



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGISIAN AIR TANAH BUATAN MELALUI
WADUK RESAPAN TERHADAP KUALITAS AIR TANAH
DANGKAL
(STUDI KASUS : WADUK RESAPAN DI KAMPUS
UNIVERSITAS INDONESIA – DEPOK)**

SKRIPSI

**JOKO SUHARSO
0806369461**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2011**

124/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGISIAN AIR TANAH BUATAN MELALUI
WADUK RESAPAN TERHADAP KUALITAS AIR TANAH
DANGKAL
(STUDI KASUS : WADUK RESAPAN DI KAMPUS
UNIVERSITAS INDONESIA – DEPOK)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**JOKO SUHARSO
0806 369 461**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2011**

124/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**IMPACT OF ARTIFICIAL GROUNDWATER RECHARGE
THROUGH INFILTRATION LAKE TO THE QUALITY OF
SHALLOW GROUNDWATER
(CASE STUDY: INFILTRATION LAKE AT UNIVERSITAS
INDONESIA CAMPUS – DEPOK)**

THESIS

Proposed as one of requirements to get Bachelor Degree of Engineering

**JOKO SUHARSO
0806 369 461**

**FACULTY OF ENGINEERING
STUDY PROGRAM CIVIL ENGINEERING
DEPOK
JULY 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Joko Suharso

NPM : 0806 369 461

Tanda Tangan : 

Tanggal : 1 Juli 2011

SHEET OF ORIGINALITY

**This script is truly my own work,
and all of the source that I quote or referenced
I stated that all is true.**

Name : Joko Suharso

NPM : 0806 369 461

Signature : 

Date : July 1st 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Joko Suharso


NPM : 0806369461


Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Pengisian Air Tanah Buatan Melalui Waduk
Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal
(Studi Kasus : Waduk Resapan di Kampus Universitas
Indonesia – Depok)

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 : Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl. HE. ()

Pembimbing II : Toha Saleh, S.T., M.Sc. ()

Penguji I : Ir. Ruswan Rasul, M.Si. ()

Penguji II : RR. Dwinanti Rika M, S.T., M.T. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2011

SHEET OF APPROVAL

The final assignment submitted by :

Name : Joko Suharso

NPM : 0806369461

Study Program : Civil Engineering

Title : Impact of Artificial Groundwater Recharge Through Infiltration
Lake to The Quality of Shallow Groundwater
(Case Study: Infiltration Lake at Universitas Indonesia Campus –
Depok)

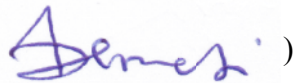
**Has succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial
fulfilment needed to obtain Bachelor Degree in Civil Engineering Department,
Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.**

EXAMINER BOARD

Counsellor I : Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl. HE. ()

Counsellor II : Toha Saleh, S.T., M.Sc. ()

Examiner I : Ir. Ruswan Rasul, M.Si. ()

Examiner II : RR. Dwinanti Rika M, S.T., M.T. ()

Decided : Depok

Date : July 1st 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. 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 dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl. HE, selaku dosen pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Toha Saleh, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan memberikan arahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya;
3. Ayahanda Kumaedi dan Ibunda Rusyati serta seluruh keluarga yang telah banyak memberikan bantuan dukungan material dan moral;
4. Evi Anggraheni, S.T., M.T., dan Puput Risdanareni S.T., M.T., yang telah banyak membantu mencari data dan mau memberikan banyak masukan;
5. Pak Bagyo yang dengan sabar mau banyak membantu;
6. Indy Lestari, Robe Manjaya, Fika Fathonah, Arif Wahyudi, Wahyu Setyo Widarnako, Jamaludin, Mahmur Sanjaya, Muhammad Said, Jonathan MPS dan M. Arry Pamungkas, kalian tetap menjadi inspirasi bagi penulis;
7. Teman-teman dari Perpustakaan Geoteknologi LIPI Bandung;
8. Agung Hanugrama Siera, Iwan Saputra, Mas Dommy, Sumarto, Sari Purnamawati, Rijal Hasan, Anita Suryani Natan Brahmana, Daden Nursandi, Hari Budi, Muh. Asrih, Endri Sulistyoy, Agus Subandi, Saptoyo Ajie, Ikrar Fajar, Wisang Adhitya, Bayu Sandi Jatmiko, Rahmat Kusumah dan Iphoeng yang

dengan setia membantu dalam segala hal, serta mau memberikan masukan yang positif bagi penulis;

9. Sahabat-sahabat Ekstensi Teknik Sipil angkatan 2008 Universitas Indonesia, yang selalu memberikan inspirasi bagi penulis; dan
10. Bagi semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 1 Juli 2011



Joko Suharso

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

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

Nama : Joko Suharso
NPM : 0806369461
Program Studi : Ekstensi
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian 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 :

Pengaruh Pengisian Air Tanah Buatan Melalui Waduk Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal (Studi Kasus : Waduk Resapan di Kampus Universitas Indonesia – Depok)

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 : 1 Juli 2011

Yang menyatakan



(Joko Suharso)

ABSTRAK

Nama : Joko Suharso
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Pengisian Air Tanah Buatan Melalui Waduk Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal
(Studi Kasus : Waduk Resapan di Kampus Universitas Indonesia – Depok)

Pengisian air melalui waduk resapan di Universitas Indonesia, Depok telah menimbulkan pencemaran. Dari hasil pengujian melalui laboratorium, parameter DO, COD, Nitrogen dan Phosfat melebihi nilai yang disyaratkan menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 (Kelas I) Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Untuk mengetahui sebaran pencemaran maka diperlukan pemodelan. Pemodelan didasarkan pada hukum kekekalan massa dengan mempertimbangkan proses adveksi dan dispersi. Pemodelan komputer dalam *Visual Basic Application for Excel* dibuat dengan pendekatan metode beda hingga dan menghasilkan visualisasi berupa grafik konsentrasi dan jarak. Dari berbagai variasi didapat jarak pencemaran terjauh 3500 m dengan konsentrasi tertinggi 370,30 mg/l.

Kata kunci:

Kualitas air, pemodelan, hukum kekekalan massa, metode beda hingga, proses adveksi dan dispersi.

ABSTRACT

Name : Joko Suharso
Study Program : Civil Engineering
Title : Impact of Artificial Groundwater Recharge Through Infiltration Lake to The Quality of Shallow Groundwater
(Case Study: Infiltration Lake at Universitas Indonesia Campus – Depok)

Water recharge through artificial pond at university of indonesia, Depok caused water pollution. From the laboratory test, DO, COD, Nitrogen and phosphat parameter exceed the value that admitted by Government Regulation No. 82 year 2001 (class I) about Water quality management and water pollution control. For that, to understand the pollution distribution, it is necessary a numerical simulation. Numerical simulation based on the conservation of mass law by considering the advection and dispersion process. Numerical simulation by computer in visual basic application for excel made with finite-difference method approach and produce concentration and distance graphic visualitation. from many variation result that the longest pollution distance 3500 m with the highest concentration 370,30 mg/l.

Keywords:

Water quality, modeling, mass balance, finite difference method, advection and dispersion process.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	x
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 Waduk Resapan	5
2.2 Air Tanah	7
2.3 Hukum Darcy	10
2.4 Syarat-syarat dan Kualitas Air	12
2.4.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	12
2.4.2 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	13
2.4.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	14
2.4.4 Nitrogen	16
2.4.5 Fosfat	18
2.5 Polutan	21
2.6 Proses Transport	21
2.6.1 Adveksi	23
2.6.2 Dispersi	24
2.7 Penurunan Persamaan Polutan	25
2.8 Penyelesaian Dengan Metode Beda Hingga	29
2.8.1 Diskretisasi	29
2.8.2 Formulasi Numerik Persamaan Penyebaran Polutan	38
2.9 Pengembangan Ke Dalam Model Komputer	49
2.10 <i>Visual Basic For Application</i> (VBA)	52

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	54
3.1	Lokasi penelitian	54
3.2	Lokasi Pengambilan Sampel	54
3.3	Tahapan Penelitian	55
3.4	Perumusan Masalah	57
3.5	Pengumpulan Data	57
3.6	Survey	57
3.7	Penentuan Parameter dan Data <i>Input</i>	58
3.8	Pengembangan Model	58
3.9	Uji Model	58
3.10	Hasil.....	59
3.11	Analisis Hasil Pengujian	59
BAB 4	ANALISIS MODEL	60
4.1	Umum	60
4.2	Variasi Jarak <i>Grid</i>	60
4.3	Variasi Nilai Waktu	65
4.4	Variasi Debit BOD	72
4.5	Variasi Debit COD	75
4.6	Variasi Debit DO	78
4.7	Variasi Debit Nitrogen-Ammonium	81
4.8	Variasi Debit Phosfat.....	84
BAB 5	PENUTUP	88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	89

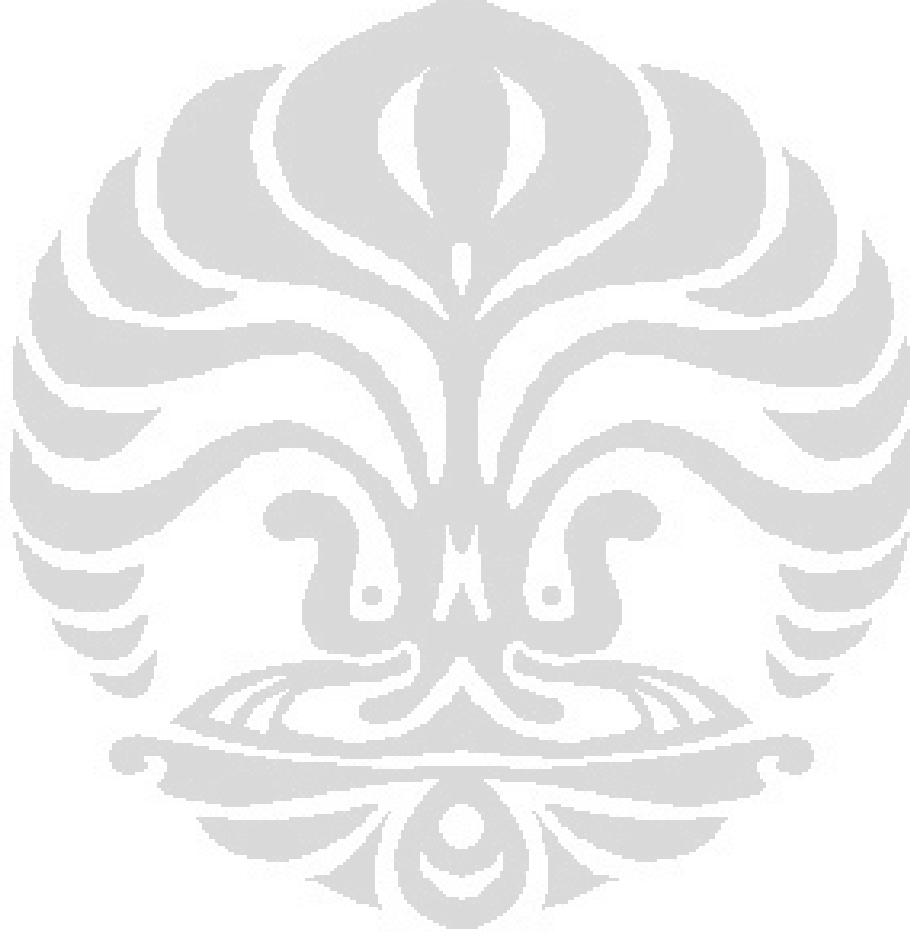
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Harga Konduktivitas Hidrolik	11
Tabel 2.2	Contoh Masukan Data Parameter	50
Tabel 4.1	Variasi Nilai DX dan DZ	61
Tabel 4.2	<i>Input</i> Data Variasi Jarak <i>Grid</i>	61
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Variasi Jarak <i>Grid</i>	65
Tabel 4.4	<i>Input</i> Data Variasi Waktu	67
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Waktu per Bulan	70
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Waktu per Tahun	71
Tabel 4.7	Variasi Nilai Debit BOD	72
Tabel 4.8	<i>Input</i> Data Variasi Debit BOD	73
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit BOD	73
Tabel 4.10	Variasi Nilai Debit COD	75
Tabel 4.11	<i>Input</i> Data Variasi Debit COD	76
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit COD	76
Tabel 4.13	Variasi Nilai Debit DO	78
Tabel 4.14	<i>Input</i> Data Variasi Debit DO	79
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit DO	79
Tabel 4.16	Variasi Nilai Debit Nitrogen-Ammonium	81
Tabel 4.17	<i>Input</i> Data Variasi Debit Nitrogen-Ammonium	82
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit Nitrogen-Ammonium	82
Tabel 4.19	Variasi Nilai Debit Fosfat	84
Tabel 4.20	<i>Input</i> Data Variasi Debit Fosfat	85
Tabel 4.21	Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit Fosfat	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Waduk Resapan di Universitas Indonesia	7
Gambar 2.2	Zonasi Air Tanah dan Kelembaban Tanah	8
Gambar 2.3	Akuifer Air Tanah	10
Gambar 2.4	Percobaan Darcy.....	11
Gambar 2.5	Siklus Nitrogen Yang Terdapat di Bumi	18
Gambar 2.6	Siklus Phosfat	20
Gambar 2.7	Elemen Kubus Untuk Aliran Pada Media Berpori	22
Gambar 2.8	Kesetimbangan Massa dari Elemen Kubus	26
Gambar 2.9	Diskretisasi	30
Gambar 2.10	Diskretisasi dan <i>Nomenklatur</i> Sel atau <i>Grid</i>	31
Gambar 2.11	Keseimbangan Air Dalam Satu Nodal	31
Gambar 2.12	Definisi Kecepatan Antar Titik dan Kuadran dari Sel-sel Titik	33
Gambar 2.13	Kecepatan Antar Titik yang Berhubungan untuk Interpolasi.....	36
Gambar 2.14	Interpolasi Bilinier dari Kecepatan Antar Titik	37
Gambar 2.15	Kesetimbangan Massa Polutan di atas Sel Titik Simpul	38
Gambar 2.16	Titik-Titik dan Gradien-Gradien yang Digunakan Untuk Menghitung <i>Input-Input Dispersive</i> Dalam Sel (i,j)	44
Gambar 2.17	Interpolasi Kecepatan yang Digunakan Dalam Menghitung Koefisien Dispersi	45
Gambar 2.18	Diagram Alur Program Secara Garis Besar	41
Gambar 3.1	Lokasi Waduk Resapan di Universitas Indonesia – Depok....	54
Gambar 3.2	Titik Pengambilan Sampel Kualitas Air	55
Gambar 3.3	Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir	56
Gambar 4.1	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai DX dan DZ	63
Gambar 4.2	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah Z Berdasarkan Variasi Nilai DX dan DZ	64
Gambar 4.3	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Waktu per Bulan	68
Gambar 4.4	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Waktu per Tahun	69
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dengan Waktu per Bulan	70
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dengan Waktu per Tahun	70

