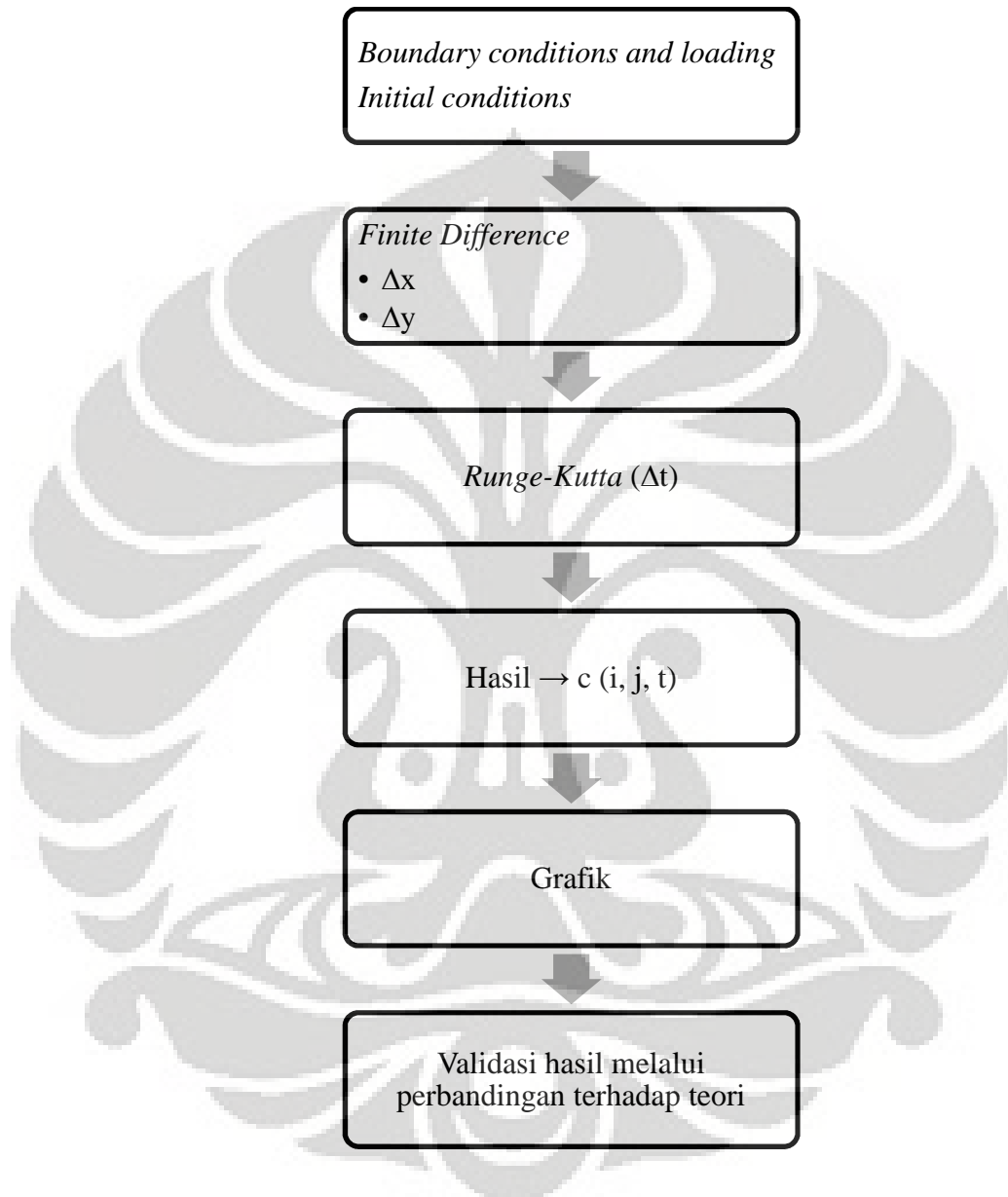
$$\frac{c_{i,j}^{t+1} - c_{i,j}^t}{\Delta t} = \frac{W^t}{\forall} - u \frac{c_{i,j}^t - c_{i-1,j}^t}{\Delta x} - v \frac{c_{i,j}^t - c_{i,j-1}^t}{\Delta y} - \frac{kc_{i,j}^t}{\forall} - \frac{v_s A_s c_{i,j}^t}{\forall} \quad (3.12)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, terlebih dahulu melihat pada kondisi *steady*, yaitu tidak ada perubahan konsentrasi pencemar terhadap waktu, maka akan didapat besaran konsentrasi pencemar untuk semua sel. Setelah mengetahui besaran konsentrasi pada saat  $t = 0$ , maka selanjutnya adalah menyelesaikan persamaan di ruas kanan untuk mengetahui besarnya konsentrasi di tiap sel dalam waktu selanjutnya (interval  $\Delta t$ ) dengan menggunakan metode *Runge Kutta*.

Hasil dari perhitungan *Runge Kutta* ini kemudian diplot dalam bentuk grafik dengan berbagai tipe pembebanan. Grafik yang dihasilkan tersebut harus divalidasi terhadap grafik respon pembebanan dalam buku Chapra untuk mendapatkan kebenaran terhadap hasil yang ada.

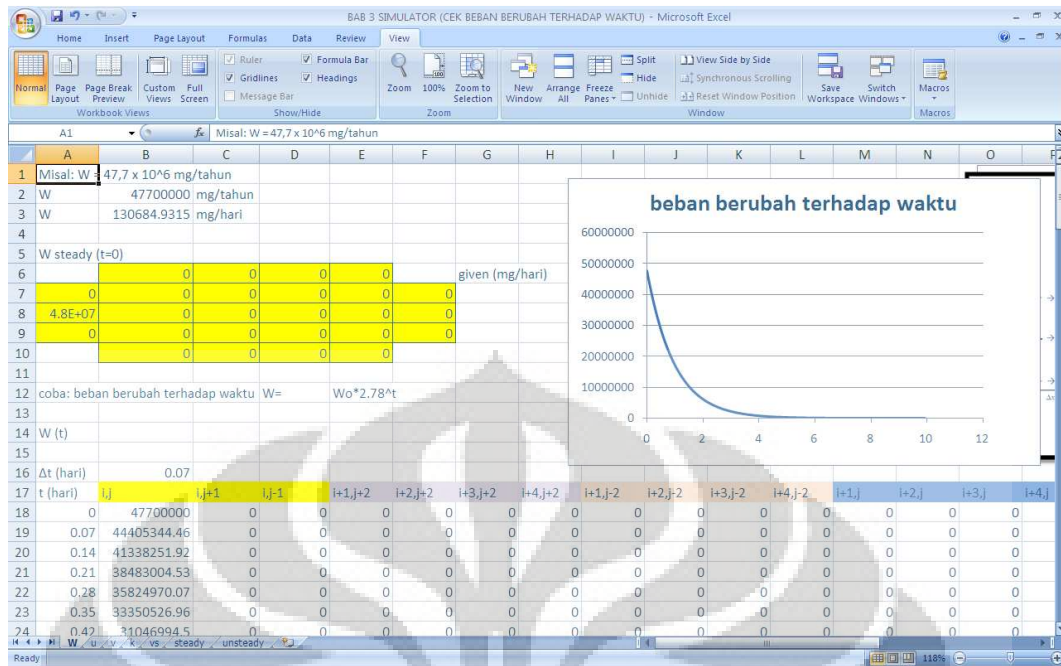
Model yang telah diformulasikan secara numerik, kemudian akan diselesaikan dengan menggunakan alat bantu berupa *spreadsheet*. Hal ini untuk memudahkan permodelan dalam melakukan perhitungan sehingga hasilnya dapat disajikan dalam bentuk berupa grafik yang diinginkan.

Proses yang akan dilakukan selanjutnya yaitu melakukan simulasi pada model. Tahap-tahap yang akan dilakukan pada proses simulasi dapat dilihat pada bagan berikut ini.

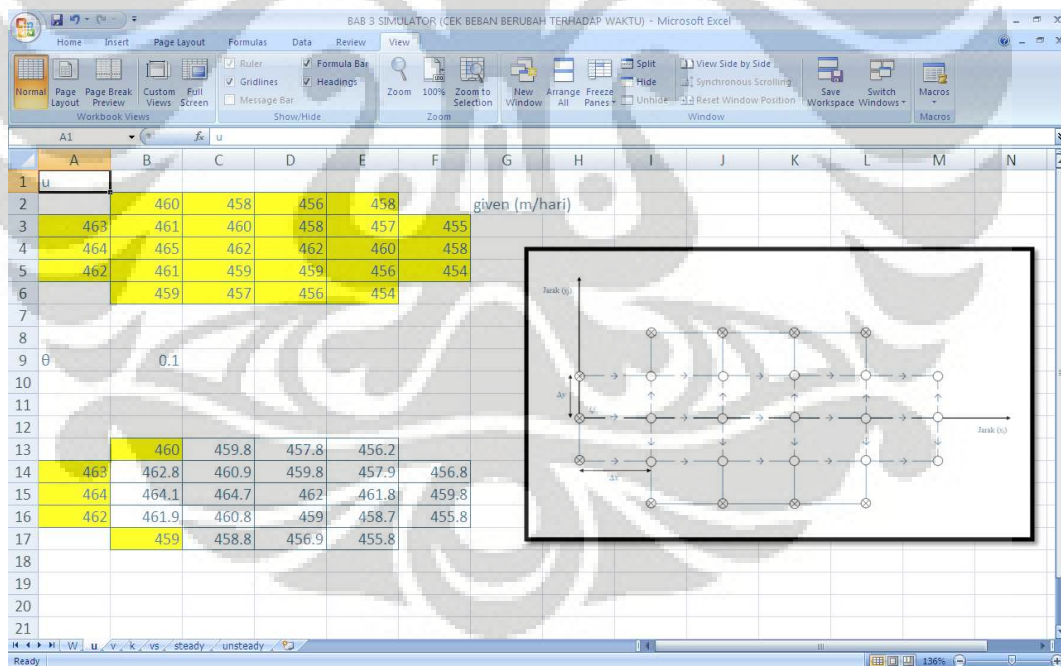


**Gambar 3.3** Diagram alir proses simulasi pada model

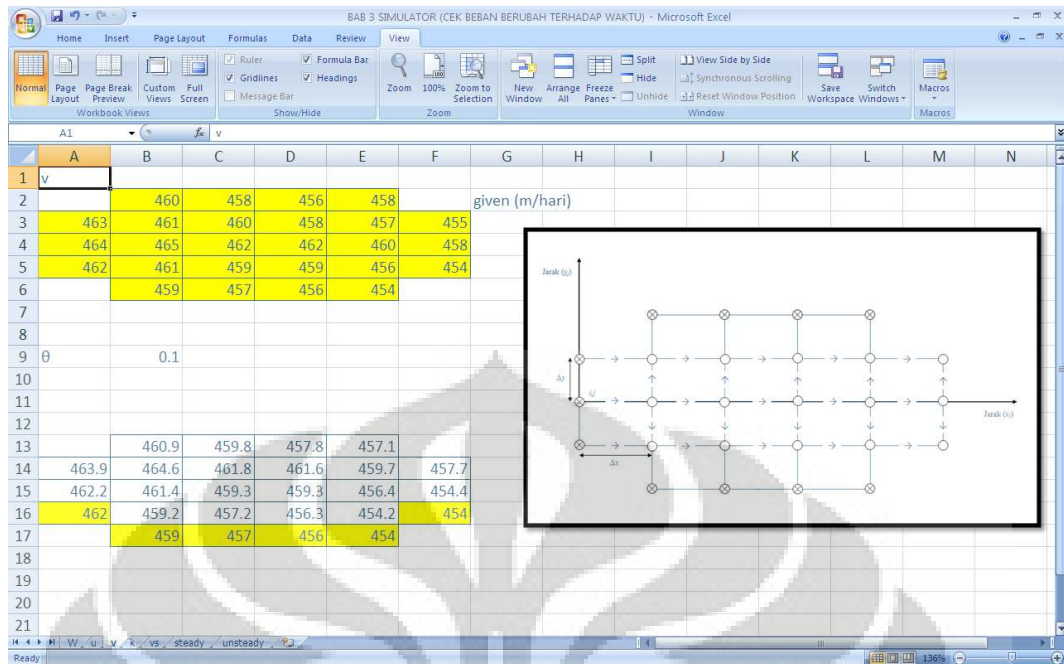
Masing-masing parameter di dalam persamaan ditempatkan pada *sheet* yang berbeda. Berikut ini merupakan *spreadsheet* simulasi model yang telah dilakukan (dengan memasukkan data hipotetik).



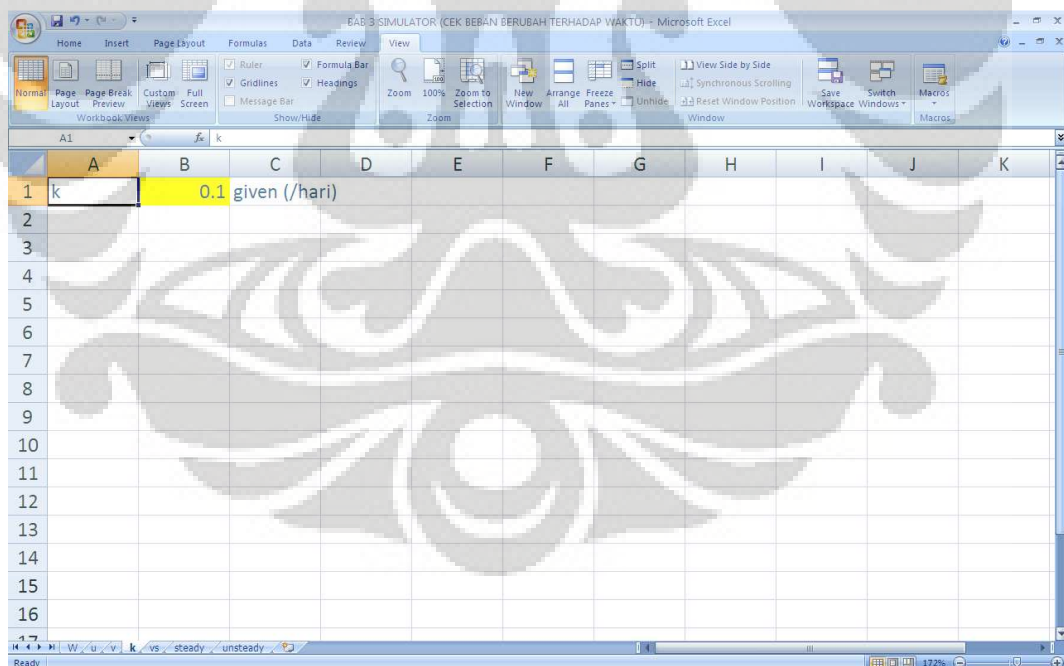
Gambar 3.4 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk parameter beban (W)



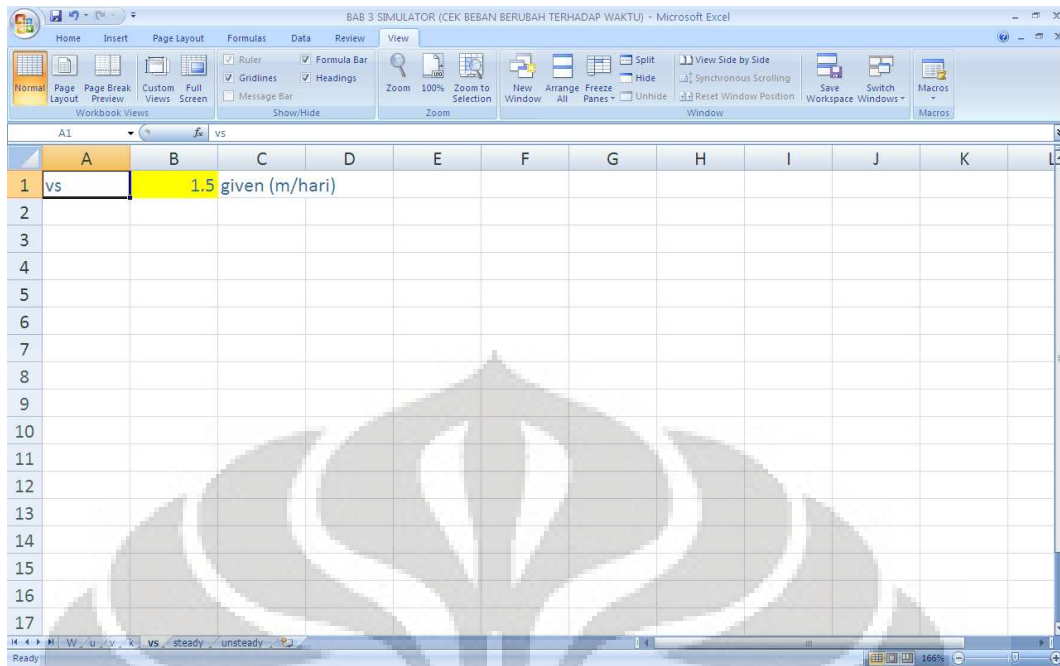
Gambar 3.5 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk parameter kecepatan dalam arah x (u)



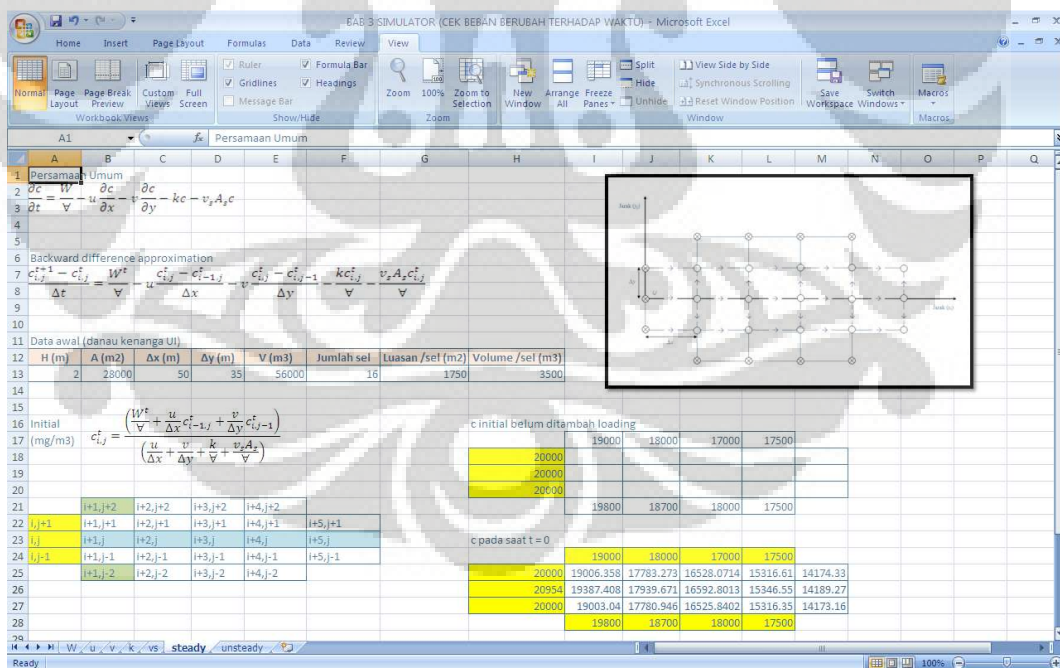
**Gambar 3.6** Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk parameter kecepatan dalam arah y (v)



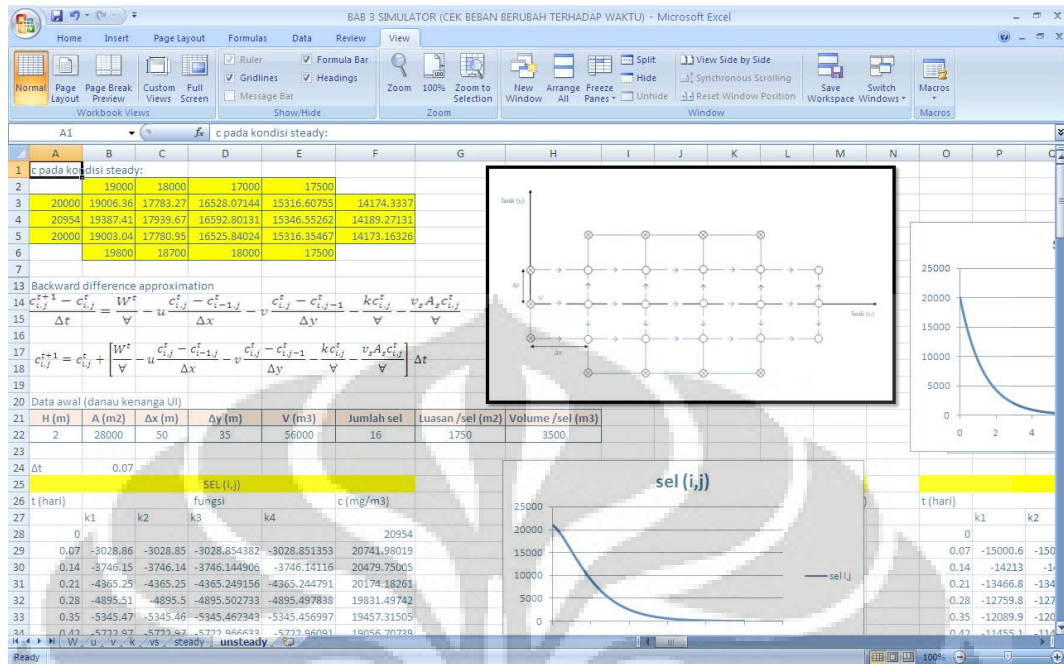
**Gambar 3.7** Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk parameter reaksi (k)



Gambar 3.8 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk parameter *settling* (vs)



Gambar 3.9 Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk sebaran konsentrasi pencemar pada saat *steady*



**Gambar 3.10** Implementasi spreadsheet pada formulasi numerik model untuk sebaran konsentrasi pencemar pada saat *unsteady*



## BAB 4

### SIMULASI MODEL DENGAN *SPREADSHEET*

#### 4.1. Tinjauan Umum

Untuk melakukan simulasi pada model, diperlukan nilai parameter awal, misalnya data karakteristik danau yang dimodelkan, kecepatan aliran dalam arah  $x$  dan  $y$ , besar pembebanan pencemar, serta konstanta yang menyertai mekanisme yang terjadi di dalam danau, misalnya nilai koefisien reaksi apabila terjadi reaksi kimia dan nilai kecepatan pengendapan apabila terjadi mekanisme pengendapan. Diperlukan skenario terhadap danau yang dimodelkan sebelum melakukan simulasi untuk memperlihatkan respon dan sensitivitas model dalam memproses data input berupa data hipotetik yang meliputi data hidrolika danau yang dimodelkan, nilai *initial condition* dan *boundary condition* dari pencemar.

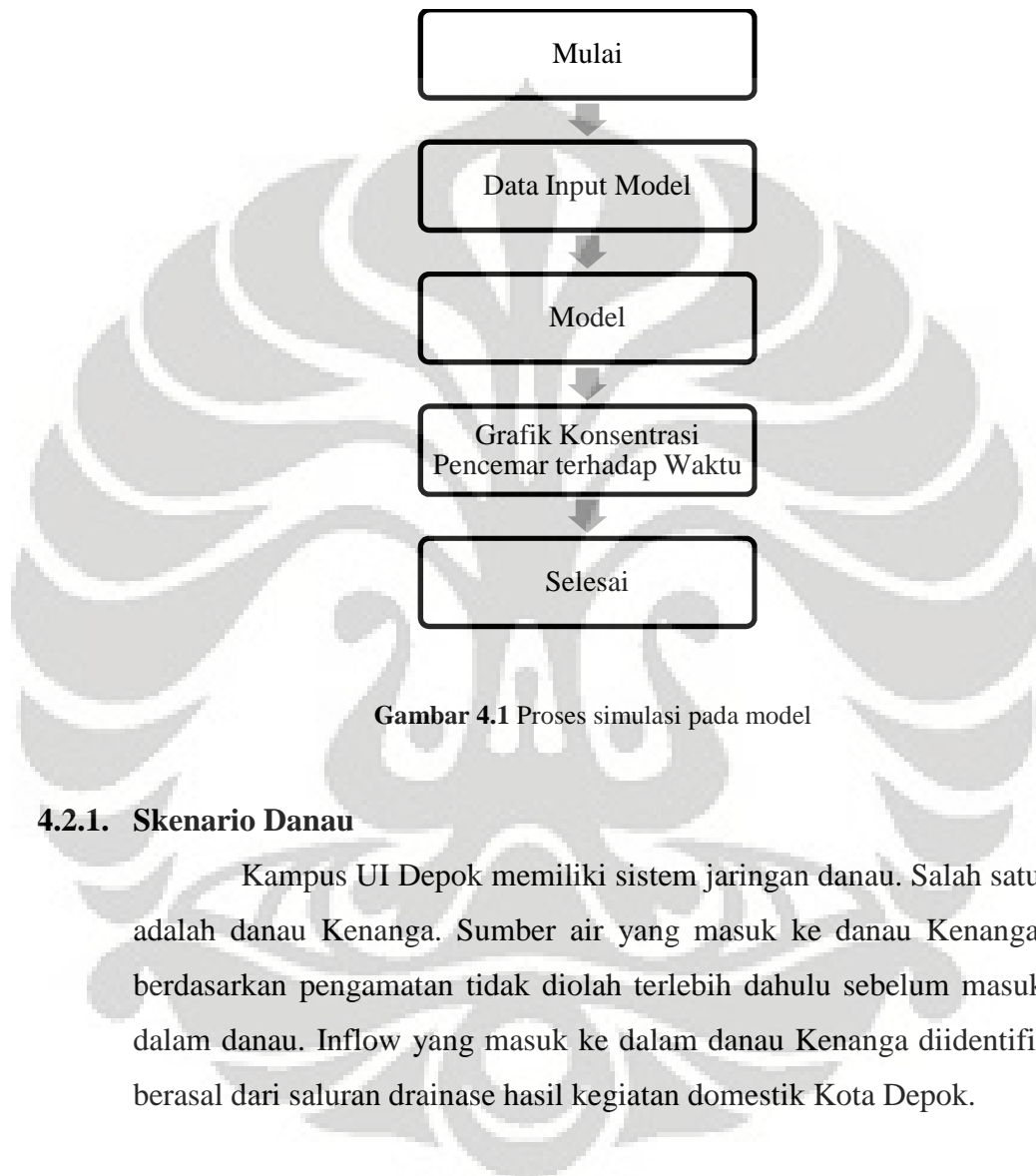
Simulasi pertama yaitu menentukan nilai konsentrasi pencemar menurut jarak dan waktu berdasarkan sebaran beban di salah satu sel yang diberikan secara konstan terhadap waktu. Simulasi kedua dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi menurut jarak dan waktu berdasarkan sebaran beban di salah satu sel yang berubah terhadap fungsi waktu.

#### 4.2. Skenario, Proses Simulasi, dan Analisa Hasil

Skenario dilakukan untuk menguji model yang telah dibuat dengan memperhatikan karakteristik formulasi numerik yang dibentuk dalam permodelan danau ini, diantaranya:

1. model bersifat dua dimensi secara lateral, yaitu dalam arah sumbu  $x$  dan  $y$ ,
2. aliran yang disimulasikan bersifat *steady*, yaitu kecepatan aliran konstan terhadap waktu serta *nonuniform*, yaitu kecepatan aliran berubah menurut bidang, yaitu dalam arah sumbu  $x$  dan  $y$ . Namun, konsentrasi pencemar bersifat *unsteady*, yaitu konsentrasi pencemar berubah terhadap waktu,
3. mekanisme yang diperhitungkan di dalam model adalah mekanisme adveksi, mekanisme reaksi dan *settling*.

Skenario yang telah dibuat kemudian dikonseptualisasikan kedalam bahasa model, selanjutnya memasukkan data parameter awal yang dibutuhkan ke dalam *spreadsheet* dan menjalankan model hingga didapatkan hasil berupa grafik. Data yang digunakan dalam skenario adalah data hipotetik.



**Gambar 4.1** Proses simulasi pada model

#### **4.2.1. Skenario Danau**

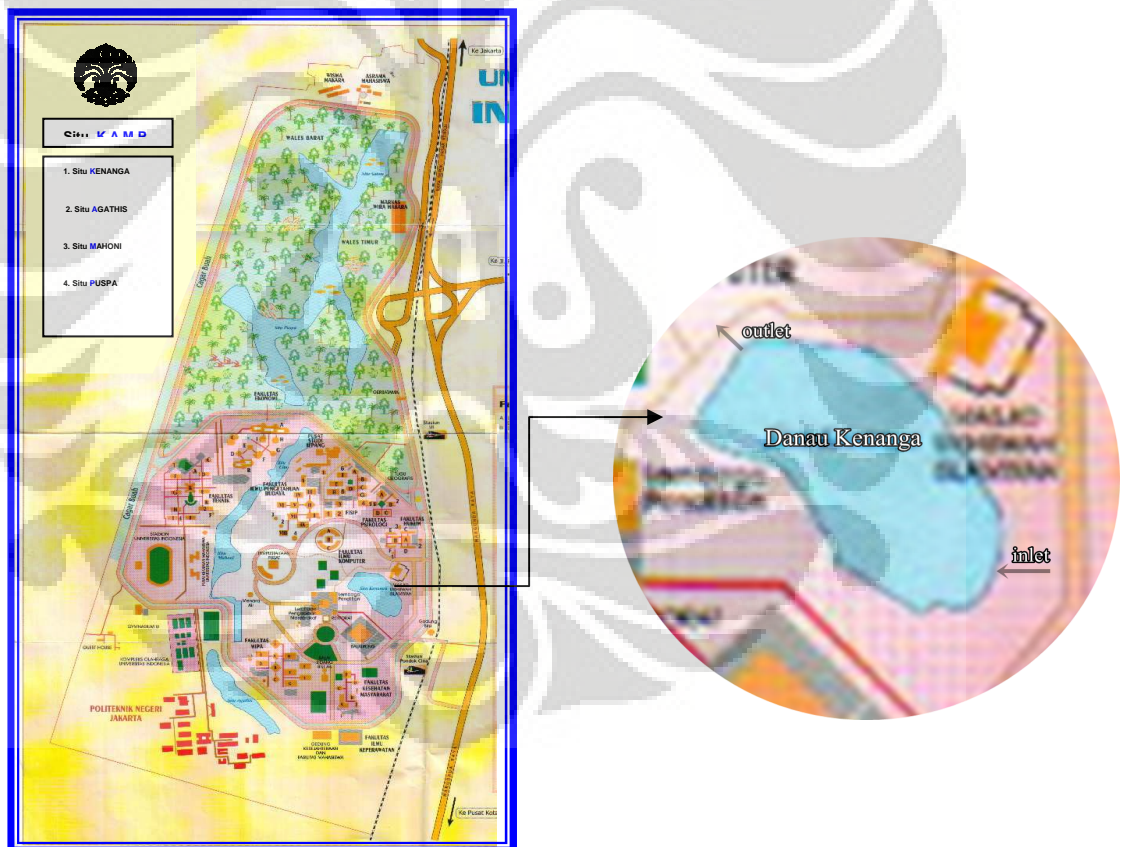
Kampus UI Depok memiliki sistem jaringan danau. Salah satunya adalah danau Kenanga. Sumber air yang masuk ke danau Kenanga ini berdasarkan pengamatan tidak diolah terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam danau. Inflow yang masuk ke dalam danau Kenanga diidentifikasi berasal dari saluran drainase hasil kegiatan domestik Kota Depok.

Berdasarkan data Bagian Fasilitas UI, beberapa karakteristik fisik danau Kenanga UI dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1. Data Hidrolik Danau Kenanga

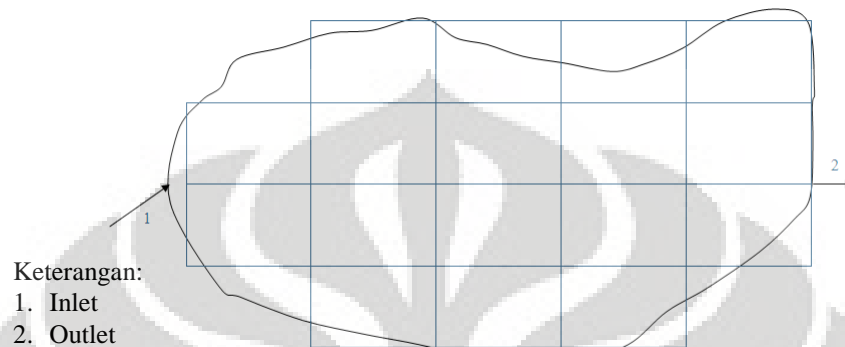
| Danau   | Luas (m <sup>2</sup> ) | Kedalaman Rata-Rata (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Debit (m <sup>3</sup> /hari) |
|---------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Kenanga | 28000                  | 2                       | 56000                    | 25920                        |

Data debit diketahui dari pengukur debit yang dilakukan Laboratorium UI pada tahun 1996, dan dipakai data pada saat kemarau yaitu 0,3 m<sup>3</sup>/det (9460800 m<sup>3</sup>/tahun).



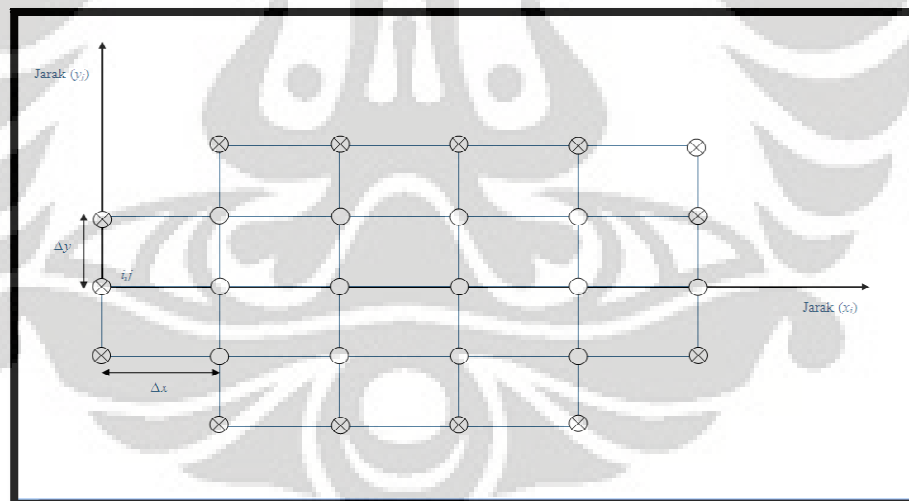
**Gambar 4.2** Danau Kenanga Kampus UI, Depok beserta inlet dan outletnya (tampak atas)  
(sumber: data danau 200809\_PKAP, 2009)

Bentuk danau kenanga tersebut kemudian didiskritisasi menjadi sel-sel yang nantinya masuk kedalam perhitungan spreadsheet. Berdasarkan bentuknya, maka danau Kenanga dapat didiskritisasi menjadi 17 sel, yang bisa dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.3** Gambar diskritisasi Danau Kenanga

Untuk masuk kedalam model, maka diskritisasi danau Kenanga UI dapat ditampilkan pada gambar berikut.



**Gambar 4.4** Gambar diskritisasi Danau Kenanga untuk dimodelkan

Tabel 4.2. Data Hidrolik danau Kenanga

| H (m) | A (m <sup>2</sup> ) | Δx (m) | Δy (m) | V (m <sup>3</sup> ) | Jumlah sel | Luasan /sel (m <sup>2</sup> ) | Volume /sel (m <sup>3</sup> ) |
|-------|---------------------|--------|--------|---------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2     | 28000               | 50     | 32.94  | 56000               | 17         | 1647.058824                   | 3294.117647                   |

Kecepatan aliran di danau Kenanga bervariasi di setiap sel. Masing-masing sel diketahui kecepatan alirannya sebagai berikut.

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 15.71 | 15.7  | 15.69 | 15.68 | 15.67 |
| 15.73 | 15.72 | 15.71 | 15.7  | 15.69 | 15.68 |
| 15.74 | 15.73 | 15.72 | 15.71 | 15.7  | 15.69 |
| 15.72 | 15.71 | 15.7  | 15.69 | 15.68 | 15.67 |
|       | 15.7  | 15.69 | 15.68 | 15.67 |       |

**Gambar 4.5** Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu x (m/hari)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 15.71 | 15.7  | 15.69 | 15.68 | 15.67 |
| 15.72 | 15.72 | 15.71 | 15.71 | 15.69 | 15.68 |
| 15.74 | 15.73 | 15.72 | 15.71 | 15.7  | 15.69 |
| 15.71 | 15.71 | 15.7  | 15.7  | 15.69 | 15.68 |
|       | 15.69 | 15.68 | 15.68 | 15.67 |       |

**Gambar 4.6** Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu y (m/hari)

Kecepatan yang dihitung di dalam model di tiap sel dipengaruhi oleh sel sebelumnya, sehingga digunakan bobot ( $\theta$ ), dengan rumus:  $[\theta u_{i-1,j}^t + (1 - \theta)u_{i,j}^t]$  untuk kecepatan dalam arah x dan  $[\theta v_{i-1,j}^t + (1 - \theta)v_{i-1,j+1}^t]$  untuk kecepatan dalam arah y. Bobot yang dimasukkan kedalam perhitungan sebesar 0,1 sehingga kecepatan aliran air dalam danau UI yang masuk ke dalam perhitungan model adalah sebagai berikut.

|       |        |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 15.71  | 15.709 | 15.699 | 15.689 | 15.679 |
| 15.73 | 15.729 | 15.719 | 15.709 | 15.699 | 15.689 |
| 15.74 | 15.739 | 15.729 | 15.719 | 15.709 | 15.699 |
| 15.72 | 15.719 | 15.709 | 15.699 | 15.689 | 15.679 |
|       | 15.7   | 15.699 | 15.689 | 15.679 |        |

**Gambar 4.7** Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu x yang masuk ke dalam perhitungan model (m/hari)

|        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 15.719 | 15.709 | 15.708 | 15.689 | 15.679 |
| 15.738 | 15.729 | 15.719 | 15.71  | 15.699 | 15.689 |
| 15.713 | 15.712 | 15.702 | 15.701 | 15.691 | 15.681 |
| 15.71  | 15.692 | 15.682 | 15.682 | 15.672 | 15.68  |
|        | 15.69  | 15.68  | 15.68  | 15.67  |        |

**Gambar 4.8** Sebaran kecepatan aliran air danau Kenanga arah sumbu y yang masuk ke dalam perhitungan model (m/hari)

#### 4.2.2. Skenario Pencemar

Bahan padat atau *solids* adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu  $103^0-105^0\text{C}$ , atau biasa disebut dengan *Total solids*. (Sawyer *et al.*, 1994). Total padatan tersuspensi (TSS) memberikan gambaran dari kekeruhan air. SS menyebabkan air menjadi tidak jernih atau berlumpur karena hamburan cahaya dari partikel-partikel yang sangat kecil di dalam air. Air yang tercemar umumnya keruh dan perbaikan kualitas biasanya ditandai dengan semakin jernihnya air.

Padatan tersuspensi (SS) merupakan partikel padatan yang kecil dan tetap dalam suspensi dalam air sebagai koloid. SS digunakan sebagai salah satu indikator kualitas air. Padatan tersuspensi penting sebagai polutan dan mengandung patogen yang dibawa pada permukaan partikel.

Berdasarkan pengamatan, terdapat konsentrasi awal TSS sebesar  $20 \text{ gram/m}^3$  di inlet danau Kenanga. TSS ini mengalami pengendapan dengan kecepatan  $0.2 \text{ m/hari}$ . Berdasarkan data sampel yang diambil di lapangan, sebaran untuk nilai konsentrasi awal TSS di beberapa sel danau Kenanga dapat dilihat pada gambar berikut.

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
|      | 19   | 18.7 | 18.5 | 18.4 | 18.3 |
| 19   |      |      |      |      | 18.2 |
| 20   |      |      |      |      |      |
| 19.5 |      |      |      |      | 18.4 |
|      | 19.2 | 19   | 18.7 | 18.6 |      |

Gambar 4.9 Sebaran konsentrasi TSS di danau Kenanga ( $\text{g/m}^3$ )

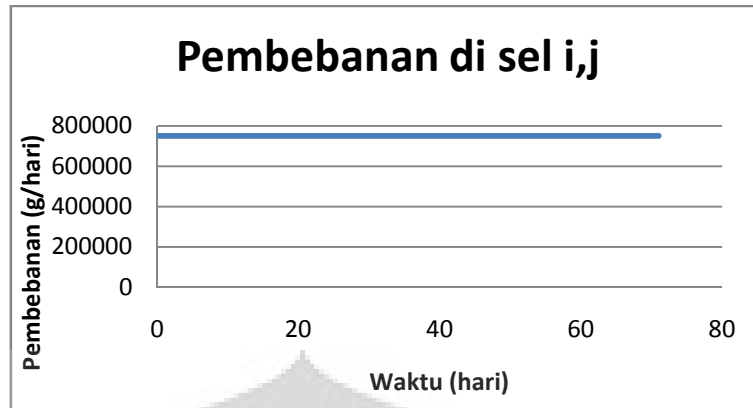
### 4.2.3. Skenario Beban Pencemar

#### 4.2.3.1. Beban Pencemar Konstan terhadap Waktu

Tingkat pertambahan populasi Kota Depok sangat kecil dan hampir mendekati angka nol sehingga tidak ada perubahan jumlah penduduk yang signifikan di tiap tahunnya. Hal ini disebabkan besarnya rata-rata tingkat kematian di Kota Depok sama dengan rata-rata tingkat kelahiran. Oleh karena itu, banyaknya limbah yang dihasilkan dan masuk ke dalam danau Kenanga UI tidak mengalami perubahan tiap tahunnya atau konstan setiap tahunnya.

Setelah dihitung, ternyata dalam tiap harinya danau UI mendapat buangan limbah domestik dari Kota Depok sebanyak 750 kg/hari yang masuk melalui inlet. Limbah yang masuk danau Kenanga ini dikategorikan sebagai jenis beban yang nilainya konstan atau tetap dan tidak berubah menurut waktu atau *step loading*.

Beban ini masuk melalui inlet sehingga pada formulasi numerik skenario beban ini diberikan hanya pada sel (i,j) sebesar  $W = 750 \text{ kg/hari}$ .



**Gambar 4.10** Grafik pembebanan konstan di sel (i,j)

Dengan menggunakan simulasi yang telah dibentuk, TSS di dalam danau hanya mengalami mekanisme adveksi dan pengendapan sehingga persamaan disimulasi untuk mekanisme reaksi diabaikan dengan mengisi nilai decay rate,  $k = 0$ . Untuk kondisi *steady*, maka didapat konsentrasi pencemar:

|             |           |           |            |          |         |
|-------------|-----------|-----------|------------|----------|---------|
|             | 19        | 18.7      | 18.5       | 18.4     | 18.3    |
| 19          | 107.3104  | 114.17618 | 98.1685711 | 78.53646 | 18.2    |
| 247.6785714 | 187.96533 | 142.6266  | 108.20732  | 82.08165 | 62.2542 |
| 19.5        | 107.40499 | 114.17521 | 98.1550448 | 78.52401 | 18.4    |
|             | 19.2      | 19        | 18.7       | 18.6     |         |

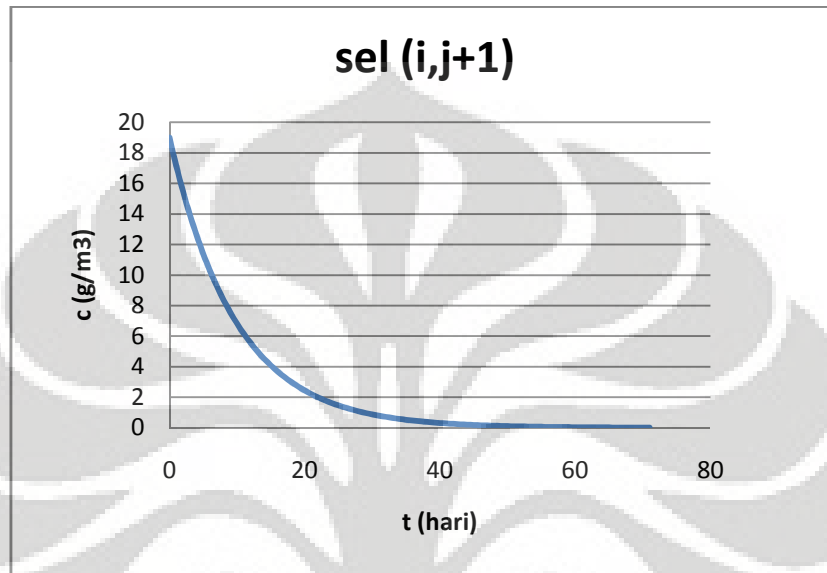
**Gambar 4.11** Sebaran konsentrasi TSS dalam kondisi *steady* ( $\text{g/m}^3$ )

Berdasarkan pembebanan yang ada, maka untuk kondisi *unsteady*, konsentrasi pencemar akan berubah menurut waktu. Dengan menggunakan perubahan waktu (*time step*) sebesar 0,5 hari, maka didapat perubahan konsentrasi TSS untuk masing sel sebagai berikut.

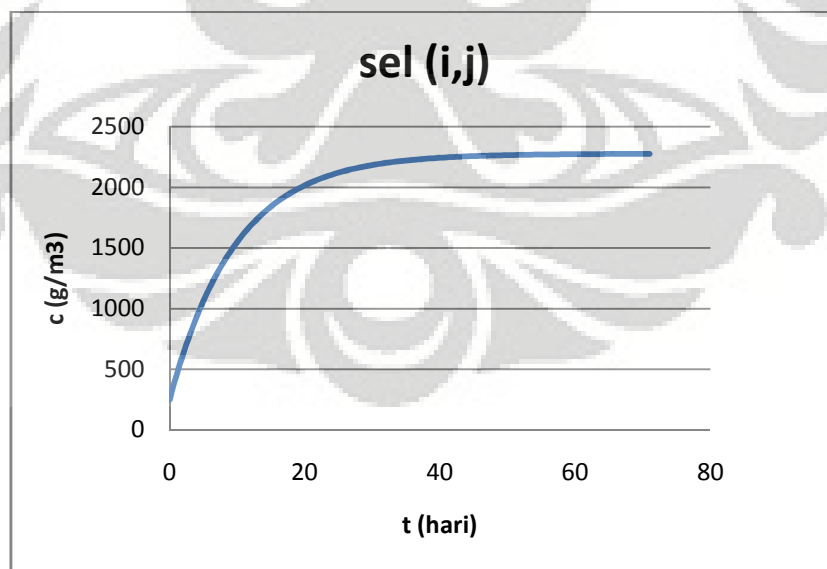


diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



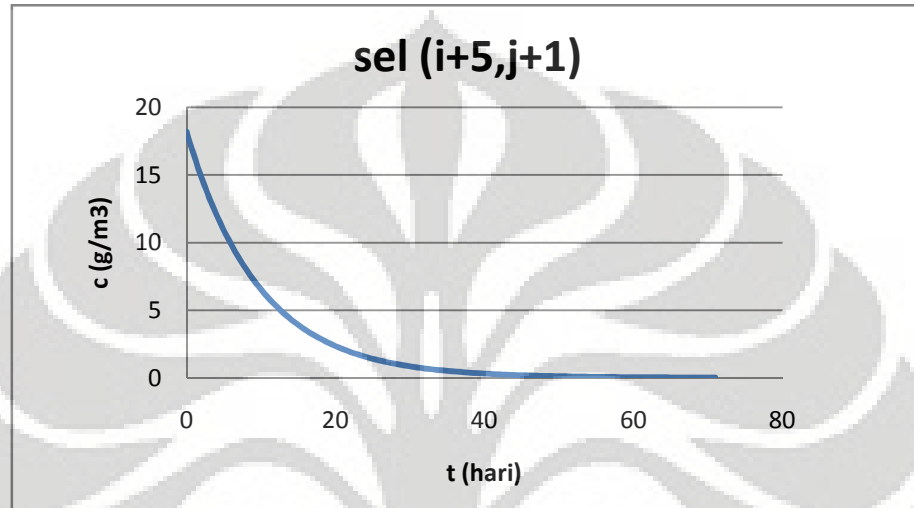
**Gambar 4.12** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j+1) akibat pembebanan konstan



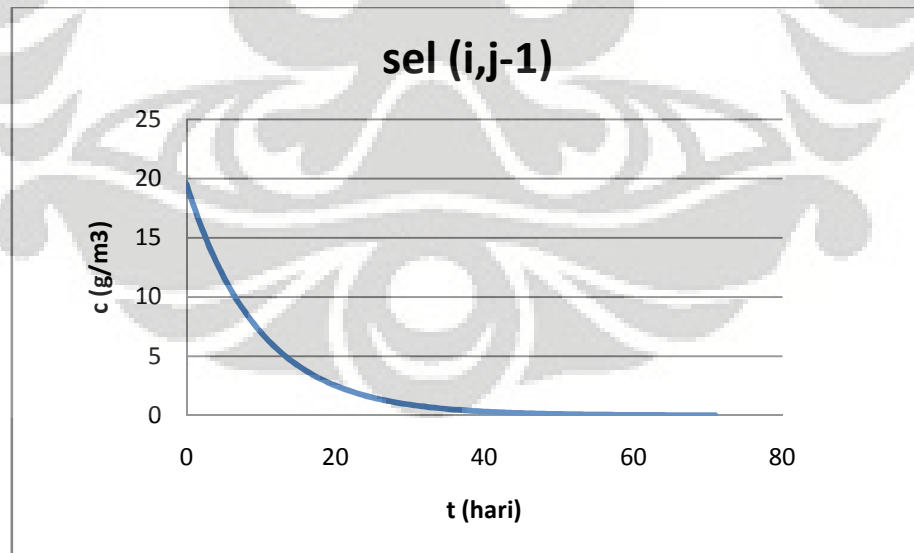
**Gambar 4.13** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j) akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



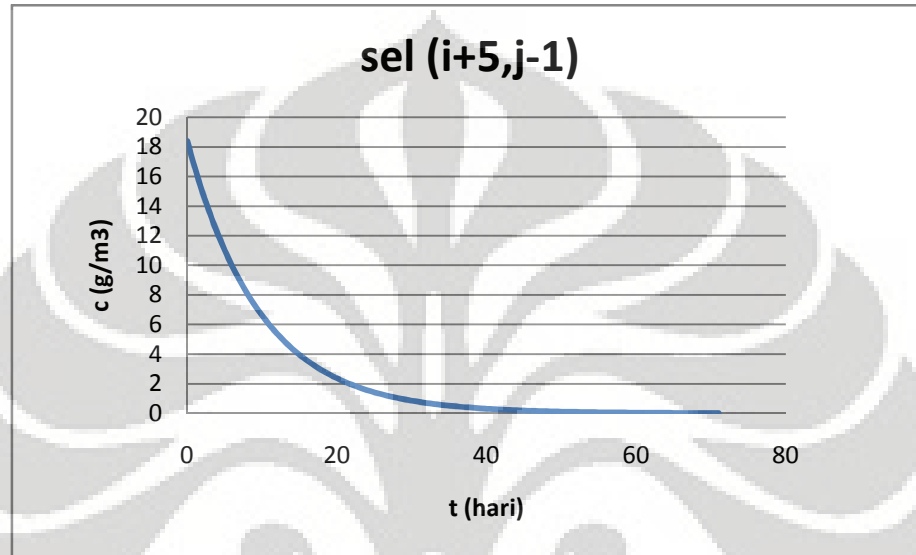
**Gambar 4.14** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+1) akibat pembebanan konstan



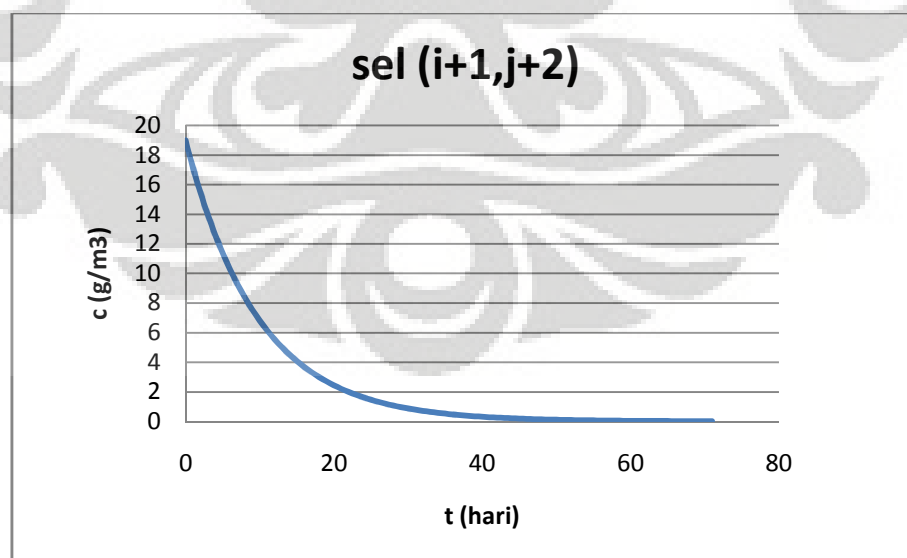
**Gambar 4.15** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j-1) akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



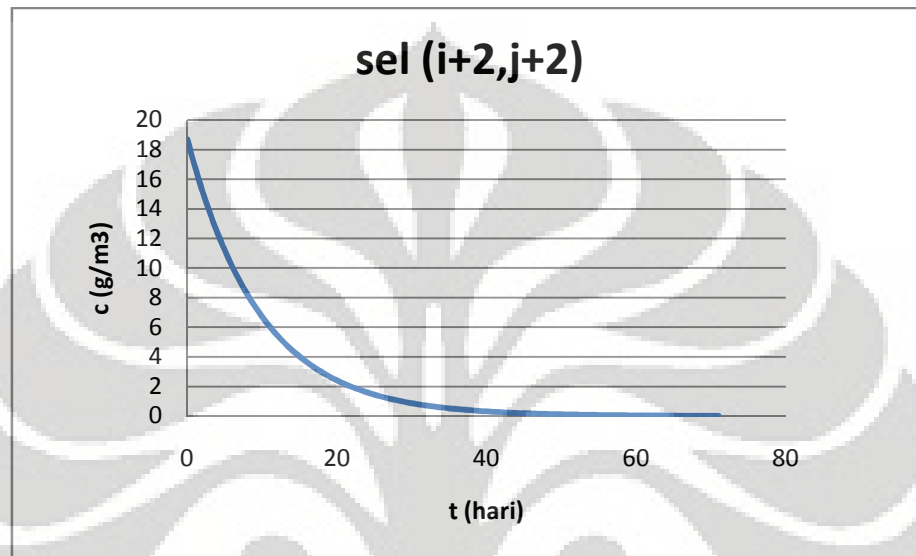
**Gambar 4.16** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j-1) akibat pembebanan konstan



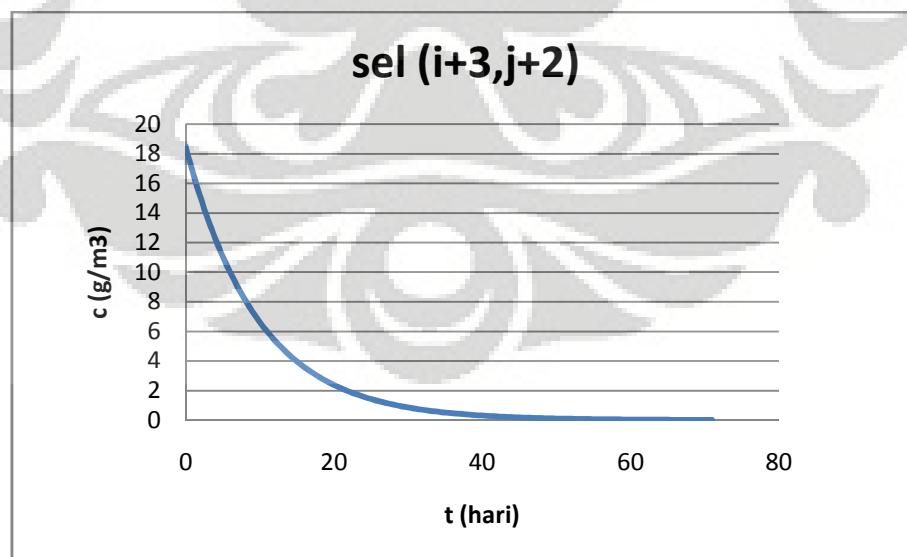
**Gambar 4.17** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+2) akibat pembebanan konstan

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



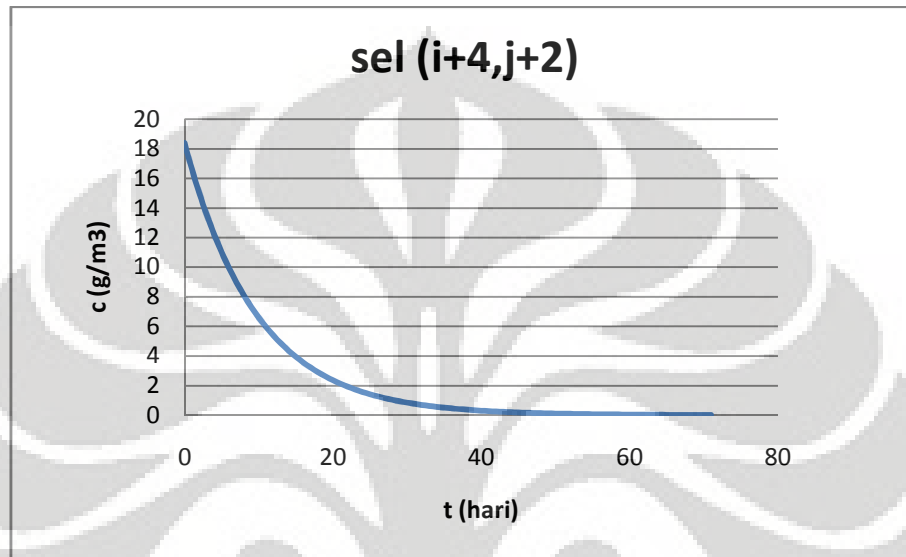
**Gambar 4.18** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+2) akibat pembebanan konstan



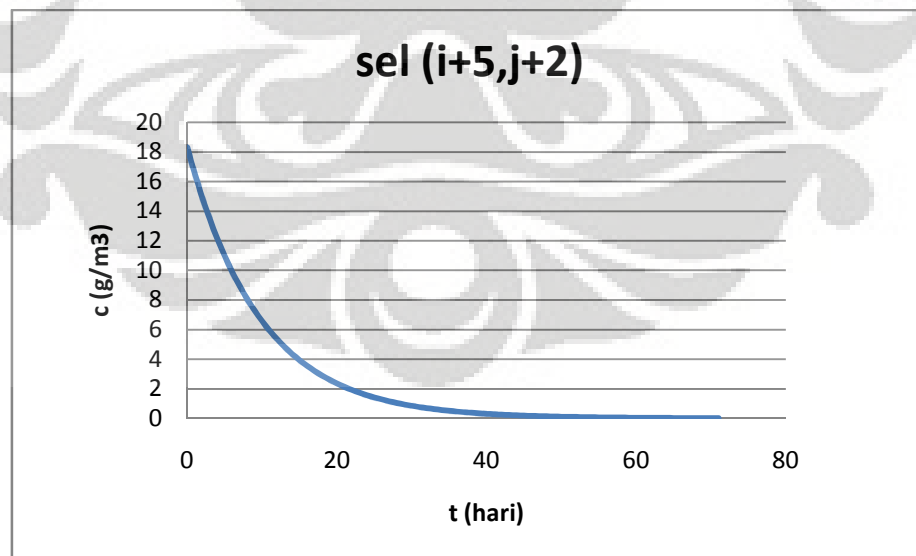
**Gambar 4.19** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+2) akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |                             |                             |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | <b><math>i+4,j+2</math></b> | <b><math>i+5,j+2</math></b> |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$                   | $i+5,j+1$                   |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$                     | $i+5,j$                     |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$                   | $i+5,j-1$                   |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$                   |                             |



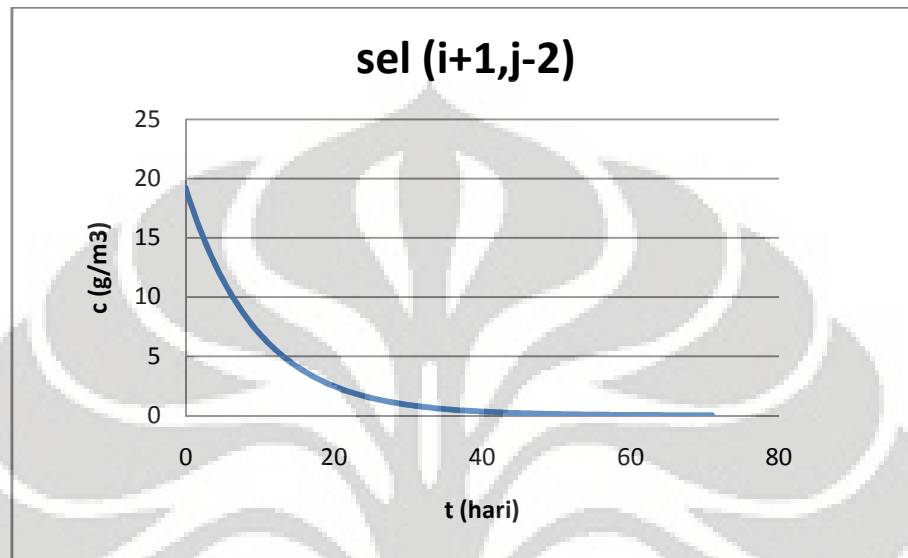
**Gambar 4.20** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+2) akibat pembebanan konstan



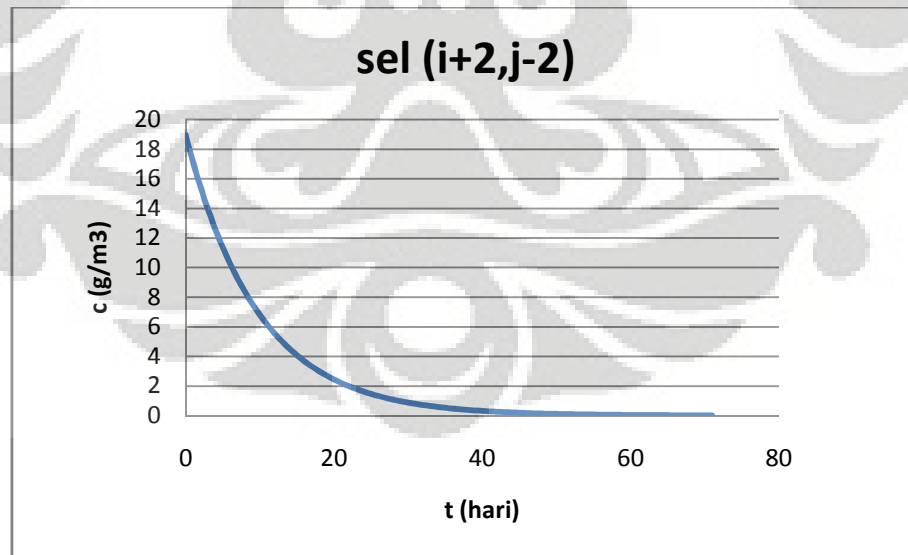
**Gambar 4.21** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+2) akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



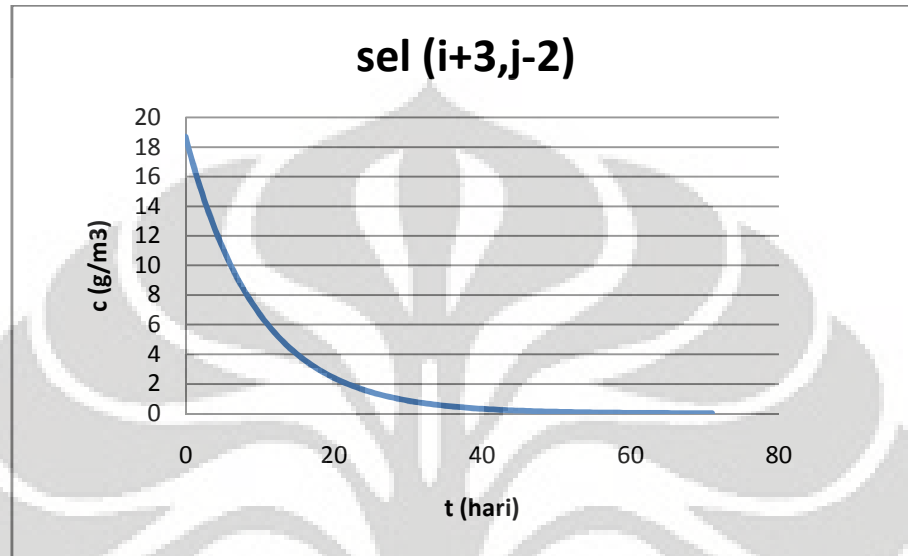
**Gambar 4.22** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-2) akibat pembebanan konstan



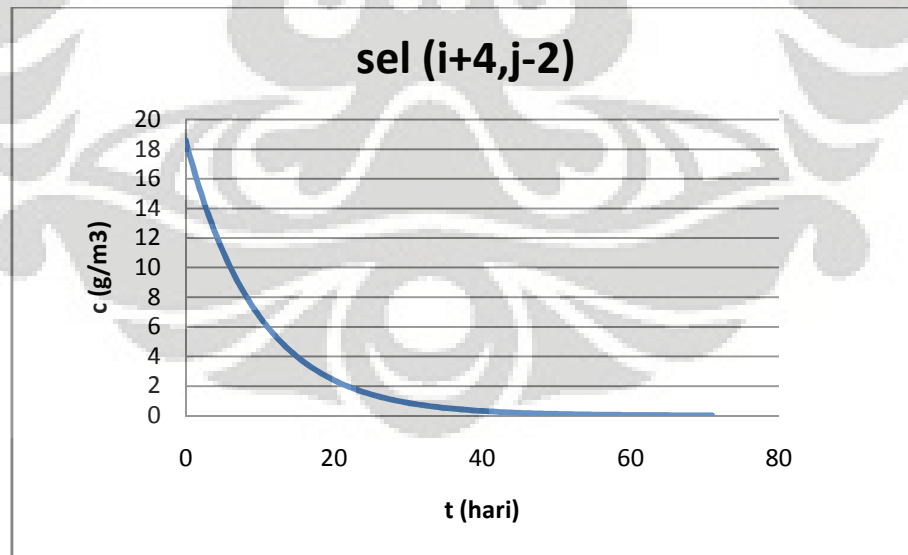
**Gambar 4.23** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-2) akibat pembebanan konstan

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



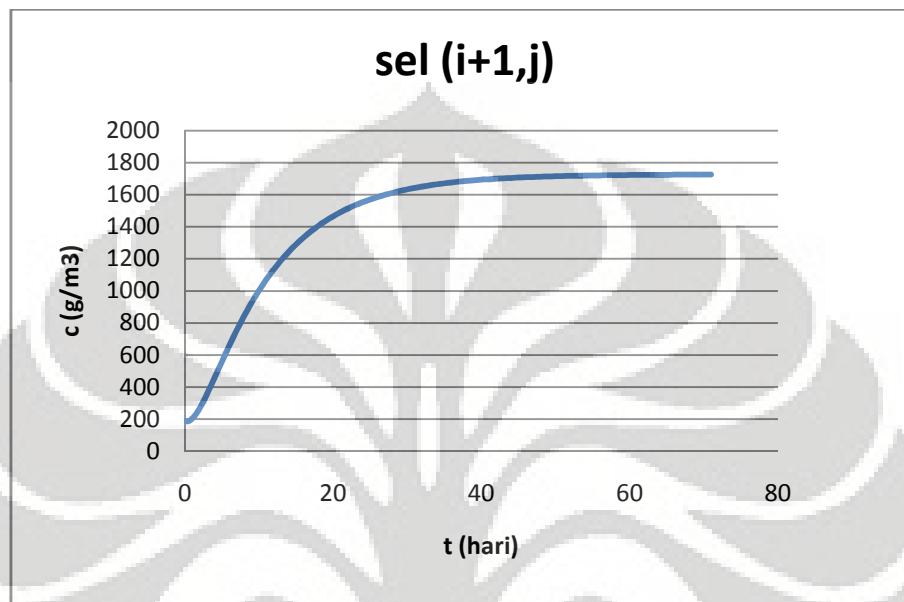
**Gambar 4.24** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-2) akibat pembebanan konstan



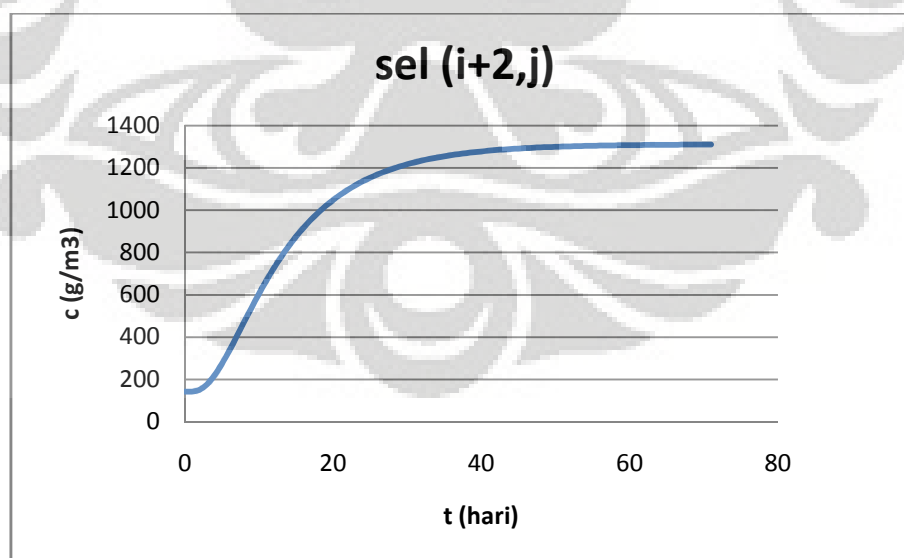
**Gambar 4.25** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-2) akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



**Gambar 4.26** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+1, j)$  akibat pembebanan konstan

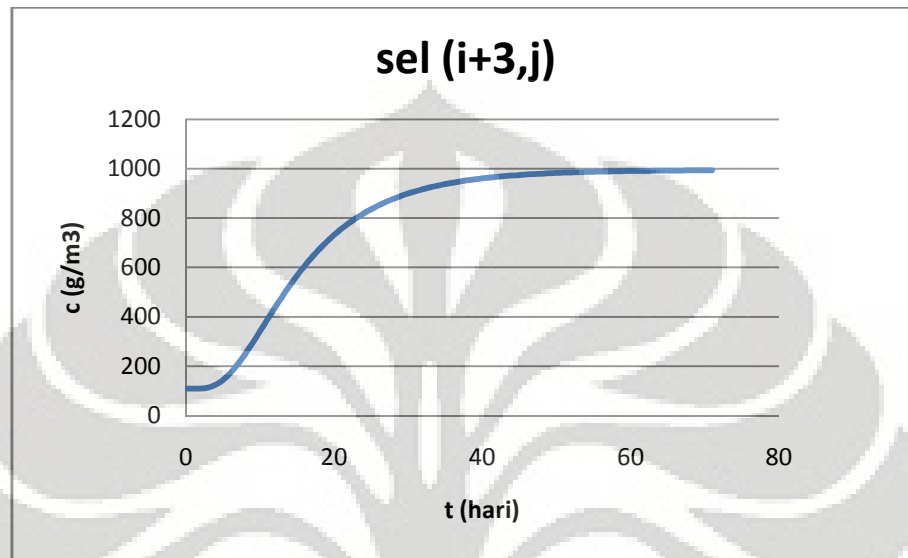


**Gambar 4.27** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+2, j)$  akibat pembebanan konstan

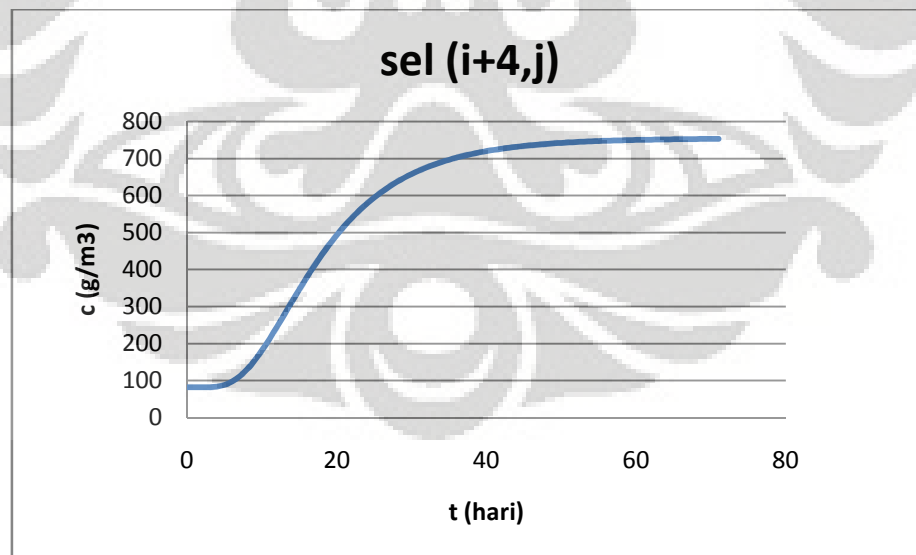


diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



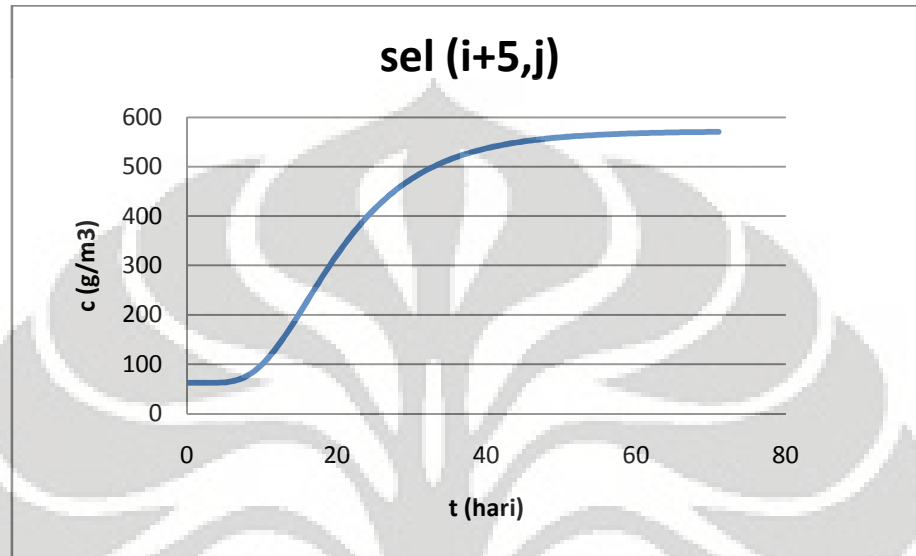
**Gambar 4.28** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+3, j)$  akibat pembebanan konstan



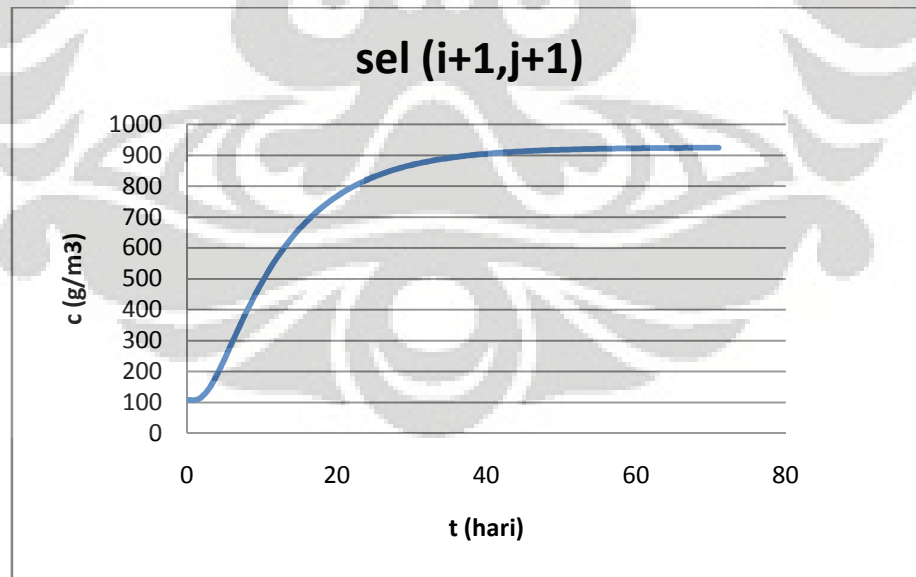
**Gambar 4.29** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+4, j)$  akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



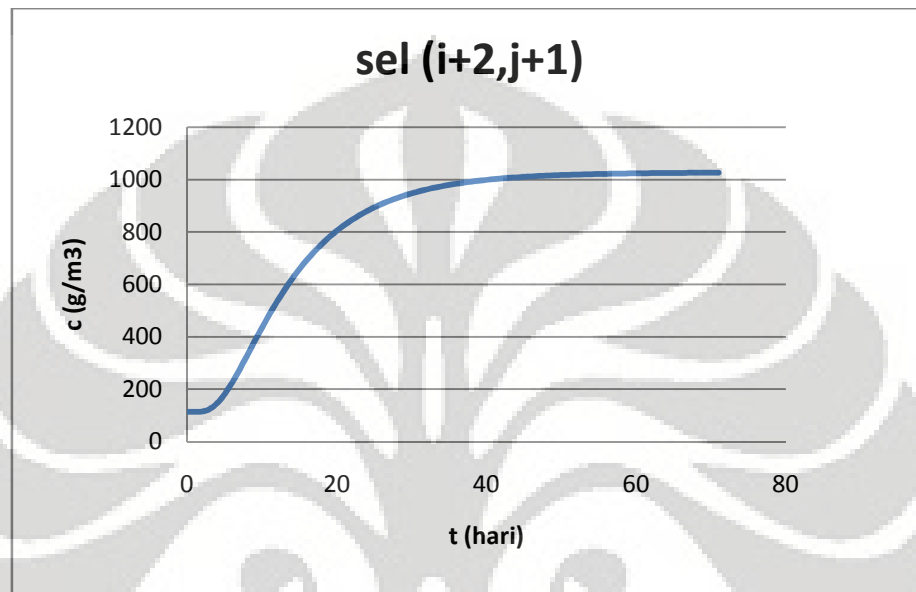
**Gambar 4.30** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+5, j)$  akibat pembebanan konstan



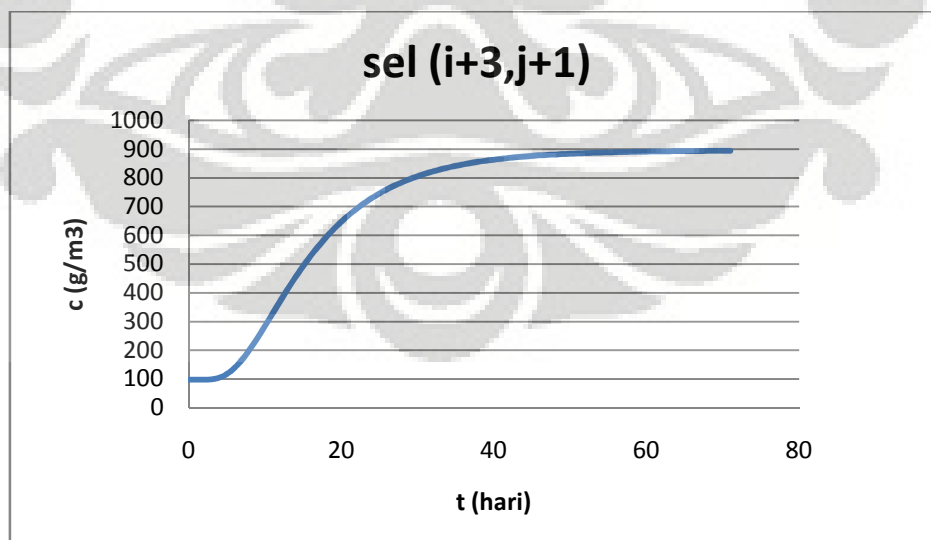
**Gambar 4.31** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+1, j+1)$  akibat pembebanan konstan

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



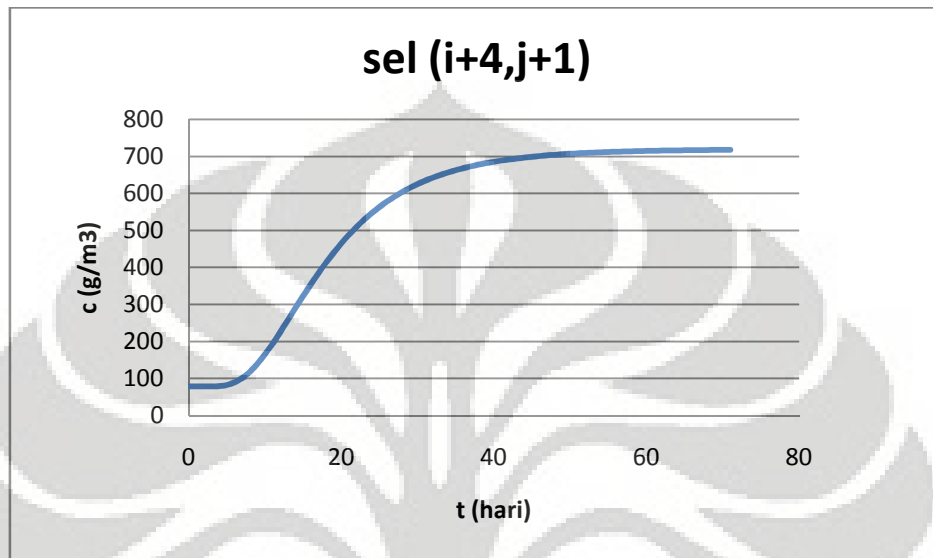
**Gambar 4.32** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+1) akibat pembebanan konstan