Gambar 4.7	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit BOD	74
Gambar 4.8	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit COD	77
Gambar 4.9	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit DO	80
Gambar 4.10	Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit Ammonium-Nitrogen	83
Gambar 4.11	Grafik Konsentrasi Di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit Phosfat	86



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	<i>Flowchart</i> Program FD-Transport	94
Lampiran 2.	Penulisan Listing Program FD-Transport Kedalam <i>Visual Basic Application for Excel</i>	99
Lampiran 3.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (30 hari)	104
Lampiran 4a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (30 hari).....	105
Lampiran 4b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (30 hari)	105
Lampiran 5.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (60 hari)	106
Lampiran 6a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (60 hari).....	107
Lampiran 6b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (60 hari).....	107
Lampiran 7.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (90 hari)	108
Lampiran 8a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (90 hari).....	109
Lampiran 8b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (90 hari).....	109
Lampiran 9.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (120 hari)	110
Lampiran 10a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (120 hari).....	111
Lampiran 10b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan 120 hari).....	111
Lampiran 11.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (150 hari)	112
Lampiran 12a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (150 hari).....	113
Lampiran 12b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (150 hari).....	113
Lampiran 13.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (180 hari)	114
Lampiran 14a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (180 hari).....	115
Lampiran 14b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (180 hari).....	115

Lampiran 15.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (210 hari)	116
Lampiran 16a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (210 hari).....	117
Lampiran 16b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (210 hari).....	117
Lampiran 17.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (240 hari)	118
Lampiran 18a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (240 hari).....	119
Lampiran 18b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (240 hari).....	119
Lampiran 19.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (270 hari)	120
Lampiran 20a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (270 hari).....	121
Lampiran 20b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (270 hari).....	121
Lampiran 21.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan 300 hari)	122
Lampiran 22a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (300 hari).....	123
Lampiran 22b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (300 hari).....	123
Lampiran 23.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (330 hari)	124
Lampiran 24a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (330 hari).....	125
Lampiran 24b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (330 hari).....	125
Lampiran 25.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (360 hari)	126
Lampiran 26a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (360 hari).....	127
Lampiran 26b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (360 hari).....	127
Lampiran 27.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (360 hari)	128
Lampiran 28a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (360 hari).....	129
Lampiran 28b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (360 hari).....	129

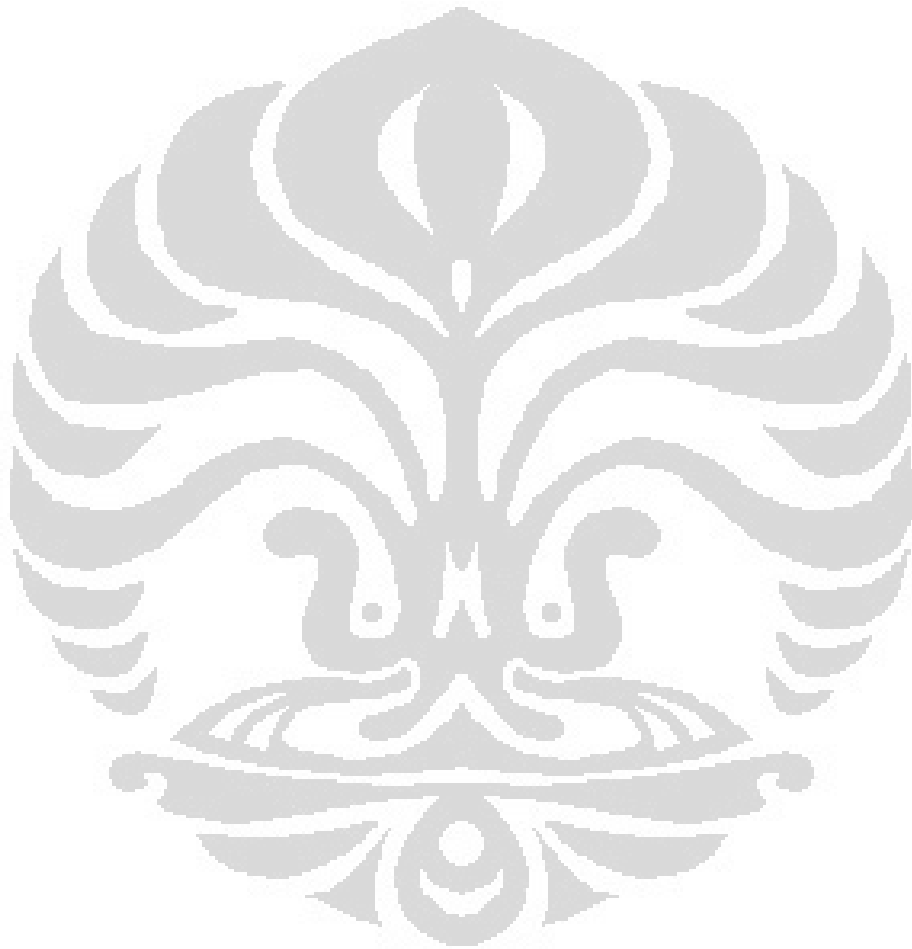
Lampiran 29.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (720 hari)	130
Lampiran 30a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (720 hari)	131
Lampiran 30b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (720 hari)	131
Lampiran 31.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (1080 hari)	132
Lampiran 32a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1080 hari)	133
Lampiran 32b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1080 hari)	133
Lampiran 33.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (1440 hari)	134
Lampiran 34a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1440 hari)	135
Lampiran 34b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1440 hari)	135
Lampiran 35.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (1800 hari)	136
Lampiran 36a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1800 hari)	137
Lampiran 36b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1800 hari)	137
Lampiran 37.	Jarak Terjauh Akibat Variasi Waktu per Tahun	138
Lampiran 38.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 25 x 25	139
Lampiran 39a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 25 x 25	140
Lampiran 39b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 25 x 25	140
Lampiran 40.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 50 x 50	141
Lampiran 41a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 50 x 50	142
Lampiran 41b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 50 x 50	142
Lampiran 42.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 75 x 75	143
Lampiran 43a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 75 x 75	144
Lampiran 43b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak <i>Grid</i> 75 x 75	144

Lampiran 44.	Jarak Terjauh Akibat Variasi Jarak <i>Grid</i>	145
Lampiran 45.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit BOD 1	146
Lampiran 46a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 1	147
Lampiran 46b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 1	147
Lampiran 47.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit BOD 2	148
Lampiran 48a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 2	149
Lampiran 48b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 2	149
Lampiran 49.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit BOD 3	150
Lampiran 50a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 3	151
Lampiran 50b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 3	151
Lampiran 51.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit BOD 4	152
Lampiran 52a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 4	153
Lampiran 52b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 4	153
Lampiran 53.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit COD 1	154
Lampiran 54a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 1	155
Lampiran 54b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 1	155
Lampiran 55.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit COD 2	156
Lampiran 56a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 2	157
Lampiran 56b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 2	157
Lampiran 57.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit COD 3	158
Lampiran 58a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 3	159
Lampiran 58b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 3	159

Lampiran 59.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit COD 4	160
Lampiran 60a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 4	161
Lampiran 60b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 4	161
Lampiran 61.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit DO 1	162
Lampiran 62a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 1	163
Lampiran 62b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 1	163
Lampiran 63.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit DO 2	164
Lampiran 64a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 2	165
Lampiran 64b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 2	165
Lampiran 65.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit DO 3	166
Lampiran 66a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 3	167
Lampiran 66b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 3	167
Lampiran 67.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit DO 4	168
Lampiran 68a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 4	169
Lampiran 68b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 4	169
Lampiran 69.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 1	170
Lampiran 70a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 1	171
Lampiran 70b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 1	171
Lampiran 71.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2	172
Lampiran 72a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2	173
Lampiran 72b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2	173

Lampiran 73.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3	174
Lampiran 74a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3	175
Lampiran 74b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3	175
Lampiran 75.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4	176
Lampiran 76a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4	177
Lampiran 76b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4	177
Lampiran 77.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 1	178
Lampiran 78a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 1	179
Lampiran 78b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 1	179
Lampiran 79.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 2	180
Lampiran 80a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 2	181
Lampiran 80b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 2	181
Lampiran 81.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 3	182
Lampiran 82a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 3	183
Lampiran 82b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 3	183
Lampiran 83.	Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 4	184
Lampiran 84a.	Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 4	185
Lampiran 84b.	Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 4	185
Lampiran 85.	Kontur Penyebaran BOD di Permukaan Waduk Resapan...	186
Lampiran 86.	Kontur Penyebaran COD di Permukaan Waduk Resapan...	187
Lampiran 87.	Kontur Penyebaran DO di Permukaan Waduk Resapan	188
Lampiran 88.	Kontur Penyebaran Ammonium di Permukaan Waduk Resapan	189
Lampiran 89.	Kontur Penyebaran Fosfat di Permukaan Waduk Resapan	190

Lampiran 90.	Hasil Pengujian Kualitas Air di Waduk Resapan	191
Lampiran 91.	Lembar Asistensi	193



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan komponen lingkungan yang penting bagi kehidupan. Makhluk hidup di muka bumi ini tak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi, sehingga tidak ada kehidupan seandainya di bumi tidak ada air. Namun demikian, air dapat menjadi malapetaka bilamana tidak tersedia dalam kondisi yang benar, baik kualitas maupun kuantitasnya. Air yang relatif bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Lina Warlina, *Pencemaran Air*, 2004).