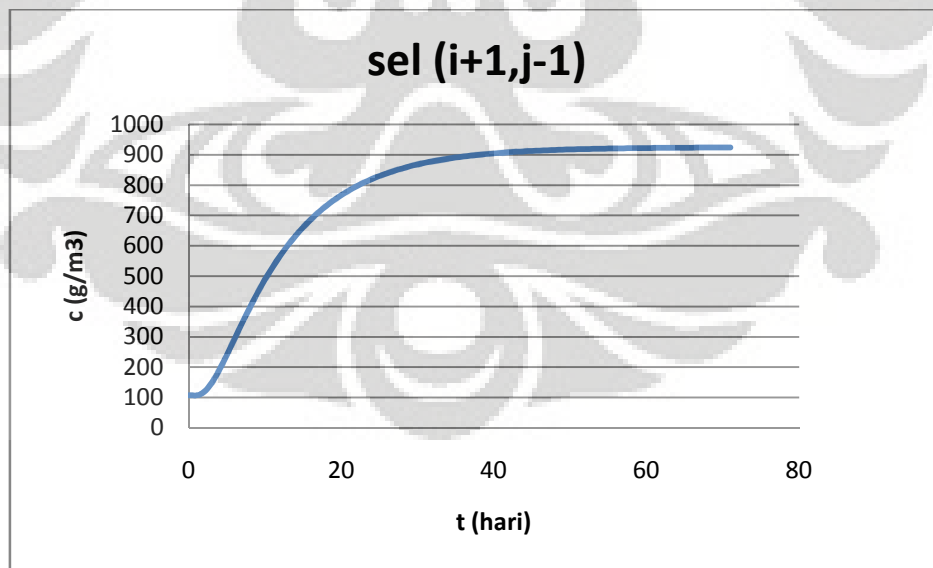
**Gambar 4.33** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+1) akibat pembebanan konstan

diskritasi sel:

|         |                             |           |           |                             |           |
|---------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|
|         | $i+1,j+2$                   | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$                   | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$                   | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | <b><math>i+4,j+1</math></b> | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$                     | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$                     | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | <b><math>i+1,j-1</math></b> | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$                   | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$                   | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$                   |           |



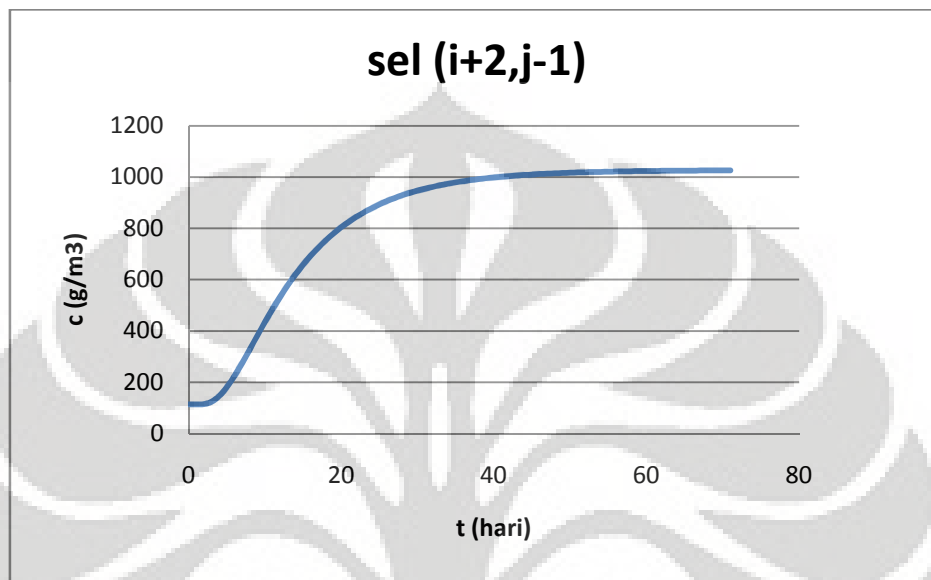
**Gambar 4.34** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+1) akibat pembebanan konstan



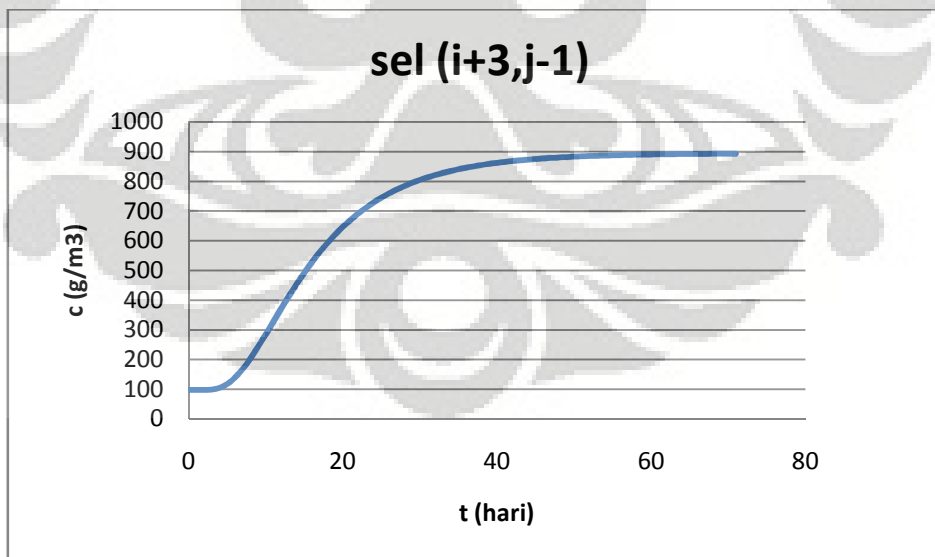
**Gambar 4.35** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-1) akibat pembebanan konstan

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



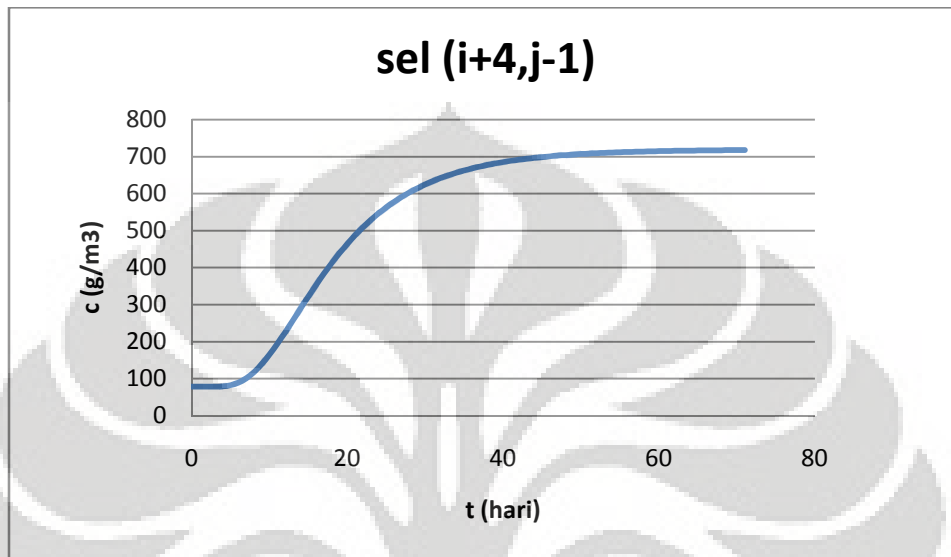
**Gambar 4.36** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-1) akibat pembebanan konstan



**Gambar 4.37** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-1) akibat pembebanan konstan

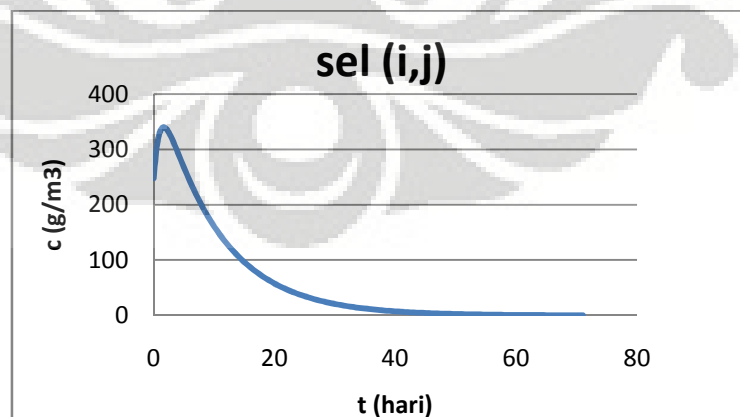
diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



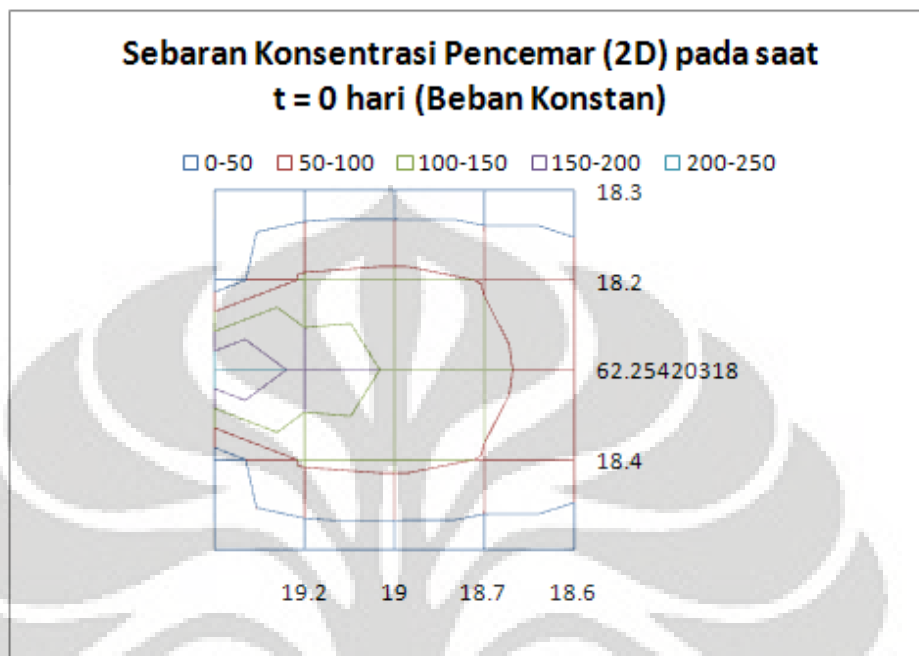
**Gambar 4.38** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-1) akibat pembebanan konstan

Oleh karena pembebanan yang terjadi pada sel  $i,j$  konstan, maka grafik respon kecepatan terhadap waktu yang terjadi merupakan fungsi eksponensial. Hal ini sesuai dengan grafik respon yang terdapat dalam buku Chapra.

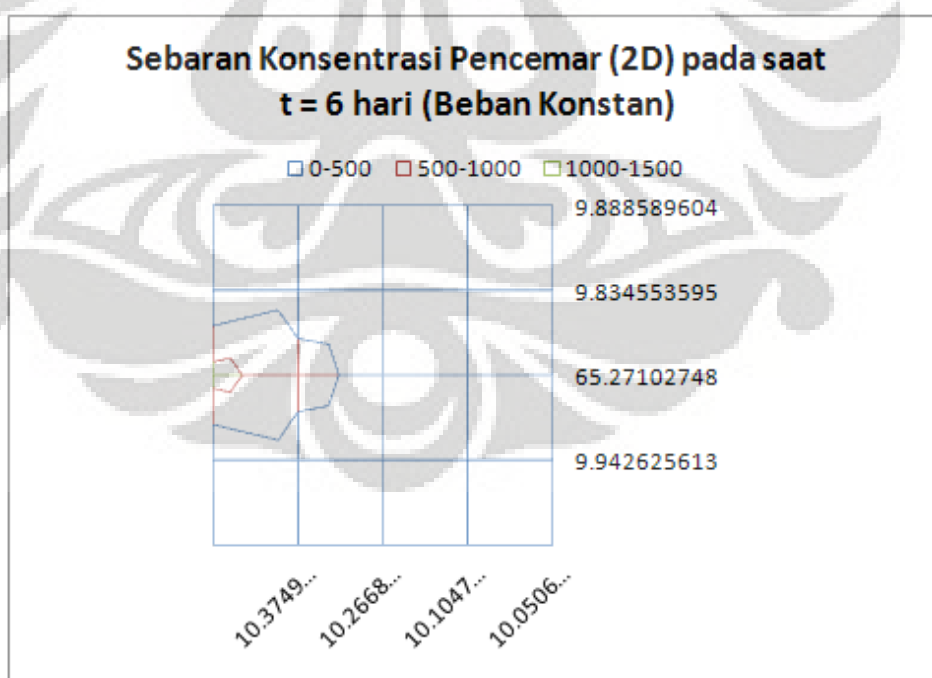


**Gambar 4.39** Grafik respon konsentrasi terhadap waktu

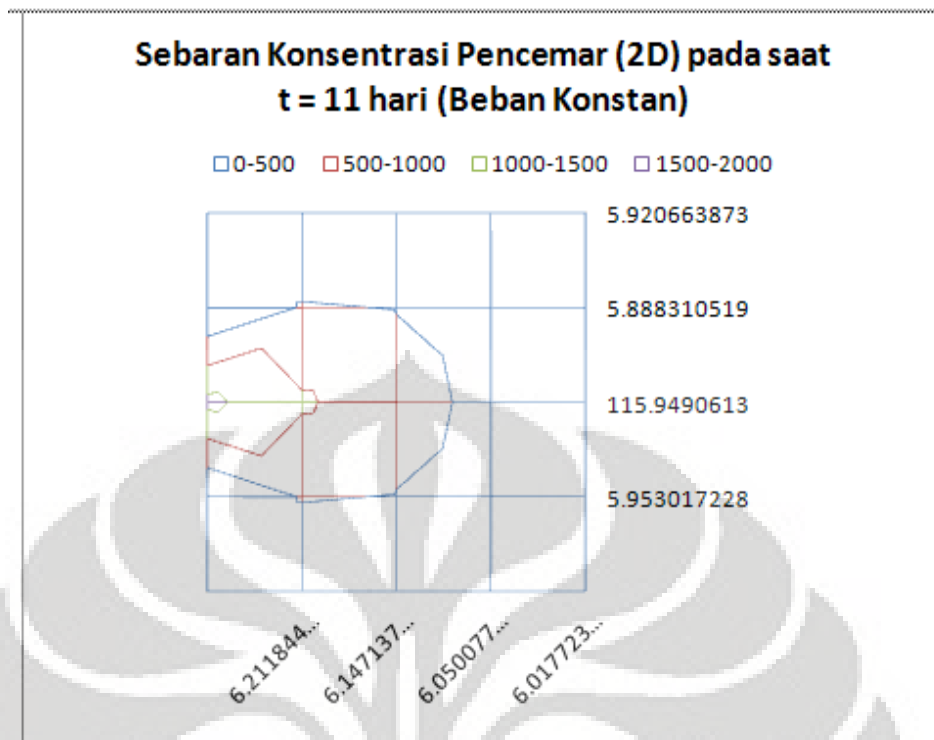
Secara dua dimensi, sebaran konsentrasi pencemar di danau Kenanga akibat beban konstan pada beberapa waktu dapat dilihat pada gambar berikut.



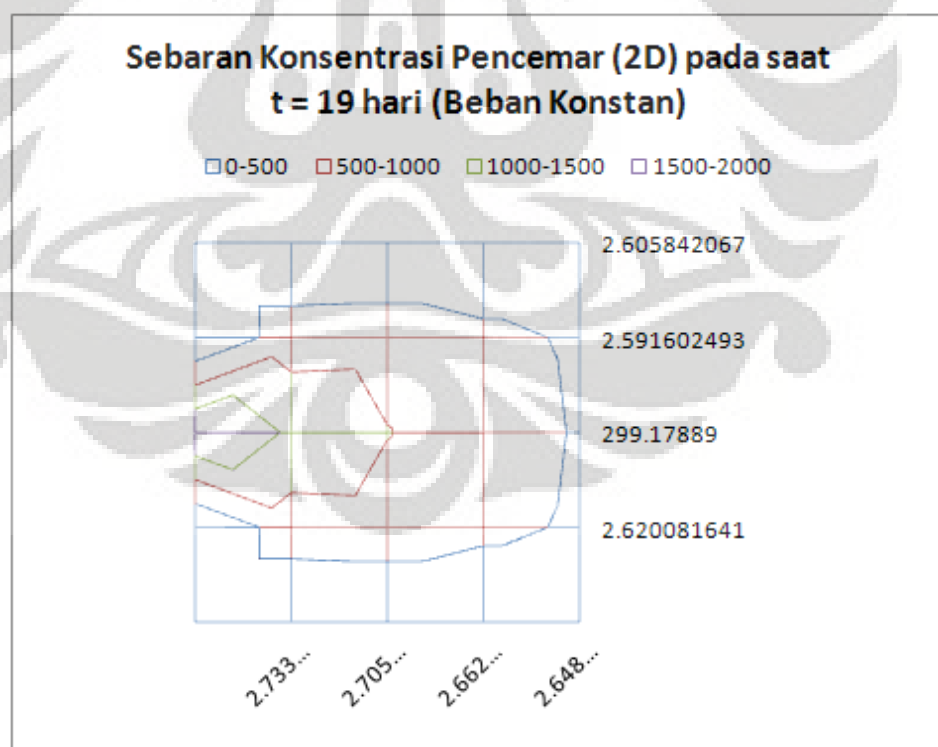
**Gambar 4.40** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=0$  hari akibat pembebanan konstan



**Gambar 4.41** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=6$  hari akibat pembebanan konstan

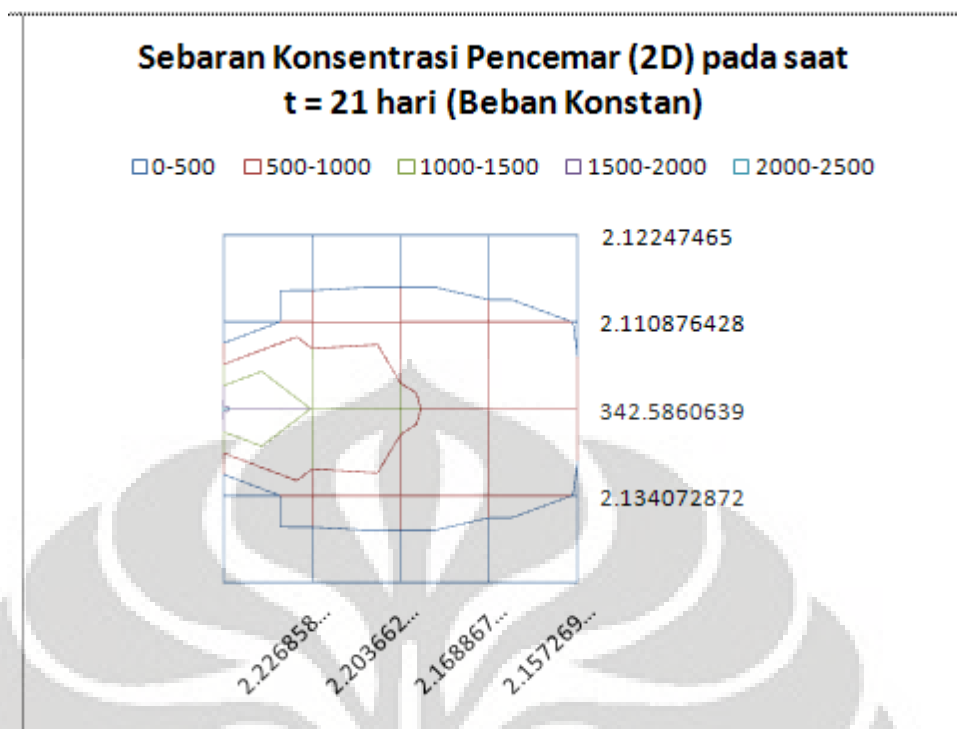


**Gambar 4.42** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=11$  hari akibat pembebanan konstan

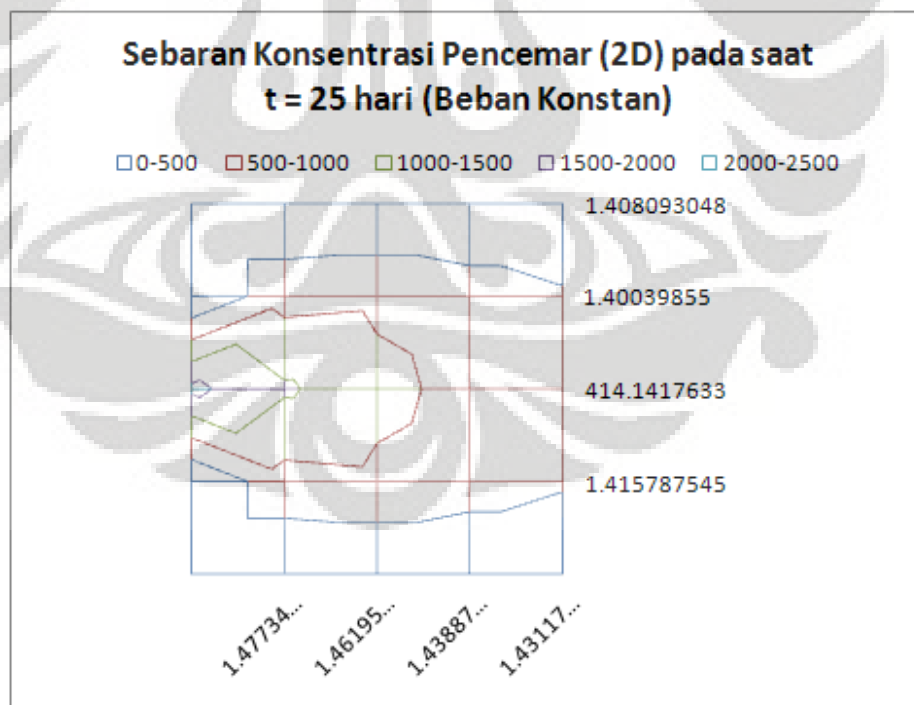


**Gambar 4.43** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=19$  hari akibat pembebanan konstan

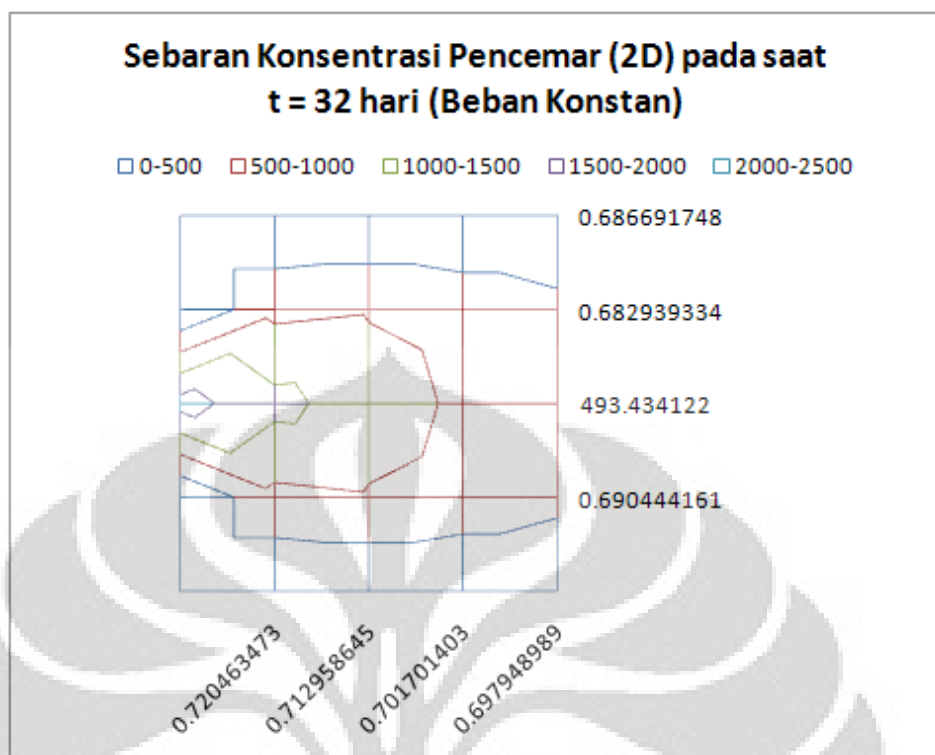




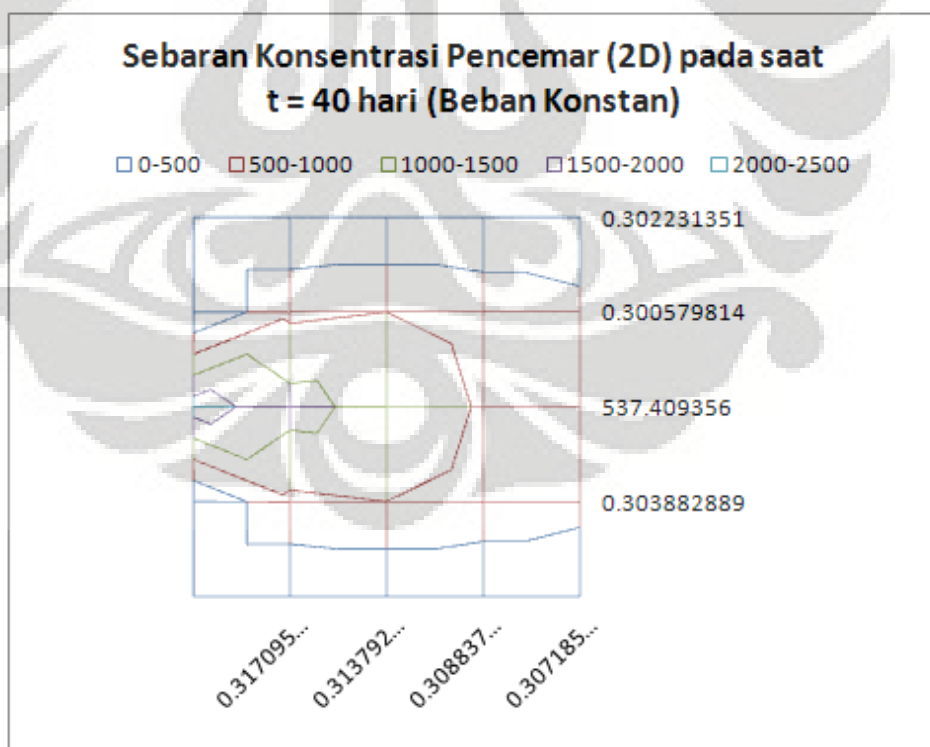
**Gambar 4.44** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=21$  hari akibat pembebanan konstan



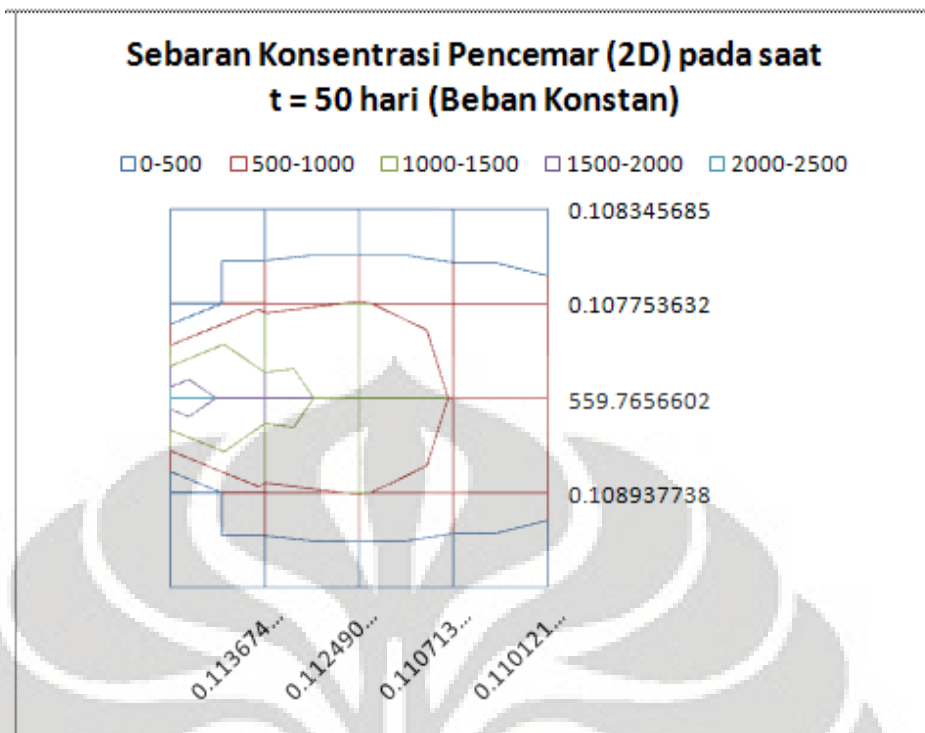
**Gambar 4.45** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=25$  hari akibat pembebanan konstan



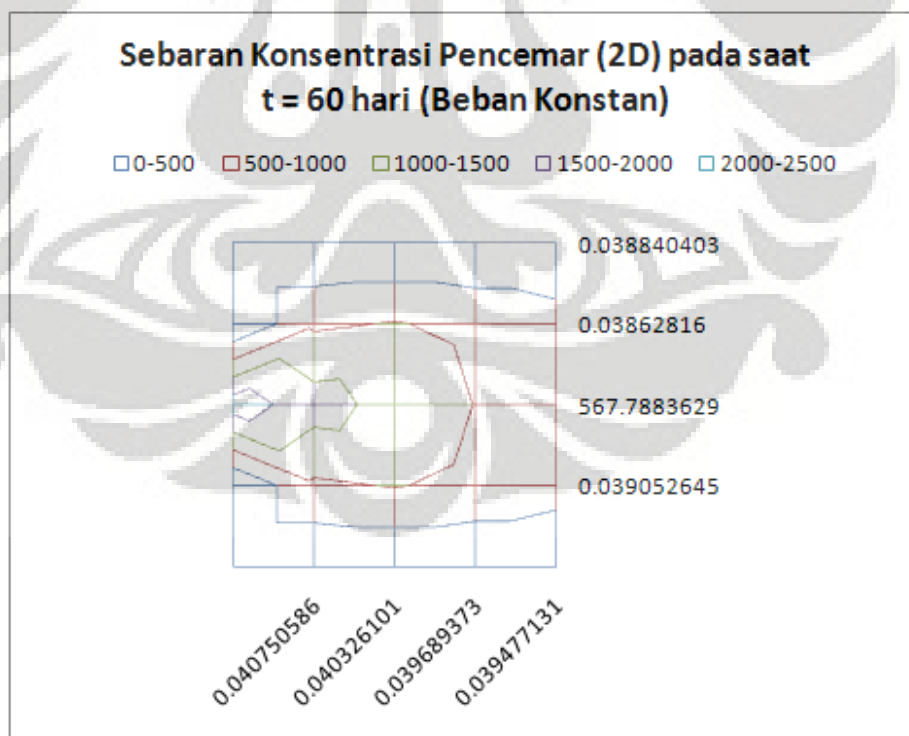
**Gambar 4.46** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=32$  hari akibat pembebanan konstan



**Gambar 4.47** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=40$  hari akibat pembebanan konstan



**Gambar 4.48** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=50$  hari akibat pembebanan konstan

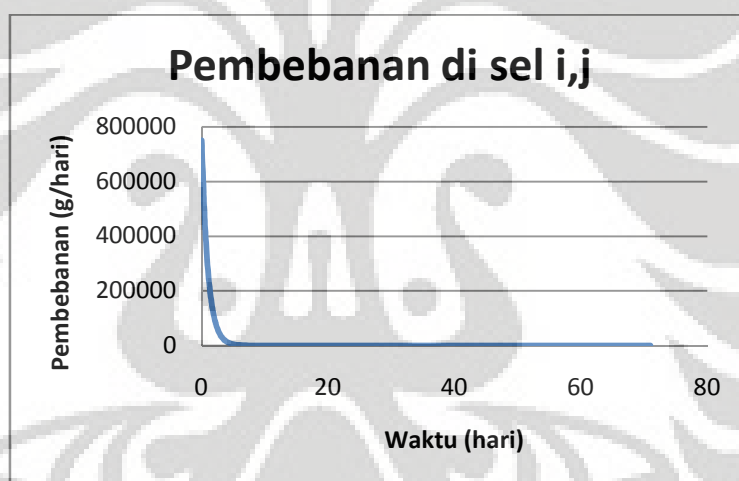


**Gambar 4.49** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=60$  hari akibat pembebanan konstan

#### 4.2.3.2. Beban Pencemar Berubah terhadap Waktu

Terdapat limbah domestik dari Kota Depok yang masuk kedalam danau Kenanga melalui inlet. Untuk konservasi danau Kenanga UI yang telah tercemar dan pihak UI tidak ingin ada limbah yang masuk ke dalam kawasan danau UI, maka dibuat peraturan dengan masih dibolehkannya limbah domestik masuk kawasan kampus UI dengan catatan limbah yang masuk memenuhi persamaan eksponensial sebesar  $W(t) = W_0 \cdot e^{-t}$ . Diharapkan dengan kebijakan seperti itu, perlahan-lahan danau UI kembali pulih dan tidak tercemar.

Kondisi pembebanan berdasarkan fungsi eksponensial seperti diatas dimasukkan ke dalam model merupakan bentuk pembebanan yang berubah terhadap waktu.



**Gambar 4.50** Grafik pembebanan berubah terhadap waktu di sel (i,j)

Dengan menggunakan simulasi yang telah dibentuk, TSS di dalam danau hanya mengalami mekanisme adveksi dan pengendapan sehingga persamaan disimulasi untuk mekanisme reaksi diabaikan dengan mengisi nilai decay rate,  $k = 0$ . Untuk kondisi *steady*, maka didapat konsentrasi pencemar:

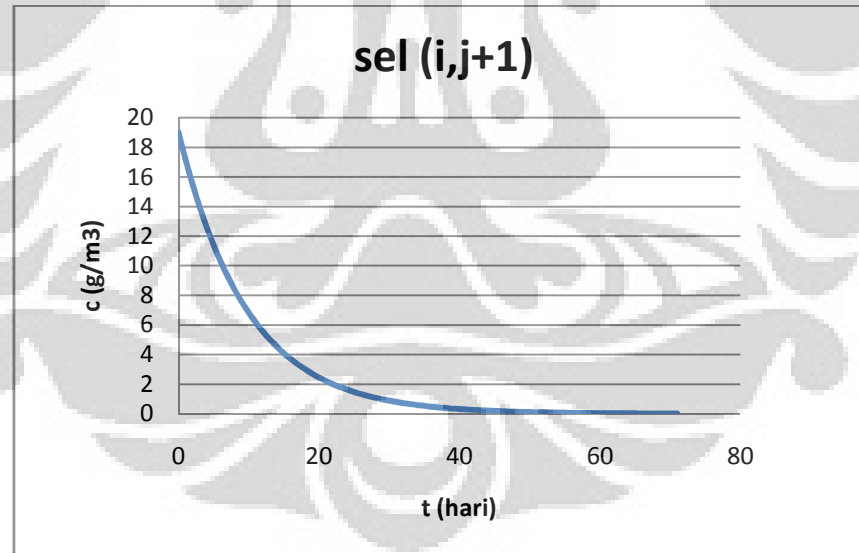
|             |           |           |            |          |         |
|-------------|-----------|-----------|------------|----------|---------|
|             | 19        | 18.7      | 18.5       | 18.4     | 18.3    |
| 19          | 107.3104  | 114.17618 | 98.1685711 | 78.53646 | 18.2    |
| 247.6785714 | 187.96533 | 142.6266  | 108.20732  | 82.08165 | 62.2542 |
| 19.5        | 107.40499 | 114.17521 | 98.1550448 | 78.52401 | 18.4    |
|             | 19.2      | 19        | 18.7       | 18.6     |         |

**Gambar 4.51** Sebaran konsentrasi TSS dalam kondisi *steady* ( $\text{g/m}^3$ )

Berdasarkan pembebanan yang berubah terhadap waktu di sel  $(i,j)$ , maka untuk kondisi *unsteady*, konsentrasi pencemar akan berubah menurut waktu. Dengan menggunakan perubahan waktu (*time step*) sebesar 0,5 hari, maka didapat perubahan konsentrasi TSS untuk masing sel sebagai berikut.

diskritasi sel:

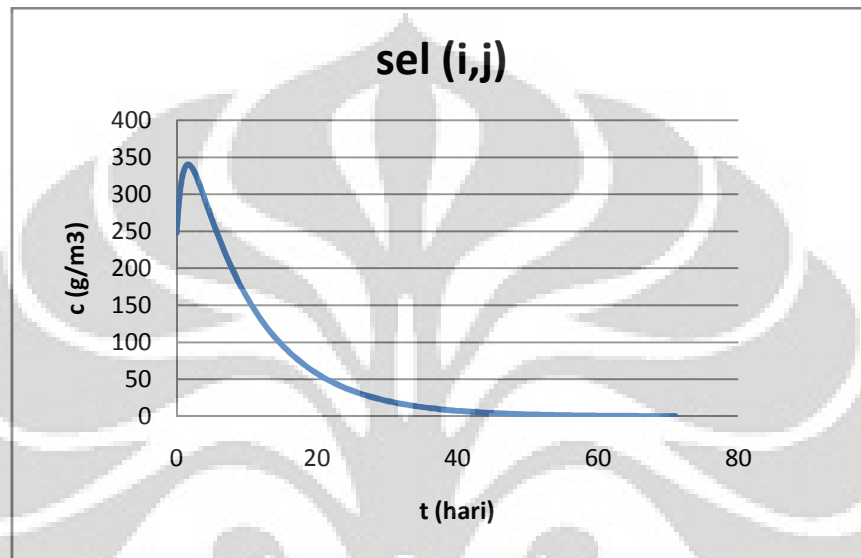
|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



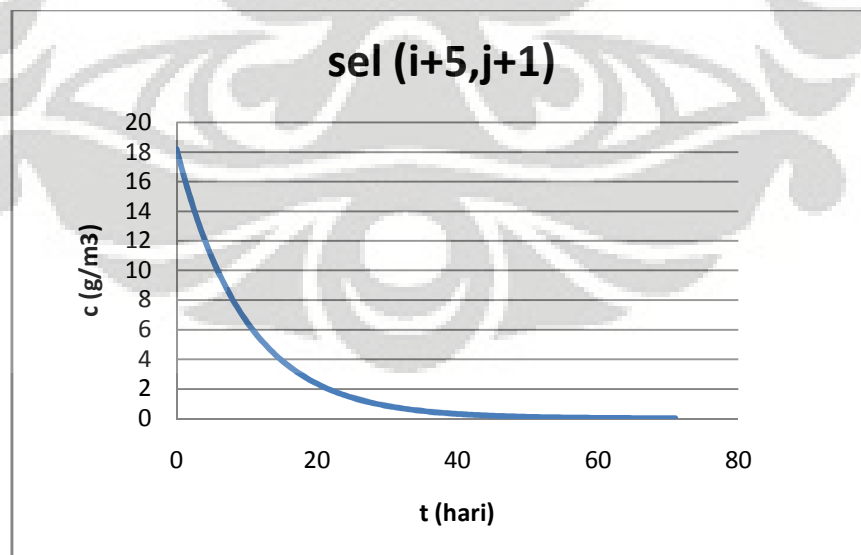
**Gambar 4.52** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i, j+1)$  akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



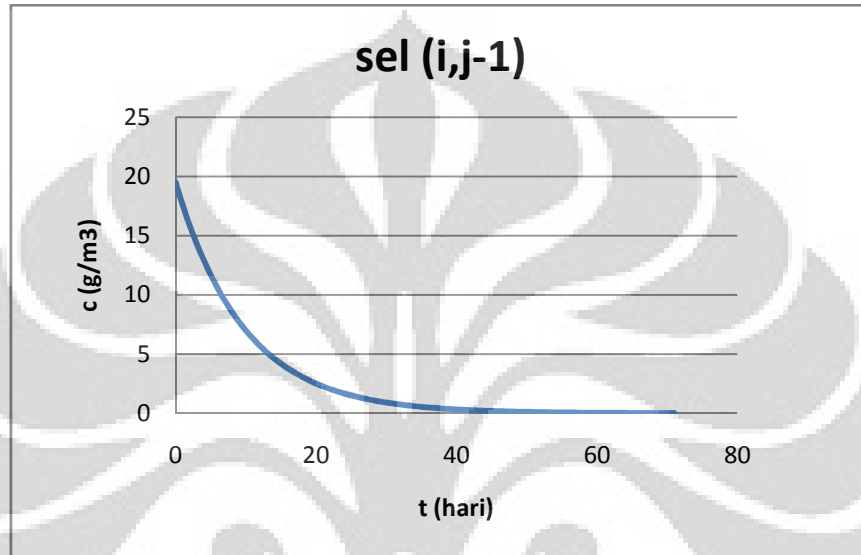
**Gambar 4.53** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



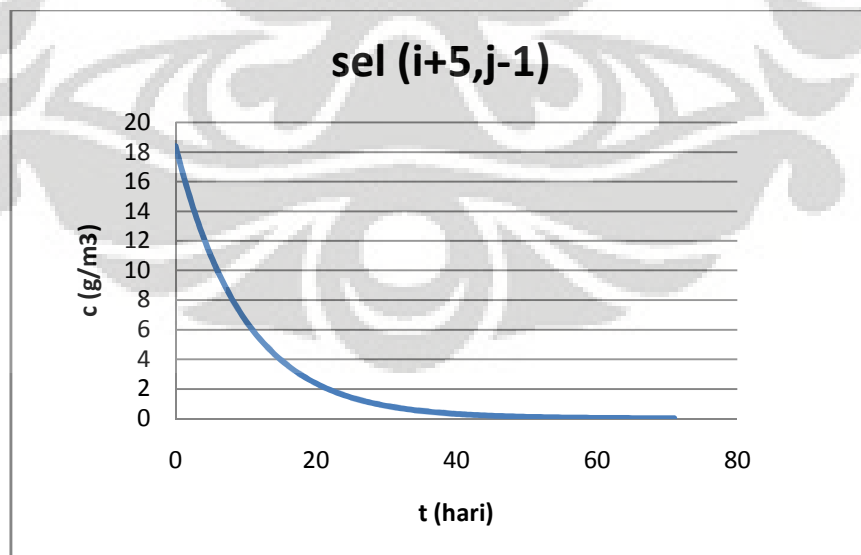
**Gambar 4.54** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



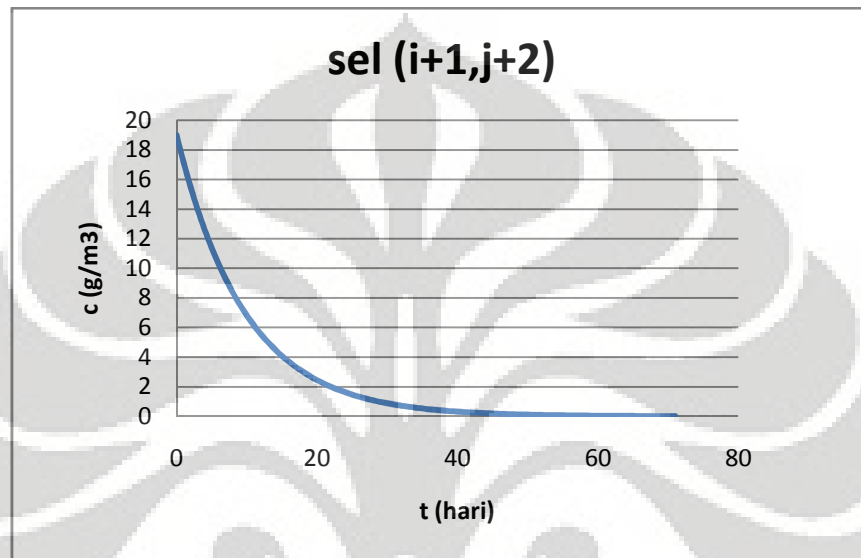
**Gambar 4.55** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i, j-1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



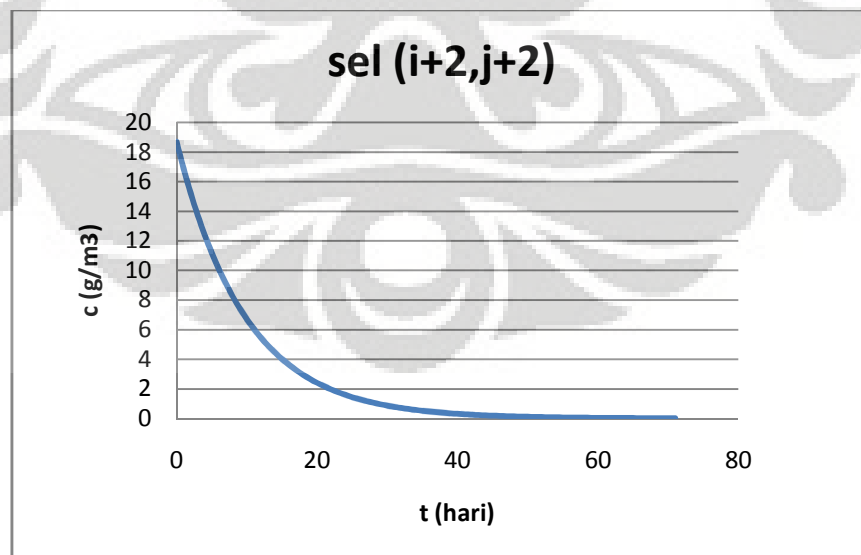
**Gambar 4.56** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j-1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



**Gambar 4.57** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

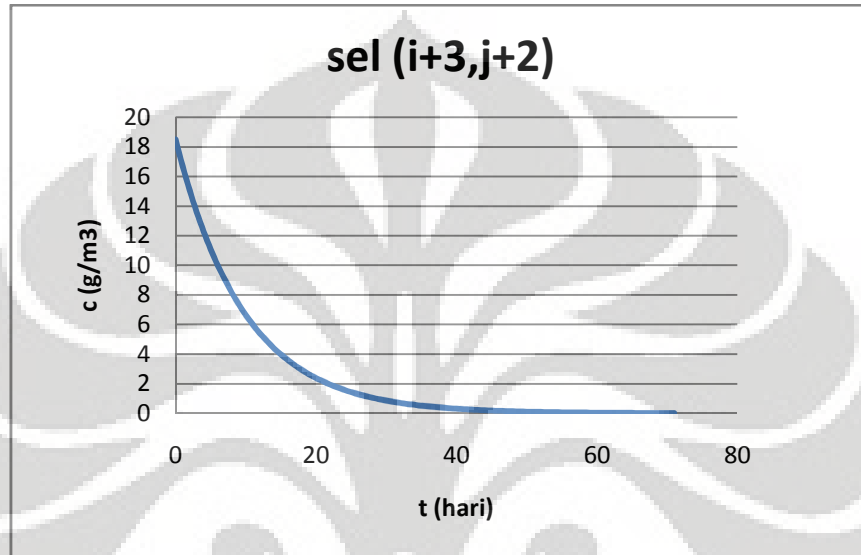


**Gambar 4.58** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

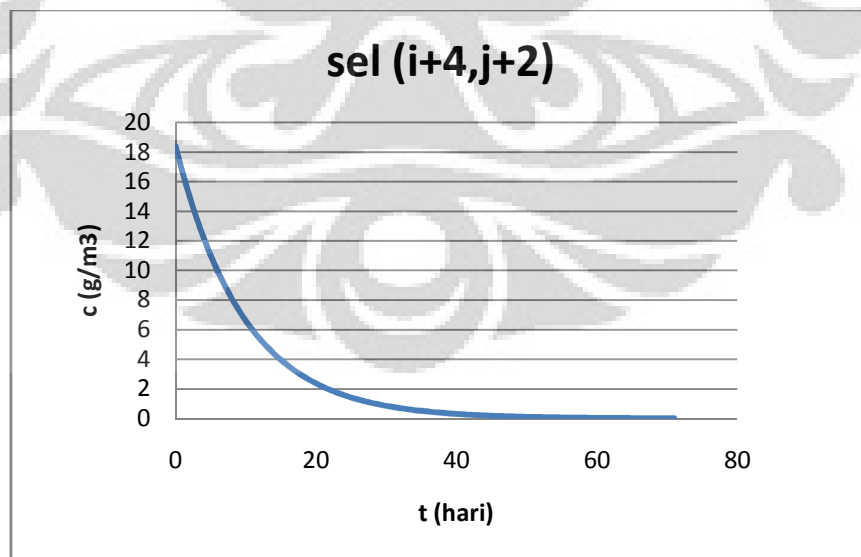


diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



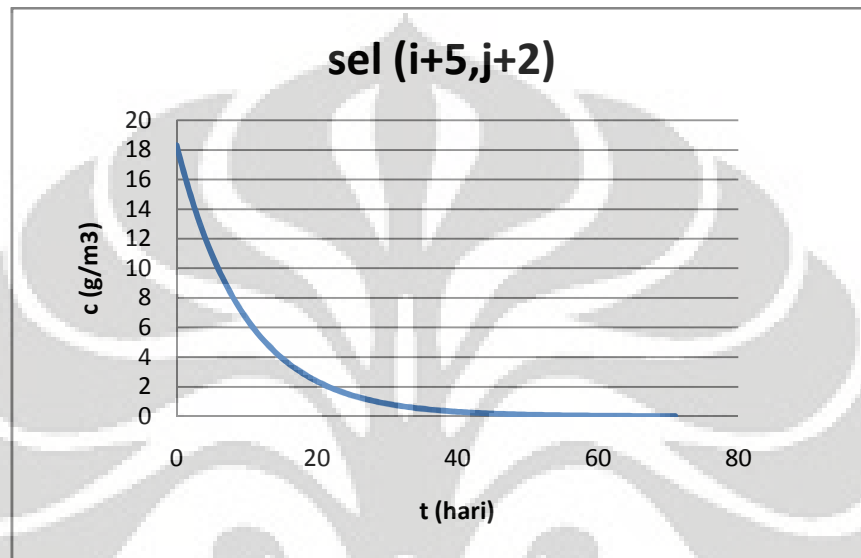
**Gambar 4.59** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



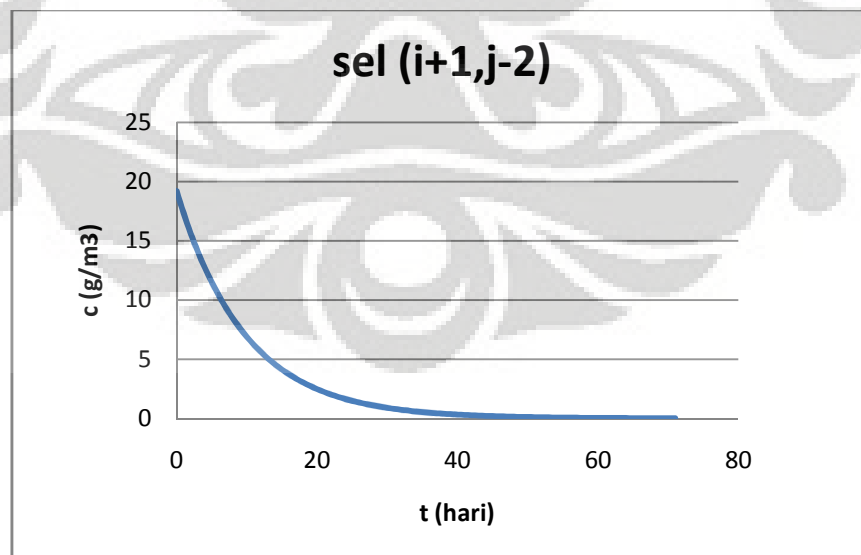
**Gambar 4.60** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



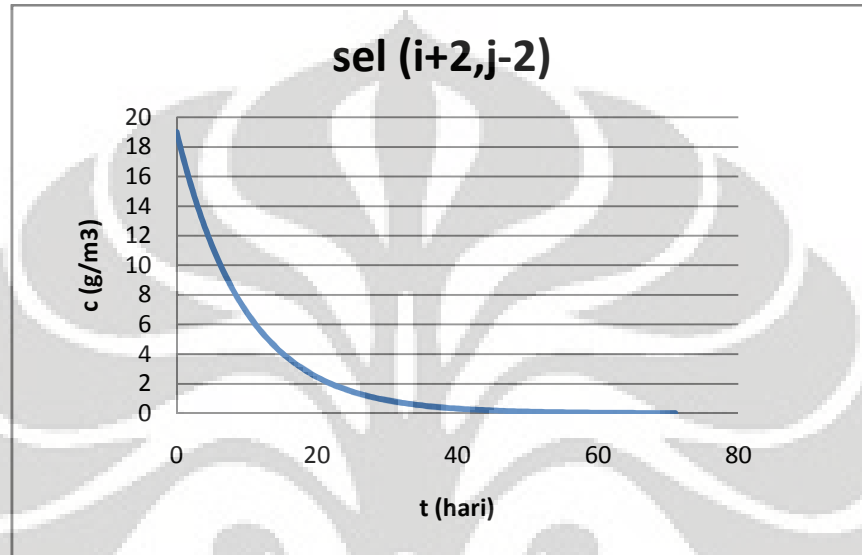
**Gambar 4.61** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j+2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



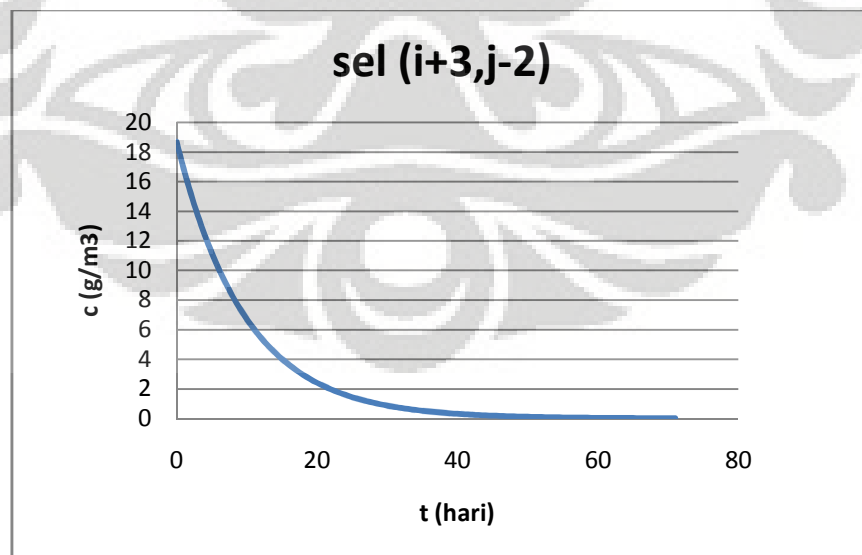
**Gambar 4.62** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j-2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



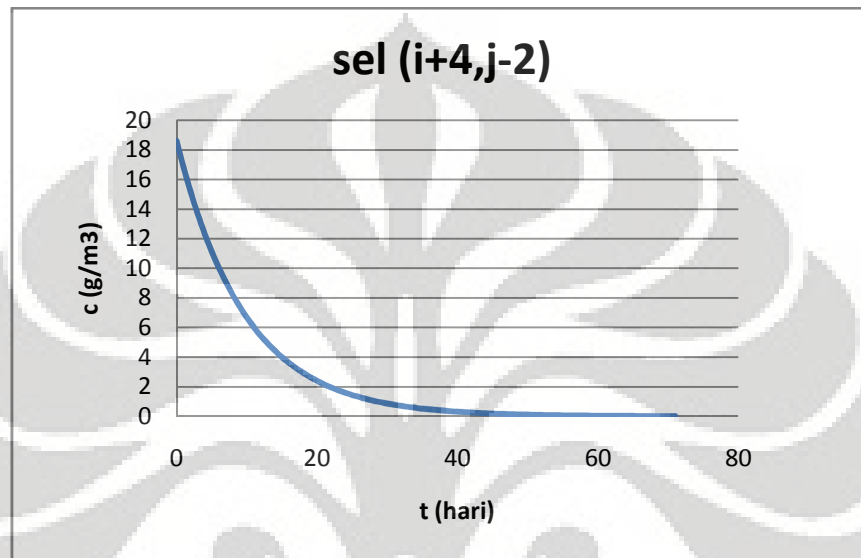
**Gambar 4.63** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j-2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



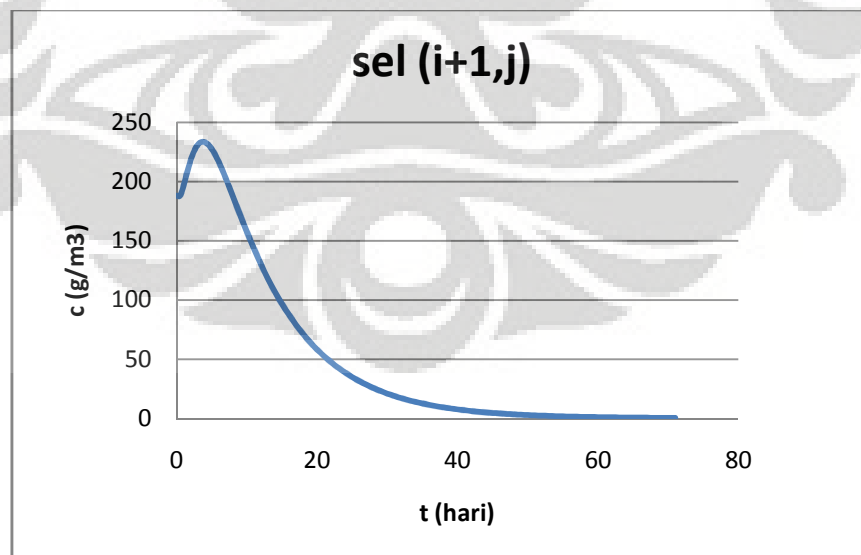
**Gambar 4.64** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



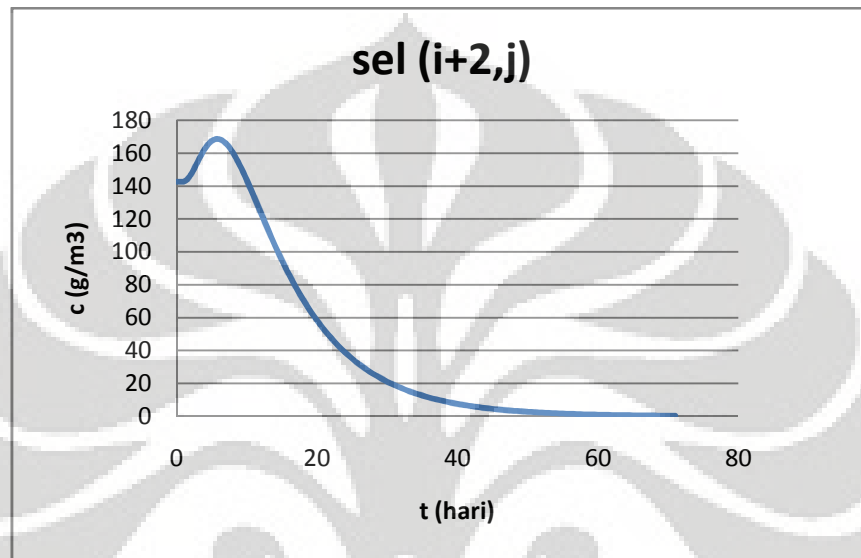
**Gambar 4.65** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-2) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



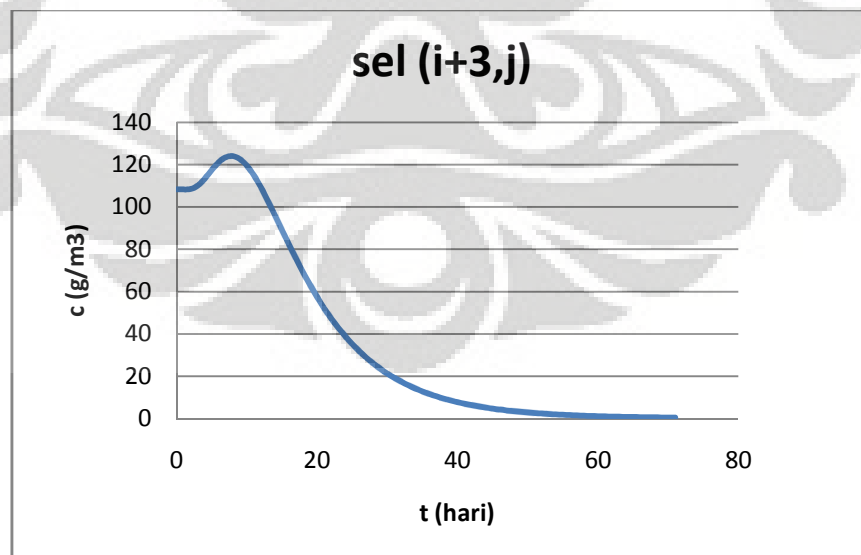
**Gambar 4.66** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



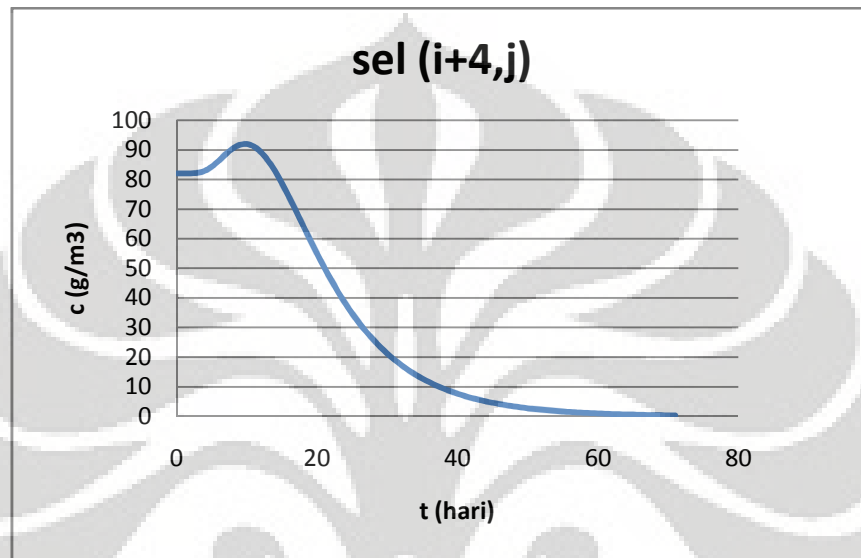
**Gambar 4.67** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel ( $i+2, j$ ) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



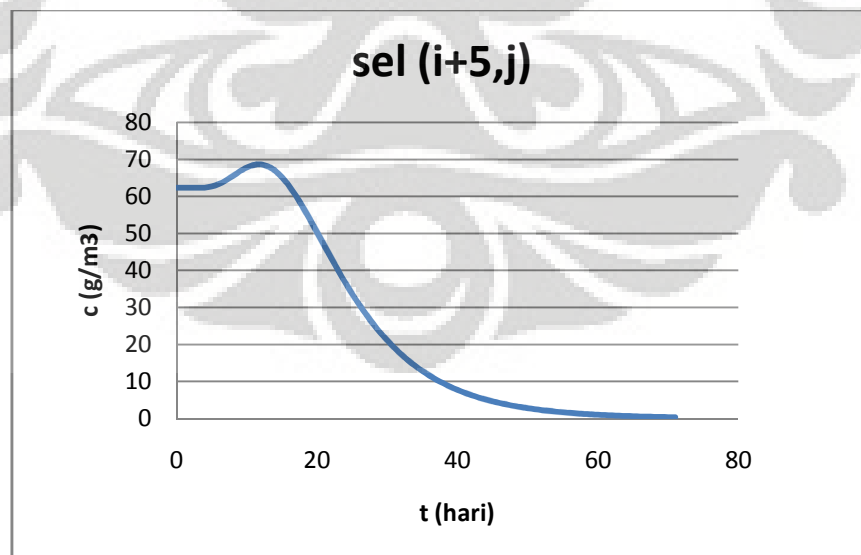
**Gambar 4.68** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel ( $i+3, j$ ) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



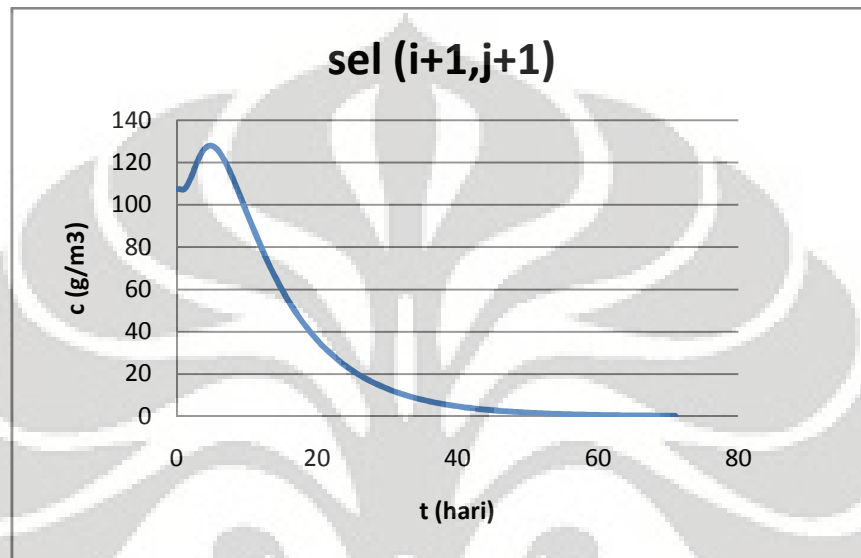
**Gambar 4.69** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



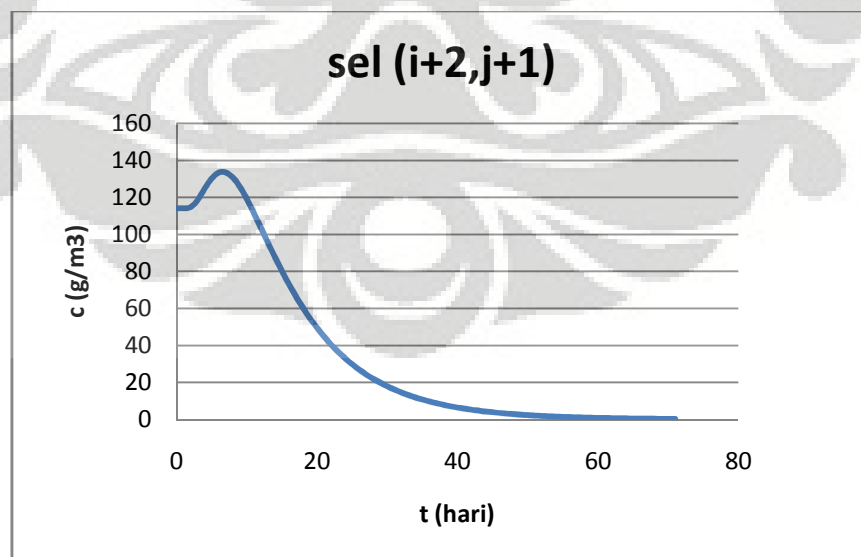
**Gambar 4.70** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+5, j) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



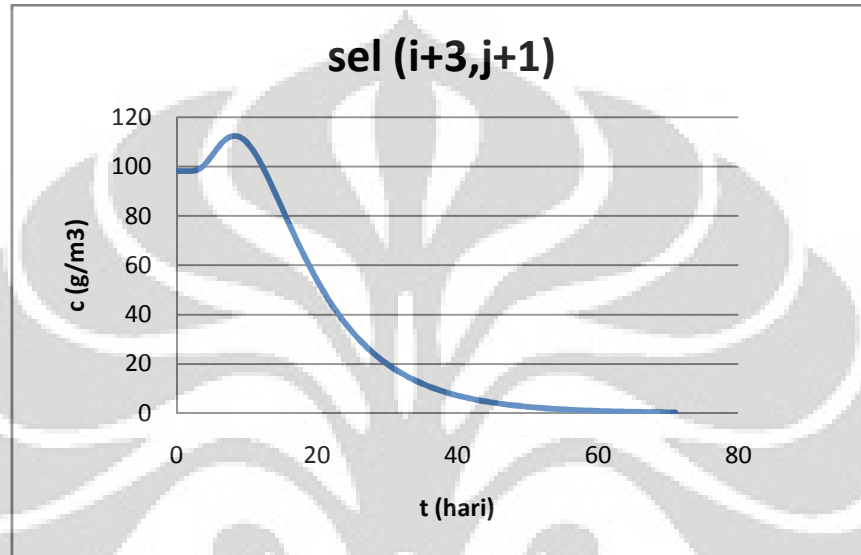
**Gambar 4.71** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+1, j+1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



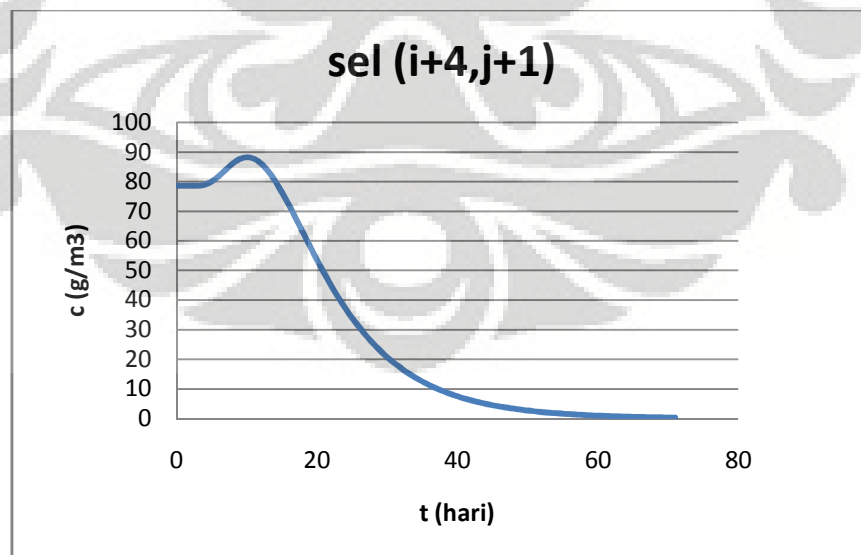
**Gambar 4.72** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+2, j+1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritisasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



**Gambar 4.73** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j+1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

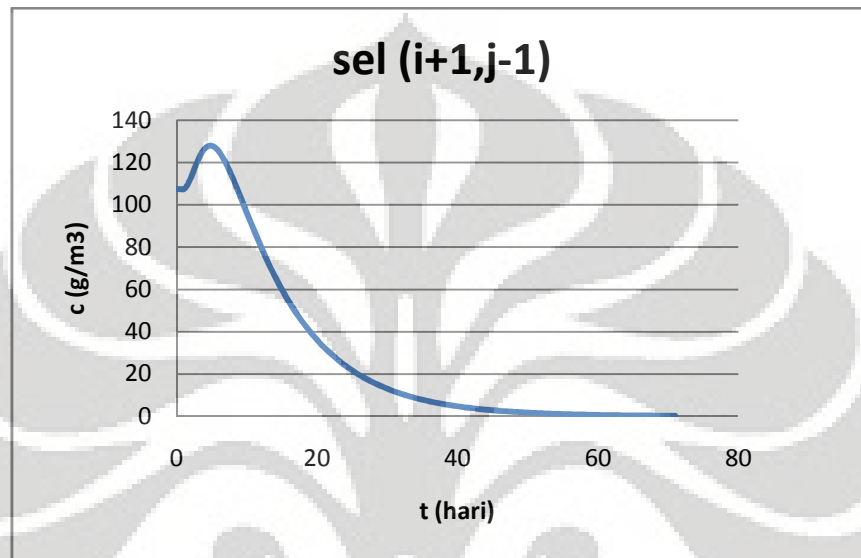


**Gambar 4.74** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j+1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

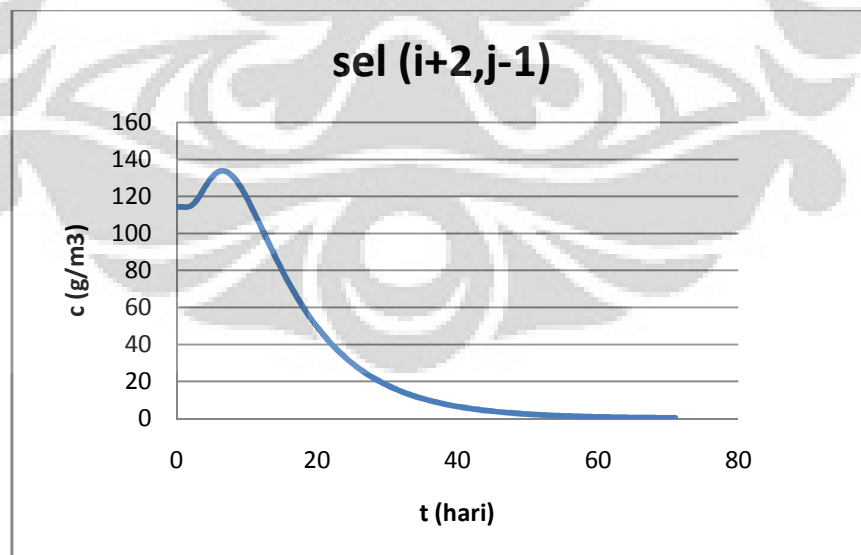


diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



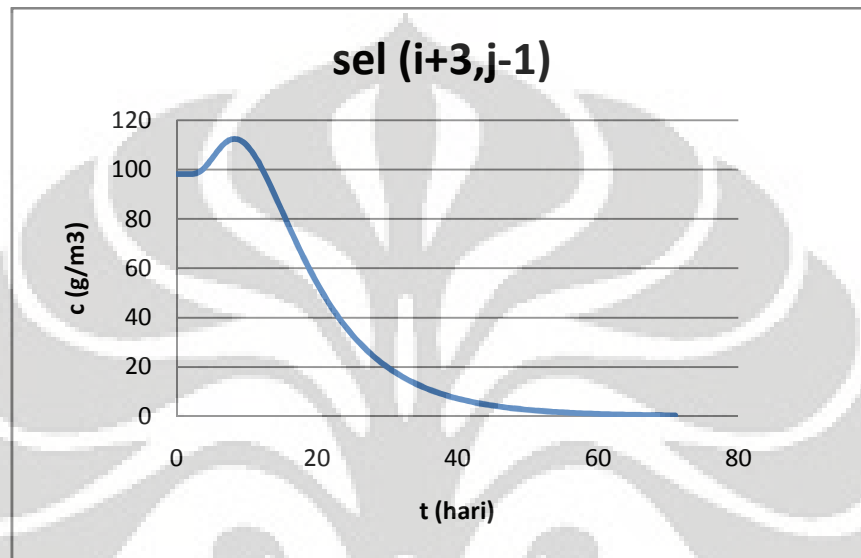
**Gambar 4.75** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+1, j-1)$  akibat pembebanan berubah terhadap waktu



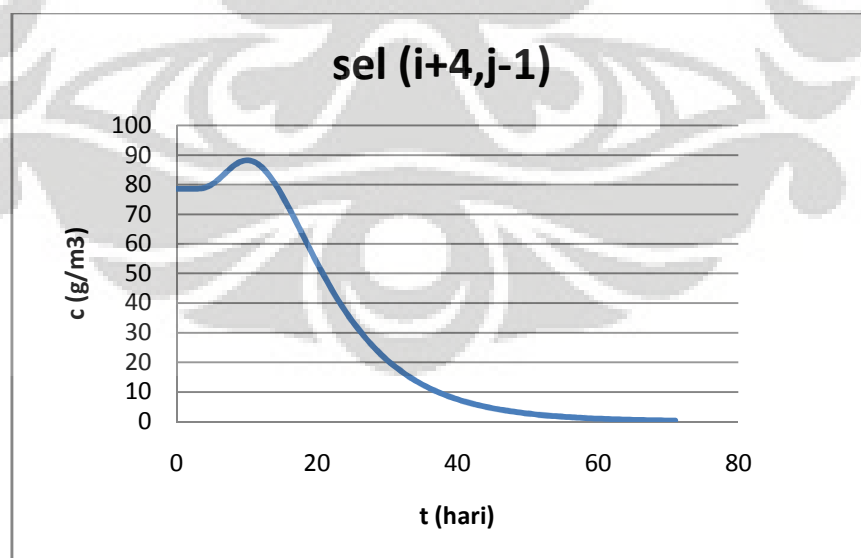
**Gambar 4.76** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel  $(i+2, j-1)$  akibat pembebanan berubah terhadap waktu

diskritasi sel:

|         |           |           |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | $i+1,j+2$ | $i+2,j+2$ | $i+3,j+2$ | $i+4,j+2$ | $i+5,j+2$ |
| $i,j+1$ | $i+1,j+1$ | $i+2,j+1$ | $i+3,j+1$ | $i+4,j+1$ | $i+5,j+1$ |
| $i,j$   | $i+1,j$   | $i+2,j$   | $i+3,j$   | $i+4,j$   | $i+5,j$   |
| $i,j-1$ | $i+1,j-1$ | $i+2,j-1$ | $i+3,j-1$ | $i+4,j-1$ | $i+5,j-1$ |
|         | $i+1,j-2$ | $i+2,j-2$ | $i+3,j-2$ | $i+4,j-2$ |           |



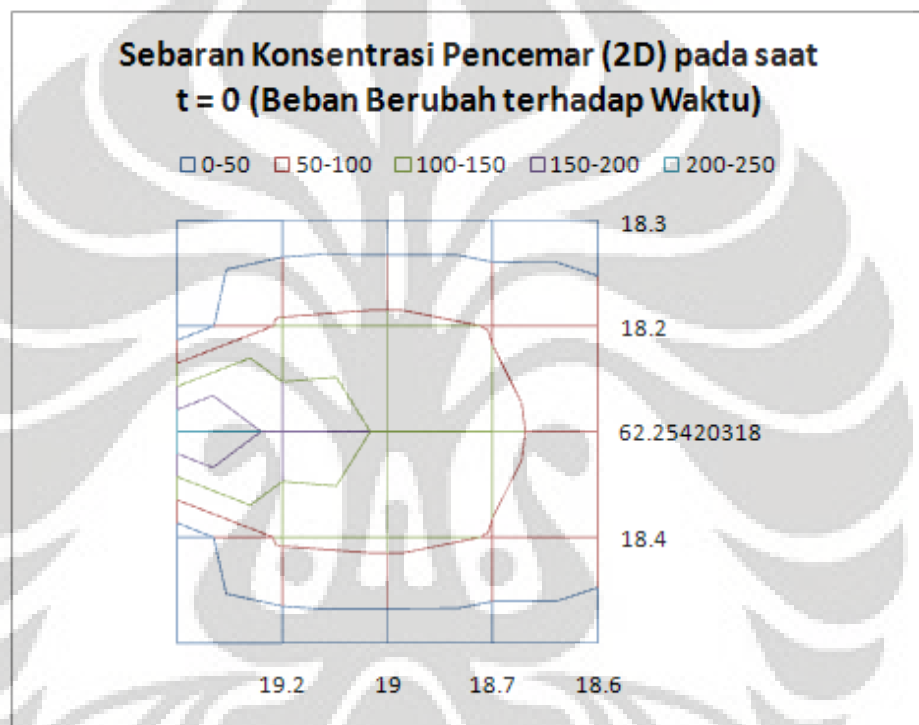
**Gambar 4.77** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+3, j-1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu



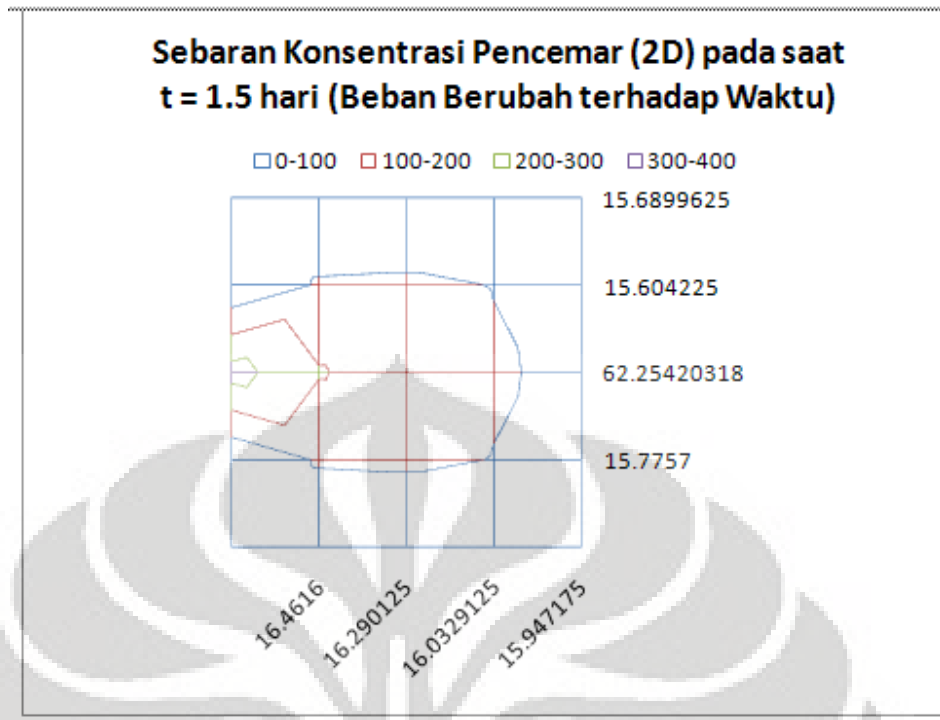
**Gambar 4.78** Grafik respon konsentrasi TSS terhadap waktu di sel (i+4, j-1) akibat pembebanan berubah terhadap waktu

Oleh karena pembebanan yang terjadi pada sel  $i,j$  berubah terhadap waktu, maka grafik respon kecepatan terhadap waktu yang terjadi seperti pada gambar 4.14. Hal ini sesuai dengan grafik respon yang terdapat dalam buku Chapra.