Dewasa ini, air menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian yang serius. Untuk mendapat air yang baik sesuai dengan standar tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal, karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari berbagai hasil kegiatan manusia. Sehingga secara kualitas, sumberdaya air telah mengalami penurunan. Demikian pula secara kuantitas, yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat (Kadek Diana Harmayani, I.G.M Konsukartha, 2007).

Pemanfaatan air tanah yang terus meningkat dapat menimbulkan dampak negatif, yaitu terjadinya degradasi air yang ditunjukkan oleh penurunan permukaan air tanah di daerah-daerah yang pengambilan air tanahnya intensif. Selain penurunan permukaan air tanah, kualitas air pun mengalami penurunan, terutama pada daerah-daerah yang kurang memperhatikan kondisi lingkungan di sekitar sumber air tersebut.

Secara alamiah, sumber air merupakan kekayaan alam yang dapat diperbarui dan mempunyai daya generasi yang berulang kembali (daur hidrologi). Air merupakan bahan alam yang berharga dan diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Air dapat dimanfaatkan sebagai media transportasi, seperti transportasi sungai dan transportasi laut. Di samping itu, air

dapat digunakan sebagai sumber energi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Tetapi, air juga dapat menimbulkan kerugian seperti banjir yang menghanyutkan harta benda dan mengikis tanah subur.

Pencemaran suatu ekosistem perairan bergantung pada kondisi lingkungannya. Keseimbangan ekosistem yang terpelihara dengan baik memberikan daur ulang ekosistem air tanah berlangsung secara alamiah. Jika keseimbangan ekosistem terganggu maka diperlukan suatu cara atau teknik tertentu untuk mengembalikan ekosistem kepada kondisi semula. Salah satu cara untuk mengontrol suatu ekosistem dapat dilakukan dengan pemantauan kualitas air tanah dalam jangka waktu tertentu, sehingga diketahui kondisi perairan tersebut. Jika terjadi pencemaran segera dilakukan pencegahan dan penanggulangan sesuai tingkat pencemarannya (Bethy Carolina Matahelumual, 2007).

Salah satu solusi untuk masalah degradasi air adalah dengan cara peresapan air tanah buatan. Untuk itu Universitas Indonesia telah membuat waduk resapan skala lapangan dengan menggunakan air waduk yang terletak di hilir waduk Salam Universitas Indonesia, Depok. Cara peresapan air dengan menggunakan metode waduk resapan di Universitas Indonesia menimbulkan kekhawatiran jika air yang masuk ke tanah tersebut tercemar. Sehingga air tanah juga menjadi tercemar, dalam artian tidak memenuhi syarat sesuai baku mutu air bersih. Karena perjalanan air tanah yang lama, dan waktu pengerjaan yang terbatas, maka yang akan dibahas dalam penelitian ini hanya sampai pada perkiraan sebaran pencemaran air tanah akibat peresapan air tanah buatan dari air waduk Universitas Indonesia, yang dilakukan dengan *Visual Basic Application for Excel*.

1.2. Tujuan Penelitian

Mengetahui sebaran peresapan air berikut polutan dari pengisian air tanah buatan melalui waduk resapan di lingkungan Universitas Indonesia, untuk bisa memberikan rekomendasi terhadap peresapan air tanah buatan yang berupa waduk resapan.

1.3. Rumusan Masalah

Penyebaran air tanah yang terjadi ditinjau dari pola penyebaran polutan (pencemar) dan karakteristik polutannya.

1.4. Lingkup Penelitian

- a. Penelitian dilakukan di waduk resapan Universitas Indonesia, Depok.
- b. Objek yang diteliti dalam penulisan ini adalah sebaran pencemaran air tanah dangkal akibat asupan air waduk Universitas Indonesia di sekitar waduk resapan, Universitas Indonesia, Depok, menggunakan *Visual Basic Application for Excel*.
- c. Program yang dibuat menggunakan *finite difference method* (metode beda hingga).
- d. Program dibuat dalam 2 dimensi (X untuk jarak polutan dan Y untuk nilai konsentrasi polutan).
- e. Aliran yang ditinjau adalah aliran pada lapisan jenuh air (*saturated zone*) dan mempunyai arah lapisan yang tetap dalam dua dimensi.
- f. Aliran di kondisikan *steady-state* yang melalui media berpori yang homogen dan *isotropic*.
- g. Program dibuat oleh Kinzelbach (1986), pernah dipakai oleh Toha Saleh (1997).
- h. Sumber polutan yang akan dimodelkan bersifat titik (*point source*).
- i. Kesalahan relatif pada program menggambarkan perbandingan massa sumber dengan massa yang tersebar di area model.
- j. Parameter-parameter yang akan divariasikan dalam pemodelan ini adalah jarak antar grid (DX, DZ), waktu maksimum (TM), dan debit sumber polutan (QS) berdasarkan parameter kualitas air.
- k. Program menghasilkan sebaran polutan terhadap ruang dalam arah X.
- l. Parameter kualitas air yg di tinjau BOD, COD, DO, Phosfat, dan Nitrogen-Ammonium.
- m. Melakukan studi kepustakaan yang sesuai dengan bahasan dari pengaruh injeksi air waduk Universitas Indonesia terhadap kualitas air tanah.

Universitas Indonesia

- n. Mengumpulkan data-data kualitas air waduk resapan Universitas Indonesia dengan mengambil sampel air dari waduk resapan untuk pengujian kualitas air.

1.5 Sistematika Penelitian

Penulisan tugas akhir ini akan disusun dalam bab–bab sehingga pembaca bisa memahami isi dari laporan tugas akhir ini, secara garis besar tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Rumusan Masalah, Lingkup Penelitian, Metode Penelitian, dan Sistematika Penelitian.

BAB 2 DASAR TEORI

Dalam bab ini berisikan tentang dasar–dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian.

BAB 4 ANALISIS MODEL

Dalam bab ini berisikan hasil keluaran model dengan berbagai variasinya serta analisis dari hasil yang telah diperoleh.

BAB 5 PENUTUP

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran mengenai hasil analisis dan masalah yang ada.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Waduk Resapan

Waduk resapan merupakan salah satu metode dalam pengisian air tanah buatan. Pengisian air tanah buatan adalah suatu aktifitas manusia yang direncanakan untuk memasukkan air, misalnya air hujan, air permukaan dari sungai dan danau, air limbah (runoff) dengan cara gravitasi maupun injeksi (pemompaan ke dalam bawah tanah sampai mencapai sistem akuifer di bawahnya) (S. Legowo, Teddy W. Sudinda, *Kajian dan Penerapan Teknologi Waduk Resapan (WR) Untuk Mengatasi Banjir dan Kekeringan*, 2004). Macam-macam metode pengisian air tanah buatan antara lain metode penyebaran air di permukaan tanah, metode pengisian melalui lubang galian, atau sumur resapan, metode pengisian melalui sumur injeksi, metode imbuh terimbas, dan teknologi waduk resapan.

Metode langsung pengisian air tanah buatan dengan sumur injeksi selalu dilengkapi instalasi pemompaan untuk penginjeksian dari sumber tertentu ke sistem akuifer di bawahnya melalui sumur bor tersebut (Bambang Soenarto, *Teknik Sumur Injeksi Untuk Pengendalian Banjir dan Keperluan Lain Serta Berbagai Teknik Ekuivalen Lainnya*, 2007). Karena objek penelitian adalah waduk resapan, maka hanya waduk resapan yang akan dijelaskan lebih detail.

Waduk merupakan salah satu sarana pemanfaatan sumber daya air yang mempunyai fungsi sebagai penyimpan dan penyedia air, baik sebagai bahan baku air bersih maupun untuk irigasi.

Waduk resapan merupakan pengembangan dari sumur resapan dan waduk. Sumur resapan merupakan resapan pasif karena digali sampai lapisan porous, akan tetapi suplai air hanya dari hujan yang tidak selalu ada.

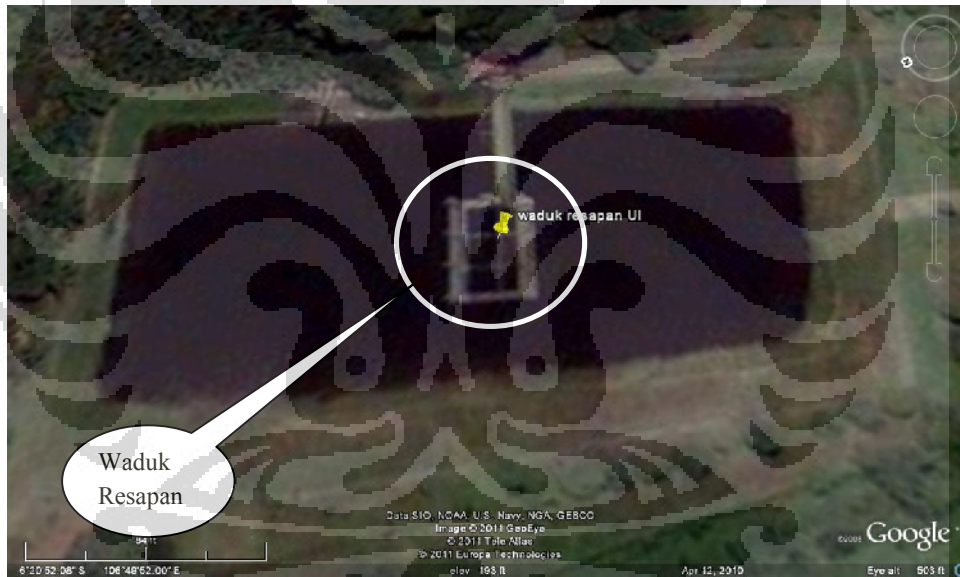
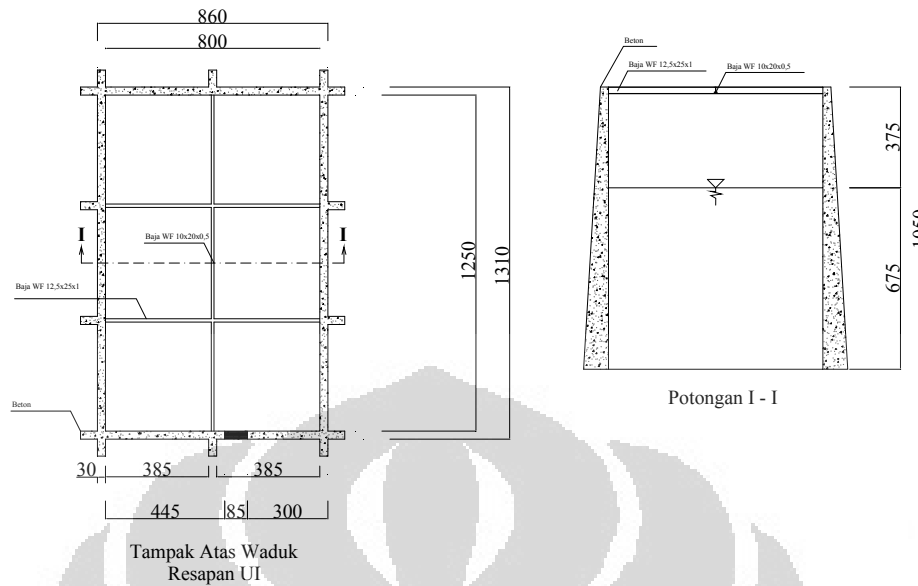
Waduk resapan dibuat dengan menggali lahan sampai kedalaman lapisan akifer. Volume galian menjadi volume tampungan air. Waduk resapan merupakan metode resapan aktif karena sumber air ke waduk resapan tidak hanya mengandalkan air hujan tetapi juga dari lahan sekitarnya (*catchment area*) dan sungai yang mengelakan aliran ke waduk resapan. Waduk resapan ini dapat

mengurangi/ mengendalikan banjir (*flood controle*) dan melestarikan air tanah (*groundwater conservation*).