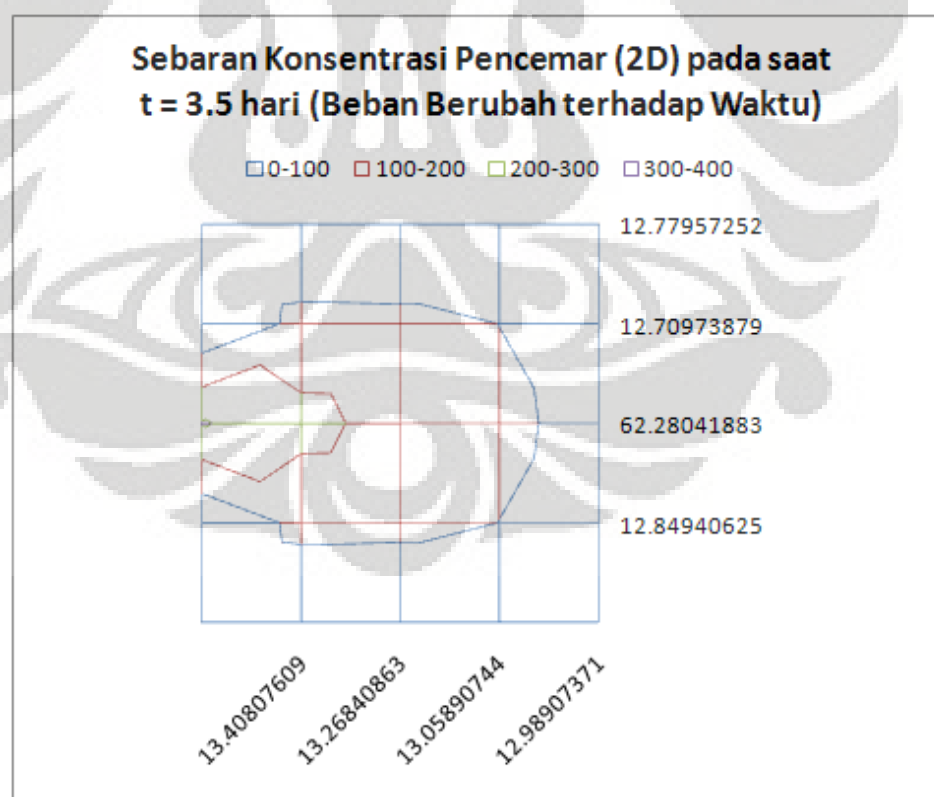
Secara dua dimensi, sebaran konsentrasi pencemar di danau Kenanga akibat beban yang berubah terhadap waktu pada beberapa waktu dapat dilihat pada gambar berikut.



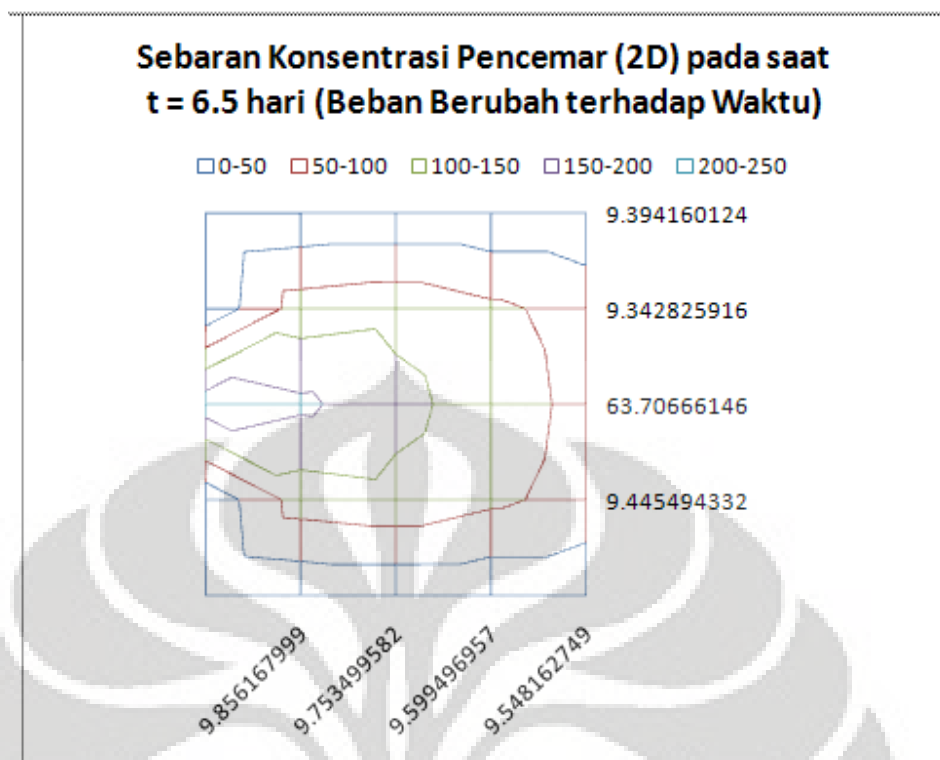
**Gambar 4.79** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=0$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



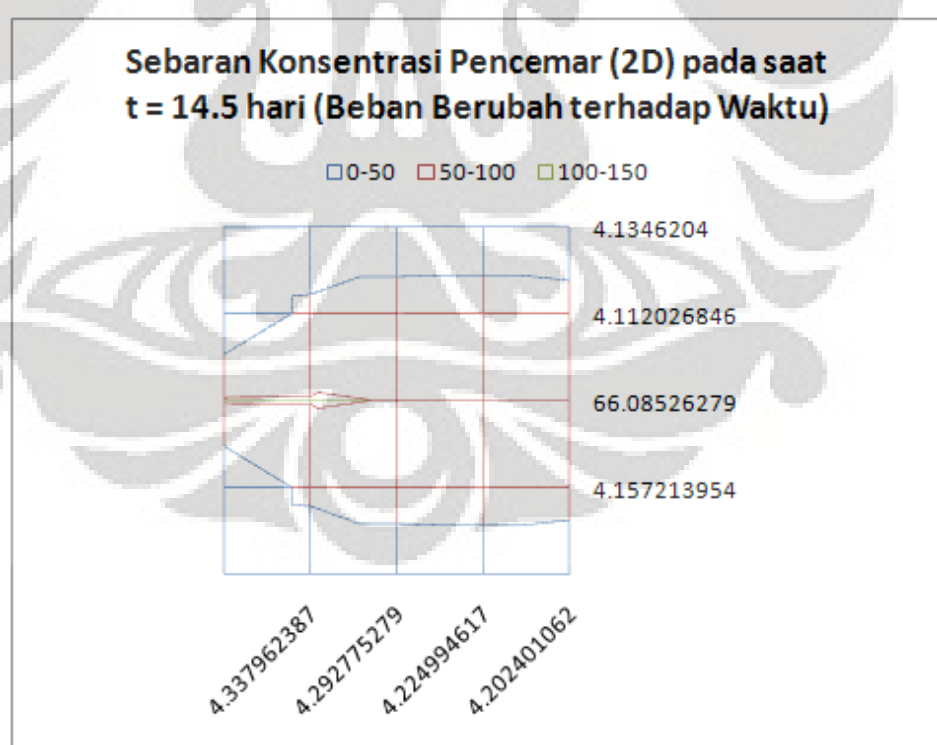
**Gambar 4.80** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=1,5$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



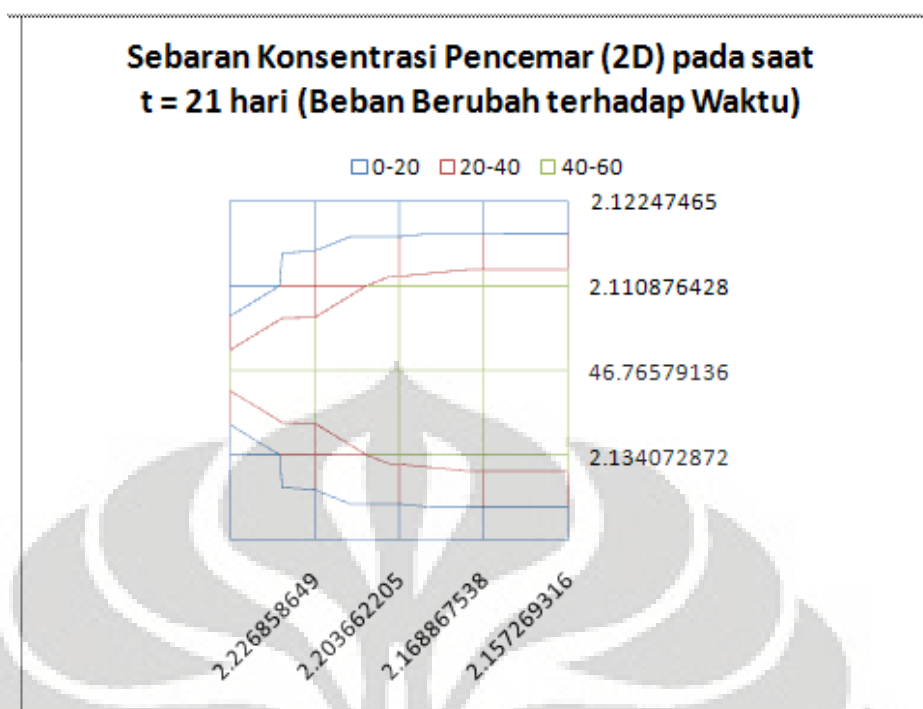
**Gambar 4.81** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=3,5$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



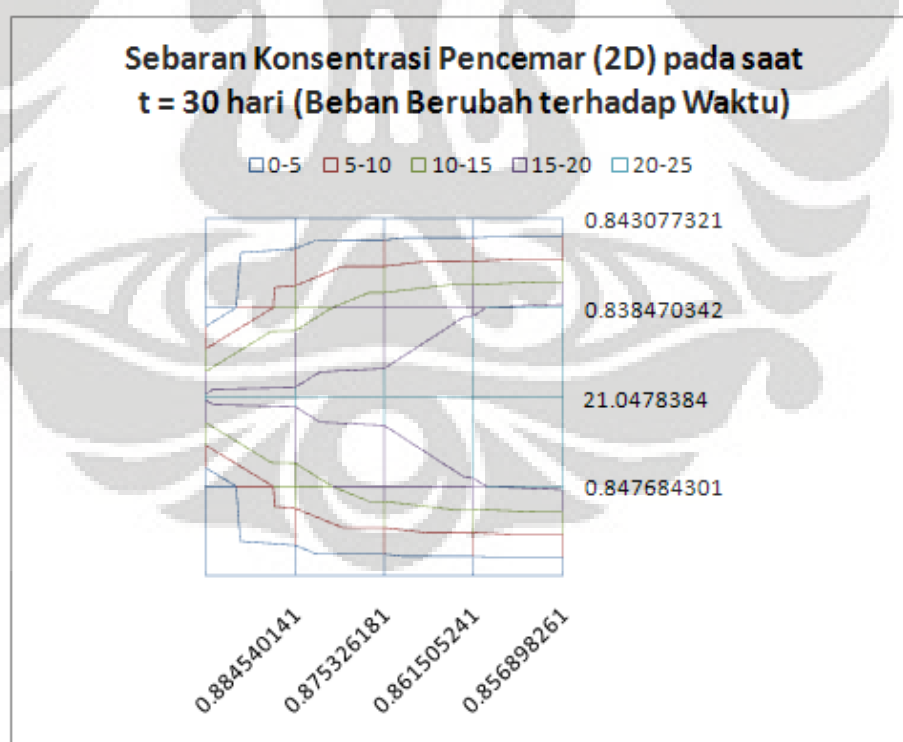
**Gambar 4.82** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=6,5$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



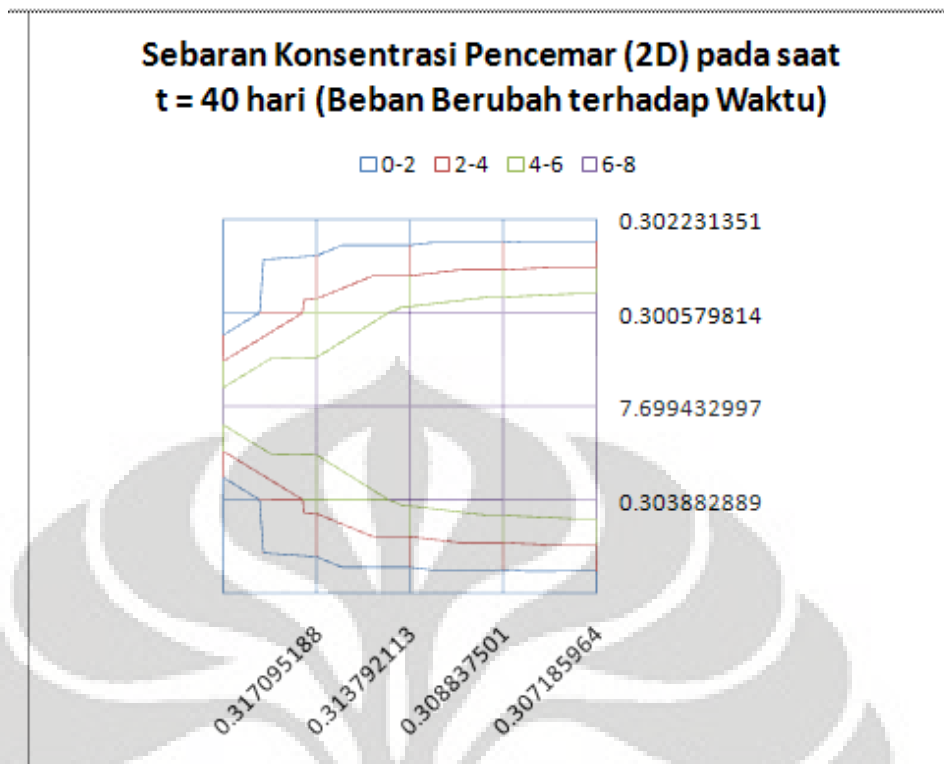
**Gambar 4.83** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=14,5$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



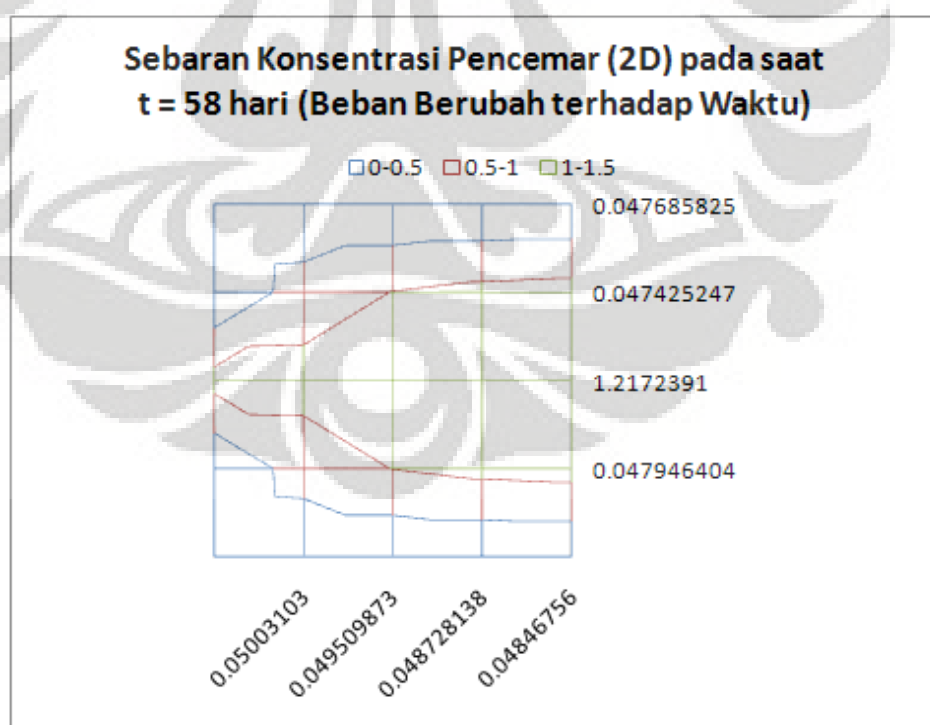
**Gambar 4.84** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=21 hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



**Gambar 4.85** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat t=30 hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



**Gambar 4.86** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=40$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu



**Gambar 4.87** Sebaran konsentrasi pencemar secara lateral 2D pada saat  $t=58$  hari akibat pembebanan berubah terhadap waktu

#### 4.2.4. Analisis Hasil

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan terhadap skenario, pada awalnya grafik yang dihasilkan tidak sesuai dengan trend grafik yang terdapat dalam teori. Setelah dianalisis, ketidaksesuaian ini disebabkan besaran parameter interval yang dimasukkan kedalam model, misalnya besar interval jarak ( $\Delta x$  atau  $\Delta y$ ) atau interval waktu ( $\Delta t$ ). Sensitivitas grafik yang dihasilkan diakibatkan dari hal-hal tersebut yang disebut *courant number*. Misalnya nilai  $\Delta t$  yang terlalu besar, atau nilai  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  yang tidak memenuhi persamaan  $v \cdot t \leq \Delta x$  atau  $v \cdot t \leq \Delta y$  dapat menyebabkan grafik yang dihasilkan sangat jauh dari respon yang seharusnya keluar. Oleh karena itu penting untuk mengecek masing-masing nilai tersebut untuk mendapatkan grafik yang sesuai dengan teori.

Dalam grafik yang telah dihasilkan, untuk masing-masing beban, baik konstan maupun berubah terhadap waktu di *boundary condition* (memiliki kondisi batas) tidak mengalami perubahan konsentrasi akibat beban yang masuk di inlet sehingga grafik yang dihasilkan hanya diakibatkan adanya konsentrasi awal di sel-sel tersebut. Kondisi batas yang dimaksud adalah kecepatan aliran air di sel-sel tersebut amat sangat kecil sehingga dapat dianggap tidak ada kecepatan, akibatnya beban yang masuk melalui inlet tidak menjangkau titik-titik tersebut.

Untuk kondisi beban konstan, besar konsentrasi TSS yang keluar dari outlet danau masih tinggi sehingga dibutuhkan perlakuan apabila ingin menjadikannya sebagai sumber air yang bisa dimanfaatkan manusia, misalnya untuk mandi atau minum. Hal ini disebabkan beban pencemar yang masuk kedalam danau meskipun dalam hal ini besarnya konstan per hari, tetapi akan berakumulasi sehingga menghasilkan respon konsentrasi pencemar yang justru semakin naik. Untuk kondisi beban berubah terhadap waktu, konsentrasi TSS yang keluar dari outlet danau semakin kecil seiring dengan waktu. Terdapat konsentrasi puncak, tetapi setelah itu konsentrasinya turun hingga semakin lama akan semakin mendekati nol.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengembangan model yang telah dilakukan dengan menggunakan metode numerik sebagai penyelesaiannya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. dasar pengembangan model matematis adveksi pencemar secara teoritis adalah penurunan hukum kekekalan massa dan dari persamaan dasar tersebut dapat dijabarkan untuk kondisi dua dimensi secara lateral sehingga didapat sebagai berikut:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{W}{V} - u \frac{\partial c}{\partial x} - v \frac{\partial c}{\partial y} - kc - v_s A_s c$$

2. salah satu mekanisme yang mempengaruhi persamaan kesetimbangan massa di dalam danau adalah mekanisme adveksi yang menyebabkan terjadinya perubahan konsentrasi pencemar akibat kecepatan aliran,
3. berdasarkan hasil simulasi, untuk semua skenario dapat disimpulkan bahwa formulasi numerik dari model adveksi pencemar cukup konsisten dan valid dengan memperhatikan interval jarak dan waktu (*courant number*).

#### 5.2. Saran

Dari proses keseluruhan yang dijalankan dan hasil yang diperoleh dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa saran, antara lain:

1. grafik respon yang keluar dari hasil simulasi telah sesuai dengan teori, namun belum disajikan dalam bentuk yang universal, misalnya dibuat dalam bentuk *visual basic* agar dapat dengan mudah dijalankan oleh semua orang,
2. perlu dilakukan pengembangan model lebih lanjut dalam melakukan simulasi penyebaran pencemar secara lateral dua dimensi, yaitu dengan memperhitungkan mekanisme dispersi agar model yang telah terbentuk dapat lebih ditingkatkan dan dapat lebih sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chapra, Steven C., *Surface Water–Quality Modeling* (Singapore: McGraw-Hill Companies., 1997)
- Chapra, Steven C., Canale, Raymond P., *Numerical Methods for Engineers Third Edition* (USA McGraw-Hill Companies., 1998)
- Fischer, Hugo B., List, E. John., Koh, Robert C. Y., Imberger, Jorg., Brooks, Norman H., *Mixing in Inland and Coastal Waters* (California: Academic Press., 1979)
- Gang Ji, Zhen, *Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries* (New York: John Wiley & Sons., 2008)
- Kinzelbach, W., *Groundwater Modelling an Introduction with Sample Programs in Basic* 1986
- Potter, Merle C., Wiggert, David C., *Mechanics of Fluids Second Edition* (USA: Prentice Hall., 1997)
- Soeryantono, Herr, “*ClasNote-numerical-differentiation-herr*”, FTUI Depok, 2009
- Te Chow, Ven., Maidment, David R., Mays, Larry W., *Applied Hydrology*, (Singapore: McGraw-Hill., 1988)
- Thomann, Robert V., Mueller, John A., *Principles of Surface Water Quality Modeling & Control* (USA: Harper Collins Publishers., 1987)
- Yudhita, Nila, “*Pengembangan Model Adveksi–Dispersi Berbasis Spreadsheet Elektronik, Studi Kasus Simulasi Konsentrasi Biochemical Oxygen Demand*”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok., 2007)

## LAMPIRAN

### A. Hasil Perhitungan *Runge-Kutta* Masing-Masing Sel (Kondisi *Unsteady*, Beban Konstan)

| SEL (i,j)   |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 247.67857              |
| 0.5         | 202.91071      | 202.91071      | 202.91071      | 202.91071      | 349.13393              |
| 1           | 192.76518      | 192.76518      | 192.76518      | 192.76518      | 445.51652              |
| 1.5         | 183.12692      | 183.12692      | 183.12692      | 183.12692      | 537.07998              |
| 2           | 173.97057      | 173.97057      | 173.97057      | 173.97057      | 624.06526              |
| 2.5         | 165.27204      | 165.27204      | 165.27204      | 165.27204      | 706.70129              |
| 3           | 157.00844      | 157.00844      | 157.00844      | 157.00844      | 785.20551              |
| 3.5         | 149.15802      | 149.15802      | 149.15802      | 149.15802      | 859.78452              |
| 4           | 141.70012      | 141.70012      | 141.70012      | 141.70012      | 930.63458              |
| 4.5         | 134.61511      | 134.61511      | 134.61511      | 134.61511      | 997.94214              |
| 5           | 127.88436      | 127.88436      | 127.88436      | 127.88436      | 1061.8843              |
| 5.5         | 121.49014      | 121.49014      | 121.49014      | 121.49014      | 1122.6294              |
| 6           | 115.41563      | 115.41563      | 115.41563      | 115.41563      | 1180.3372              |
| 6.5         | 109.64485      | 109.64485      | 109.64485      | 109.64485      | 1235.1596              |
| 7           | 104.16261      | 104.16261      | 104.16261      | 104.16261      | 1287.2409              |
| 7.5         | 98.954478      | 98.954478      | 98.954478      | 98.954478      | 1336.7182              |
| 8           | 94.006754      | 94.006754      | 94.006754      | 94.006754      | 1383.7215              |
| 8.5         | 89.306417      | 89.306417      | 89.306417      | 89.306417      | 1428.3748              |
| 9           | 84.841096      | 84.841096      | 84.841096      | 84.841096      | 1470.7953              |
| 9.5         | 80.599041      | 80.599041      | 80.599041      | 80.599041      | 1511.0948              |
| 10          | 76.569089      | 76.569089      | 76.569089      | 76.569089      | 1549.3794              |
| 10.5        | 72.740635      | 72.740635      | 72.740635      | 72.740635      | 1585.7497              |
| 11          | 69.103603      | 69.103603      | 69.103603      | 69.103603      | 1620.3015              |
| 11.5        | 65.648423      | 65.648423      | 65.648423      | 65.648423      | 1653.1257              |
| 12          | 62.366002      | 62.366002      | 62.366002      | 62.366002      | 1684.3087              |
| 12.5        | 59.247701      | 59.247701      | 59.247701      | 59.247701      | 1713.9326              |
| 13          | 56.285316      | 56.285316      | 56.285316      | 56.285316      | 1742.0752              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.180069       | 0.180069       | 0.180069       | 0.180069       | 2275.0751              |
| 69.5        | 0.1710655      | 0.1710655      | 0.1710655      | 0.1710655      | 2275.1606              |
| 70          | 0.1625123      | 0.1625123      | 0.1625123      | 0.1625123      | 2275.2418              |
| 70.5        | 0.1543866      | 0.1543866      | 0.1543866      | 0.1543866      | 2275.319               |
| 71          | 0.1466673      | 0.1466673      | 0.1466673      | 0.1466673      | 2275.3924              |

| SEL ( $i,j+1$ ) |                |                |                |                |                        |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)     | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|                 | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0               |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5             | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1               | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5             | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2               | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5             | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3               | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5             | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4               | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5             | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5               | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5             | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6               | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5             | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7               | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5             | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8               | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5             | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9               | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5             | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10              | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5            | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11              | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5            | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12              | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5            | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13              | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|                 |                |                |                |                |                        |
| 69              | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5            | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70              | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5            | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71              | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |

| SEL (i+5,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.2                   |
| 0.5           | -1.82          | -1.82          | -1.82          | -1.82          | 17.29                  |
| 1             | -1.729         | -1.729         | -1.729         | -1.729         | 16.4255                |
| 1.5           | -1.64255       | -1.64255       | -1.64255       | -1.64255       | 15.604225              |
| 2             | -1.560423      | -1.560423      | -1.560423      | -1.560423      | 14.824014              |
| 2.5           | -1.482401      | -1.482401      | -1.482401      | -1.482401      | 14.082813              |
| 3             | -1.408281      | -1.408281      | -1.408281      | -1.408281      | 13.378672              |
| 3.5           | -1.337867      | -1.337867      | -1.337867      | -1.337867      | 12.709739              |
| 4             | -1.270974      | -1.270974      | -1.270974      | -1.270974      | 12.074252              |
| 4.5           | -1.207425      | -1.207425      | -1.207425      | -1.207425      | 11.470539              |
| 5             | -1.147054      | -1.147054      | -1.147054      | -1.147054      | 10.897012              |
| 5.5           | -1.089701      | -1.089701      | -1.089701      | -1.089701      | 10.352162              |
| 6             | -1.035216      | -1.035216      | -1.035216      | -1.035216      | 9.8345536              |
| 6.5           | -0.983455      | -0.983455      | -0.983455      | -0.983455      | 9.3428259              |
| 7             | -0.934283      | -0.934283      | -0.934283      | -0.934283      | 8.8756846              |
| 7.5           | -0.887568      | -0.887568      | -0.887568      | -0.887568      | 8.4319004              |
| 8             | -0.84319       | -0.84319       | -0.84319       | -0.84319       | 8.0103054              |
| 8.5           | -0.801031      | -0.801031      | -0.801031      | -0.801031      | 7.6097901              |
| 9             | -0.760979      | -0.760979      | -0.760979      | -0.760979      | 7.2293006              |
| 9.5           | -0.72293       | -0.72293       | -0.72293       | -0.72293       | 6.8678356              |
| 10            | -0.686784      | -0.686784      | -0.686784      | -0.686784      | 6.5244438              |
| 10.5          | -0.652444      | -0.652444      | -0.652444      | -0.652444      | 6.1982216              |
| 11            | -0.619822      | -0.619822      | -0.619822      | -0.619822      | 5.8883105              |
| 11.5          | -0.588831      | -0.588831      | -0.588831      | -0.588831      | 5.593895               |
| 12            | -0.559389      | -0.559389      | -0.559389      | -0.559389      | 5.3142002              |
| 12.5          | -0.53142       | -0.53142       | -0.53142       | -0.53142       | 5.0484902              |
| 13            | -0.504849      | -0.504849      | -0.504849      | -0.504849      | 4.7960657              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001615      | -0.001615      | -0.001615      | -0.001615      | 0.0153437              |
| 69.5          | -0.001534      | -0.001534      | -0.001534      | -0.001534      | 0.0145765              |
| 70            | -0.001458      | -0.001458      | -0.001458      | -0.001458      | 0.0138477              |
| 70.5          | -0.001385      | -0.001385      | -0.001385      | -0.001385      | 0.0131553              |
| 71            | -0.001316      | -0.001316      | -0.001316      | -0.001316      | 0.0124975              |

| SEL (i <sub>j</sub> -1) |                |                |                |                |                        |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)             | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|                         | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0                       |                |                |                |                | 19.5                   |
| 0.5                     | -1.95          | -1.95          | -1.95          | -1.95          | 18.525                 |
| 1                       | -1.8525        | -1.8525        | -1.8525        | -1.8525        | 17.59875               |
| 1.5                     | -1.759875      | -1.759875      | -1.759875      | -1.759875      | 16.718813              |
| 2                       | -1.671881      | -1.671881      | -1.671881      | -1.671881      | 15.882872              |
| 2.5                     | -1.588287      | -1.588287      | -1.588287      | -1.588287      | 15.088728              |
| 3                       | -1.508873      | -1.508873      | -1.508873      | -1.508873      | 14.334292              |
| 3.5                     | -1.433429      | -1.433429      | -1.433429      | -1.433429      | 13.617577              |
| 4                       | -1.361758      | -1.361758      | -1.361758      | -1.361758      | 12.936698              |
| 4.5                     | -1.29367       | -1.29367       | -1.29367       | -1.29367       | 12.289863              |
| 5                       | -1.228986      | -1.228986      | -1.228986      | -1.228986      | 11.67537               |
| 5.5                     | -1.167537      | -1.167537      | -1.167537      | -1.167537      | 11.091602              |
| 6                       | -1.10916       | -1.10916       | -1.10916       | -1.10916       | 10.537022              |
| 6.5                     | -1.053702      | -1.053702      | -1.053702      | -1.053702      | 10.010171              |
| 7                       | -1.001017      | -1.001017      | -1.001017      | -1.001017      | 9.5096621              |
| 7.5                     | -0.950966      | -0.950966      | -0.950966      | -0.950966      | 9.034179               |
| 8                       | -0.903418      | -0.903418      | -0.903418      | -0.903418      | 8.58247                |
| 8.5                     | -0.858247      | -0.858247      | -0.858247      | -0.858247      | 8.1533465              |
| 9                       | -0.815335      | -0.815335      | -0.815335      | -0.815335      | 7.7456792              |
| 9.5                     | -0.774568      | -0.774568      | -0.774568      | -0.774568      | 7.3583952              |
| 10                      | -0.73584       | -0.73584       | -0.73584       | -0.73584       | 6.9904755              |
| 10.5                    | -0.699048      | -0.699048      | -0.699048      | -0.699048      | 6.6409517              |
| 11                      | -0.664095      | -0.664095      | -0.664095      | -0.664095      | 6.3089041              |
| 11.5                    | -0.63089       | -0.63089       | -0.63089       | -0.63089       | 5.9934589              |
| 12                      | -0.599346      | -0.599346      | -0.599346      | -0.599346      | 5.693786               |
| 12.5                    | -0.569379      | -0.569379      | -0.569379      | -0.569379      | 5.4090967              |
| 13                      | -0.54091       | -0.54091       | -0.54091       | -0.54091       | 5.1386418              |
|                         |                |                |                |                |                        |
| 69                      | -0.00173       | -0.00173       | -0.00173       | -0.00173       | 0.0164396              |
| 69.5                    | -0.001644      | -0.001644      | -0.001644      | -0.001644      | 0.0156177              |
| 70                      | -0.001562      | -0.001562      | -0.001562      | -0.001562      | 0.0148368              |
| 70.5                    | -0.001484      | -0.001484      | -0.001484      | -0.001484      | 0.0140949              |
| 71                      | -0.001409      | -0.001409      | -0.001409      | -0.001409      | 0.0133902              |

| SEL (i+5,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.4                   |
| 0.5           | -1.84          | -1.84          | -1.84          | -1.84          | 17.48                  |
| 1             | -1.748         | -1.748         | -1.748         | -1.748         | 16.606                 |
| 1.5           | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | 15.7757                |
| 2             | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | 14.986915              |
| 2.5           | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | 14.237569              |
| 3             | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | 13.525691              |
| 3.5           | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | 12.849406              |
| 4             | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | 12.206936              |
| 4.5           | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | 11.596589              |
| 5             | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | 11.01676               |
| 5.5           | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | 10.465922              |
| 6             | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | 9.9426256              |
| 6.5           | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | 9.4454943              |
| 7             | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | 8.9732196              |
| 7.5           | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | 8.5245586              |
| 8             | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | 8.0983307              |
| 8.5           | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | 7.6934142              |
| 9             | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | 7.3087435              |
| 9.5           | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | 6.9433063              |
| 10            | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | 6.596141               |
| 10.5          | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | 6.2663339              |
| 11            | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | 5.9530172              |
| 11.5          | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | 5.6553664              |
| 12            | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | 5.372598               |
| 12.5          | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | 5.1039681              |
| 13            | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | 4.8487697              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | 0.0155123              |
| 69.5          | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | 0.0147367              |
| 70            | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | 0.0139998              |
| 70.5          | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | 0.0132998              |
| 71            | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | 0.0126348              |

| SEL (i+1,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1             | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5           | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2             | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5           | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3             | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5           | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4             | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5           | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5             | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5           | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6             | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5           | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7             | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5           | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8             | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5           | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9             | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5           | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10            | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5          | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11            | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5          | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12            | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5          | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13            | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5          | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70            | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5          | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71            | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |



| SEL (i+2,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.7                   |
| 0.5           | -1.87          | -1.87          | -1.87          | -1.87          | 17.765                 |
| 1             | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | 16.87675               |
| 1.5           | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | 16.032913              |
| 2             | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | 15.231267              |
| 2.5           | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | 14.469704              |
| 3             | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | 13.746218              |
| 3.5           | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | 13.058907              |
| 4             | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | 12.405962              |
| 4.5           | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | 11.785664              |
| 5             | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | 11.196381              |
| 5.5           | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | 10.636562              |
| 6             | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | 10.104734              |
| 6.5           | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | 9.599497               |
| 7             | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | 9.1195221              |
| 7.5           | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | 8.663546               |
| 8             | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | 8.2303687              |
| 8.5           | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | 7.8188503              |
| 9             | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | 7.4279078              |
| 9.5           | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | 7.0565124              |
| 10            | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | 6.7036867              |
| 10.5          | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | 6.3685024              |
| 11            | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | 6.0500773              |
| 11.5          | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | 5.7475734              |
| 12            | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | 5.4601948              |
| 12.5          | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | 5.187185               |
| 13            | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | 4.9278258              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | 0.0157652              |
| 69.5          | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | 0.0149769              |
| 70            | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | 0.0142281              |
| 70.5          | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | 0.0135167              |
| 71            | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | 0.0128408              |

| SEL (i+3,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.5                   |
| 0.5           | -1.85          | -1.85          | -1.85          | -1.85          | 17.575                 |
| 1             | -1.7575        | -1.7575        | -1.7575        | -1.7575        | 16.69625               |
| 1.5           | -1.669625      | -1.669625      | -1.669625      | -1.669625      | 15.861438              |
| 2             | -1.586144      | -1.586144      | -1.586144      | -1.586144      | 15.068366              |
| 2.5           | -1.506837      | -1.506837      | -1.506837      | -1.506837      | 14.314947              |
| 3             | -1.431495      | -1.431495      | -1.431495      | -1.431495      | 13.5992                |
| 3.5           | -1.35992       | -1.35992       | -1.35992       | -1.35992       | 12.91924               |
| 4             | -1.291924      | -1.291924      | -1.291924      | -1.291924      | 12.273278              |
| 4.5           | -1.227328      | -1.227328      | -1.227328      | -1.227328      | 11.659614              |
| 5             | -1.165961      | -1.165961      | -1.165961      | -1.165961      | 11.076633              |
| 5.5           | -1.107663      | -1.107663      | -1.107663      | -1.107663      | 10.522802              |
| 6             | -1.05228       | -1.05228       | -1.05228       | -1.05228       | 9.9966616              |
| 6.5           | -0.999666      | -0.999666      | -0.999666      | -0.999666      | 9.4968285              |
| 7             | -0.949683      | -0.949683      | -0.949683      | -0.949683      | 9.0219871              |
| 7.5           | -0.902199      | -0.902199      | -0.902199      | -0.902199      | 8.5708878              |
| 8             | -0.857089      | -0.857089      | -0.857089      | -0.857089      | 8.1423434              |
| 8.5           | -0.814234      | -0.814234      | -0.814234      | -0.814234      | 7.7352262              |
| 9             | -0.773523      | -0.773523      | -0.773523      | -0.773523      | 7.3484649              |
| 9.5           | -0.734846      | -0.734846      | -0.734846      | -0.734846      | 6.9810416              |
| 10            | -0.698104      | -0.698104      | -0.698104      | -0.698104      | 6.6319896              |
| 10.5          | -0.663199      | -0.663199      | -0.663199      | -0.663199      | 6.3003901              |
| 11            | -0.630039      | -0.630039      | -0.630039      | -0.630039      | 5.9853706              |
| 11.5          | -0.598537      | -0.598537      | -0.598537      | -0.598537      | 5.6861021              |
| 12            | -0.56861       | -0.56861       | -0.56861       | -0.56861       | 5.401797               |
| 12.5          | -0.54018       | -0.54018       | -0.54018       | -0.54018       | 5.1317071              |
| 13            | -0.513171      | -0.513171      | -0.513171      | -0.513171      | 4.8751217              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001642      | -0.001642      | -0.001642      | -0.001642      | 0.0155966              |
| 69.5          | -0.00156       | -0.00156       | -0.00156       | -0.00156       | 0.0148167              |
| 70            | -0.001482      | -0.001482      | -0.001482      | -0.001482      | 0.0140759              |
| 70.5          | -0.001408      | -0.001408      | -0.001408      | -0.001408      | 0.0133721              |
| 71            | -0.001337      | -0.001337      | -0.001337      | -0.001337      | 0.0127035              |

| SEL (i+4,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.4                   |
| 0.5           | -1.84          | -1.84          | -1.84          | -1.84          | 17.48                  |
| 1             | -1.748         | -1.748         | -1.748         | -1.748         | 16.606                 |
| 1.5           | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | 15.7757                |
| 2             | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | 14.986915              |
| 2.5           | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | 14.237569              |
| 3             | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | 13.525691              |
| 3.5           | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | 12.849406              |
| 4             | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | 12.206936              |
| 4.5           | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | 11.596589              |
| 5             | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | 11.01676               |
| 5.5           | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | 10.465922              |
| 6             | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | 9.9426256              |
| 6.5           | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | 9.4454943              |
| 7             | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | 8.9732196              |
| 7.5           | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | 8.5245586              |
| 8             | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | 8.0983307              |
| 8.5           | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | 7.6934142              |
| 9             | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | 7.3087435              |
| 9.5           | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | 6.9433063              |
| 10            | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | 6.596141               |
| 10.5          | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | 6.2663339              |
| 11            | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | 5.9530172              |
| 11.5          | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | 5.6553664              |
| 12            | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | 5.372598               |
| 12.5          | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | 5.1039681              |
| 13            | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | 4.8487697              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | 0.0155123              |
| 69.5          | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | 0.0147367              |
| 70            | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | 0.0139998              |
| 70.5          | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | 0.0132998              |
| 71            | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | 0.0126348              |

| SEL (i+5,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.3                   |
| 0.5           | -1.83          | -1.83          | -1.83          | -1.83          | 17.385                 |
| 1             | -1.7385        | -1.7385        | -1.7385        | -1.7385        | 16.51575               |
| 1.5           | -1.651575      | -1.651575      | -1.651575      | -1.651575      | 15.689963              |
| 2             | -1.568996      | -1.568996      | -1.568996      | -1.568996      | 14.905464              |
| 2.5           | -1.490546      | -1.490546      | -1.490546      | -1.490546      | 14.160191              |
| 3             | -1.416019      | -1.416019      | -1.416019      | -1.416019      | 13.452182              |
| 3.5           | -1.345218      | -1.345218      | -1.345218      | -1.345218      | 12.779573              |
| 4             | -1.277957      | -1.277957      | -1.277957      | -1.277957      | 12.140594              |
| 4.5           | -1.214059      | -1.214059      | -1.214059      | -1.214059      | 11.533564              |
| 5             | -1.153356      | -1.153356      | -1.153356      | -1.153356      | 10.956886              |
| 5.5           | -1.095689      | -1.095689      | -1.095689      | -1.095689      | 10.409042              |
| 6             | -1.040904      | -1.040904      | -1.040904      | -1.040904      | 9.8885896              |
| 6.5           | -0.988859      | -0.988859      | -0.988859      | -0.988859      | 9.3941601              |
| 7             | -0.939416      | -0.939416      | -0.939416      | -0.939416      | 8.9244521              |
| 7.5           | -0.892445      | -0.892445      | -0.892445      | -0.892445      | 8.4782295              |
| 8             | -0.847823      | -0.847823      | -0.847823      | -0.847823      | 8.054318               |
| 8.5           | -0.805432      | -0.805432      | -0.805432      | -0.805432      | 7.6516021              |
| 9             | -0.76516       | -0.76516       | -0.76516       | -0.76516       | 7.269022               |
| 9.5           | -0.726902      | -0.726902      | -0.726902      | -0.726902      | 6.9055709              |
| 10            | -0.690557      | -0.690557      | -0.690557      | -0.690557      | 6.5602924              |
| 10.5          | -0.656029      | -0.656029      | -0.656029      | -0.656029      | 6.2322778              |
| 11            | -0.623228      | -0.623228      | -0.623228      | -0.623228      | 5.9206639              |
| 11.5          | -0.592066      | -0.592066      | -0.592066      | -0.592066      | 5.6246307              |
| 12            | -0.562463      | -0.562463      | -0.562463      | -0.562463      | 5.3433991              |
| 12.5          | -0.53434       | -0.53434       | -0.53434       | -0.53434       | 5.0762292              |
| 13            | -0.507623      | -0.507623      | -0.507623      | -0.507623      | 4.8224177              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001624      | -0.001624      | -0.001624      | -0.001624      | 0.015428               |
| 69.5          | -0.001543      | -0.001543      | -0.001543      | -0.001543      | 0.0146566              |
| 70            | -0.001466      | -0.001466      | -0.001466      | -0.001466      | 0.0139237              |
| 70.5          | -0.001392      | -0.001392      | -0.001392      | -0.001392      | 0.0132276              |
| 71            | -0.001323      | -0.001323      | -0.001323      | -0.001323      | 0.0125662              |

| SEL (i+1,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19.2                   |
| 0.5           | -1.92          | -1.92          | -1.92          | -1.92          | 18.24                  |
| 1             | -1.824         | -1.824         | -1.824         | -1.824         | 17.328                 |
| 1.5           | -1.7328        | -1.7328        | -1.7328        | -1.7328        | 16.4616                |
| 2             | -1.64616       | -1.64616       | -1.64616       | -1.64616       | 15.63852               |
| 2.5           | -1.563852      | -1.563852      | -1.563852      | -1.563852      | 14.856594              |
| 3             | -1.485659      | -1.485659      | -1.485659      | -1.485659      | 14.113764              |
| 3.5           | -1.411376      | -1.411376      | -1.411376      | -1.411376      | 13.408076              |
| 4             | -1.340808      | -1.340808      | -1.340808      | -1.340808      | 12.737672              |
| 4.5           | -1.273767      | -1.273767      | -1.273767      | -1.273767      | 12.100789              |
| 5             | -1.210079      | -1.210079      | -1.210079      | -1.210079      | 11.495749              |
| 5.5           | -1.149575      | -1.149575      | -1.149575      | -1.149575      | 10.920962              |
| 6             | -1.092096      | -1.092096      | -1.092096      | -1.092096      | 10.374914              |
| 6.5           | -1.037491      | -1.037491      | -1.037491      | -1.037491      | 9.856168               |
| 7             | -0.985617      | -0.985617      | -0.985617      | -0.985617      | 9.3633596              |
| 7.5           | -0.936336      | -0.936336      | -0.936336      | -0.936336      | 8.8951916              |
| 8             | -0.889519      | -0.889519      | -0.889519      | -0.889519      | 8.450432               |
| 8.5           | -0.845043      | -0.845043      | -0.845043      | -0.845043      | 8.0279104              |
| 9             | -0.802791      | -0.802791      | -0.802791      | -0.802791      | 7.6265149              |
| 9.5           | -0.762651      | -0.762651      | -0.762651      | -0.762651      | 7.2451892              |
| 10            | -0.724519      | -0.724519      | -0.724519      | -0.724519      | 6.8829297              |
| 10.5          | -0.688293      | -0.688293      | -0.688293      | -0.688293      | 6.5387832              |
| 11            | -0.653878      | -0.653878      | -0.653878      | -0.653878      | 6.2118441              |
| 11.5          | -0.621184      | -0.621184      | -0.621184      | -0.621184      | 5.9012519              |
| 12            | -0.590125      | -0.590125      | -0.590125      | -0.590125      | 5.6061893              |
| 12.5          | -0.560619      | -0.560619      | -0.560619      | -0.560619      | 5.3258798              |
| 13            | -0.532588      | -0.532588      | -0.532588      | -0.532588      | 5.0595858              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001704      | -0.001704      | -0.001704      | -0.001704      | 0.0161867              |
| 69.5          | -0.001619      | -0.001619      | -0.001619      | -0.001619      | 0.0153774              |
| 70            | -0.001538      | -0.001538      | -0.001538      | -0.001538      | 0.0146085              |
| 70.5          | -0.001461      | -0.001461      | -0.001461      | -0.001461      | 0.0138781              |
| 71            | -0.001388      | -0.001388      | -0.001388      | -0.001388      | 0.0131842              |

| SEL (i+2,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t (hari)      | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1             | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5           | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2             | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5           | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3             | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5           | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4             | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5           | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5             | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5           | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6             | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5           | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7             | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5           | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8             | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5           | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9             | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5           | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10            | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5          | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11            | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5          | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12            | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5          | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13            | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5          | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70            | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5          | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71            | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |

| SEL (i+3,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.7                   |
| 0.5           | -1.87          | -1.87          | -1.87          | -1.87          | 17.765                 |
| 1             | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | 16.87675               |
| 1.5           | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | 16.032913              |
| 2             | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | 15.231267              |
| 2.5           | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | 14.469704              |
| 3             | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | 13.746218              |
| 3.5           | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | 13.058907              |
| 4             | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | 12.405962              |
| 4.5           | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | 11.785664              |
| 5             | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | 11.196381              |
| 5.5           | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | 10.636562              |
| 6             | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | 10.104734              |
| 6.5           | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | 9.599497               |
| 7             | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | 9.1195221              |
| 7.5           | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | 8.663546               |
| 8             | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | 8.2303687              |
| 8.5           | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | 7.8188503              |
| 9             | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | 7.4279078              |
| 9.5           | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | 7.0565124              |
| 10            | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | 6.7036867              |
| 10.5          | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | 6.3685024              |
| 11            | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | 6.0500773              |
| 11.5          | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | 5.7475734              |
| 12            | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | 5.4601948              |
| 12.5          | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | 5.187185               |
| 13            | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | 4.9278258              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | 0.0157652              |
| 69.5          | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | 0.0149769              |
| 70            | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | 0.0142281              |
| 70.5          | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | 0.0135167              |
| 71            | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | 0.0128408              |

| SEL (i+4,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.6                   |
| 0.5           | -1.86          | -1.86          | -1.86          | -1.86          | 17.67                  |
| 1             | -1.767         | -1.767         | -1.767         | -1.767         | 16.7865                |
| 1.5           | -1.67865       | -1.67865       | -1.67865       | -1.67865       | 15.947175              |
| 2             | -1.594718      | -1.594718      | -1.594718      | -1.594718      | 15.149816              |
| 2.5           | -1.514982      | -1.514982      | -1.514982      | -1.514982      | 14.392325              |
| 3             | -1.439233      | -1.439233      | -1.439233      | -1.439233      | 13.672709              |
| 3.5           | -1.367271      | -1.367271      | -1.367271      | -1.367271      | 12.989074              |
| 4             | -1.298907      | -1.298907      | -1.298907      | -1.298907      | 12.33962               |
| 4.5           | -1.233962      | -1.233962      | -1.233962      | -1.233962      | 11.722639              |
| 5             | -1.172264      | -1.172264      | -1.172264      | -1.172264      | 11.136507              |
| 5.5           | -1.113651      | -1.113651      | -1.113651      | -1.113651      | 10.579682              |
| 6             | -1.057968      | -1.057968      | -1.057968      | -1.057968      | 10.050698              |
| 6.5           | -1.00507       | -1.00507       | -1.00507       | -1.00507       | 9.5481627              |
| 7             | -0.954816      | -0.954816      | -0.954816      | -0.954816      | 9.0707546              |
| 7.5           | -0.907075      | -0.907075      | -0.907075      | -0.907075      | 8.6172169              |
| 8             | -0.861722      | -0.861722      | -0.861722      | -0.861722      | 8.186356               |
| 8.5           | -0.818636      | -0.818636      | -0.818636      | -0.818636      | 7.7770382              |
| 9             | -0.777704      | -0.777704      | -0.777704      | -0.777704      | 7.3881863              |
| 9.5           | -0.738819      | -0.738819      | -0.738819      | -0.738819      | 7.018777               |
| 10            | -0.701878      | -0.701878      | -0.701878      | -0.701878      | 6.6678382              |
| 10.5          | -0.666784      | -0.666784      | -0.666784      | -0.666784      | 6.3344462              |
| 11            | -0.633445      | -0.633445      | -0.633445      | -0.633445      | 6.0177239              |
| 11.5          | -0.601772      | -0.601772      | -0.601772      | -0.601772      | 5.7168377              |
| 12            | -0.571684      | -0.571684      | -0.571684      | -0.571684      | 5.4309959              |
| 12.5          | -0.5431        | -0.5431        | -0.5431        | -0.5431        | 5.1594461              |
| 13            | -0.515945      | -0.515945      | -0.515945      | -0.515945      | 4.9014738              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001651      | -0.001651      | -0.001651      | -0.001651      | 0.0156809              |
| 69.5          | -0.001568      | -0.001568      | -0.001568      | -0.001568      | 0.0148968              |
| 70            | -0.00149       | -0.00149       | -0.00149       | -0.00149       | 0.014152               |
| 70.5          | -0.001415      | -0.001415      | -0.001415      | -0.001415      | 0.0134444              |
| 71            | -0.001344      | -0.001344      | -0.001344      | -0.001344      | 0.0127722              |



| SEL (i+1,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 187.96533              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 187.96533              |
| 1           | 31.936117      | 31.137714      | 31.157674      | 30.378234      | 203.54076              |
| 1.5         | 55.815053      | 54.419677      | 54.454561      | 53.092325      | 230.76208              |
| 2           | 73.346539      | 71.512876      | 71.558717      | 69.768603      | 266.53361              |
| 2.5         | 85.890454      | 83.743192      | 83.796874      | 81.70061       | 308.42288              |
| 3           | 94.527791      | 92.164596      | 92.223676      | 89.916607      | 354.52462              |
| 3.5         | 100.11727      | 97.614336      | 97.67691       | 95.233422      | 403.35239              |
| 4           | 103.34047      | 100.75696      | 100.82154      | 98.299391      | 453.75212              |
| 4.5         | 104.73785      | 102.1194       | 102.18486      | 99.628604      | 504.83337              |
| 5           | 104.73744      | 102.119        | 102.18446      | 99.628216      | 555.91442              |
| 5.5         | 103.67776      | 101.08582      | 101.15062      | 98.62023       | 606.47866              |
| 6           | 101.82606      | 99.280408      | 99.344049      | 96.858857      | 656.13981              |
| 6.5         | 99.392873      | 96.908051      | 96.970172      | 94.544364      | 704.61429              |
| 7           | 96.543634      | 94.130043      | 94.190383      | 91.834115      | 751.69917              |
| 7.5         | 93.407919      | 91.072721      | 91.131101      | 88.851364      | 797.25475              |
| 8           | 90.086822      | 87.834652      | 87.890956      | 85.692274      | 841.19061              |
| 8.5         | 86.658829      | 84.492359      | 84.54652       | 82.431503      | 883.45461              |
| 9           | 83.184501      | 81.104889      | 81.156879      | 79.126657      | 924.02417              |
| 9.5         | 79.7102        | 77.717445      | 77.767264      | 75.821837      | 962.89929              |
| 10          | 76.27106       | 74.364284      | 74.411953      | 72.550463      | 1000.0971              |
| 10.5        | 72.893352      | 71.071018      | 71.116577      | 69.337523      | 1035.6476              |
| 11          | 69.596362      | 67.856453      | 67.899951      | 66.201364      | 1069.5902              |
| 11.5        | 66.393889      | 64.734042      | 64.775538      | 63.155112      | 1101.9709              |
| 12          | 63.295436      | 61.71305       | 61.75261       | 60.207806      | 1132.8404              |
| 12.5        | 60.30715       | 58.799472      | 58.837164      | 57.365292      | 1162.2525              |
| 13          | 57.432578      | 55.996763      | 56.032659      | 54.630945      | 1190.2627              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.1860986      | 0.1814461      | 0.1815624      | 0.1770204      | 1726.1472              |
| 69.5        | 0.1767936      | 0.1723738      | 0.1724843      | 0.1681694      | 1726.2334              |
| 70          | 0.1679539      | 0.1637551      | 0.1638601      | 0.1597609      | 1726.3153              |
| 70.5        | 0.1595562      | 0.1555673      | 0.1556671      | 0.1517729      | 1726.3931              |
| 71          | 0.1515784      | 0.147789       | 0.1478837      | 0.1441842      | 1726.4671              |

| SEL (i+2,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 142.6266               |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 142.6266               |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 142.6266               |
| 1.5         | 4.8997179      | 4.777225       | 4.7802873      | 4.6607036      | 145.01622              |
| 2           | 12.472312      | 12.160504      | 12.1683        | 11.863897      | 151.09904              |
| 2.5         | 21.203505      | 20.673417      | 20.686669      | 20.169171      | 161.44011              |
| 3           | 30.093829      | 29.341483      | 29.360292      | 28.625814      | 176.11704              |
| 3.5         | 38.511753      | 37.548959      | 37.573029      | 36.633102      | 194.89944              |
| 4           | 46.085183      | 44.933053      | 44.961857      | 43.83709       | 217.37545              |
| 4.5         | 52.621829      | 51.306284      | 51.339172      | 50.054871      | 243.03942              |
| 5           | 58.051201      | 56.599921      | 56.636203      | 55.219391      | 271.35132              |
| 5.5         | 62.382728      | 60.82316       | 60.862149      | 59.339621      | 301.77573              |
| 6           | 65.675873      | 64.033976      | 64.075023      | 62.472122      | 333.80623              |
| 6.5         | 68.019074      | 66.318597      | 66.361109      | 64.701018      | 366.97953              |
| 7           | 69.51519       | 67.77731       | 67.820757      | 66.124152      | 400.88248              |
| 7.5         | 70.271665      | 68.514873      | 68.558793      | 66.843725      | 435.15438              |
| 8           | 70.394097      | 68.634245      | 68.678241      | 66.960185      | 469.48598              |
| 8.5         | 69.982243      | 68.232687      | 68.276426      | 66.568422      | 503.61672              |
| 9           | 69.127732      | 67.399539      | 67.442744      | 65.755595      | 537.33071              |
| 9.5         | 67.912957      | 66.215133      | 66.257579      | 64.600078      | 570.45225              |
| 10          | 66.410765      | 64.750496      | 64.792003      | 63.171165      | 602.84116              |
| 10.5        | 64.684665      | 63.067549      | 63.107976      | 61.529266      | 634.38824              |
| 11          | 62.789354      | 61.21962       | 61.258863      | 59.726411      | 665.01097              |
| 11.5        | 60.771429      | 59.252143      | 59.290126      | 57.806923      | 694.64954              |
| 12          | 58.670183      | 57.203429      | 57.240098      | 55.808179      | 723.26333              |
| 12.5        | 56.518423      | 55.105462      | 55.140786      | 53.761383      | 750.82769              |
| 13          | 54.343263      | 52.984681      | 53.018646      | 51.692331      | 777.33121              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.1876019      | 0.1829118      | 0.1830291      | 0.1784504      | 1309.3568              |
| 69.5        | 0.1782218      | 0.1737662      | 0.1738776      | 0.1695279      | 1309.4438              |
| 70          | 0.1693107      | 0.1650779      | 0.1651837      | 0.1610515      | 1309.5263              |
| 70.5        | 0.1608452      | 0.156824       | 0.1569246      | 0.1529989      | 1309.6048              |
| 71          | 0.1528029      | 0.1489828      | 0.1490783      | 0.145349       | 1309.6793              |

| SEL (i+3,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 108.20732              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 2           | 0.7512489      | 0.7324677      | 0.7329372      | 0.714602       | 108.57371              |
| 2.5         | 2.5117412      | 2.4489477      | 2.4505176      | 2.3892154      | 109.7987               |
| 3           | 5.2551554      | 5.1237766      | 5.127061       | 4.9988024      | 112.36167              |
| 3.5         | 8.8072463      | 8.5870652      | 8.5925697      | 8.3776178      | 116.65701              |
| 4           | 12.932153      | 12.608849      | 12.616932      | 12.301307      | 122.9641               |
| 4.5         | 17.384631      | 16.950015      | 16.96088       | 16.536587      | 131.44268              |
| 5           | 21.939513      | 21.391025      | 21.404737      | 20.869276      | 142.14271              |
| 5.5         | 26.406332      | 25.746174      | 25.762678      | 25.118198      | 155.02123              |
| 6           | 30.634559      | 29.868695      | 29.887841      | 29.140167      | 169.96188              |
| 6.5         | 34.513201      | 33.650371      | 33.671941      | 32.829604      | 186.79416              |
| 7           | 37.967258      | 37.018076      | 37.041806      | 36.115167      | 205.31101              |
| 7.5         | 40.952657      | 39.928841      | 39.954436      | 38.954935      | 225.28386              |
| 8           | 43.450707      | 42.36444       | 42.391596      | 41.331128      | 246.47502              |
| 8.5         | 45.462685      | 44.326118      | 44.354532      | 43.244958      | 268.64743              |
| 9           | 47.004903      | 45.82978       | 45.859159      | 44.711945      | 291.57199              |
| 9.5         | 48.104428      | 46.901817      | 46.931883      | 45.757834      | 315.03279              |
| 10          | 48.795489      | 47.575602      | 47.606099      | 46.415184      | 338.83063              |
| 10.5        | 49.116566      | 47.888652      | 47.91935       | 46.720598      | 362.78506              |
| 11          | 49.108101      | 47.880398      | 47.911091      | 46.712546      | 386.73537              |
| 11.5        | 48.810748      | 47.590479      | 47.620986      | 46.429698      | 410.54065              |
| 12          | 48.26409       | 47.057488      | 47.087653      | 45.909707      | 434.07932              |
| 12.5        | 47.505736      | 46.318093      | 46.347784      | 45.188347      | 457.24814              |
| 13          | 46.570724      | 45.406456      | 45.435562      | 44.298946      | 479.96095              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.1891183      | 0.1843903      | 0.1845085      | 0.1798929      | 992.94354              |
| 69.5        | 0.1796624      | 0.1751708      | 0.1752831      | 0.1708982      | 993.03116              |
| 70          | 0.1706793      | 0.1664123      | 0.166519       | 0.1623533      | 993.1144               |
| 70.5        | 0.1621453      | 0.1580917      | 0.158193       | 0.1542357      | 993.19348              |
| 71          | 0.154038       | 0.1501871      | 0.1502834      | 0.1465239      | 993.26861              |

| SEL (i+4,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 82.081645              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 2           | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 2.5         | 0.1151119      | 0.1122341      | 0.1123061      | 0.1094966      | 82.137786              |
| 3           | 0.4767271      | 0.4648089      | 0.4651069      | 0.4534717      | 82.370289              |
| 3.5         | 1.1856629      | 1.1560213      | 1.1567624      | 1.1278248      | 82.948543              |
| 4           | 2.2956728      | 2.2382809      | 2.2397157      | 2.183687       | 84.068156              |
| 4.5         | 3.8135116      | 3.7181738      | 3.7205572      | 3.6274837      | 85.928027              |
| 5           | 5.7069915      | 5.5643167      | 5.5678836      | 5.4285973      | 88.71136               |
| 5.5         | 7.9159251      | 7.718027       | 7.7229745      | 7.5297764      | 92.572002              |
| 6           | 10.363098      | 10.10402       | 10.110497      | 9.8575728      | 97.626144              |
| 6.5         | 12.963826      | 12.639731      | 12.647833      | 12.331435      | 103.94868              |
| 7           | 15.633527      | 15.242689      | 15.25246       | 14.870904      | 111.57324              |
| 7.5         | 18.29321       | 17.83588       | 17.847313      | 17.400845      | 120.49494              |
| 8           | 20.873088      | 20.351261      | 20.364306      | 19.854873      | 130.67487              |
| 8.5         | 23.314605      | 22.73174       | 22.746312      | 22.177289      | 142.04553              |
| 9           | 25.571231      | 24.93195       | 24.947932      | 24.323834      | 154.51677              |
| 9.5         | 27.608333      | 26.918124      | 26.93538       | 26.261564      | 167.98151              |
| 10          | 29.402422      | 28.667361      | 28.685738      | 27.968135      | 182.32124              |
| 10.5        | 30.939998      | 30.166498      | 30.185835      | 29.430706      | 197.41085              |
| 11          | 32.216184      | 31.41078       | 31.430915      | 30.644639      | 213.12287              |
| 11.5        | 33.233287      | 32.402455      | 32.423225      | 31.612125      | 229.33094              |
| 12          | 33.999374      | 33.14939       | 33.170639      | 32.340842      | 245.91262              |
| 12.5        | 34.52695       | 33.663776      | 33.685356      | 32.842682      | 262.75162              |
| 13          | 34.831756      | 33.960963      | 33.982732      | 33.13262       | 279.73926              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.190648       | 0.1858818      | 0.1860009      | 0.1813479      | 752.76905              |
| 69.5        | 0.1811156      | 0.1765877      | 0.1767009      | 0.1722805      | 752.85738              |
| 70          | 0.1720598      | 0.1677583      | 0.1678658      | 0.1636665      | 752.9413               |
| 70.5        | 0.1634568      | 0.1593704      | 0.1594725      | 0.1554832      | 753.02102              |
| 71          | 0.155284       | 0.1514019      | 0.1514989      | 0.147709       | 753.09675              |

| SEL (i+5,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 62.254203              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 2           | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 2.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 3           | 0.0176271      | 0.0171864      | 0.0171974      | 0.0167672      | 62.2628                |
| 3.5         | 0.0870693      | 0.0848926      | 0.084947       | 0.082822       | 62.305264              |
| 4           | 0.2510503      | 0.2447741      | 0.244931       | 0.2388038      | 62.427703              |
| 4.5         | 0.5518992      | 0.5381017      | 0.5384466      | 0.5249769      | 62.696867              |
| 5           | 1.024433       | 0.9988221      | 0.9994624      | 0.9744598      | 63.196489              |
| 5.5         | 1.6915102      | 1.6492225      | 1.6502797      | 1.6089963      | 64.021448              |
| 6           | 2.562158       | 2.498104       | 2.4997054      | 2.4371727      | 65.271027              |
| 6.5         | 3.6317568      | 3.5409629      | 3.5432327      | 3.4545951      | 67.042256              |
| 7           | 4.8836523      | 4.761561       | 4.7646133      | 4.6454216      | 69.424041              |
| 7.5         | 6.2916005      | 6.1343105      | 6.1382427      | 5.9846884      | 72.492491              |
| 8           | 7.8225602      | 7.6269962      | 7.6318853      | 7.4409659      | 76.307598              |
| 8.5         | 9.4394748      | 9.2034879      | 9.2093876      | 8.9790054      | 80.911284              |
| 9           | 11.103803      | 10.826208      | 10.833148      | 10.562145      | 86.326672              |
| 9.5         | 12.777659      | 12.458217      | 12.466203      | 12.154349      | 92.55841               |
| 10          | 14.425504      | 14.064866      | 14.073882      | 13.72181       | 99.593811              |
| 10.5        | 16.015377      | 15.614993      | 15.625002      | 15.234127      | 107.4046               |
| 11          | 17.519703      | 17.08171       | 17.09266       | 16.66507       | 115.94906              |
| 11.5        | 18.915727      | 18.442834      | 18.454656      | 17.992994      | 125.17437              |
| 12          | 20.185642      | 19.681001      | 19.693617      | 19.200961      | 135.01902              |
| 12.5        | 21.316471      | 20.783559      | 20.796882      | 20.276627      | 145.41519              |
| 13          | 22.299773      | 21.742279      | 21.756216      | 21.211962      | 156.29091              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | 0.1921908      | 0.1873861      | 0.1875062      | 0.1828155      | 570.49095              |
| 69.5        | 0.1825813      | 0.1780168      | 0.1781309      | 0.1736748      | 570.58                 |
| 70          | 0.1734523      | 0.169116       | 0.1692244      | 0.1649911      | 570.66459              |
| 70.5        | 0.1647797      | 0.1606602      | 0.1607632      | 0.1567415      | 570.74496              |
| 71          | 0.1565407      | 0.1526272      | 0.152725       | 0.1489045      | 570.8213               |

| SEL (i+1,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 107.3104               |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 107.3104               |
| 1             | -0.298851      | -0.29138       | -0.291567      | -0.284273      | 107.16464              |
| 1.5           | 6.9843325      | 6.8097242      | 6.8140894      | 6.643628       | 110.57094              |
| 2             | 16.673811      | 16.256966      | 16.267387      | 15.860442      | 118.70286              |
| 2.5           | 26.243826      | 25.58773       | 25.604132      | 24.963619      | 131.50212              |
| 3             | 34.584203      | 33.719598      | 33.741213      | 32.897142      | 148.36904              |
| 3.5           | 41.319539      | 40.286551      | 40.312375      | 39.30392       | 168.52081              |
| 4             | 46.437759      | 45.276815      | 45.305839      | 44.172467      | 191.16877              |
| 4.5           | 50.090795      | 48.838526      | 48.869832      | 47.647304      | 215.59834              |
| 5             | 52.490365      | 51.178106      | 51.210913      | 49.92982       | 241.19819              |
| 5.5           | 53.855781      | 52.509387      | 52.543047      | 51.228629      | 267.46397              |
| 6             | 54.389797      | 53.030052      | 53.064046      | 51.736595      | 293.99018              |
| 6.5           | 54.269215      | 52.912485      | 52.946403      | 51.621895      | 320.45759              |
| 7             | 53.64297       | 52.301895      | 52.335422      | 51.026199      | 346.61957              |
| 7.5           | 52.633745      | 51.317901      | 51.350797      | 50.066205      | 372.28935              |
| 8             | 51.341046      | 50.05752       | 50.089608      | 48.836565      | 397.32867              |
| 8.5           | 49.844649      | 48.598533      | 48.629686      | 47.413165      | 421.63819              |
| 9             | 48.207918      | 47.00272       | 47.03285       | 45.856276      | 445.14947              |
| 9.5           | 46.480773      | 45.318753      | 45.347804      | 44.213382      | 467.81841              |
| 10            | 44.702225      | 43.58467       | 43.612609      | 42.521595      | 489.61994              |
| 10.5          | 42.902516      | 41.829953      | 41.856767      | 40.809677      | 510.54374              |
| 11            | 41.104859      | 40.077238      | 40.102928      | 39.099713      | 530.59082              |
| 11.5          | 39.326878      | 38.343706      | 38.368286      | 37.408464      | 549.77076              |
| 12            | 37.581756      | 36.642212      | 36.6657        | 35.748471      | 568.0996               |
| 12.5          | 35.879164      | 34.982185      | 35.00461       | 34.128934      | 585.59808              |
| 13            | 34.226014      | 33.370363      | 33.391755      | 32.556426      | 602.2903               |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1118565      | 0.1090601      | 0.10913        | 0.1064         | 923.82301              |
| 69.5          | 0.1062637      | 0.1036071      | 0.1036735      | 0.10108        | 923.87484              |
| 70            | 0.1009505      | 0.0984267      | 0.0984898      | 0.096026       | 923.92407              |
| 70.5          | 0.095903       | 0.0935054      | 0.0935653      | 0.0912247      | 923.97084              |
| 71            | 0.0911078      | 0.0888301      | 0.0888871      | 0.0866635      | 924.01528              |

| SEL (i+2,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 114.17618              |
| 0.5           | -2.31E-14      | -2.31E-14      | -2.31E-14      | -1.42E-14      | 114.17618              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17618              |
| 1.5           | -0.045821      | -0.044676      | -0.044704      | -0.043586      | 114.15383              |
| 2             | 2.1852635      | 2.1306319      | 2.1319977      | 2.0786636      | 115.2196               |
| 2.5           | 6.6941994      | 6.5268444      | 6.5310283      | 6.367648       | 118.4844               |
| 3             | 12.741847      | 12.423301      | 12.431265      | 12.120284      | 124.69867              |
| 3.5           | 19.507644      | 19.019952      | 19.032145      | 18.556036      | 134.21266              |
| 4             | 26.32329       | 25.665207      | 25.68166       | 25.039207      | 147.05068              |
| 4.5           | 32.722631      | 31.904565      | 31.925017      | 31.12638       | 163.00969              |
| 5             | 38.42075       | 37.460231      | 37.484244      | 36.546537      | 181.74771              |
| 5.5           | 43.272674      | 42.190857      | 42.217902      | 41.161779      | 202.85204              |
| 6             | 47.232289      | 46.051481      | 46.081002      | 44.928239      | 225.8875               |
| 6.5           | 50.318457      | 49.060495      | 49.091944      | 47.863859      | 250.4281               |
| 7             | 52.589529      | 51.27479       | 51.307659      | 50.024146      | 276.07631              |
| 7.5           | 54.125256      | 52.772125      | 52.805953      | 51.484959      | 302.47351              |
| 8             | 55.014529      | 53.639166      | 53.67355       | 52.330852      | 329.30441              |
| 8.5           | 55.347417      | 53.963732      | 53.998324      | 52.647501      | 356.29766              |
| 9             | 55.210275      | 53.830018      | 53.864525      | 52.517049      | 383.22403              |
| 9.5           | 54.682947      | 53.315874      | 53.350051      | 52.015445      | 409.89322              |
| 10            | 53.837389      | 52.491455      | 52.525103      | 51.211134      | 436.15002              |
| 10.5          | 52.737204      | 51.418774      | 51.451734      | 50.164617      | 461.87026              |
| 11            | 51.437754      | 50.15181       | 50.183959      | 48.928556      | 486.95675              |
| 11.5          | 49.98662       | 48.736955      | 48.768196      | 47.54821       | 511.33551              |
| 12            | 48.424238      | 47.213632      | 47.243897      | 46.062043      | 534.95229              |
| 12.5          | 46.784629      | 45.615013      | 45.644253      | 44.502416      | 557.76942              |
| 13            | 45.096136      | 43.968733      | 43.996918      | 42.89629       | 579.76306              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1580219      | 0.1540713      | 0.1541701      | 0.1503133      | 1026.3823              |
| 69.5          | 0.1501208      | 0.1463677      | 0.1464616      | 0.1427977      | 1026.4555              |
| 70            | 0.1426147      | 0.1390494      | 0.1391385      | 0.1356578      | 1026.525               |
| 70.5          | 0.135484       | 0.1320969      | 0.1321816      | 0.1288749      | 1026.5911              |
| 71            | 0.1287098      | 0.125492       | 0.1255725      | 0.1224312      | 1026.6539              |

| SEL (i+3,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 98.168571              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 2             | -0.007021      | -0.006846      | -0.00685       | -0.006679      | 98.165147              |
| 2.5           | 0.505607       | 0.4929668      | 0.4932828      | 0.4809428      | 98.411734              |
| 3             | 1.895821       | 1.8484255      | 1.8496104      | 1.8033405      | 99.336337              |
| 3.5           | 4.2466236      | 4.140458       | 4.1431122      | 4.039468       | 101.40744              |
| 4             | 7.4386843      | 7.2527172      | 7.2573664      | 7.075816       | 105.03533              |
| 4.5           | 11.247272      | 10.96609       | 10.973119      | 10.698616      | 110.52069              |
| 5             | 15.41685       | 15.031429      | 15.041064      | 14.664797      | 118.03957              |
| 5.5           | 19.706909      | 19.214236      | 19.226553      | 18.745581      | 127.65075              |
| 6             | 23.914945      | 23.317071      | 23.332018      | 22.748344      | 139.3142               |
| 6.5           | 27.884384      | 27.187274      | 27.204702      | 26.524149      | 152.91358              |
| 7             | 31.503771      | 30.716177      | 30.735867      | 29.966978      | 168.27814              |
| 7.5           | 34.701586      | 33.834046      | 33.855734      | 33.008799      | 185.20231              |
| 8             | 37.439357      | 36.503373      | 36.526773      | 35.613019      | 203.4617               |
| 8.5           | 39.704609      | 38.711993      | 38.736809      | 37.767768      | 222.82586              |
| 9             | 41.504382      | 40.466772      | 40.492712      | 39.479746      | 243.06779              |
| 9.5           | 42.859685      | 41.788193      | 41.81498       | 40.768936      | 263.9707               |
| 10            | 43.800927      | 42.705904      | 42.733279      | 41.664263      | 285.33266              |
| 10.5          | 44.364287      | 43.25518       | 43.282908      | 42.200142      | 306.96938              |
| 11            | 44.588918      | 43.474195      | 43.502063      | 42.413815      | 328.71565              |
| 11.5          | 44.514846      | 43.401975      | 43.429797      | 42.343356      | 350.4258               |
| 12            | 44.18145       | 43.076914      | 43.104527      | 42.026224      | 371.97334              |
| 12.5          | 43.626396      | 42.535737      | 42.563003      | 41.498246      | 393.25019              |
| 13            | 42.884944      | 41.81282       | 41.839623      | 40.792962      | 414.16542              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1773335      | 0.1729002      | 0.173011       | 0.1686829      | 893.11415              |
| 69.5          | 0.1684668      | 0.1642551      | 0.1643604      | 0.1602488      | 893.19631              |
| 70            | 0.1600435      | 0.1560424      | 0.1561424      | 0.1522364      | 893.27437              |
| 70.5          | 0.1520413      | 0.1482403      | 0.1483353      | 0.1446245      | 893.34852              |
| 71            | 0.1444392      | 0.1408283      | 0.1409185      | 0.1373933      | 893.41896              |



| SEL (i+4,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 78.536457              |
| 0.5           | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 1             | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 1.5           | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 2             | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 2.5           | -0.001075      | -0.001048      | -0.001049      | -0.001023      | 78.535933              |
| 3             | 0.1035707      | 0.1009814      | 0.1010462      | 0.0985184      | 78.586445              |
| 3.5           | 0.459699       | 0.4482065      | 0.4484938      | 0.4372743      | 78.810642              |
| 4             | 1.1859056      | 1.156258       | 1.1569992      | 1.1280557      | 79.389015              |
| 4.5           | 2.3434977      | 2.2849102      | 2.2863749      | 2.2291789      | 80.531953              |
| 5             | 3.9343117      | 3.8359539      | 3.8384128      | 3.742391       | 82.450739              |
| 5.5           | 5.9127749      | 5.7649556      | 5.7686511      | 5.6243424      | 85.334433              |
| 6             | 8.2022897      | 7.9972325      | 8.0023589      | 7.8021718      | 89.334737              |
| 6.5           | 10.710571      | 10.442806      | 10.449501      | 10.188096      | 94.558344              |
| 7             | 13.341756      | 13.008212      | 13.016551      | 12.690928      | 101.06519              |
| 7.5           | 16.004892      | 15.60477       | 15.614773      | 15.224153      | 108.87087              |
| 8             | 18.619218      | 18.153738      | 18.165375      | 17.710949      | 117.95157              |
| 8.5           | 21.116938      | 20.589015      | 20.602213      | 20.086828      | 128.25042              |
| 9             | 23.444182      | 22.858078      | 22.87273       | 22.300546      | 139.68429              |
| 9.5           | 25.56074       | 24.921721      | 24.937697      | 24.313855      | 152.1504               |
| 10            | 27.439033      | 26.753057      | 26.770207      | 26.100523      | 165.53258              |
| 10.5          | 29.062659      | 28.336092      | 28.354257      | 27.644946      | 179.7066               |
| 11            | 30.424741      | 29.664122      | 29.683138      | 28.940584      | 194.54492              |
| 11.5          | 31.526251      | 30.738095      | 30.757798      | 29.988361      | 209.92046              |
| 12            | 32.374404      | 31.565044      | 31.585278      | 30.79514       | 225.70964              |
| 12.5          | 32.981187      | 32.156658      | 32.177271      | 31.372324      | 241.79475              |
| 13            | 33.362056      | 32.528004      | 32.548856      | 31.734613      | 258.06562              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1859529      | 0.1813041      | 0.1814203      | 0.1768819      | 717.52368              |
| 69.5          | 0.1766552      | 0.1722389      | 0.1723493      | 0.1680378      | 717.60983              |
| 70            | 0.1678225      | 0.1636269      | 0.1637318      | 0.1596359      | 717.69168              |
| 70.5          | 0.1594314      | 0.1554456      | 0.1555452      | 0.1516541      | 717.76944              |
| 71            | 0.1514598      | 0.1476733      | 0.147768       | 0.1440714      | 717.84331              |

| SEL (i+1,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 107.40499              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 107.40499              |
| 1             | -0.306521      | -0.298857      | -0.299049      | -0.291568      | 107.2555               |
| 1.5           | 6.9550213      | 6.7811458      | 6.7854927      | 6.6157467      | 110.6475               |
| 2             | 16.624244      | 16.208638      | 16.219028      | 15.813292      | 118.75524              |
| 2.5           | 26.179797      | 25.525302      | 25.541664      | 24.902714      | 131.52328              |
| 3             | 34.511628      | 33.648838      | 33.670408      | 32.828108      | 148.3548               |
| 3.5           | 41.243094      | 40.212017      | 40.237794      | 39.231205      | 168.46929              |
| 4             | 46.360707      | 45.201689      | 45.230665      | 44.099174      | 191.07967              |
| 4.5           | 50.015219      | 48.764838      | 48.796098      | 47.575414      | 215.47238              |
| 5             | 52.417483      | 51.107046      | 51.139807      | 49.860493      | 241.03669              |
| 5.5           | 53.786226      | 52.44157       | 52.475187      | 51.162467      | 267.26854              |
| 6             | 54.323827      | 52.965731      | 52.999684      | 51.673843      | 293.76258              |
| 6.5           | 54.206861      | 52.85169       | 52.885569      | 51.562583      | 320.19958              |
| 7             | 53.584134      | 52.244531      | 52.278021      | 50.970233      | 346.33287              |
| 7.5           | 52.578263      | 51.263806      | 51.296668      | 50.01343       | 371.97559              |
| 8             | 51.288724      | 50.006506      | 50.038562      | 48.786796      | 396.98939              |
| 8.5           | 49.795287      | 48.550404      | 48.581527      | 47.36621       | 421.27484              |
| 9             | 48.16132       | 46.957287      | 46.987388      | 45.81195       | 444.76339              |
| 9.5           | 46.436753      | 45.275834      | 45.304857      | 44.17151       | 467.41086              |
| 10            | 44.660613      | 43.544098      | 43.572011      | 42.482012      | 489.1921               |
| 10.5          | 42.863153      | 41.791575      | 41.818364      | 40.772235      | 510.0967               |
| 11            | 41.067603      | 40.040913      | 40.066581      | 39.064274      | 530.12561              |
| 11.5          | 39.291597      | 38.309307      | 38.333864      | 37.374904      | 549.28834              |
| 12            | 37.548329      | 36.60962       | 36.633088      | 35.716674      | 567.60088              |
| 12.5          | 35.847481      | 34.951294      | 34.973699      | 34.098796      | 585.0839               |
| 13            | 34.195973      | 33.341074      | 33.362446      | 32.527851      | 601.76147              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1117614      | 0.1089674      | 0.1090372      | 0.1063095      | 923.01897              |
| 69.5          | 0.1061733      | 0.103519       | 0.1035854      | 0.1009941      | 923.07075              |
| 70            | 0.1008647      | 0.098343       | 0.0984061      | 0.0959444      | 923.11994              |
| 70.5          | 0.0958214      | 0.0934259      | 0.0934858      | 0.0911471      | 923.16667              |
| 71            | 0.0910304      | 0.0887546      | 0.0888115      | 0.0865898      | 923.21107              |