Teknologi bendung diperlukan di waduk resapan untuk pengambilan air. Jadi waduk resapan juga dilengkapi mercu/ pelimpah untuk menaikkan muka air sungai sehingga bisa masuk ke intake saluran pembawa waduk resapan, saluran pembawa juga berfungsi sebagai kantong lumpur untuk menjernihkan air dari sungai. *Intake* merupakan ambang lebar yang dapat mengukur debit dan dilengkapi pintu sorong untuk buka tutup debit dalam operasi dan pemeliharaan. Didepan intake dilengkapi pintu bilas untuk membuang sedimen dan sampah yang berada didepan *intake* , agar tetap bersih dan tidak mengganggu debit intake. Waduk resapan dilengkapi dengan pintu pembuangan berupa ambang lebar dan pintu sorong, untuk mengukur debit lebih dan tidak meresap ke lapisan tanah bawah waduk resapan. Jadi untuk mengetahui sesaat air resapan cukup mengukur debit *intake (inflow)* dan debit buang (*outflow*) dan menyelisihkan pada periode tertentu dimana aliran/ resapan sudah cukup stabil.

Kinerja waduk resapan dapat ditingkatkan dengan membuat sumur dibagian tengah waduk resapan, dengan dasar lebih dalam yang mencapai lapisan akifer dibawahnya yang lebih *permeable*, sehingga intensitas resapan lebih tinggi yang mempunyai jangkauan resapan yang lebih luas.

Waduk resapan sejak 2003 secara intensif diteliti bersama KEMENRISTEK, UI, ITB dan Masyarakat Air Indonesia (Sri Legowo, ITB). Hasilnya telah dibuat model fisik skala lapangan dikampus Universitas Indonesia, Depok tahun 2006. Berikut gambar waduk resapan yang ada di hilir danau salam kampus Universitas Indonesia, Depok:



Gambar 2.1 : Waduk Resapan di Universitas Indonesia

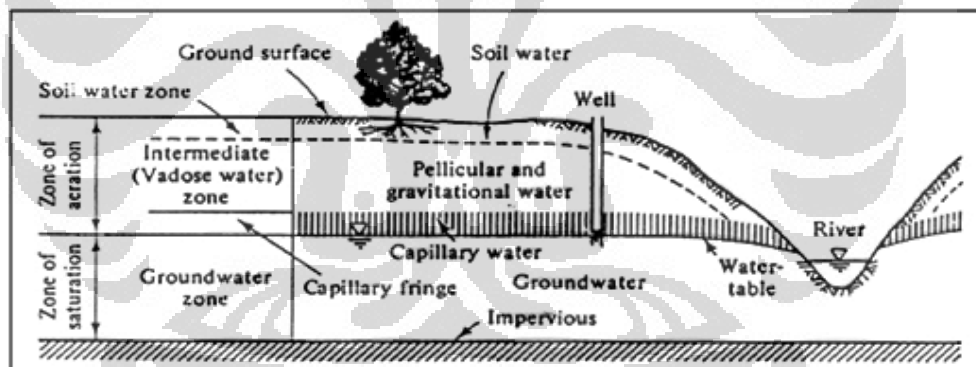
2.2 Air Tanah

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akifer (Faatihatur R. Silmi. *Laporan Geografi Kajian Mengenai Air Tanah*). Tinggi muka air tanah berubah-ubah sesuai dengan keadaan iklim, tetapi dapat juga berubah karena pengaruh dari adanya kegiatan konstruksi.

Universitas Indonesia

Susunan tanah yang mengandung air dapat dibagi secara vertikal, menjadi beberapa zona (lapisan horisontal). Secara umum lapisan tanah yang seluruh lapisan porinya terisi oleh air disebut sebagai zona saturasi (*zone of saturation*) atau lapisan jenuh air (*saturated zone*), sedangkan lapisan tanah yang ruang porinya terisi oleh air dan gas (udara dan uap air) disebut zona aerasi (*aeration zone*) atau lapisan tak jenuh air (*unsaturated zone*).

Dalam gambar 2.2 dijelaskan skema distribusi air tanah homogen. Lapisan jenuh air (*saturated zone*) pada gambar tersebut terletak diatas lapisan kedap air (*impervious*) dan sebagai batas atasnya adalah muka air tanah (*water table*). Sedangkan lapisan tak jenuh (*unsaturated zone*) air yang terletak diatas muka air tanah dan dibawah permukaan tanah (*ground surface*), dapat dibagi lagi menjadi tiga bagian, yaitu zona air permukaan/ zona kelembaban tanah (*soil water zone*) atau disebut juga zona daerah penyerapan akar, zone pertengahan (*intermediate zone* atau *vadose water zone*) dan zone lembab kapiler (*capillary fringe*).



Gambar 2.2 : Zonasi Air Tanah dan Kelembaban Tanah

Sumber : Bear, 1979

Lapisan yang mudah dilalui oleh air tanah disebut lapisan *permeable*, seperti lapisan yang terdapat pada pasir atau kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut lapisan *impermeable*, seperti lapisan lempung atau geluh (Kensaku Takeda, Suyono Sosrodarsono, *Hidrologi Untuk Pengairan*, 2003). Lapisan yang dapat menangkap dan meloloskan air disebut akuifer. Macam-macam akuifer (Ersin Seyhan, Sentot Subagyo, *Dasar-Dasar hidrologi*, 1990):

a. Akifer tidak tertekan (*Unconfined Aquifer*)

Yaitu lapisan lolos air yang hanya sebagian terisi oleh air dan berada di atas lapisan kedap air. Batas-batas atasnya adalah muka air tanah. Kelengkungan dan kedalaman muka air tanah beragam, tergantung pada kondisi-kondisi permukaan, luas pengisian kembali, debit, pemompaan dari sumur, permeabilitas dan lain-lain. Permukaan tanah pada aquifer ini disebut dengan *water table (preatiklevel)*, yaitu permukaan air yang mempunyai tekanan hidrostatik sama dengan atmosfer.

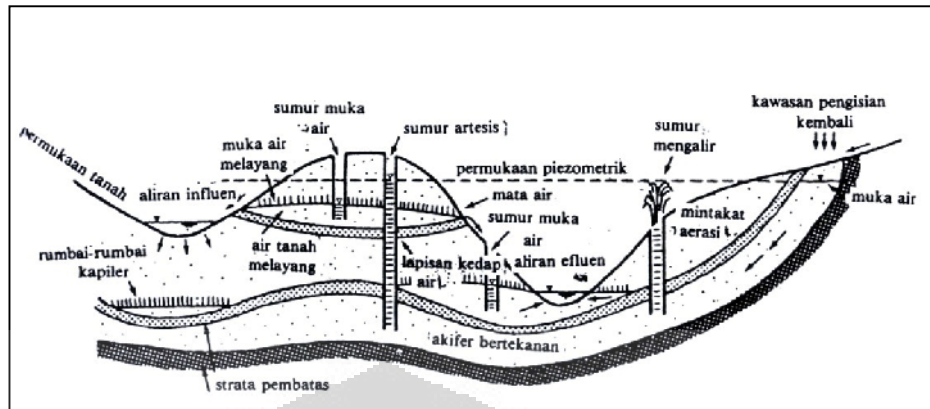
b. Akifer tertekan (*Confined Aquifer*)

Yaitu aquifer yang seluruh jumlahnya air yang dibatasi oleh lapisan kedap air, baik yang di atas maupun di bawah, serta mempunyai tekanan jenuh lebih besar dari pada tekanan atmosfer (Faatihatur R. Silmi, *Laporan Geografi Kajian Mengenai Air Tanah*). Akifer ini juga disebut akifer *artesis* atau akifer tekanan dimana air tanah tertutup antara dua strata yang relatif kedap air. Airnya ada di bawah tekanan dan bagian atasnya dibatasi oleh permukaan *piezometrik* (Ersin Seyhan, Sentot Subagyo, *Dasar-Dasar hidrologi*, 1990).

c. Akifer semi tertekan (*Semi Confined Aquifer*)

Yaitu aquifer yang seluruhnya jenuh air, dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi lolos air dibagian bawahnya merupakan lapisan kedap air.

Air tanah dalam akifer yang tertutup dengan lapisan *impermeabel* mendapat tekanan dan disebut air terkekang. Air tanah dalam akifer yang tidak tertutup dengan lapisan *impermeabel* disebut air tanah bebas. Permukaan air tanah di sumur dari air tanah bebas adalah permukaan air bebas dan permukaan air tanah dari akifer adalah permukaan air terkekang. Jadi permukaan air bebas adalah batas antara zone yang jenuh dengan air tanah dan zone aerasi (tak jenuh) di atas zone yang jenuh (Kensaku Takeda, Suyono Sosrodarsono, *Hidrologi Untuk Pengairan*. 2003).



Gambar 2.3 : Akuifer Air Tanah

Sumber : Dasar-Dasar Hidrologi, Ersin Seyhan

2.3 Hukum Darcy

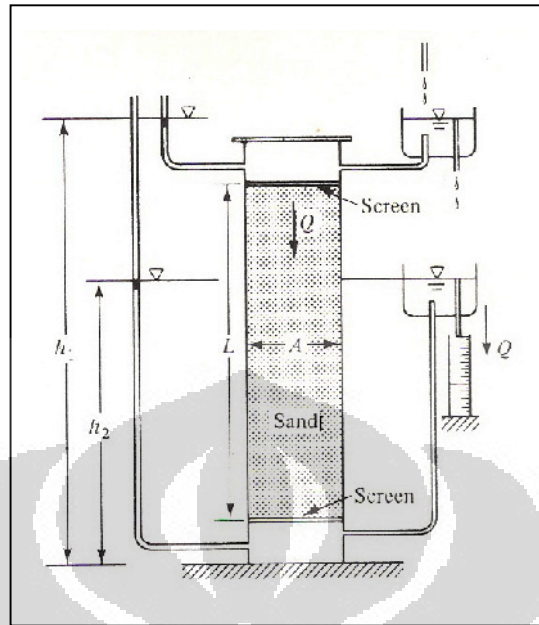
Permeabilitas tanah merupakan sifat penting dalam kaitannya dengan mobilitas air tanah. Untuk mengetahui konsep permeabilitas tersebut perlu diketahui suatu konsep aliran yang dirumuskan oleh Henry Darcy (1856). Darcy dalam eksperimennya menemukan hubungan proporsional antara debit aliran (Q) yang mengalir melalui pasir (homogen) dengan luas penampang aliran (A) dan kehilangan energy (gradient kehilangan energy atau gradient hidrolis), $J = (h_1 - h_2)/L$ yang dapat dituliskan sebagai berikut (Bear dan Verruijt, 1990):

$$Q = KAJ$$

atau

$$q = KJ \quad (2.1)$$

dimana $h_1 - h_2 = \Delta h$ merupakan perbedaan tinggi tekan pisometrik antara dua titik pada media pasir dengan beda jarak L , q adalah fluks aliran (m/s). K adalah konduktivitas hidrolis. Dari persamaan 2.1 tersebut dapat didefinisikan bahwa untuk medium yang isotropis, K dapat didefinisikan sebagai kecepatan spesifik aliran yang melalui media berbutir tersebut untuk setiap unit gradient hidrolis.



Gambar 2.4 : Percobaan Darcy

Sumber : Bear, 1979

Besarnya harga K dari suatu jenis tanah tergantung ukuran diameter dan pori. Bila diameternya sangat halus, maka harga K sangat rendah. Berdasar nilai K , struktur geologi dapat dibedakan beberapa macam. Karena besarnya harga K dapat bervariasi terhadap ruang (*space*) maupun terhadap arahnya. Untuk lapisan tanah homogen dan isotropis maka $K_x = K_y = K_z$ atau dengan kata lain K adalah konstan.

Tabel 2.1 berikut memperlihatkan kisaran harga K dari beberapa jenis tanah atau formasi geologis (Bouwer, 1978)

Tabel 2.1 : Beberapa Harga Konduktivitas Hidrolik

Jenis Tanah	Harga K (m/hari)
Liat (permukaan)	0.01 – 0.2
Liat bagian dalam (<i>deep clay beds</i>)	10^{-8} – 10^{-2}
Lempung permukaan (<i>surface</i>)	0.1 – 1.0
Pasir halus	1.0 – 5.0
Pasir sedang	5.0 – 20
Pasir kasar	20 – 100

Kerikil (gravel)	100 – 1000
Pasir berkerikil	5.0 – 100
Campuran liat, pasir dan kerikil	0.001 – 0.1

Sumber : Bouwer (1978)

2.4 Syarat-syarat dan Kualitas Air

Air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak (Kepmenkes RI Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002). Mengingat betapa pentingnya air bersih untuk kebutuhan manusia, maka kualitas air tersebut harus memenuhi persyaratan yaitu:

- a. Syarat Fisik, antara lain:
 - Air harus bersih dan tidak keruh
 - Tidak berwarna
 - Tidak berasa
 - Tidak berbau
- b. Syarat Kimiawi, antara lain:
 - Tidak mengandung bahan kimiawi yang mengandung racun
 - Tidak mengandung zat-zat kimiawi yang berlebihan
 - Cukup yodium
 - pH air antara 6,5 – 9,2.
- c. Syarat Bakteriologi antara lain:

Tidak mengandung kuman-kuman penyakit seperti disentri, tipus, kolera, dan bakteri patogen penyebab penyakit.