| SEL (i+2,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 114.17521              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17521              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17521              |
| 1.5           | -0.046967      | -0.045793      | -0.045823      | -0.044676      | 114.1523               |
| 2             | 2.1767289      | 2.1223107      | 2.1236712      | 2.0705454      | 115.21391              |
| 2.5           | 6.6747267      | 6.5078586      | 6.5120303      | 6.3491252      | 118.46921              |
| 3             | 12.711163      | 12.393384      | 12.401329      | 12.091097      | 124.66852              |
| 3.5           | 19.467525      | 18.980837      | 18.993004      | 18.517875      | 134.16294              |
| 4             | 26.276338      | 25.61943       | 25.635853      | 24.994546      | 146.97806              |
| 4.5           | 32.67147       | 31.854684      | 31.875103      | 31.077715      | 162.91212              |
| 5             | 38.367627      | 37.408436      | 37.432416      | 36.496006      | 181.62423              |
| 5.5           | 43.219322      | 42.138839      | 42.165851      | 41.111029      | 202.70255              |
| 6             | 47.179942      | 46.000444      | 46.029931      | 44.878446      | 225.71247              |
| 6.5           | 50.267928      | 49.01123       | 49.042647      | 47.815796      | 250.22843              |
| 7             | 52.541302      | 51.22777       | 51.260608      | 49.978272      | 275.85312              |
| 7.5           | 54.079579      | 52.727589      | 52.761389      | 51.441509      | 302.22804              |
| 8             | 54.971483      | 53.597196      | 53.631553      | 52.289905      | 329.03795              |
| 8.5           | 55.306977      | 53.924303      | 53.95887       | 52.609034      | 356.01148              |
| 9             | 55.172349      | 53.793041      | 53.827523      | 52.480973      | 382.91935              |
| 9.5           | 54.647407      | 53.281222      | 53.315376      | 51.981638      | 409.57121              |
| 10            | 53.804087      | 52.458985      | 52.492613      | 51.179457      | 435.81177              |
| 10.5          | 52.705988      | 51.388338      | 51.421279      | 50.134924      | 461.51678              |
| 11            | 51.408475      | 50.123263      | 50.155393      | 48.900705      | 486.58899              |
| 11.5          | 49.959134      | 48.710155      | 48.74138       | 47.522065      | 510.95434              |
| 12            | 48.398412      | 47.188451      | 47.2187        | 46.037477      | 534.55853              |
| 12.5          | 46.760338      | 45.59133       | 45.620555      | 44.47931       | 557.36381              |
| 13            | 45.073269      | 43.946437      | 43.974608      | 42.874539      | 579.3463               |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1579535      | 0.1540046      | 0.1541033      | 0.1502483      | 1025.7646              |
| 69.5          | 0.1500558      | 0.1463044      | 0.1463982      | 0.1427359      | 1025.8378              |
| 70            | 0.142553       | 0.1389892      | 0.1390783      | 0.1355991      | 1025.9073              |
| 70.5          | 0.1354253      | 0.1320397      | 0.1321244      | 0.1288191      | 1025.9733              |
| 71            | 0.1286541      | 0.1254377      | 0.1255181      | 0.1223782      | 1026.0361              |

| SEL (i+3,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 98.155045              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 2             | -0.007192      | -0.007012      | -0.007017      | -0.006841      | 98.151537              |
| 2.5           | 0.5036751      | 0.4910832      | 0.491398       | 0.4791052      | 98.397182              |
| 3             | 1.8903106      | 1.8430529      | 1.8442343      | 1.7980989      | 99.319098              |
| 3.5           | 4.236356       | 4.1304471      | 4.1330948      | 4.0297012      | 101.38519              |
| 4             | 7.4233511      | 7.2377673      | 7.2424069      | 7.0612308      | 105.0056               |
| 4.5           | 11.227285      | 10.946603      | 10.95362       | 10.679604      | 110.48122              |
| 5             | 15.393066      | 15.008239      | 15.01786       | 14.642173      | 117.9885               |
| 5.5           | 19.680366      | 19.188357      | 19.200657      | 18.720333      | 127.58673              |
| 6             | 23.886678      | 23.289511      | 23.304441      | 22.721456      | 139.2364               |
| 6.5           | 27.855312      | 27.158929      | 27.176338      | 26.496495      | 152.82159              |
| 7             | 31.474645      | 30.687779      | 30.70745       | 29.939272      | 168.17196              |
| 7.5           | 34.672981      | 33.806157      | 33.827827      | 32.98159       | 185.08217              |
| 8             | 37.411689      | 36.476397      | 36.499779      | 35.5867        | 203.32807              |
| 8.5           | 39.678152      | 38.686199      | 38.710997      | 37.742603      | 222.67933              |
| 9             | 41.479304      | 40.442322      | 40.468246      | 39.455892      | 242.90902              |
| 9.5           | 42.836069      | 41.765167      | 41.791939      | 40.746472      | 263.80042              |
| 10            | 43.778792      | 42.684322      | 42.711684      | 41.643208      | 285.15159              |
| 10.5          | 44.343612      | 43.235021      | 43.262736      | 42.180475      | 306.77822              |
| 11            | 44.56965       | 43.455409      | 43.483265      | 42.395487      | 328.51509              |
| 11.5          | 44.496917      | 43.384494      | 43.412305      | 42.326302      | 350.21649              |
| 12            | 44.16478       | 43.06066       | 43.088263      | 42.010367      | 371.75591              |
| 12.5          | 43.610901      | 42.520629      | 42.547886      | 41.483507      | 393.0252               |
| 13            | 42.870539      | 41.798775      | 41.825569      | 40.77926       | 413.9334               |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1772984      | 0.1728659      | 0.1729768      | 0.1686496      | 892.771                |
| 69.5          | 0.1684335      | 0.1642226      | 0.1643279      | 0.1602171      | 892.85315              |
| 70            | 0.1600118      | 0.1560115      | 0.1561115      | 0.1522062      | 892.93119              |
| 70.5          | 0.1520112      | 0.1482109      | 0.1483059      | 0.1445959      | 893.00533              |
| 71            | 0.1444107      | 0.1408004      | 0.1408907      | 0.1373661      | 893.07576              |

| SEL (i+4,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 78.524005              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 2             | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 2.5           | -0.001101      | -0.001073      | -0.001074      | -0.001047      | 78.523468              |
| 3             | 0.1031648      | 0.1005857      | 0.1006501      | 0.0981323      | 78.573782              |
| 3.5           | 0.4583019      | 0.4468443      | 0.4471308      | 0.4359453      | 78.797299              |
| 4             | 1.1828838      | 1.1533117      | 1.154051       | 1.1251812      | 79.374198              |
| 4.5           | 2.3383868      | 2.2799271      | 2.2813886      | 2.2243174      | 80.514643              |
| 5             | 3.9269034      | 3.8287308      | 3.8311851      | 3.7353441      | 82.429816              |
| 5.5           | 5.9031123      | 5.7555345      | 5.7592239      | 5.6151511      | 85.308798              |
| 6             | 8.190611       | 7.9858457      | 7.9909648      | 7.7910627      | 89.303405              |
| 6.5           | 10.697237      | 10.429806      | 10.436491      | 10.175412      | 94.520509              |
| 7             | 13.327182      | 12.994002      | 13.002332      | 12.677065      | 101.02025              |
| 7.5           | 15.989496      | 15.589758      | 15.599752      | 15.209508      | 108.81842              |
| 8             | 18.603385      | 18.138301      | 18.149928      | 17.695889      | 117.8914               |
| 8.5           | 21.101004      | 20.573478      | 20.586667      | 20.07167       | 128.18248              |
| 9             | 23.42842       | 22.84271       | 22.857352      | 22.285553      | 139.60865              |
| 9.5           | 25.545366      | 24.906732      | 24.922698      | 24.299231      | 152.06727              |
| 10            | 27.424209      | 26.738604      | 26.755744      | 26.086422      | 165.44222              |
| 10.5          | 29.048498      | 28.322285      | 28.340441      | 27.631476      | 179.60934              |
| 11            | 30.411316      | 29.651033      | 29.67004       | 28.927814      | 194.44111              |
| 11.5          | 31.513604      | 30.725764      | 30.74546       | 29.976331      | 209.81048              |
| 12            | 32.362551      | 31.553487      | 31.573714      | 30.783865      | 225.59388              |
| 12.5          | 32.970124      | 32.145871      | 32.166477      | 31.3618        | 241.6736               |
| 13            | 33.351765      | 32.51797       | 32.538815      | 31.724824      | 257.93944              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | 0.1859362      | 0.1812878      | 0.181404       | 0.176866       | 717.3307               |
| 69.5          | 0.1766394      | 0.1722234      | 0.1723338      | 0.1680227      | 717.41685              |
| 70            | 0.1678074      | 0.1636122      | 0.1637171      | 0.1596216      | 717.49869              |
| 70.5          | 0.159417       | 0.1554316      | 0.1555313      | 0.1516405      | 717.57644              |
| 71            | 0.1514462      | 0.14766        | 0.1477547      | 0.1440585      | 717.6503               |

**B. Hasil Perhitungan *Runge-Kutta* Masing-Masing Sel (Kondisi *Unsteady*, Beban Berubah Terhadap Waktu)**

| SEL (i,j)   |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 247.67857              |
| 0.5         | 113.32618      | 113.32618      | 113.32618      | 113.32618      | 304.34166              |
| 1           | 53.3241        | 53.3241        | 53.3241        | 53.3241        | 331.00371              |
| 1.5         | 17.701585      | 17.701585      | 17.701585      | 17.701585      | 339.8545               |
| 2           | -3.172506      | -3.172506      | -3.172506      | -3.172506      | 338.26825              |
| 2.5         | -15.13783      | -15.13783      | -15.13783      | -15.13783      | 330.69933              |
| 3           | -21.73448      | -21.73448      | -21.73448      | -21.73448      | 319.83209              |
| 3.5         | -25.10791      | -25.10791      | -25.10791      | -25.10791      | 307.27814              |
| 4           | -26.55774      | -26.55774      | -26.55774      | -26.55774      | 293.99927              |
| 4.5         | -26.87065      | -26.87065      | -26.87065      | -26.87065      | 280.56395              |
| 5           | -26.52231      | -26.52231      | -26.52231      | -26.52231      | 267.30279              |
| 5.5         | -25.79981      | -25.79981      | -25.79981      | -25.79981      | 254.40289              |
| 6           | -24.87593      | -24.87593      | -24.87593      | -24.87593      | 241.96492              |
| 6.5         | -23.85419      | -23.85419      | -23.85419      | -23.85419      | 230.03783              |
| 7           | -22.79617      | -22.79617      | -22.79617      | -22.79617      | 218.63974              |
| 7.5         | -21.73805      | -21.73805      | -21.73805      | -21.73805      | 207.77072              |
| 8           | -20.70069      | -20.70069      | -20.70069      | -20.70069      | 197.42037              |
| 8.5         | -19.69571      | -19.69571      | -19.69571      | -19.69571      | 187.57252              |
| 9           | -18.72915      | -18.72915      | -18.72915      | -18.72915      | 178.20794              |
| 9.5         | -17.80375      | -17.80375      | -17.80375      | -17.80375      | 169.30606              |
| 10          | -16.92027      | -16.92027      | -16.92027      | -16.92027      | 160.84593              |
| 10.5        | -16.07832      | -16.07832      | -16.07832      | -16.07832      | 152.80677              |
| 11          | -15.27687      | -15.27687      | -15.27687      | -15.27687      | 145.16833              |
| 11.5        | -14.51453      | -14.51453      | -14.51453      | -14.51453      | 137.91107              |
| 12          | -13.78971      | -13.78971      | -13.78971      | -13.78971      | 131.01621              |
| 12.5        | -13.10077      | -13.10077      | -13.10077      | -13.10077      | 124.46583              |
| 13          | -12.44607      | -12.44607      | -12.44607      | -12.44607      | 118.24279              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.03982       | -0.03982       | -0.03982       | -0.03982       | 0.3782859              |
| 69.5        | -0.037829      | -0.037829      | -0.037829      | -0.037829      | 0.3593716              |
| 70          | -0.035937      | -0.035937      | -0.035937      | -0.035937      | 0.341403               |
| 70.5        | -0.03414       | -0.03414       | -0.03414       | -0.03414       | 0.3243329              |
| 71          | -0.032433      | -0.032433      | -0.032433      | -0.032433      | 0.3081162              |

| SEL ( $i,j+1$ ) |                |                |                |                |                        |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)     | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|                 | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0               |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5             | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1               | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5             | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2               | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5             | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3               | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5             | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4               | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5             | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5               | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5             | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6               | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5             | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7               | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5             | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8               | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5             | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9               | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5             | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10              | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5            | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11              | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5            | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12              | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5            | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13              | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|                 |                |                |                |                |                        |
| 69              | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5            | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70              | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5            | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71              | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |

| SEL (i+5,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.2                   |
| 0.5           | -1.82          | -1.82          | -1.82          | -1.82          | 17.29                  |
| 1             | -1.729         | -1.729         | -1.729         | -1.729         | 16.4255                |
| 1.5           | -1.64255       | -1.64255       | -1.64255       | -1.64255       | 15.604225              |
| 2             | -1.560423      | -1.560423      | -1.560423      | -1.560423      | 14.824014              |
| 2.5           | -1.482401      | -1.482401      | -1.482401      | -1.482401      | 14.082813              |
| 3             | -1.408281      | -1.408281      | -1.408281      | -1.408281      | 13.378672              |
| 3.5           | -1.337867      | -1.337867      | -1.337867      | -1.337867      | 12.709739              |
| 4             | -1.270974      | -1.270974      | -1.270974      | -1.270974      | 12.074252              |
| 4.5           | -1.207425      | -1.207425      | -1.207425      | -1.207425      | 11.470539              |
| 5             | -1.147054      | -1.147054      | -1.147054      | -1.147054      | 10.897012              |
| 5.5           | -1.089701      | -1.089701      | -1.089701      | -1.089701      | 10.352162              |
| 6             | -1.035216      | -1.035216      | -1.035216      | -1.035216      | 9.8345536              |
| 6.5           | -0.983455      | -0.983455      | -0.983455      | -0.983455      | 9.3428259              |
| 7             | -0.934283      | -0.934283      | -0.934283      | -0.934283      | 8.8756846              |
| 7.5           | -0.887568      | -0.887568      | -0.887568      | -0.887568      | 8.4319004              |
| 8             | -0.84319       | -0.84319       | -0.84319       | -0.84319       | 8.0103054              |
| 8.5           | -0.801031      | -0.801031      | -0.801031      | -0.801031      | 7.6097901              |
| 9             | -0.760979      | -0.760979      | -0.760979      | -0.760979      | 7.2293006              |
| 9.5           | -0.72293       | -0.72293       | -0.72293       | -0.72293       | 6.8678356              |
| 10            | -0.686784      | -0.686784      | -0.686784      | -0.686784      | 6.5244438              |
| 10.5          | -0.652444      | -0.652444      | -0.652444      | -0.652444      | 6.1982216              |
| 11            | -0.619822      | -0.619822      | -0.619822      | -0.619822      | 5.8883105              |
| 11.5          | -0.588831      | -0.588831      | -0.588831      | -0.588831      | 5.593895               |
| 12            | -0.559389      | -0.559389      | -0.559389      | -0.559389      | 5.3142002              |
| 12.5          | -0.53142       | -0.53142       | -0.53142       | -0.53142       | 5.0484902              |
| 13            | -0.504849      | -0.504849      | -0.504849      | -0.504849      | 4.7960657              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001615      | -0.001615      | -0.001615      | -0.001615      | 0.0153437              |
| 69.5          | -0.001534      | -0.001534      | -0.001534      | -0.001534      | 0.0145765              |
| 70            | -0.001458      | -0.001458      | -0.001458      | -0.001458      | 0.0138477              |
| 70.5          | -0.001385      | -0.001385      | -0.001385      | -0.001385      | 0.0131553              |
| 71            | -0.001316      | -0.001316      | -0.001316      | -0.001316      | 0.0124975              |



| SEL (i,j-1) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 19.5                   |
| 0.5         | -1.95          | -1.95          | -1.95          | -1.95          | 18.525                 |
| 1           | -1.8525        | -1.8525        | -1.8525        | -1.8525        | 17.59875               |
| 1.5         | -1.759875      | -1.759875      | -1.759875      | -1.759875      | 16.718813              |
| 2           | -1.671881      | -1.671881      | -1.671881      | -1.671881      | 15.882872              |
| 2.5         | -1.588287      | -1.588287      | -1.588287      | -1.588287      | 15.088728              |
| 3           | -1.508873      | -1.508873      | -1.508873      | -1.508873      | 14.334292              |
| 3.5         | -1.433429      | -1.433429      | -1.433429      | -1.433429      | 13.617577              |
| 4           | -1.361758      | -1.361758      | -1.361758      | -1.361758      | 12.936698              |
| 4.5         | -1.29367       | -1.29367       | -1.29367       | -1.29367       | 12.289863              |
| 5           | -1.228986      | -1.228986      | -1.228986      | -1.228986      | 11.67537               |
| 5.5         | -1.167537      | -1.167537      | -1.167537      | -1.167537      | 11.091602              |
| 6           | -1.10916       | -1.10916       | -1.10916       | -1.10916       | 10.537022              |
| 6.5         | -1.053702      | -1.053702      | -1.053702      | -1.053702      | 10.010171              |
| 7           | -1.001017      | -1.001017      | -1.001017      | -1.001017      | 9.5096621              |
| 7.5         | -0.950966      | -0.950966      | -0.950966      | -0.950966      | 9.034179               |
| 8           | -0.903418      | -0.903418      | -0.903418      | -0.903418      | 8.58247                |
| 8.5         | -0.858247      | -0.858247      | -0.858247      | -0.858247      | 8.1533465              |
| 9           | -0.815335      | -0.815335      | -0.815335      | -0.815335      | 7.7456792              |
| 9.5         | -0.774568      | -0.774568      | -0.774568      | -0.774568      | 7.3583952              |
| 10          | -0.73584       | -0.73584       | -0.73584       | -0.73584       | 6.9904755              |
| 10.5        | -0.699048      | -0.699048      | -0.699048      | -0.699048      | 6.6409517              |
| 11          | -0.664095      | -0.664095      | -0.664095      | -0.664095      | 6.3089041              |
| 11.5        | -0.63089       | -0.63089       | -0.63089       | -0.63089       | 5.9934589              |
| 12          | -0.599346      | -0.599346      | -0.599346      | -0.599346      | 5.693786               |
| 12.5        | -0.569379      | -0.569379      | -0.569379      | -0.569379      | 5.4090967              |
| 13          | -0.54091       | -0.54091       | -0.54091       | -0.54091       | 5.1386418              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.00173       | -0.00173       | -0.00173       | -0.00173       | 0.0164396              |
| 69.5        | -0.001644      | -0.001644      | -0.001644      | -0.001644      | 0.0156177              |
| 70          | -0.001562      | -0.001562      | -0.001562      | -0.001562      | 0.0148368              |
| 70.5        | -0.001484      | -0.001484      | -0.001484      | -0.001484      | 0.0140949              |
| 71          | -0.001409      | -0.001409      | -0.001409      | -0.001409      | 0.0133902              |

| SEL (i+5,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.4                   |
| 0.5           | -1.84          | -1.84          | -1.84          | -1.84          | 17.48                  |
| 1             | -1.748         | -1.748         | -1.748         | -1.748         | 16.606                 |
| 1.5           | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | 15.7757                |
| 2             | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | 14.986915              |
| 2.5           | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | 14.237569              |
| 3             | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | 13.525691              |
| 3.5           | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | 12.849406              |
| 4             | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | 12.206936              |
| 4.5           | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | 11.596589              |
| 5             | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | 11.01676               |
| 5.5           | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | 10.465922              |
| 6             | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | 9.9426256              |
| 6.5           | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | 9.4454943              |
| 7             | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | 8.9732196              |
| 7.5           | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | 8.5245586              |
| 8             | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | 8.0983307              |
| 8.5           | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | 7.6934142              |
| 9             | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | 7.3087435              |
| 9.5           | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | 6.9433063              |
| 10            | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | 6.596141               |
| 10.5          | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | 6.2663339              |
| 11            | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | 5.9530172              |
| 11.5          | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | 5.6553664              |
| 12            | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | 5.372598               |
| 12.5          | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | 5.1039681              |
| 13            | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | 4.8487697              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | 0.0155123              |
| 69.5          | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | 0.0147367              |
| 70            | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | 0.0139998              |
| 70.5          | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | 0.0132998              |
| 71            | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | 0.0126348              |

| SEL (i+1,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1             | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5           | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2             | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5           | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3             | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5           | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4             | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5           | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5             | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5           | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6             | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5           | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7             | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5           | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8             | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5           | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9             | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5           | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10            | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5          | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11            | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5          | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12            | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5          | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13            | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5          | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70            | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5          | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71            | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |

| SEL (i+2,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.7                   |
| 0.5           | -1.87          | -1.87          | -1.87          | -1.87          | 17.765                 |
| 1             | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | 16.87675               |
| 1.5           | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | 16.032913              |
| 2             | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | 15.231267              |
| 2.5           | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | 14.469704              |
| 3             | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | 13.746218              |
| 3.5           | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | 13.058907              |
| 4             | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | 12.405962              |
| 4.5           | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | 11.785664              |
| 5             | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | 11.196381              |
| 5.5           | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | 10.636562              |
| 6             | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | 10.104734              |
| 6.5           | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | 9.599497               |
| 7             | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | 9.1195221              |
| 7.5           | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | 8.663546               |
| 8             | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | 8.2303687              |
| 8.5           | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | 7.8188503              |
| 9             | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | 7.4279078              |
| 9.5           | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | 7.0565124              |
| 10            | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | 6.7036867              |
| 10.5          | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | 6.3685024              |
| 11            | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | 6.0500773              |
| 11.5          | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | 5.7475734              |
| 12            | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | 5.4601948              |
| 12.5          | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | 5.187185               |
| 13            | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | 4.9278258              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | 0.0157652              |
| 69.5          | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | 0.0149769              |
| 70            | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | 0.0142281              |
| 70.5          | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | 0.0135167              |
| 71            | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | 0.0128408              |

| SEL (i+3,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.5                   |
| 0.5           | -1.85          | -1.85          | -1.85          | -1.85          | 17.575                 |
| 1             | -1.7575        | -1.7575        | -1.7575        | -1.7575        | 16.69625               |
| 1.5           | -1.669625      | -1.669625      | -1.669625      | -1.669625      | 15.861438              |
| 2             | -1.586144      | -1.586144      | -1.586144      | -1.586144      | 15.068366              |
| 2.5           | -1.506837      | -1.506837      | -1.506837      | -1.506837      | 14.314947              |
| 3             | -1.431495      | -1.431495      | -1.431495      | -1.431495      | 13.5992                |
| 3.5           | -1.35992       | -1.35992       | -1.35992       | -1.35992       | 12.91924               |
| 4             | -1.291924      | -1.291924      | -1.291924      | -1.291924      | 12.273278              |
| 4.5           | -1.227328      | -1.227328      | -1.227328      | -1.227328      | 11.659614              |
| 5             | -1.165961      | -1.165961      | -1.165961      | -1.165961      | 11.076633              |
| 5.5           | -1.107663      | -1.107663      | -1.107663      | -1.107663      | 10.522802              |
| 6             | -1.05228       | -1.05228       | -1.05228       | -1.05228       | 9.9966616              |
| 6.5           | -0.999666      | -0.999666      | -0.999666      | -0.999666      | 9.4968285              |
| 7             | -0.949683      | -0.949683      | -0.949683      | -0.949683      | 9.0219871              |
| 7.5           | -0.902199      | -0.902199      | -0.902199      | -0.902199      | 8.5708878              |
| 8             | -0.857089      | -0.857089      | -0.857089      | -0.857089      | 8.1423434              |
| 8.5           | -0.814234      | -0.814234      | -0.814234      | -0.814234      | 7.7352262              |
| 9             | -0.773523      | -0.773523      | -0.773523      | -0.773523      | 7.3484649              |
| 9.5           | -0.734846      | -0.734846      | -0.734846      | -0.734846      | 6.9810416              |
| 10            | -0.698104      | -0.698104      | -0.698104      | -0.698104      | 6.6319896              |
| 10.5          | -0.663199      | -0.663199      | -0.663199      | -0.663199      | 6.3003901              |
| 11            | -0.630039      | -0.630039      | -0.630039      | -0.630039      | 5.9853706              |
| 11.5          | -0.598537      | -0.598537      | -0.598537      | -0.598537      | 5.6861021              |
| 12            | -0.56861       | -0.56861       | -0.56861       | -0.56861       | 5.401797               |
| 12.5          | -0.54018       | -0.54018       | -0.54018       | -0.54018       | 5.1317071              |
| 13            | -0.513171      | -0.513171      | -0.513171      | -0.513171      | 4.8751217              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001642      | -0.001642      | -0.001642      | -0.001642      | 0.0155966              |
| 69.5          | -0.00156       | -0.00156       | -0.00156       | -0.00156       | 0.0148167              |
| 70            | -0.001482      | -0.001482      | -0.001482      | -0.001482      | 0.0140759              |
| 70.5          | -0.001408      | -0.001408      | -0.001408      | -0.001408      | 0.0133721              |
| 71            | -0.001337      | -0.001337      | -0.001337      | -0.001337      | 0.0127035              |

| SEL (i+4,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.4                   |
| 0.5           | -1.84          | -1.84          | -1.84          | -1.84          | 17.48                  |
| 1             | -1.748         | -1.748         | -1.748         | -1.748         | 16.606                 |
| 1.5           | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | -1.6606        | 15.7757                |
| 2             | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | -1.57757       | 14.986915              |
| 2.5           | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | -1.498692      | 14.237569              |
| 3             | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | -1.423757      | 13.525691              |
| 3.5           | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | -1.352569      | 12.849406              |
| 4             | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | -1.284941      | 12.206936              |
| 4.5           | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | -1.220694      | 11.596589              |
| 5             | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | -1.159659      | 11.01676               |
| 5.5           | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | -1.101676      | 10.465922              |
| 6             | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | -1.046592      | 9.9426256              |
| 6.5           | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | -0.994263      | 9.4454943              |
| 7             | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | -0.944549      | 8.9732196              |
| 7.5           | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | -0.897322      | 8.5245586              |
| 8             | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | -0.852456      | 8.0983307              |
| 8.5           | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | -0.809833      | 7.6934142              |
| 9             | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | -0.769341      | 7.3087435              |
| 9.5           | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | -0.730874      | 6.9433063              |
| 10            | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | -0.694331      | 6.596141               |
| 10.5          | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | -0.659614      | 6.2663339              |
| 11            | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | -0.626633      | 5.9530172              |
| 11.5          | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | -0.595302      | 5.6553664              |
| 12            | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | -0.565537      | 5.372598               |
| 12.5          | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | -0.53726       | 5.1039681              |
| 13            | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | -0.510397      | 4.8487697              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | -0.001633      | 0.0155123              |
| 69.5          | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | -0.001551      | 0.0147367              |
| 70            | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | -0.001474      | 0.0139998              |
| 70.5          | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | -0.0014        | 0.0132998              |
| 71            | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | -0.00133       | 0.0126348              |

| SEL (i+5,j+2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.3                   |
| 0.5           | -1.83          | -1.83          | -1.83          | -1.83          | 17.385                 |
| 1             | -1.7385        | -1.7385        | -1.7385        | -1.7385        | 16.51575               |
| 1.5           | -1.651575      | -1.651575      | -1.651575      | -1.651575      | 15.689963              |
| 2             | -1.568996      | -1.568996      | -1.568996      | -1.568996      | 14.905464              |
| 2.5           | -1.490546      | -1.490546      | -1.490546      | -1.490546      | 14.160191              |
| 3             | -1.416019      | -1.416019      | -1.416019      | -1.416019      | 13.452182              |
| 3.5           | -1.345218      | -1.345218      | -1.345218      | -1.345218      | 12.779573              |
| 4             | -1.277957      | -1.277957      | -1.277957      | -1.277957      | 12.140594              |
| 4.5           | -1.214059      | -1.214059      | -1.214059      | -1.214059      | 11.533564              |
| 5             | -1.153356      | -1.153356      | -1.153356      | -1.153356      | 10.956886              |
| 5.5           | -1.095689      | -1.095689      | -1.095689      | -1.095689      | 10.409042              |
| 6             | -1.040904      | -1.040904      | -1.040904      | -1.040904      | 9.8885896              |
| 6.5           | -0.988859      | -0.988859      | -0.988859      | -0.988859      | 9.3941601              |
| 7             | -0.939416      | -0.939416      | -0.939416      | -0.939416      | 8.9244521              |
| 7.5           | -0.892445      | -0.892445      | -0.892445      | -0.892445      | 8.4782295              |
| 8             | -0.847823      | -0.847823      | -0.847823      | -0.847823      | 8.054318               |
| 8.5           | -0.805432      | -0.805432      | -0.805432      | -0.805432      | 7.6516021              |
| 9             | -0.76516       | -0.76516       | -0.76516       | -0.76516       | 7.269022               |
| 9.5           | -0.726902      | -0.726902      | -0.726902      | -0.726902      | 6.9055709              |
| 10            | -0.690557      | -0.690557      | -0.690557      | -0.690557      | 6.5602924              |
| 10.5          | -0.656029      | -0.656029      | -0.656029      | -0.656029      | 6.2322778              |
| 11            | -0.623228      | -0.623228      | -0.623228      | -0.623228      | 5.9206639              |
| 11.5          | -0.592066      | -0.592066      | -0.592066      | -0.592066      | 5.6246307              |
| 12            | -0.562463      | -0.562463      | -0.562463      | -0.562463      | 5.3433991              |
| 12.5          | -0.53434       | -0.53434       | -0.53434       | -0.53434       | 5.0762292              |
| 13            | -0.507623      | -0.507623      | -0.507623      | -0.507623      | 4.8224177              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001624      | -0.001624      | -0.001624      | -0.001624      | 0.015428               |
| 69.5          | -0.001543      | -0.001543      | -0.001543      | -0.001543      | 0.0146566              |
| 70            | -0.001466      | -0.001466      | -0.001466      | -0.001466      | 0.0139237              |
| 70.5          | -0.001392      | -0.001392      | -0.001392      | -0.001392      | 0.0132276              |
| 71            | -0.001323      | -0.001323      | -0.001323      | -0.001323      | 0.0125662              |

| SEL (i+1,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19.2                   |
| 0.5           | -1.92          | -1.92          | -1.92          | -1.92          | 18.24                  |
| 1             | -1.824         | -1.824         | -1.824         | -1.824         | 17.328                 |
| 1.5           | -1.7328        | -1.7328        | -1.7328        | -1.7328        | 16.4616                |
| 2             | -1.64616       | -1.64616       | -1.64616       | -1.64616       | 15.63852               |
| 2.5           | -1.563852      | -1.563852      | -1.563852      | -1.563852      | 14.856594              |
| 3             | -1.485659      | -1.485659      | -1.485659      | -1.485659      | 14.113764              |
| 3.5           | -1.411376      | -1.411376      | -1.411376      | -1.411376      | 13.408076              |
| 4             | -1.340808      | -1.340808      | -1.340808      | -1.340808      | 12.737672              |
| 4.5           | -1.273767      | -1.273767      | -1.273767      | -1.273767      | 12.100789              |
| 5             | -1.210079      | -1.210079      | -1.210079      | -1.210079      | 11.495749              |
| 5.5           | -1.149575      | -1.149575      | -1.149575      | -1.149575      | 10.920962              |
| 6             | -1.092096      | -1.092096      | -1.092096      | -1.092096      | 10.374914              |
| 6.5           | -1.037491      | -1.037491      | -1.037491      | -1.037491      | 9.856168               |
| 7             | -0.985617      | -0.985617      | -0.985617      | -0.985617      | 9.3633596              |
| 7.5           | -0.936336      | -0.936336      | -0.936336      | -0.936336      | 8.8951916              |
| 8             | -0.889519      | -0.889519      | -0.889519      | -0.889519      | 8.450432               |
| 8.5           | -0.845043      | -0.845043      | -0.845043      | -0.845043      | 8.0279104              |
| 9             | -0.802791      | -0.802791      | -0.802791      | -0.802791      | 7.6265149              |
| 9.5           | -0.762651      | -0.762651      | -0.762651      | -0.762651      | 7.2451892              |
| 10            | -0.724519      | -0.724519      | -0.724519      | -0.724519      | 6.8829297              |
| 10.5          | -0.688293      | -0.688293      | -0.688293      | -0.688293      | 6.5387832              |
| 11            | -0.653878      | -0.653878      | -0.653878      | -0.653878      | 6.2118441              |
| 11.5          | -0.621184      | -0.621184      | -0.621184      | -0.621184      | 5.9012519              |
| 12            | -0.590125      | -0.590125      | -0.590125      | -0.590125      | 5.6061893              |
| 12.5          | -0.560619      | -0.560619      | -0.560619      | -0.560619      | 5.3258798              |
| 13            | -0.532588      | -0.532588      | -0.532588      | -0.532588      | 5.0595858              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001704      | -0.001704      | -0.001704      | -0.001704      | 0.0161867              |
| 69.5          | -0.001619      | -0.001619      | -0.001619      | -0.001619      | 0.0153774              |
| 70            | -0.001538      | -0.001538      | -0.001538      | -0.001538      | 0.0146085              |
| 70.5          | -0.001461      | -0.001461      | -0.001461      | -0.001461      | 0.0138781              |
| 71            | -0.001388      | -0.001388      | -0.001388      | -0.001388      | 0.0131842              |



| SEL (i+2,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 19                     |
| 0.5           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | -1.9           | 18.05                  |
| 1             | -1.805         | -1.805         | -1.805         | -1.805         | 17.1475                |
| 1.5           | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | -1.71475       | 16.290125              |
| 2             | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | -1.629013      | 15.475619              |
| 2.5           | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | -1.547562      | 14.701838              |
| 3             | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | -1.470184      | 13.966746              |
| 3.5           | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | -1.396675      | 13.268409              |
| 4             | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | -1.326841      | 12.604988              |
| 4.5           | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | -1.260499      | 11.974739              |
| 5             | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | -1.197474      | 11.376002              |
| 5.5           | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | -1.1376        | 10.807202              |
| 6             | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | -1.08072       | 10.266842              |
| 6.5           | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | -1.026684      | 9.7534996              |
| 7             | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | -0.97535       | 9.2658246              |
| 7.5           | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | -0.926582      | 8.8025334              |
| 8             | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | -0.880253      | 8.3624067              |
| 8.5           | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | -0.836241      | 7.9442864              |
| 9             | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | -0.794429      | 7.5470721              |
| 9.5           | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | -0.754707      | 7.1697184              |
| 10            | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | -0.716972      | 6.8112325              |
| 10.5          | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | -0.681123      | 6.4706709              |
| 11            | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | -0.647067      | 6.1471374              |
| 11.5          | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | -0.614714      | 5.8397805              |
| 12            | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | -0.583978      | 5.5477915              |
| 12.5          | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | -0.554779      | 5.2704019              |
| 13            | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | -0.52704       | 5.0068818              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | -0.001686      | 0.0160181              |
| 69.5          | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | -0.001602      | 0.0152172              |
| 70            | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | -0.001522      | 0.0144563              |
| 70.5          | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | -0.001446      | 0.0137335              |
| 71            | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | -0.001373      | 0.0130468              |

| SEL (i+3,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.7                   |
| 0.5           | -1.87          | -1.87          | -1.87          | -1.87          | 17.765                 |
| 1             | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | -1.7765        | 16.87675               |
| 1.5           | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | -1.687675      | 16.032913              |
| 2             | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | -1.603291      | 15.231267              |
| 2.5           | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | -1.523127      | 14.469704              |
| 3             | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | -1.44697       | 13.746218              |
| 3.5           | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | -1.374622      | 13.058907              |
| 4             | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | -1.305891      | 12.405962              |
| 4.5           | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | -1.240596      | 11.785664              |
| 5             | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | -1.178566      | 11.196381              |
| 5.5           | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | -1.119638      | 10.636562              |
| 6             | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | -1.063656      | 10.104734              |
| 6.5           | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | -1.010473      | 9.599497               |
| 7             | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | -0.95995       | 9.1195221              |
| 7.5           | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | -0.911952      | 8.663546               |
| 8             | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | -0.866355      | 8.2303687              |
| 8.5           | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | -0.823037      | 7.8188503              |
| 9             | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | -0.781885      | 7.4279078              |
| 9.5           | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | -0.742791      | 7.0565124              |
| 10            | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | -0.705651      | 6.7036867              |
| 10.5          | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | -0.670369      | 6.3685024              |
| 11            | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | -0.63685       | 6.0500773              |
| 11.5          | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | -0.605008      | 5.7475734              |
| 12            | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | -0.574757      | 5.4601948              |
| 12.5          | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | -0.546019      | 5.187185               |
| 13            | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | -0.518719      | 4.9278258              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | -0.001659      | 0.0157652              |
| 69.5          | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | -0.001577      | 0.0149769              |
| 70            | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | -0.001498      | 0.0142281              |
| 70.5          | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | -0.001423      | 0.0135167              |
| 71            | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | -0.001352      | 0.0128408              |

| SEL (i+4,j-2) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 18.6                   |
| 0.5           | -1.86          | -1.86          | -1.86          | -1.86          | 17.67                  |
| 1             | -1.767         | -1.767         | -1.767         | -1.767         | 16.7865                |
| 1.5           | -1.67865       | -1.67865       | -1.67865       | -1.67865       | 15.947175              |
| 2             | -1.594718      | -1.594718      | -1.594718      | -1.594718      | 15.149816              |
| 2.5           | -1.514982      | -1.514982      | -1.514982      | -1.514982      | 14.392325              |
| 3             | -1.439233      | -1.439233      | -1.439233      | -1.439233      | 13.672709              |
| 3.5           | -1.367271      | -1.367271      | -1.367271      | -1.367271      | 12.989074              |
| 4             | -1.298907      | -1.298907      | -1.298907      | -1.298907      | 12.33962               |
| 4.5           | -1.233962      | -1.233962      | -1.233962      | -1.233962      | 11.722639              |
| 5             | -1.172264      | -1.172264      | -1.172264      | -1.172264      | 11.136507              |
| 5.5           | -1.113651      | -1.113651      | -1.113651      | -1.113651      | 10.579682              |
| 6             | -1.057968      | -1.057968      | -1.057968      | -1.057968      | 10.050698              |
| 6.5           | -1.00507       | -1.00507       | -1.00507       | -1.00507       | 9.5481627              |
| 7             | -0.954816      | -0.954816      | -0.954816      | -0.954816      | 9.0707546              |
| 7.5           | -0.907075      | -0.907075      | -0.907075      | -0.907075      | 8.6172169              |
| 8             | -0.861722      | -0.861722      | -0.861722      | -0.861722      | 8.186356               |
| 8.5           | -0.818636      | -0.818636      | -0.818636      | -0.818636      | 7.7770382              |
| 9             | -0.777704      | -0.777704      | -0.777704      | -0.777704      | 7.3881863              |
| 9.5           | -0.738819      | -0.738819      | -0.738819      | -0.738819      | 7.018777               |
| 10            | -0.701878      | -0.701878      | -0.701878      | -0.701878      | 6.6678382              |
| 10.5          | -0.666784      | -0.666784      | -0.666784      | -0.666784      | 6.3344462              |
| 11            | -0.633445      | -0.633445      | -0.633445      | -0.633445      | 6.0177239              |
| 11.5          | -0.601772      | -0.601772      | -0.601772      | -0.601772      | 5.7168377              |
| 12            | -0.571684      | -0.571684      | -0.571684      | -0.571684      | 5.4309959              |
| 12.5          | -0.5431        | -0.5431        | -0.5431        | -0.5431        | 5.1594461              |
| 13            | -0.515945      | -0.515945      | -0.515945      | -0.515945      | 4.9014738              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.001651      | -0.001651      | -0.001651      | -0.001651      | 0.0156809              |
| 69.5          | -0.001568      | -0.001568      | -0.001568      | -0.001568      | 0.0148968              |
| 70            | -0.00149       | -0.00149       | -0.00149       | -0.00149       | 0.014152               |
| 70.5          | -0.001415      | -0.001415      | -0.001415      | -0.001415      | 0.0134444              |
| 71            | -0.001344      | -0.001344      | -0.001344      | -0.001344      | 0.0127722              |