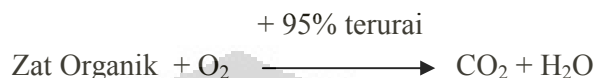
2.4.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada

Universitas Indonesia

kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi (Sigid Hariyadi, *BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah*, 2004).

Reaksi (Farida Hanum, 2002):



Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (Kalium dikromat/ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dalam suasana asam. Dengan menggunakan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan 95% – 100% bahan organik dapat dioksidasi (Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, 2003).

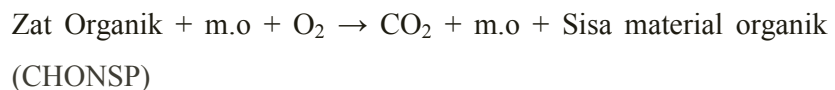
Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/liter, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/liter dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/liter (UNESCO/WHO/UNEP, 1992).

2.4.2 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian-

pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

Reaksi:



Konsentrasi BOD umumnya berbanding lurus dengan konsentrasi beragam polutan yang terkandung dalam aliran. Nilai BOD perairan dipengaruhi oleh suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik.

Pada perairan yang mengandung *toxic*, penentuan parameter BOD kurang cocok dilaksanakan, karena bahan-bahan dasar *toxic* tersebut dapat menghambat atau mematikan mikroba yang menjadi pelaku dekomposisi bahan organik. Kondisi ini akan mengakibatkan penilaian BOD menjadi *underestimate*.

Pada perairan alami, yang berperan sebagai sumber bahan organik adalah pembusukan tanaman. Perairan alami memiliki nilai BOD antara 0,5 – 7,0 mg/liter (Jeffries dan Mills, 1996). Perairan yang memiliki nilai BOD lebih dari 10 mg/liter dianggap telah mengalami pencemaran. Nilai BOD limbah industri dapat mencapai 25000 mg/liter (UNESCO/WHO/UNEP, 1992). Nilai BOD limbah industri makanan antara 500 – 4.000 mg/liter, industri farmasi antara 400 – 10.000 mg/liter, dan industri kertas sekitar 1.500 – 25.000 mg/liter (Rao, 1991).

2.4.3 *Dissolved Oxygen (DO)*

DO atau *Dissolved Oxygen* adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan absorpsi atmosfer/ udara. Oksigen terlarut umumnya berasal dari difusi udara melalui permukaan air, aliran air masuk, air hujan, dan hasil dari proses fotosintesis plankton atau tumbuhan air. Semakin banyak jumlah DO maka kualitas air semakin baik.

Universitas Indonesia

Kadar oksigen yang terlarut bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu sebesar 1° C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Broen, 1987). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob).

Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (*toxic*). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Swingle, 1968). Idealnya, kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70 % (Huet, 1970). Oksigen memegang peranan penting. Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik (Evi Anggraheni, *Penentuan Tingkat Efektivitas Situ Sebagai Stabilization Pond*, 2008).

Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi, yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan pertanian. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan domestik (rumah tangga). Sebagai mana diketahui bahwa oksigen berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Disamping itu oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernafasan.

Universitas Indonesia

Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan karena adanya zat pencemar yang mengkonsumsi oksigen. Zat pencemar tersebut terutama terdiri dari bahan-bahan organik dan anorganik yang berasal dari berbagai sumber, seperti kotoran, sampah organik, bahan-bahan buangan dari industri dan rumah tangga. Menurut Connel dan Miller (1995), sebagian besar dari zat pencemar yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang adalah limbah organik.

2.4.4 Nitrogen

Nitrogen dan senyawanya tersebar secara luas dalam biosfer. Lapisan atmosfer bumi mengandung sekitar 78% gas nitrogen. Meskipun ditemukan dalam jumlah yang melimpah di lapisan atmosfer, akan tetapi nitrogen tidak dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup secara langsung (Dugan, 1972). Nitrogen harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi NH_3 , NH_4 , dan NO_3 .

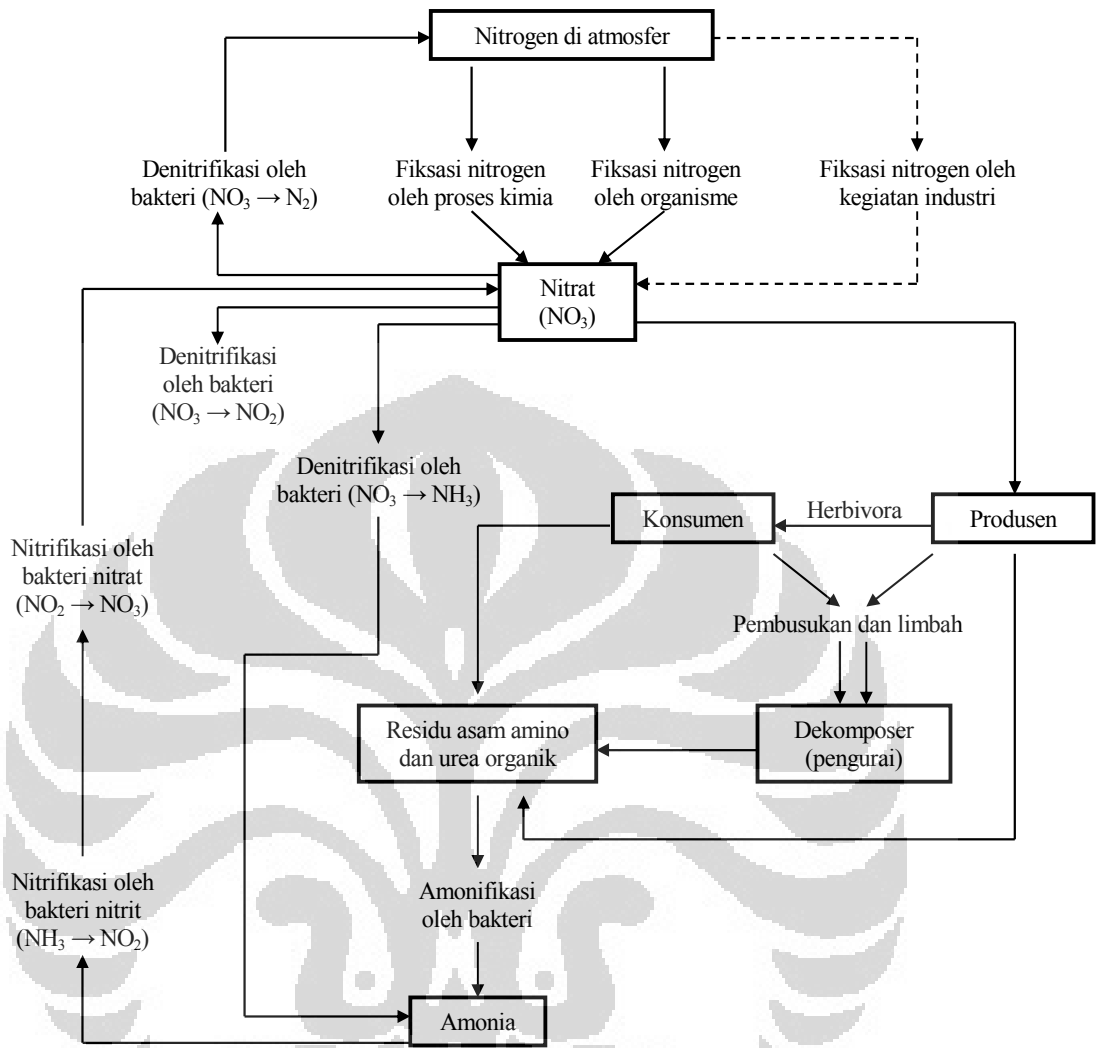
Diperairan, nitrogen berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri dari amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea. Bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi sebagai bagian dari siklus nitrogen. Adapun transformasi nitrogen mikrobiologis mencakup hal-hal sebagai berikut (Hefni Effendi, 2003):

1. Asimilasi nitrogen anorganik (amonia dan nitrat) oleh tumbuhan dan mikroorganisme untuk membentuk nitrogen organik. Misalnya asam amino dan protein. Di perairan, proses ini terutama dilakukan oleh bakteri autotrof dan tumbuhan.
2. Fiksasi gas nitrogen menjadi amonia dan nitrogen organik oleh mikroorganisme.
3. Nitrifikasi, yaitu oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses oksidasi ini dilakukan oleh bakteri aerob. Nitrifikasi berjalan secara optimum pada pH 8 dan pada pH < 7 berkurang

secara nyata. Bakteri nitrifikasi bersifat mesofilik, menyukai suhu 30°C.

4. Amonifikasi nitrogen organik untuk menghasilkan amonia selama proses dekomposisi bahan organik. Proses ini banyak dilakukan oleh mikroba dan jamur.
5. Denitrifikasi, yaitu reduksi nitrat (NO_3) menjadi nitrit (NO_2), dinitrogen oksida (N_2O), dan molekul nitrogen (N_2). Proses reduksi nitrat berjalan optimum pada kondisi anoksik (tidak ada oksigen). Proses ini juga melibatkan bakteri dan jamur. Dinitrogen oksida adalah produk utama dari denitrifikasi pada perairan dengan kadar oksigen sangat rendah, sedangkan molekul nitrogen adalah produk utama dari proses denitrifikasi pada perairan dengan kondisi anaerob.

Sumber utama nitrogen antropogenik diperairan berasal dari wilayah pertanian yang menggunakan pupuk secara intensif maupun dari kegiatan domestik. Siklus nitrogen yang terdapat di bumi ditunjukkan dalam gambar berikut :



Gambar 2.5 : Siklus Nitrogen Yang Terdapat di Bumi

Sumber : Hefni Effendi, 2003

2.4.5 Phosfat (P)

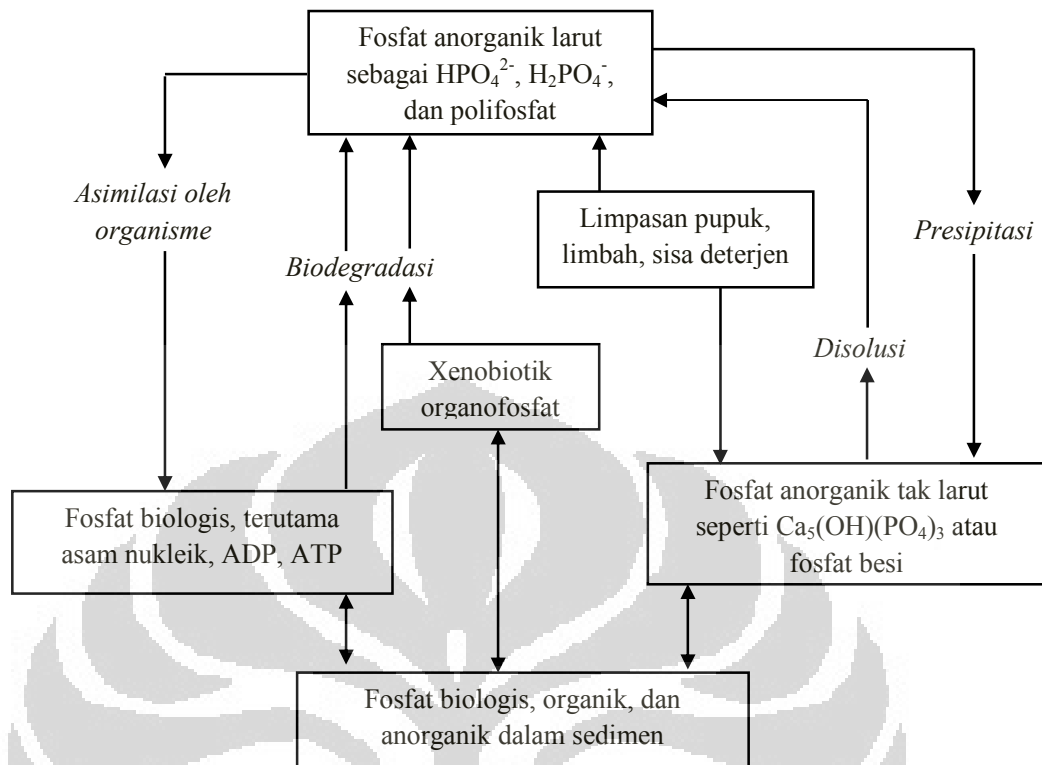
Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor membentuk kompleks dengan ion besi dan kalsium dan kalsium pada kondisi aerob, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik (Jeffries dan Mills, 1996).

Di perairan, bentuk unsur fosfor berubah secara terus-menerus, akibat proses dekomposisi dan sintesis antara bentuk organik dan bentuk anorganik yang dilakukan oleh mikroba.

Keberadaan fosfor di perairan alami biasanya relatif kecil, dengan kadar yang lebih sedikit daripada kadar nitrogen; karena sumber fosfor lebih sedikit dibandingkan dengan sumber nitrogen di perairan.

Phosfat adalah senyawa fosfor yang anionnya mempunyai atom fosfor yang dilengkapi oleh empat atom oksigen yang terletak pada sudut tetrahedron. Sedangkan menurut Dugan (1972). Phosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Phosfat total dapat diukur langsung dengan cara kalorimeter atau melalui proses digestasi lebih dahulu sebelum pengukuran sampel.

Kadar fosfor yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,2 mg/liter dalam bentuk phosfat (PO_4). Kadar fosfor pada perairan alami berkisar antara 0,005 – 0,2 mg/liter P- PO_4 , sedangkan pada air tanah biasanya sekitar 0,02 mg/liter P- PO_4 (UNESCO/WHO/UNEP, 1992).



Gambar 2.6 : Siklus Phosfat

Sumber : Stanley E. Manahan, 1994

Siklus fosfat penting karena fosfat biasanya menjadi faktor pembatas nutrisi di dalam ekosistem. Fosfat terlarut dari mineral fosfat dan lainnya, seperti pupuk, akan digunakan oleh tumbuhan dan membentuk asam nukleik yang membentuk materi genetik organisme.

Ada tiga jenis asam fosfat yang dikenal yaitu asam ortofosfat (H_3PO_4), asam pirofosfat ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) dan asam metaphosfat (HPO_3). Setiap senyawa fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, atau terikat dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, logam dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja)

dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi akibat ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhan.

2.5 Polutan

Polutan merupakan suatu pencemar yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi sesuatu yang dicemarinya dengan cara meleburkan diri terhadap sesuatu tersebut. Bila suatu polutan bercampur dengan air, maka air tersebut otomatis dapat berubah kualitas maupun susunan partikelnya (Octaviana Nurfitriani, *Kuantifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Leachate Tempat Penampungan Buangan Padat Terbuka*, 1998).

Pada lapisan jenuh air, polutan tersebut langsung bercampur dengan air tanah dan terbawa oleh aliran air tanah. Jarak yang dapat ditempuh oleh polutan dalam waktu tertentu tergantung pada kecepatan aliran dan tingkat konsentrasi polutan.

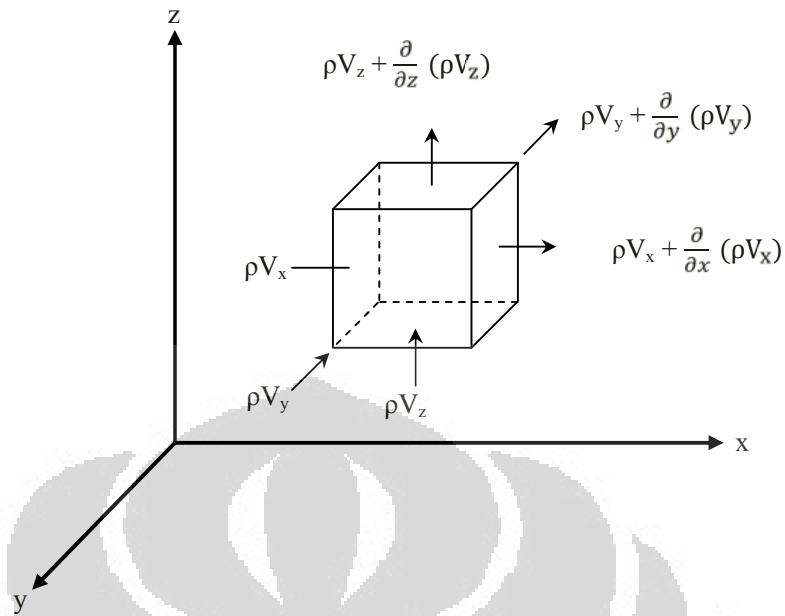
2.6 Proses Transport

Pada umumnya titik awal pada pengembangan persamaan diferensial untuk menggambarkan angkutan polutan pada media berpori adalah mempertimbangkan fluks larutan yang masuk dan keluar dari suatu elemen volume dalam daerah aliran (R. Allan Freeze, John A. Cherry, *Groundwater*, 1979).

Pernyataan kekekalan massa untuk elemen volume ini adalah:

$$\left| \begin{array}{l} \text{Jumlah total} \\ \text{perubahan massa} \\ \text{larutan dalam elemen} \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} \text{fluks larutan} \\ \text{yang keluar} \\ \text{dari elemen} \end{array} \right| - \left| \begin{array}{l} \text{fluks larutan} \\ \text{yang masuk} \\ \text{dari elemen} \end{array} \right| \pm \left| \begin{array}{l} \text{kehilangan atau} \\ \text{penambahan massa} \\ \text{larutan akibat reaksi} \end{array} \right|$$

Proses fisik yang mengendalikan fluks masuk dan keluar elemen volume tersebut adalah proses adveksi (*advection*) dan dispersi hidrodinamis (*hydrodynamic dispersion*).



Gambar 2.7 : Elemen Kubus Untuk Aliran Pada Media Berpori

Sumber : Allan Freeze & John A.Cherry, *Groundwater*, 1979s

Mengingat bahwa suatu unit volume dalam media porous seperti kubus pada gambar 2.7, biasanya dinamakan *elemental control volume*. Hukum kekekalan massa untuk aliran *steady* melalui media porous yang jenuh (*saturated porous*) mengharuskan bahwa laju massa aliran yang masuk sama dengan laju aliran yang keluar pada elemen kubus (*elemental control volume*). Persamaan kontinuitas yang menyatakan gambar 2.7 dapat ditulis:

$$-\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho V_z)}{\partial z} = 0 \quad (2.2)$$

Analisis suatu bentuk ρv akan ditunjukkan dalam laju massa aliran dalam suatu bidang dalam kubus (gambar 2.7). Jika fluida bersifat *incompressible*, $\rho(x, y, z)$ adalah konstan dan ρ' dapat di hilangkan dari persamaan (2.2). Jika fluida bersifat *compressible* maka $\rho(x, y, z)$ tidak konstan. Ini menunjukkan bahwa bentuk $\rho \partial v_x / \partial x$ lebih besar daripada bentuk $v_x \partial \rho / \partial x$ yang mana keduanya muncul ketika aturan rantai digunakan untuk memperluas persamaan (2.2). Dalam kasus lain, persamaan (2.2) disederhanakan menjadi:

$$-\frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0 \quad (2.3)$$

Substitusi hukum Darcy untuk v_x , v_y dan v_z ke dalam persamaan (2.3) menghasilkan persamaan untuk aliran *steady* melalui media *anisotropic* berpori jenuh (*anisotropic saturated porous medium*) :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = 0 \quad (2.4)$$

Untuk media *isotropic*, $K_x = K_y = K_z$, jika media juga homogen, maka $K(x, y, z)$ adalah konstan. Persamaan (2.4) kemudian disederhanakan menjadi persamaan untuk aliran *steady* melalui media homogen dan *isotropic*:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 yang disebut persamaan **Laplace**, merupakan salah satu persamaan yang penting dalam aliran air tanah, karena ini merupakan persamaan dasar untuk mengembangkan aliran air tanah.

2.6.1 Adveksi

Proses transport kontaminan terlarut (*miscible*) yang diakibatkan oleh perpindahan medium dimana *solute* atau kontaminan berada disebut transport akibat adveksi.

Adveksi merupakan gerakan polutan bersama dengan aliran air tanah menurut kecepatan aliran rembesan pada pori-pori tanah (Freeze, R. A & Cherry, J. A, 1979) dimana dapat dinyatakan dalam

$$u_x = \frac{k}{n} \frac{dh}{dx} \quad (2.6)$$

Dimana:

u_x = kecepatan pori (m/s)

k = konduktivitas hidrolis (*hydraulic conductivity*) (m/s).

n = porositas (tidak berdimensi)

$\frac{dh}{dx}$ = gradient tinggi tekanan (m/m)

Kecepatan rembesan sama dengan kecepatan linear rata-rata dari polutan pada media berpori, kecepatan ini lebih kecil dari kecepatan mikroskopis molekul air yang bergerak mengikuti pola aliran yang berkelok-kelok. Fluks massa (F_x) dalam satu dimensi akibat adveksi adalah sama dengan hasil dari kecepatan dan konsentrasi (C) larutan, atau:

$$F_x = u_x \cdot n \cdot C \quad (2.7)$$

2.6.2 Dispersi

Dispersi merupakan proses berskala molekul yang menimbulkan penyebaran polutan akibat sifat larutan tersebut, maupun karakteristik media yang dilaluinya. Dua hal yang mempengaruhi proses dispersi tadi disebut sebagai difusi (*moleccular diffusion*) dan dispersi mekanis (*mechanical mixing*). Difusi terjadi karena larutan pada air bergerak dari daerah yang berkonsentrasi tinggi ke daerah yang berkonsentrasi rendah. Difusi dapat terjadi meskipun tidak terdapat kecepatan (Fetter, C.W, 1994). Difusi akan terus terjadi sampai gradient konsentrasi menjadi nol atau tidak ada perbedaan konsentrasi dalam sistem.

Massa dari kontaminan atau *solute* yang terdifusi akan sebanding dengan gradient konsentrasi. Proses difusi akan mengikuti hukum Fick pertama, yang untuk pergerakan satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F_x = -D_d \frac{dC}{dx} \quad (2.8)$$

dimana: F_x = fluks massa polutan (M/L²/T)

D_d = koefisien difusi (L²/T)

$\frac{dC}{dx}$ = gradient konsentrasi (M/L³/L)

Tanda negatif dalam persamaan tersebut menunjukkan bahwa gerakan kontaminan adalah dari titik konsentrasi yang lebih tinggi ke lokasi yang lebih rendah. Tipikal nilai D_d relatif konstan dan berkisar antara 1.10^{-9} sampai 2.10^{-9} m²/s pada suhu 25° (Philip B.Bedient et all, *Ground Water Contamination Transport and Remediation*, 1994).

Sedangkan dispersi mekanis disebabkan oleh ke-*heterogenitas*-an media yang membuat variasi terhadap kecepatan dan pola aliran. Variasi ini terjadi akibat friksi terhadap alur pori tunggal, akibat perbedaan kecepatan dari satu alur ke alur yang lainnya, atau karena panjang variabel pola aliran. Hanya saja, berbeda dengan difusi yang merupakan gerak acak molekul air, dispersi merupakan produk dari terbentuknya perbedaan kecepatan didalam dimensi ruang. Proses dispersi mempunyai faktor dispersifitas yang disebut a .

Massa angkutan akibat dispersi dapat juga terjadi secara normal pada arah aliran. Dispersi melintang (*transverse dispersion*); D_y , disebabkan oleh menyebarnya pola aliran pada media berpori yang mengakibatkan massa menyebar secara lateral dari arah utama aliran. Pada banyak kasus dalam dua dimensi, nilai D_y lebih kecil daripada D_x .