| SEL (i+1,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 187.96533              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 187.96533              |
| 1           | 17.836407      | 17.390497      | 17.401645      | 16.966325      | 196.66425              |
| 1.5         | 22.62095       | 22.055426      | 22.069564      | 21.517472      | 207.69662              |
| 2           | 20.830997      | 20.310222      | 20.323242      | 19.814835      | 217.85601              |
| 2.5         | 16.117762      | 15.714818      | 15.724891      | 15.331517      | 225.71674              |
| 3           | 10.474747      | 10.212879      | 10.219425      | 9.9637762      | 230.82533              |
| 3.5         | 4.9350141      | 4.8116388      | 4.8147232      | 4.694278       | 233.23217              |
| 4           | -0.015027      | -0.014651      | -0.014661      | -0.014294      | 233.22484              |
| 4.5         | -4.191909      | -4.087111      | -4.089731      | -3.987423      | 231.18042              |
| 5           | -7.573096      | -7.383769      | -7.388502      | -7.203671      | 227.48698              |
| 5.5         | -10.21548      | -9.96009       | -9.966474      | -9.717153      | 222.50483              |
| 6           | -12.20961      | -11.90437      | -11.912        | -11.61401      | 216.55013              |
| 6.5         | -13.65495      | -13.31357      | -13.32211      | -12.98884      | 209.89054              |
| 7           | -14.64709      | -14.28091      | -14.29007      | -13.93259      | 202.74707              |
| 7.5         | -15.27201      | -14.89021      | -14.89976      | -14.52702      | 195.29882              |
| 8           | -15.60398      | -15.21388      | -15.22363      | -14.8428       | 187.68867              |
| 8.5         | -15.70552      | -15.31288      | -15.3227       | -14.93939      | 180.029                |
| 9           | -15.62835      | -15.23764      | -15.24741      | -14.86598      | 172.40696              |
| 9.5         | -15.41466      | -15.0293       | -15.03893      | -14.66272      | 164.88914              |
| 10          | -15.09856      | -14.72109      | -14.73053      | -14.36203      | 157.52549              |
| 10.5        | -14.70734      | -14.33966      | -14.34885      | -13.9899       | 150.35263              |
| 11          | -14.26275      | -13.90618      | -13.9151       | -13.567        | 143.39661              |
| 11.5        | -13.78196      | -13.43741      | -13.44602      | -13.10966      | 136.67507              |
| 12          | -13.27844      | -12.94648      | -12.95478      | -12.6307       | 130.1991               |
| 12.5        | -12.7627       | -12.44363      | -12.45161      | -12.14012      | 123.97466              |
| 13          | -12.24286      | -11.93678      | -11.94444      | -11.64563      | 118.00375              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.041153      | -0.040124      | -0.04015       | -0.039145      | 0.3813397              |
| 69.5        | -0.039095      | -0.038118      | -0.038142      | -0.037188      | 0.3622728              |
| 70          | -0.037141      | -0.036212      | -0.036235      | -0.035329      | 0.3441591              |
| 70.5        | -0.035283      | -0.034401      | -0.034423      | -0.033562      | 0.3269512              |
| 71          | -0.033519      | -0.032681      | -0.032702      | -0.031884      | 0.3106036              |

| SEL (i+2,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 142.6266               |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 142.6266               |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 142.6266               |
| 1.5         | 2.7365056      | 2.6680929      | 2.6698033      | 2.6030154      | 143.96121              |
| 2           | 5.6537652      | 5.512421       | 5.5159546      | 5.3779674      | 146.71858              |
| 2.5         | 7.7065562      | 7.5138923      | 7.5187089      | 7.3306208      | 150.47711              |
| 3           | 8.621171       | 8.4056417      | 8.4110299      | 8.2006195      | 154.68171              |
| 3.5         | 8.4850918      | 8.2729645      | 8.2782677      | 8.0711784      | 158.81993              |
| 4           | 7.5266073      | 7.3384422      | 7.3431463      | 7.15945        | 162.4907               |
| 4.5         | 6.0024742      | 5.8524124      | 5.8561639      | 5.709666       | 165.41814              |
| 5           | 4.1456827      | 4.0420406      | 4.0446316      | 3.9434511      | 167.44002              |
| 5.5         | 2.1455713      | 2.091932       | 2.093273       | 2.0409077      | 168.48642              |
| 6           | 0.1444681      | 0.1408564      | 0.1409467      | 0.1374208      | 168.55688              |
| 6.5         | -1.757971      | -1.714022      | -1.715121      | -1.672215      | 167.69951              |
| 7           | -3.497497      | -3.41006       | -3.412246      | -3.326885      | 165.99376              |
| 7.5         | -5.037521      | -4.911583      | -4.914731      | -4.791784      | 163.53693              |
| 8           | -6.362039      | -6.202988      | -6.206964      | -6.05169       | 160.43413              |
| 8.5         | -7.469679      | -7.282937      | -7.287606      | -7.105299      | 156.79112              |
| 9           | -8.368942      | -8.159719      | -8.164949      | -7.960695      | 152.70954              |
| 9.5         | -9.074541      | -8.847677      | -8.853349      | -8.631873      | 148.28384              |
| 10          | -9.604688      | -9.36457       | -9.370573      | -9.136159      | 143.59958              |
| 10.5        | -9.979144      | -9.729666      | -9.735903      | -9.492349      | 138.73269              |
| 11          | -10.21787      | -9.962421      | -9.968807      | -9.719427      | 133.74938              |
| 11.5        | -10.34011      | -10.08161      | -10.08807      | -9.835709      | 128.70645              |
| 12          | -10.36388      | -10.10478      | -10.11126      | -9.858313      | 123.65193              |
| 12.5        | -10.30558      | -10.04794      | -10.05438      | -9.802864      | 118.62583              |
| 13          | -10.17995      | -9.925452      | -9.931814      | -9.68336       | 113.66101              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.041485      | -0.040448      | -0.040474      | -0.039462      | 0.3844202              |
| 69.5        | -0.039411      | -0.038426      | -0.03845       | -0.037489      | 0.3651992              |
| 70          | -0.037441      | -0.036505      | -0.036528      | -0.035614      | 0.3469393              |
| 70.5        | -0.035569      | -0.034679      | -0.034702      | -0.033833      | 0.3295923              |
| 71          | -0.03379       | -0.032945      | -0.032966      | -0.032142      | 0.3131127              |

| SEL (i+3,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 108.20732              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 108.20732              |
| 2           | 0.4195745      | 0.4090852      | 0.4093474      | 0.3991072      | 108.41195              |
| 2.5         | 1.2016435      | 1.1716024      | 1.1723535      | 1.1430259      | 108.998                |
| 3           | 2.1404039      | 2.0868938      | 2.0882316      | 2.0359924      | 110.04188              |
| 3.5         | 3.0296784      | 2.9539364      | 2.9558299      | 2.8818869      | 111.51948              |
| 4           | 3.7183701      | 3.6254108      | 3.6277348      | 3.5369833      | 113.33295              |
| 4.5         | 4.1209207      | 4.0178977      | 4.0204733      | 3.9198971      | 115.34274              |
| 5           | 4.2084301      | 4.1032194      | 4.1058496      | 4.0031376      | 117.39522              |
| 5.5         | 3.9935618      | 3.8937228      | 3.8962188      | 3.7987509      | 119.3429               |
| 6           | 3.5154505      | 3.4275643      | 3.4297614      | 3.3439625      | 121.05741              |
| 6.5         | 2.8271444      | 2.7564657      | 2.7582327      | 2.6892327      | 122.43622              |
| 7           | 1.9862504      | 1.9365941      | 1.9378355      | 1.8893586      | 123.40493              |
| 7.5         | 1.0485846      | 1.02237        | 1.0230253      | 0.9974333      | 123.91633              |
| 8           | 0.0642929      | 0.0626856      | 0.0627257      | 0.0611566      | 123.94768              |
| 8.5         | -0.92416       | -0.901056      | -0.901633      | -0.879078      | 123.49697              |
| 9           | -1.882679      | -1.835612      | -1.836789      | -1.79084       | 122.57877              |
| 9.5         | -2.785366      | -2.715731      | -2.717472      | -2.649492      | 121.22033              |
| 10          | -3.613809      | -3.523464      | -3.525722      | -3.437523      | 119.45786              |
| 10.5        | -4.356113      | -4.24721       | -4.249932      | -4.143616      | 117.33336              |
| 11          | -5.005813      | -4.880668      | -4.883797      | -4.761624      | 114.89199              |
| 11.5        | -5.560815      | -5.421794      | -5.42527       | -5.289551      | 112.17995              |
| 12          | -6.022396      | -5.871836      | -5.8756        | -5.728616      | 109.2428               |
| 12.5        | -6.394337      | -6.234479      | -6.238475      | -6.082414      | 106.12424              |
| 13          | -6.682173      | -6.515119      | -6.519295      | -6.356209      | 102.86531              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.041821      | -0.040775      | -0.040801      | -0.039781      | 0.3875276              |
| 69.5        | -0.03973       | -0.038736      | -0.038761      | -0.037792      | 0.3681512              |
| 70          | -0.037743      | -0.0368        | -0.036823      | -0.035902      | 0.3497437              |
| 70.5        | -0.035856      | -0.03496       | -0.034982      | -0.034107      | 0.3322565              |
| 71          | -0.034063      | -0.033212      | -0.033233      | -0.032402      | 0.3156437              |

| SEL (i+4,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 82.081645              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 2           | 0              | 0              | 0              | 0              | 82.081645              |
| 2.5         | 0.0642903      | 0.062683       | 0.0627232      | 0.0611541      | 82.113                 |
| 3           | 0.2354285      | 0.2295428      | 0.2296899      | 0.223944       | 82.22782               |
| 3.5         | 0.5158409      | 0.5029449      | 0.5032673      | 0.4906776      | 82.479399              |
| 4           | 0.8758718      | 0.853975       | 0.8545224      | 0.8331457      | 82.906566              |
| 4.5         | 1.2687036      | 1.236986       | 1.237779       | 1.2068147      | 83.52532               |
| 5           | 1.643866       | 1.6027693      | 1.6037968      | 1.5636761      | 84.327043              |
| 5.5         | 1.9566552      | 1.9077388      | 1.9089617      | 1.8612071      | 85.281315              |
| 6           | 2.1733378      | 2.1190044      | 2.1203627      | 2.0673197      | 86.341264              |
| 6.5         | 2.2729913      | 2.2161666      | 2.2175872      | 2.162112       | 87.449815              |
| 7           | 2.2470477      | 2.1908715      | 2.1922759      | 2.1374339      | 88.545713              |
| 7.5         | 2.0974966      | 2.0450592      | 2.0463701      | 1.9951781      | 89.568674              |
| 8           | 1.8344784      | 1.7886165      | 1.789763       | 1.7449903      | 90.46336               |
| 8.5         | 1.473769       | 1.4369247      | 1.4378458      | 1.4018767      | 91.182126              |
| 9           | 1.0344641      | 1.0086025      | 1.009249       | 0.9840016      | 91.68664               |
| 9.5         | 0.5370265      | 0.5236008      | 0.5239364      | 0.5108296      | 91.948551              |
| 10          | 0.0017539      | 0.0017101      | 0.0017112      | 0.0016684      | 91.949406              |
| 10.5        | -0.552335      | -0.538527      | -0.538872      | -0.525391      | 91.680029              |
| 11          | -1.10824       | -1.080534      | -1.081227      | -1.054179      | 91.139534              |
| 11.5        | -1.651406      | -1.61012       | -1.611153      | -1.570848      | 90.334134              |
| 12          | -2.169894      | -2.115647      | -2.117003      | -2.064044      | 89.275864              |
| 12.5        | -2.654376      | -2.588017      | -2.589676      | -2.524892      | 87.98131               |
| 13          | -3.097985      | -3.020535      | -3.022472      | -2.946861      | 86.470405              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.042159      | -0.041105      | -0.041131      | -0.040102      | 0.3906621              |
| 69.5        | -0.040051      | -0.03905       | -0.039075      | -0.038097      | 0.371129               |
| 70          | -0.038048      | -0.037097      | -0.037121      | -0.036192      | 0.3525725              |
| 70.5        | -0.036146      | -0.035242      | -0.035265      | -0.034383      | 0.3349439              |
| 71          | -0.034339      | -0.03348       | -0.033502      | -0.032664      | 0.3181967              |

| SEL (i+5,j) |                |                |                |                |                        |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari) | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|             | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0           |                |                |                |                | 62.254203              |
| 0.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 1           | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 1.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 2           | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 2.5         | 0              | 0              | 0              | 0              | 62.254203              |
| 3           | 0.0098448      | 0.0095986      | 0.0096048      | 0.0093645      | 62.259005              |
| 3.5         | 0.0439082      | 0.0428105      | 0.042838       | 0.0417663      | 62.280419              |
| 4           | 0.1140338      | 0.1111829      | 0.1112542      | 0.1084711      | 62.336034              |
| 4.5         | 0.2251324      | 0.2195041      | 0.2196448      | 0.2141502      | 62.445832              |
| 5           | 0.3739545      | 0.3646056      | 0.3648393      | 0.3557125      | 62.628212              |
| 5.5         | 0.5501779      | 0.5364234      | 0.5367673      | 0.5233395      | 62.896537              |
| 6           | 0.738719       | 0.720251       | 0.7207127      | 0.7026834      | 63.256814              |
| 6.5         | 0.9223742      | 0.8993149      | 0.8998914      | 0.8773797      | 63.706661              |
| 7           | 1.0842093      | 1.0571041      | 1.0577817      | 1.0313202      | 64.235437              |
| 7.5         | 1.209397       | 1.1791621      | 1.179918       | 1.1504011      | 64.825266              |
| 8           | 1.2864086      | 1.2542484      | 1.2550524      | 1.223656       | 65.452655              |
| 8.5         | 1.3075956      | 1.2749057      | 1.2757229      | 1.2438094      | 66.090377              |
| 9           | 1.2692695      | 1.2375377      | 1.238331       | 1.2073529      | 66.709407              |
| 9.5         | 1.1714108      | 1.1421255      | 1.1428576      | 1.1142679      | 67.280711              |
| 10          | 1.0171372      | 0.9917088      | 0.9923445      | 0.96752        | 67.776775              |
| 10.5        | 0.8120454      | 0.7917442      | 0.7922518      | 0.7724328      | 68.172814              |
| 11          | 0.5635141      | 0.5494263      | 0.5497785      | 0.5360252      | 68.447643              |
| 11.5        | 0.2800357      | 0.2730349      | 0.2732099      | 0.2663753      | 68.584218              |
| 12          | -0.029383      | -0.028648      | -0.028667      | -0.02795       | 68.569888              |
| 12.5        | -0.355726      | -0.346833      | -0.347055      | -0.338373      | 68.396398              |
| 13          | -0.690369      | -0.67311       | -0.673541      | -0.656692      | 68.059701              |
|             |                |                |                |                |                        |
| 69          | -0.0425        | -0.041438      | -0.041464      | -0.040427      | 0.3938237              |
| 69.5        | -0.040375      | -0.039366      | -0.039391      | -0.038406      | 0.3741326              |
| 70          | -0.038356      | -0.037397      | -0.037421      | -0.036485      | 0.355426               |
| 70.5        | -0.036439      | -0.035528      | -0.03555       | -0.034661      | 0.3376547              |
| 71          | -0.034617      | -0.033751      | -0.033773      | -0.032928      | 0.320772               |



| SEL (i+1,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 107.3104               |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 107.3104               |
| 1             | -0.298851      | -0.29138       | -0.291567      | -0.284273      | 107.16464              |
| 1.5           | 3.7008851      | 3.608363       | 3.6106761      | 3.5203513      | 108.96959              |
| 2             | 7.0888585      | 6.911637       | 6.9160676      | 6.7430551      | 112.42686              |
| 2.5           | 8.5994917      | 8.3845044      | 8.3898791      | 8.1799977      | 116.62089              |
| 3             | 8.3681234      | 8.1589203      | 8.1641504      | 7.9599159      | 120.70207              |
| 3.5           | 6.9354785      | 6.7620916      | 6.7664263      | 6.5971572      | 124.08454              |
| 4             | 4.8476352      | 4.7264443      | 4.7294741      | 4.6111615      | 126.44876              |
| 4.5           | 2.5263936      | 2.4632338      | 2.4648128      | 2.403153       | 127.6809               |
| 5             | 0.2527966      | 0.2464767      | 0.2466347      | 0.2404649      | 127.80419              |
| 5.5           | -1.80911       | -1.763882      | -1.765013      | -1.720859      | 126.92187              |
| 6             | -3.579873      | -3.490376      | -3.492613      | -3.405242      | 125.17595              |
| 6.5           | -5.035671      | -4.909779      | -4.912926      | -4.790025      | 122.72002              |
| 7             | -6.18618       | -6.031526      | -6.035392      | -5.884411      | 119.70299              |
| 7.5           | -7.059111      | -6.882634      | -6.887046      | -6.714759      | 116.26022              |
| 8             | -7.690116      | -7.497863      | -7.502669      | -7.314983      | 112.50971              |
| 8.5           | -8.116611      | -7.913696      | -7.918769      | -7.720673      | 108.55119              |
| 9             | -8.374277      | -8.16492       | -8.170154      | -7.965769      | 104.467                |
| 9.5           | -8.495293      | -8.282911      | -8.28822       | -8.080882      | 100.3238               |
| 10            | -8.507649      | -8.294958      | -8.300275      | -8.092635      | 96.174573              |
| 10.5          | -8.435081      | -8.224204      | -8.229476      | -8.023607      | 92.060735              |
| 11            | -8.297343      | -8.089909      | -8.095095      | -7.892588      | 88.014074              |
| 11.5          | -8.11064       | -7.907874      | -7.912943      | -7.714993      | 84.058468              |
| 12            | -7.888113      | -7.69091       | -7.69584       | -7.503321      | 80.21139               |
| 12.5          | -7.640309      | -7.449301      | -7.454076      | -7.267605      | 76.485168              |
| 13            | -7.375621      | -7.19123       | -7.19584       | -7.015829      | 72.888035              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.025576      | -0.024937      | -0.024953      | -0.024329      | 0.2370017              |
| 69.5          | -0.024298      | -0.02369       | -0.023705      | -0.023112      | 0.2251517              |
| 70            | -0.023083      | -0.022506      | -0.02252       | -0.021957      | 0.2138941              |
| 70.5          | -0.021929      | -0.02138       | -0.021394      | -0.020859      | 0.2031994              |
| 71            | -0.020832      | -0.020311      | -0.020324      | -0.019816      | 0.1930394              |

| SEL (i+2,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 114.17618              |
| 0.5           | -2.31E-14      | -2.31E-14      | -2.31E-14      | -1.42E-14      | 114.17618              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17618              |
| 1.5           | -0.045821      | -0.044676      | -0.044704      | -0.043586      | 114.15383              |
| 2             | 1.1783949      | 1.148935       | 1.1496715      | 1.1209113      | 114.72854              |
| 2.5           | 3.0686773      | 2.9919604      | 2.9938783      | 2.9189834      | 116.22515              |
| 3             | 4.8463798      | 4.7252203      | 4.7282493      | 4.6099673      | 118.58876              |
| 3.5           | 6.0284797      | 5.8777677      | 5.8815355      | 5.7344029      | 121.52888              |
| 4             | 6.4452487      | 6.2841175      | 6.2881458      | 6.1308414      | 124.67227              |
| 4.5           | 6.1376158      | 5.9841754      | 5.9880114      | 5.8382152      | 127.66562              |
| 5             | 5.2531395      | 5.121811       | 5.1250942      | 4.9968848      | 130.2276               |
| 5.5           | 3.9725304      | 3.8732172      | 3.8757         | 3.7787454      | 132.16503              |
| 6             | 2.4671386      | 2.4054601      | 2.4070021      | 2.3467885      | 133.36827              |
| 6.5           | 0.879113       | 0.8571352      | 0.8576846      | 0.8362288      | 133.79702              |
| 7             | -0.684362      | -0.667253      | -0.667681      | -0.650978      | 133.46325              |
| 7.5           | -2.149239      | -2.095508      | -2.096851      | -2.044396      | 132.41505              |
| 8             | -3.469402      | -3.382666      | -3.384835      | -3.30016       | 130.72301              |
| 8.5           | -4.620527      | -4.505014      | -4.507902      | -4.395132      | 128.46955              |
| 9             | -5.594288      | -5.454431      | -5.457928      | -5.321392      | 125.74118              |
| 9.5           | -6.393425      | -6.23359       | -6.237586      | -6.081546      | 122.62307              |
| 10            | -7.027847      | -6.85215       | -6.856543      | -6.685019      | 119.19555              |
| 10.5          | -7.511681      | -7.323889      | -7.328584      | -7.145252      | 115.53206              |
| 11            | -7.861154      | -7.664625      | -7.669538      | -7.477677      | 111.69813              |
| 11.5          | -8.093106      | -7.890779      | -7.895837      | -7.698314      | 107.75108              |
| 12            | -8.224024      | -8.018424      | -8.023564      | -7.822846      | 103.74017              |
| 12.5          | -8.269428      | -8.062692      | -8.067861      | -7.866035      | 99.707126              |
| 13            | -8.243528      | -8.03744       | -8.042592      | -7.841399      | 95.68671               |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.035279      | -0.034397      | -0.034419      | -0.033558      | 0.3269121              |
| 69.5          | -0.033515      | -0.032677      | -0.032698      | -0.03188       | 0.3105665              |
| 70            | -0.03184       | -0.031044      | -0.031063      | -0.030286      | 0.2950382              |
| 70.5          | -0.030248      | -0.029491      | -0.02951       | -0.028772      | 0.2802863              |
| 71            | -0.028735      | -0.028017      | -0.028035      | -0.027333      | 0.266272               |

| SEL (i+3,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 98.168571              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.168571              |
| 2             | -0.007021      | -0.006846      | -0.00685       | -0.006679      | 98.165147              |
| 2.5           | 0.2741823      | 0.2673277      | 0.2674991      | 0.2608073      | 98.298867              |
| 3             | 0.9047236      | 0.8821055      | 0.8826709      | 0.86059        | 98.740106              |
| 3.5           | 1.7519789      | 1.7081794      | 1.7092744      | 1.6665151      | 99.594556              |
| 4             | 2.6189937      | 2.5535188      | 2.5551557      | 2.4912359      | 100.87185              |
| 4.5           | 3.3332572      | 3.2499257      | 3.252009       | 3.1706567      | 102.4975               |
| 5             | 3.7836012      | 3.6890111      | 3.6913759      | 3.5990324      | 104.34279              |
| 5.5           | 3.9230581      | 3.8249817      | 3.8274336      | 3.7316865      | 106.25608              |
| 6             | 3.7557075      | 3.6618148      | 3.6641621      | 3.5724994      | 108.08776              |
| 6.5           | 3.3192135      | 3.2362332      | 3.2383077      | 3.1572982      | 109.70656              |
| 7             | 2.668992       | 2.6022672      | 2.6039353      | 2.5387952      | 111.00825              |
| 7.5           | 1.8661977      | 1.8195428      | 1.8207092      | 1.7751623      | 111.9184               |
| 8             | 0.969737       | 0.9454935      | 0.9460996      | 0.922432       | 112.39135              |
| 8.5           | 0.0316456      | 0.0308545      | 0.0308743      | 0.0301019      | 112.40678              |
| 9             | -0.905051      | -0.882425      | -0.88299       | -0.860901      | 111.96538              |
| 9.5           | -1.806819      | -1.761649      | -1.762778      | -1.71868       | 111.08419              |
| 10            | -2.649095      | -2.582868      | -2.584524      | -2.519869      | 109.79221              |
| 10.5          | -3.415227      | -3.329846      | -3.331981      | -3.248628      | 108.12658              |
| 11            | -4.095196      | -3.992816      | -3.995375      | -3.895427      | 106.12933              |
| 11.5          | -4.684321      | -4.567213      | -4.570141      | -4.455814      | 103.84476              |
| 12            | -5.182049      | -5.052498      | -5.055736      | -4.929262      | 101.31745              |
| 12.5          | -5.590889      | -5.451117      | -5.454611      | -5.318159      | 98.590739              |
| 13            | -5.91552       | -5.767632      | -5.771329      | -5.626953      | 95.705706              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.039348      | -0.038364      | -0.038389      | -0.037429      | 0.3646162              |
| 69.5          | -0.037381      | -0.036446      | -0.03647       | -0.035557      | 0.3463854              |
| 70            | -0.035512      | -0.034624      | -0.034646      | -0.033779      | 0.3290661              |
| 70.5          | -0.033736      | -0.032893      | -0.032914      | -0.03209       | 0.3126128              |
| 71            | -0.032049      | -0.031248      | -0.031268      | -0.030486      | 0.2969821              |

| SEL (i+4,j+1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 78.536457              |
| 0.5           | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 1             | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 1.5           | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 2             | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | -1.07E-14      | 78.536457              |
| 2.5           | -0.001075      | -0.001048      | -0.001049      | -0.001023      | 78.535933              |
| 3             | 0.0563203      | 0.0549123      | 0.0549475      | 0.0535729      | 78.5634                |
| 3.5           | 0.2251193      | 0.2194914      | 0.2196321      | 0.2141377      | 78.673192              |
| 4             | 0.5155201      | 0.5026321      | 0.5029543      | 0.4903724      | 78.924614              |
| 4.5           | 0.8962387      | 0.8738328      | 0.8743929      | 0.8525191      | 79.361715              |
| 5             | 1.3122806      | 1.2794736      | 1.2802938      | 1.2482659      | 80.001722              |
| 5.5           | 1.703783       | 1.6611884      | 1.6622533      | 1.6206704      | 80.832667              |
| 6             | 2.0193007      | 1.9688182      | 1.9700802      | 1.9207967      | 81.817491              |
| 6.5           | 2.2225167      | 2.1669538      | 2.1683428      | 2.1140995      | 82.901425              |
| 7             | 2.2937921      | 2.2364473      | 2.2378809      | 2.181898       | 84.020121              |
| 7.5           | 2.2285121      | 2.1727992      | 2.1741921      | 2.1198024      | 85.106979              |
| 8             | 2.0338933      | 1.9830459      | 1.9843171      | 1.9346774      | 86.09892               |
| 8.5           | 1.7253952      | 1.6822603      | 1.6833387      | 1.6412283      | 86.940406              |
| 9             | 1.3233978      | 1.2903128      | 1.29114        | 1.2588408      | 87.585834              |
| 9.5           | 0.8504563      | 0.8291949      | 0.8297264      | 0.80897        | 88.000607              |
| 10            | 0.3292206      | 0.3209901      | 0.3211959      | 0.3131608      | 88.161169              |
| 10.5          | -0.219018      | -0.213542      | -0.213679      | -0.208334      | 88.054353              |
| 11            | -0.775244      | -0.755863      | -0.756347      | -0.737426      | 87.676262              |
| 11.5          | -1.323216      | -1.290136      | -1.290963      | -1.258668      | 87.030922              |
| 12            | -1.849649      | -1.803407      | -1.804563      | -1.75942       | 86.128838              |
| 12.5          | -2.344165      | -2.28556       | -2.287026      | -2.229813      | 84.985576              |
| 13            | -2.799111      | -2.729133      | -2.730883      | -2.662567      | 83.620433              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.041174      | -0.040145      | -0.04017       | -0.039165      | 0.3815342              |
| 69.5          | -0.039115      | -0.038137      | -0.038162      | -0.037207      | 0.3624575              |
| 70            | -0.037159      | -0.03623       | -0.036254      | -0.035347      | 0.3443346              |
| 70.5          | -0.035301      | -0.034419      | -0.034441      | -0.033579      | 0.3271179              |
| 71            | -0.033536      | -0.032698      | -0.032719      | -0.0319        | 0.310762               |

| SEL (i+1,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 107.40499              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 107.40499              |
| 1             | -0.306521      | -0.298857      | -0.299049      | -0.291568      | 107.2555               |
| 1.5           | 3.6792978      | 3.5873154      | 3.5896149      | 3.4998171      | 109.04991              |
| 2             | 7.059724       | 6.8832309      | 6.8876433      | 6.7153419      | 112.49298              |
| 2.5           | 8.5696018      | 8.3553617      | 8.3607177      | 8.1515659      | 116.67242              |
| 3             | 8.3416917      | 8.1331494      | 8.138363       | 7.9347736      | 120.74072              |
| 3.5           | 6.9142571      | 6.7414006      | 6.7457221      | 6.576971       | 124.11284              |
| 4             | 4.8317673      | 4.7109731      | 4.713993       | 4.5960677      | 126.46932              |
| 4.5           | 2.5151998      | 2.4523198      | 2.4538918      | 2.3925052      | 127.696                |
| 5             | 0.2453042      | 0.2391716      | 0.2393249      | 0.233338       | 127.81563              |
| 5.5           | -1.81387       | -1.768523      | -1.769656      | -1.725387      | 126.931                |
| 6             | -3.582728      | -3.49316       | -3.495399      | -3.407958      | 125.18368              |
| 6.5           | -5.03727       | -4.911338      | -4.914487      | -4.791546      | 122.72698              |
| 7             | -6.186999      | -6.032324      | -6.036191      | -5.885189      | 119.70954              |
| 7.5           | -7.05948       | -6.882993      | -6.887405      | -6.71511       | 116.26659              |
| 8             | -7.690254      | -7.497998      | -7.502804      | -7.315114      | 112.51601              |
| 8.5           | -8.116657      | -7.913741      | -7.918814      | -7.720717      | 108.55747              |
| 9             | -8.374313      | -8.164955      | -8.170189      | -7.965803      | 104.47327              |
| 9.5           | -8.495363      | -8.282979      | -8.288289      | -8.080949      | 100.33003              |
| 10            | -8.507774      | -8.295079      | -8.300397      | -8.092754      | 96.180743              |
| 10.5          | -8.435265      | -8.224383      | -8.229655      | -8.023782      | 92.066816              |
| 11            | -8.297583      | -8.090143      | -8.095329      | -7.892816      | 88.020038              |
| 11.5          | -8.110929      | -7.908156      | -7.913225      | -7.715268      | 84.064291              |
| 12            | -7.888442      | -7.691231      | -7.696161      | -7.503634      | 80.217053              |
| 12.5          | -7.640669      | -7.449652      | -7.454428      | -7.267947      | 76.490655              |
| 13            | -7.376003      | -7.191603      | -7.196213      | -7.016193      | 72.893336              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.025578      | -0.024939      | -0.024955      | -0.024331      | 0.2370203              |
| 69.5          | -0.0243        | -0.023692      | -0.023707      | -0.023114      | 0.2251693              |
| 70            | -0.023085      | -0.022507      | -0.022522      | -0.021958      | 0.2139108              |
| 70.5          | -0.02193       | -0.021382      | -0.021396      | -0.020861      | 0.2032152              |
| 71            | -0.020834      | -0.020313      | -0.020326      | -0.019817      | 0.1930545              |

| SEL (i+2,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 114.17521              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17521              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 114.17521              |
| 1.5           | -0.046967      | -0.045793      | -0.045823      | -0.044676      | 114.1523               |
| 2             | 1.172549       | 1.1432353      | 1.1439682      | 1.1153506      | 114.72416              |
| 2.5           | 3.0578773      | 2.9814304      | 2.9833416      | 2.9087102      | 116.21551              |
| 3             | 4.8326088      | 4.7117936      | 4.714814       | 4.5968681      | 118.5724               |
| 3.5           | 6.0142264      | 5.8638707      | 5.8676296      | 5.7208449      | 121.50557              |
| 4             | 6.4324979      | 6.2716855      | 6.2757058      | 6.1187126      | 124.64274              |
| 4.5           | 6.1275332      | 5.9743448      | 5.9781745      | 5.8286244      | 127.63117              |
| 5             | 5.2461456      | 5.114992       | 5.1182708      | 4.9902321      | 130.18974              |
| 5.5           | 3.9685194      | 3.8693065      | 3.8717868      | 3.7749301      | 132.12521              |
| 6             | 2.4657045      | 2.4040619      | 2.405603       | 2.3454244      | 133.32775              |
| 6.5           | 0.8797262      | 0.8577331      | 0.8582829      | 0.8368121      | 133.7568               |
| 7             | -0.682239      | -0.665183      | -0.665609      | -0.648958      | 133.42407              |
| 7.5           | -2.146085      | -2.092433      | -2.093774      | -2.041397      | 132.37741              |
| 8             | -3.465612      | -3.378972      | -3.381138      | -3.296555      | 130.68721              |
| 8.5           | -4.616408      | -4.500998      | -4.503883      | -4.391214      | 128.43576              |
| 9             | -5.590063      | -5.450311      | -5.453805      | -5.317373      | 125.70946              |
| 9.5           | -6.389249      | -6.229518      | -6.233511      | -6.077574      | 122.59338              |
| 10            | -7.02382       | -6.848225      | -6.852615      | -6.68119       | 119.16782              |
| 10.5          | -7.507866      | -7.32017       | -7.324862      | -7.141623      | 115.5062               |
| 11            | -7.857581      | -7.661142      | -7.666053      | -7.474279      | 111.67401              |
| 11.5          | -8.089788      | -7.887544      | -7.8926        | -7.695158      | 107.72857              |
| 12            | -8.220959      | -8.015435      | -8.020573      | -7.81993       | 103.71916              |
| 12.5          | -8.266604      | -8.059939      | -8.065106      | -7.863349      | 99.687493              |
| 13            | -8.240932      | -8.034909      | -8.040059      | -7.838929      | 95.668343              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.035274      | -0.034392      | -0.034414      | -0.033553      | 0.3268604              |
| 69.5          | -0.03351       | -0.032672      | -0.032693      | -0.031875      | 0.3105173              |
| 70            | -0.031834      | -0.031039      | -0.031059      | -0.030282      | 0.2949915              |
| 70.5          | -0.030243      | -0.029487      | -0.029506      | -0.028767      | 0.2802419              |
| 71            | -0.028731      | -0.028012      | -0.02803       | -0.027329      | 0.2662298              |

| SEL (i+3,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 98.155045              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 98.155045              |
| 2             | -0.007192      | -0.007012      | -0.007017      | -0.006841      | 98.151537              |
| 2.5           | 0.2728979      | 0.2660754      | 0.266246       | 0.2595856      | 98.284631              |
| 3             | 0.9016858      | 0.8791437      | 0.8797072      | 0.8577005      | 98.724388              |
| 3.5           | 1.7472542      | 1.7035729      | 1.7046649      | 1.662021       | 99.576534              |
| 4             | 2.6131905      | 2.5478607      | 2.549494       | 2.4857158      | 100.851                |
| 4.5           | 3.3271915      | 3.2440117      | 3.2460912      | 3.164887       | 102.47369              |
| 5             | 3.7780245      | 3.6835739      | 3.6859351      | 3.5937277      | 104.31626              |
| 5.5           | 3.9185117      | 3.8205489      | 3.822998       | 3.7273618      | 106.22734              |
| 6             | 3.7524863      | 3.6586741      | 3.6610194      | 3.5694353      | 108.05745              |
| 6.5           | 3.3173963      | 3.2344614      | 3.2365348      | 3.1555696      | 109.67536              |
| 7             | 2.6684995      | 2.601787       | 2.6034548      | 2.5383267      | 110.9768               |
| 7.5           | 1.8668543      | 1.8201829      | 1.8213497      | 1.7757868      | 111.88728              |
| 8             | 0.9713221      | 0.947039       | 0.9476461      | 0.9239398      | 112.361                |
| 8.5           | 0.0339313      | 0.033083       | 0.0331042      | 0.0322761      | 112.37755              |
| 9             | -0.902277      | -0.87972       | -0.880284      | -0.858262      | 111.9375               |
| 9.5           | -1.803739      | -1.758646      | -1.759773      | -1.715751      | 111.05781              |
| 10            | -2.64586       | -2.579713      | -2.581367      | -2.516792      | 109.7674               |
| 10.5          | -3.411952      | -3.326653      | -3.328786      | -3.245513      | 108.10338              |
| 11            | -4.091969      | -3.98967       | -3.992227      | -3.892358      | 106.1077               |
| 11.5          | -4.681203      | -4.564173      | -4.567099      | -4.452848      | 103.82465              |
| 12            | -5.17908       | -5.049603      | -5.05284       | -4.926438      | 101.29878              |
| 12.5          | -5.588095      | -5.448393      | -5.451885      | -5.315501      | 98.573437              |
| 13            | -5.912911      | -5.765089      | -5.768784      | -5.624472      | 95.689676              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.039344      | -0.038361      | -0.038385      | -0.037425      | 0.3645804              |
| 69.5          | -0.037377      | -0.036443      | -0.036466      | -0.035554      | 0.3463513              |
| 70            | -0.035508      | -0.034621      | -0.034643      | -0.033776      | 0.3290338              |
| 70.5          | -0.033733      | -0.032889      | -0.032911      | -0.032087      | 0.3125821              |
| 71            | -0.032046      | -0.031245      | -0.031265      | -0.030483      | 0.296953               |

| SEL (i+4,j-1) |                |                |                |                |                        |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| t<br>(hari)   | fungsi         |                |                |                | c (mg/m <sup>3</sup> ) |
|               | k <sub>1</sub> | k <sub>2</sub> | k <sub>3</sub> | k <sub>4</sub> |                        |
| 0             |                |                |                |                | 78.524005              |
| 0.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 1             | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 1.5           | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 2             | 0              | 0              | 0              | 0              | 78.524005              |
| 2.5           | -0.001101      | -0.001073      | -0.001074      | -0.001047      | 78.523468              |
| 3             | 0.0560563      | 0.0546549      | 0.0546899      | 0.0533218      | 78.550807              |
| 3.5           | 0.2243507      | 0.2187419      | 0.2188821      | 0.2134066      | 78.660224              |
| 4             | 0.5140967      | 0.5012443      | 0.5015656      | 0.4890185      | 78.910952              |
| 4.5           | 0.8941956      | 0.8718407      | 0.8723996      | 0.8505756      | 79.347057              |
| 5             | 1.309809       | 1.2770638      | 1.2778824      | 1.2459149      | 79.985858              |
| 5.5           | 1.7011567      | 1.6586277      | 1.659691       | 1.6181721      | 80.815522              |
| 6             | 2.0168004      | 1.9663804      | 1.9676409      | 1.9184184      | 81.799127              |
| 6.5           | 2.2203772      | 2.1648678      | 2.1662555      | 2.1120644      | 82.882018              |
| 7             | 2.2921755      | 2.2348711      | 2.2363038      | 2.1803603      | 83.999925              |
| 7.5           | 2.2275035      | 2.1718159      | 2.1732081      | 2.1188431      | 85.086291              |
| 8             | 2.0335105      | 1.9826727      | 1.9839437      | 1.9343133      | 86.078046              |
| 8.5           | 1.7256046      | 1.6824645      | 1.683543       | 1.6414274      | 86.919633              |
| 9             | 1.3241319      | 1.2910286      | 1.2918562      | 1.2595391      | 87.56542               |
| 9.5           | 0.8516293      | 0.8303386      | 0.8308709      | 0.8100858      | 87.980764              |
| 10            | 0.3307405      | 0.322472       | 0.3226787      | 0.3146066      | 88.142068              |
| 10.5          | -0.21724       | -0.211809      | -0.211945      | -0.206643      | 88.036119              |
| 11            | -0.773291      | -0.753959      | -0.754442      | -0.735569      | 87.65898               |
| 11.5          | -1.32116       | -1.288131      | -1.288957      | -1.256713      | 87.014643              |
| 12            | -1.847548      | -1.80136       | -1.802514      | -1.757423      | 86.113583              |
| 12.5          | -2.342068      | -2.283516      | -2.28498       | -2.227819      | 84.971343              |
| 13            | -2.797056      | -2.727129      | -2.728877      | -2.660612      | 83.607203              |
|               |                |                |                |                |                        |
| 69            | -0.041172      | -0.040142      | -0.040168      | -0.039163      | 0.3815147              |
| 69.5          | -0.039113      | -0.038135      | -0.03816       | -0.037205      | 0.362439               |
| 70            | -0.037158      | -0.036229      | -0.036252      | -0.035345      | 0.344317               |
| 70.5          | -0.0353        | -0.034417      | -0.034439      | -0.033578      | 0.3271012              |
| 71            | -0.033535      | -0.032696      | -0.032717      | -0.031899      | 0.3107461              |