2.7 Penurunan Persamaan Polutan

Persamaan ini berasal dari hukum kekekalan massa penurunan berasal dari Ogata (1970) dan Bera (1972). Disini diasumsikan media pori adalah homogen dan *isotropic*. Bahwa mediumnya adalah *saturated* dan alirannya *steady-state* sehingga hukum Darcy dapat diterapkan.

Dalam asumsi Darcy, aliran digambarkan dengan kecepatan linear rata-rata, yang membawa zat-zat terlarut melalui proses adveksi. Jika ini merupakan satu-satunya mekanisme angkutan polutan, maka polutan-polutan non reaktif yang ditransportasikan oleh aliran akan bergerak sebagai gumpalan (*plug*). Pada kenyataannya, terdapat proses pencampuran tambahan, yaitu dispersi hidrodinamis yang disebabkan oleh keberagaman pada kecepatan mikroskopis dalam setiap alur pori dan dari alur yang satu ke alur yang lainnya.

Untuk menetapkan pernyataan matematik dari kekekalan massa, fluktuasi pelarut yang masuk dan keluar dari suatu elemen volume (*representative elementary volume*, REV) pada media berpori harus dipertimbangkan. Pada koordinat *Cartesian*, debit spesifik (*specific discharge*) v memiliki komponen-komponen v_x , v_y , v_z ; dan kecepatan linear rata-rata $\bar{u} = \frac{v}{n}$ memiliki komponen-

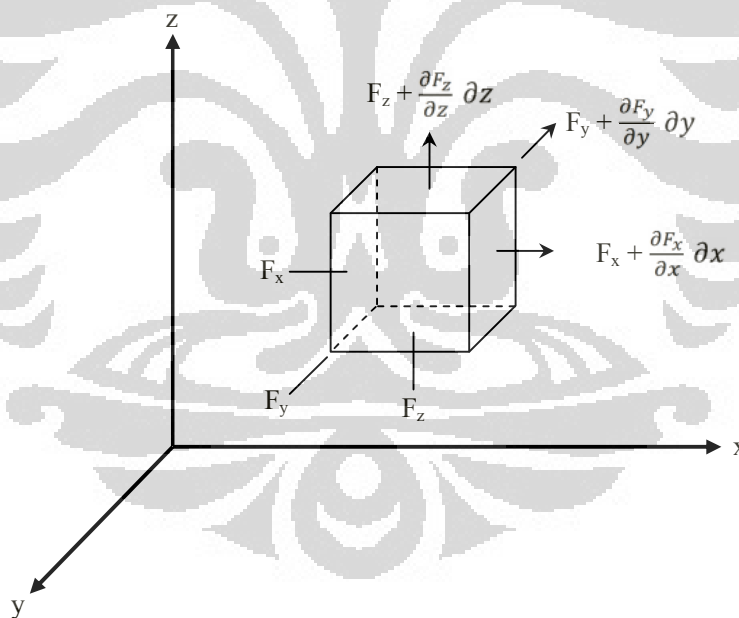
komponen \bar{u}_x , \bar{u}_y , \bar{u}_z . nilai kecepatan angkutan advektif adalah sama dengan \bar{v} . Konsentrasi pelarut C ditentukan sebagai massa pelarut per unit volume larutan. Sedangkan massa pelarut per unit volume media berpori adalah nC . Untuk media homogen, porositas efektif n adalah konstan dan $\partial(nC)/\partial x = n(\partial C/\partial x)$. Massa pelarut yang diangkut pada arah x dengan dua mekanisme angkutan pelarut dapat direpresentasikan sebagai:

$$\text{Transport oleh adveksi} = \bar{u}_x nC dA \quad (2.9a)$$

$$\text{Transport oleh dispersi} = nD_x \frac{\partial C}{\partial x} dA \quad (2.9b)$$

Dimana D_x adalah koefisien dispersi hidrodinamik pada arah x dan dA adalah luas dari elemen kubus (gambar 2.8). koefisien dispersi D_x berhubungan dengan dispersivitas a_x dan difusi D_d dalam

$$D_x = a_x \bar{u}_x + D_d \quad (2.10)$$



Gambar 2.8: Kestimbangan Massa dari Elemen Kubus

Sumber : Philip B.Bedient et al, 1994

Bentuk dari komponen dispersif yang terkandung dalam persamaan (2.9b) merupakan analogi hukum pertama **Fick**.

Jika F_x mewakili massa total dari pelarut per unit luas penampang melintang (*cross-sectional*) yang diangkut pada arah x dalam tiap unit waktu, maka:

$$F_x = \bar{u}_x \cdot nC - nD_x \frac{\partial C}{\partial x} \quad (2.11)$$

Tanda negatif sebelum suku dispersi mengindikasikan bahwa polutan bergerak dari *area* dengan konsentrasi yang lebih tinggi ke *area* dengan konsentrasi lebih rendah. Untuk fluks (F) pada dua arah lainnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$F_y = \bar{v}_y \cdot nC - nD_y \frac{\partial C}{\partial y} \quad (2.12)$$

$$F_z = \bar{w}_z \cdot nC - nD_z \frac{\partial C}{\partial z} \quad (2.13)$$

Jumlah total pelarut yang memasuki elemen fluida (Gambar 2.8) adalah:

$$F_{input} = F_x dz dy + F_y dz dx + F_z dz dy \quad (2.14)$$

Sedangkan jumlah kontaminan yang keluar adalah sebagai berikut:

$$F_{output} = \left(F_x + \frac{\partial F_x}{\partial x} dx \right) dz dy + \left(F_y + \frac{\partial F_y}{\partial y} dy \right) dz dx + \left(F_z + \frac{\partial F_z}{\partial z} dz \right) dx dy \quad (2.15)$$

Selisih jumlah masuk dan keluar elemen fluida (persamaan 2.14 dan 2.15) menjadi:

$$F_{input} - F_{output} = \left(\frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (2.16)$$

Bila polutan di asumsikan zat yang konservatif, yaitu zat yang tidak bereaksi dengan tanah atau air tanah dan tidak mengalami proses transformasi (Suprihanto Notodarmojo, 2005), maka perbedaan antara fluks ke dalam dan fluks keluar elemen sebanding jumlah zat terlarut (akumulasi) pada elemen. Nilai massa berubah pada elemen :

$$F_{input} - F_{output} = -n \frac{\partial C}{\partial t} dx dy dz \quad (2.17)$$

Pengekspresian lengkap kekekalan massa berdasarkan pers (2.16) dan (2.17) menjadi:

$$\frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} = -n \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.18)$$

Substitusi dan ekspresi untuk F_x (2.11), F_y (2.12), dan F_z (2.13) pada persamaan (2.18) dan pengabaian faktor n dari kedua sisi persamaan menghasilkan:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] - \left[\frac{\partial}{\partial x} (\bar{u}_x \cdot C) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{u}_y \cdot C) + \frac{\partial}{\partial z} (\bar{u}_z \cdot C) \right] = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.19)$$

Bila media dianggap homogen dan kecepatannya dianggap *steady* dan seragam, maka koefisien dispersi D_x , D_y , dan D_z serta nilai u_x , u_y dan u_z tidak bervariasi terhadap jarak, maka persamaan (2.19) menjadi:

$$\left[D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] - \left[\bar{u}_x \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{u}_y \frac{\partial C}{\partial y} + \bar{u}_z \frac{\partial C}{\partial z} \right] = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.20)$$

Bila variasi ke arah x dan y dianggap lebih dominan dibandingkan dengan arah z , maka persamaan dasar angkutan polutan dapat disederhanakan menjadi:

$$\left[D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right] - \left[\bar{u}_x \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{u}_y \frac{\partial C}{\partial y} \right] = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.21)$$

Persamaan yang lebih umum adalah bila koefisien dispersi dan adveksi merupakan fungsi terhadap x dan y , serta penambahan/pemindahan polutan dan proses pengikatan dan pelepasan partikel polutan tidak diabaikan, maka persamaan (2.21) dapat dituliskan:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (C \cdot u_x) - \frac{\partial}{\partial y} (C \cdot u_y) \pm \frac{q \cdot C}{n_e \cdot m} \pm \lambda \cdot C = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.22)$$

Dimana :

- D_x, D_y = Koefisien dispersi dalam arah x dan y (L^2/T)
- C = Konsentrasi polutan (M/L^3)
- u_x, u_y = Kecepatan rembesan arah x dan y (L/T)
- q = *Source or sink term*
- n_e = Porositas efektif
- m = Ketebalan lapisan
- λ = Besar penambahan/pemindahan polutan ($\pm M/L^3/T$)

2.8 Penyelesaian Dengan Metode Beda Hingga

Metode beda hingga (*finite difference*) adalah sebuah cara pendekatan diferensi, artinya suatu operator differensial $\partial F/\partial t$ didekati oleh operator $\Delta F/\Delta t$, dan dalam *finite difference* ini dilakukan diskretisasi dalam waktu dan jarak, dimana waktu dalam interval Δt dan jarak dalam interval Δx dan Δy . Untuk maksud tersebut daerah atau sistem air tanah yang ditinjau dibagi dalam kotak-kotak (bujur sangkar) atau *grid system*.

Dalam penurunan persamaan kerja numerik untuk persamaan gerak air tanah ada dua cara yang dapat dilakukan (Suprihato Notodarmojo, 2005) yaitu:

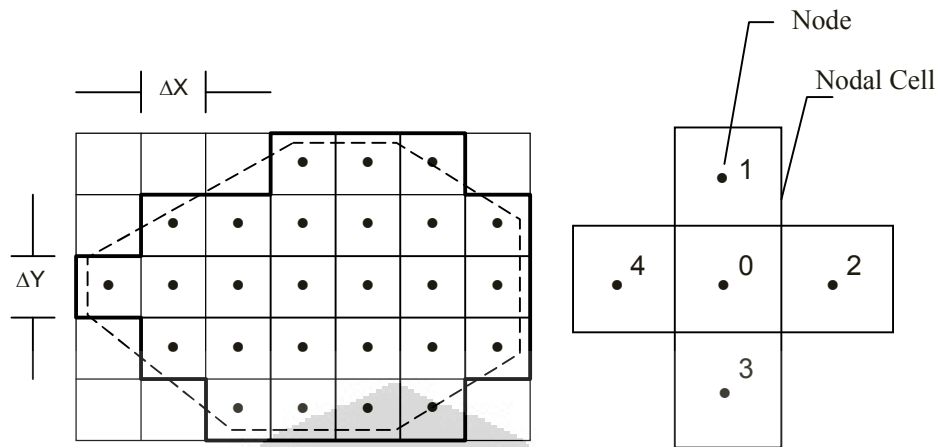
1. Metode perluasan deret Taylor.
2. Metode analisa kesetimbangan massa atau konservasi massa.

Metode perluasan deret Taylor merupakan metode yang bersifat langsung, dimana pendekatan matematis digunakan untuk memperoleh persamaan aljabar dari turunan pertama dan kedua yang akan dipecahkan. Sedangkan dalam metode yang kedua, persamaan kerja dalam bentuk persamaan aljabar diturunkan berdasarkan prinsip kontinuitas atau konservasi massa dalam satu volume kontrol, seperti yang dilakukan dalam penurunan persamaan gerak air.

2.8.1 Diskretisasi

Persamaan diferensial mempunyai turunan terhadap ruang dan waktu. Dengan sendirinya untuk memecahkan persamaan tersebut dengan metode numerik diperlukan diskretisasi terhadap ruang dan waktu.

Untuk *finite difference* dibagi dalam interval waktu dan jarak, maka daerah masalah dibagi dalam grid-grid (kotak-kotak) yang berbentuk bujur sangkar ($\Delta X = \Delta Y$), dimana yang mempunyai jarak horisontal ΔX dan ΔY ke arah vertikal (gambar 2.9). Dimana batas pinggir dari *grid-grid* tersebut dinamakan *nodal cell* dan titik tengah dari satu *nodal cell* dinamakan *node*.

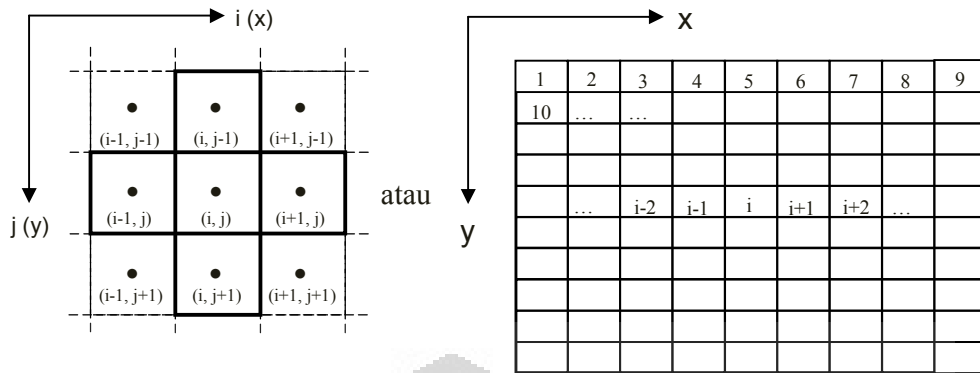


Gambar 2.9: Diskretisasi

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

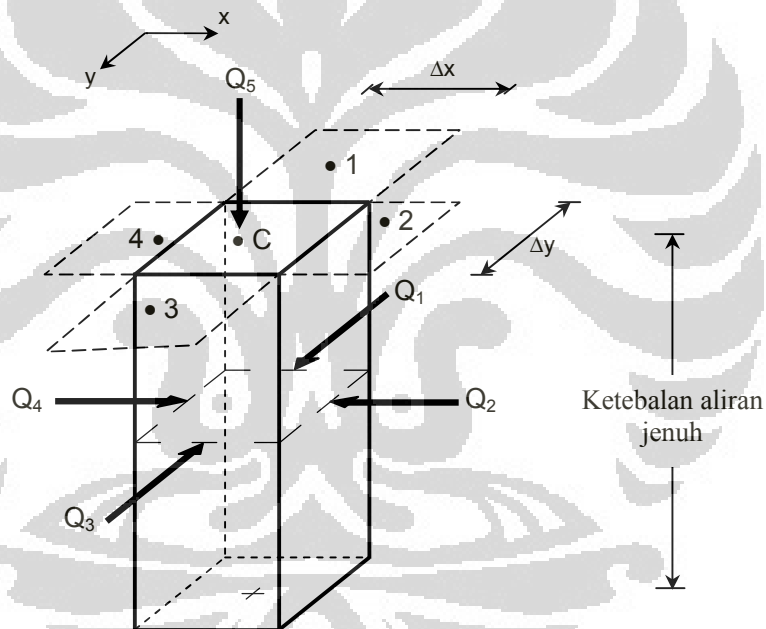
Nantinya dari *grid-grid* tersebut didapatkan *node-node*, dan dapat diubah dalam bentuk baris dan kolom (i,j). *Index* (i,j) menjadi titik simpul dari *grid-grid* pada daerah tersebut, sehingga dapat dibuat matriks dari daerah tersebut dengan ukuran sesuai dengan jumlah titik simpulnya. Ini menunjukkan ukuran dari matriks ($N \times M$).

Gambar 2.10 menyajikan contoh diskretisasi dan penamaan (*nomenklatur*) sel dan *node*. Dalam pemberian nama *node* ini, pada tahap awal akan diberikan dalam *nomenklatur* lokal, yang akan di transfer setelah penurunan persamaan aljabar dari volume kontrol. Seperti tampak dalam gambar 2.10, sel yang ditinjau dalam *nomenklatur* lokal mempunyai nomor 0, sedangkan keempat sel yang bersinggungan pada sisinya diberi nama sel 1, sel 2, sel 3, dan sel 4. Titik simpul (*node*) dari sel terletak ditengah sel, dan diberi nama atau nomor sesuai dengan nomor atau nama sel.



Gambar 2.10 : Diskretisasi dan *Nomenklatur* Sel atau *Grid*

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986



Gambar 2.11 : Keseimbangan Air Dalam Satu Nodal

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

Gambar 2.10 menggambarkan volume kontrol dari suatu akuifer tertekan dengan ketebalan akifer m . Akuifer dalam volume kontrol tersebut menerima aliran imbuhan sebesar Q_5 . Bila kita definisikan aliran yang masuk atau keluar dari masing-masing bidang adalah Q (m^3/detik),

maka volume kontrol selama periode Δt akan terjadi perubahan akumulasi penyimpanan (*storage*) air yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta t (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5) = [h_0(t+\Delta t) - h_0(t)] S_0 \Delta x \Delta y \quad (2.23)$$

Bila nilai rata-rata Q_1 , Q_2 , Q_3 , dan Q_4 dalam interval waktu Δt diatas dapat didekati dengan nilai *head hidrolis* pada suatu waktu t' yang terletak dalam interval waktu $(t, t+\Delta t)$, dan arah positif ditentukan sebagai arah yang menuju sel 0, maka substitusi dengan formula Darcy menghasilkan:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \Delta x T_{10} [h_1(t') - h_0(t')] / \Delta y \\ Q_2 &= \Delta y T_{20} [h_2(t') - h_0(t')] / \Delta x \\ Q_3 &= \Delta x T_{30} [h_3(t') - h_0(t')] / \Delta y \\ Q_4 &= \Delta y T_{40} [h_4(t') - h_0(t')] / \Delta x \end{aligned} \quad (2.24)$$

Dalam persamaan (2.23), S_0 menunjukkan kapasitas penyimpanan sel 0, sedangkan subskrip pada T dalam persamaan (2.24) menunjukkan transmisivitas rata-rata antar sel (*node*), seperti misalnya T_{10} menunjukkan transmisivitas rata-rata sel 1 dan sel 0.

Jika persamaan aliran ingin dapat diselesaikan dengan cara numerik, kita harus menentukan kecepatan pori u_x , u_y dari perhitungan *head* pada *grid* yang telah diselesaikan dengan cara diferensial. Pada model perbandingan dengan koordinat titik (X_i, Y_j) pada *nodal* (i, j) , sebagai contoh kita dapat menentukan kecepatan Darcy antara dua titik *grid* dengan diferensial (Gambar 2.12)

$$v_x(i, j) = -k_x(i, j)(h_{i+1, j} - h_{ij}) / \Delta x \quad (2.25a)$$

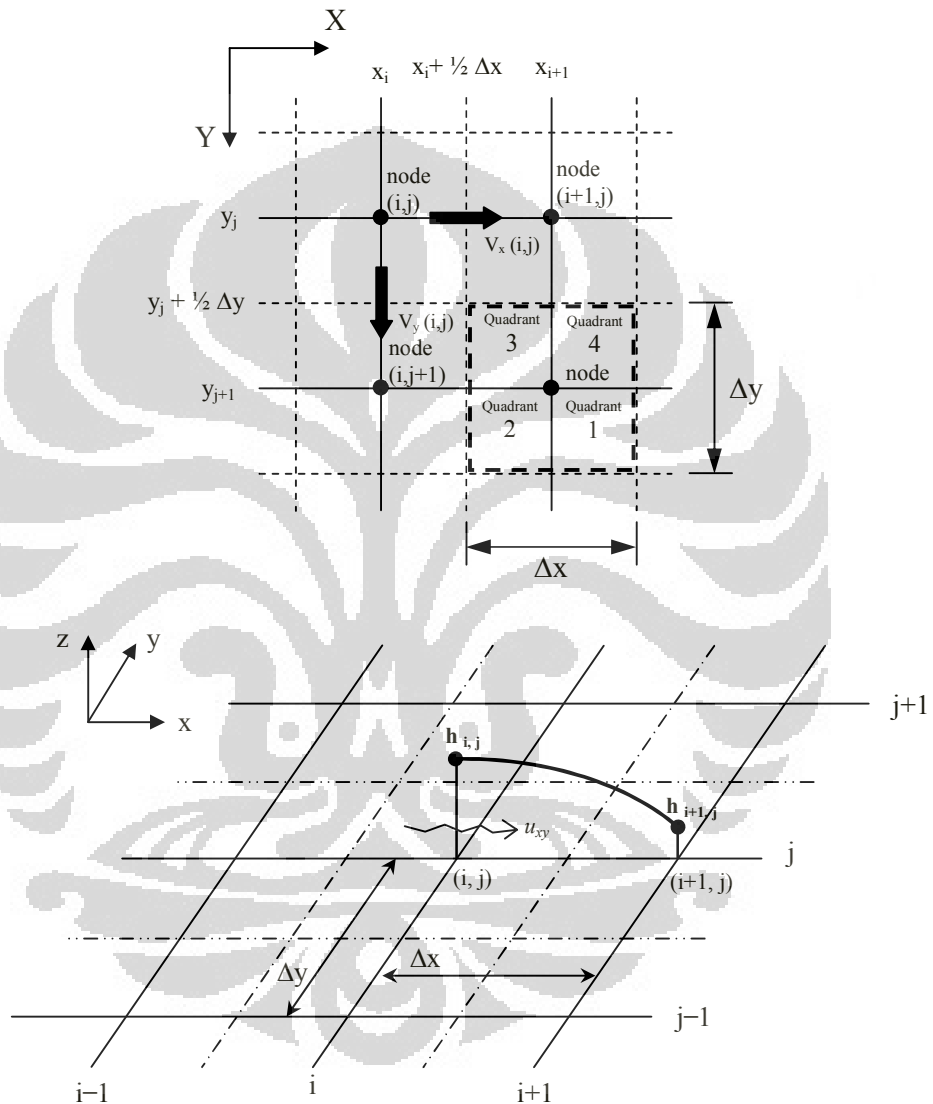
$$v_y(i, j) = -k_y(i, j)(h_{i, j+1} - h_{ij}) / \Delta y \quad (2.25b)$$

Dimana $k_x(i, j)$ adalah permeabilitas antara titik-titik (i, j) dan $(i+1, j)$, dan $k_y(i, j)$ adalah permeabilitas antara titik-titik (i, j) dan $(i, j+1)$.

Dari kecepatan Darcy, kecepatan pori dapat didefinisikan sebagai:

$$u_x(i, j) = \frac{v_x(i, j)}{n_e} \quad (2.26a)$$

$$u_y(i, j) = \frac{v_y(i, j)}{n_e} \quad (2.26b)$$



Gambar 2.12 : Definisi Kecepatan Antar Titik dan Kuadran dari Sel-sel Titik

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

Mengetahui bahwa kecepatan antar titik $u_x(i,j)$, $u_y(i,j)$ tidaklah cukup untuk membentuk garis aliran yang akurat $(x(t), y(t))$, kita harus mengetahui u_x dan u_y disetiap daerah. Ini didapat dari interpolasi. Skema interpolasi yang biasa, menggunakan interpolasi ‘*bi-linear*’. Setiap sel dibagi menjadi empat kuadran (gambar 2.12). kecepatan antar titik yang berhubungan untuk interpolasi dipilih tergantung pada lokasi dari titik (x, y) diantara sel. ini ditunjukkan pada gambar 2.13 untuk keempat lokasi yang mungkin dari (x,y) relatif terhadap titik (i,j) . Dapat kita ambil contoh kasus dimana (x,y) terletak di kuadran satu (1) dari sel yang dimiliki titik (i,j) . Kecepatan antar titik pada hampiran di sekitar (x,y) adalah:

$$u_x(i,j), u_x(i,j+1), u_y(i,j), \text{ dan } u_y(i+1,j)$$

dan kecepatan berikutnya yang terdekat:

$$u_x(i-1,j), u_x(i-1,j+1), u_y(i+1,j-1), \text{ dan } u_y(i,j-1)$$

Interpolasi ditampilkan dalam tiga langkah:

- Langkah pertama; menginterpolasi kedua arah kordinat antara kecepatan antartitik pada hampiran disekitar titik (x,y)

$$u_x^{(1)} = (1 - \eta) u_x(i,j) + \eta u_x(i, j+1)$$

$$u_y^{(1)} = (1 - \zeta) u_y(i,j) + \zeta u_y(i+1, j)$$

- Langkah kedua; kecepatan antar titik berikutnya yang terdekat diinterpolasi

$$u_x^{(2)} = \eta u_x(i-1,j+1) + (1 - \eta) u_x(i-1, j)$$

$$u_y^{(2)} = \zeta u_x(i+1,j-1) + (1 - \zeta) u_y(i,j-1)$$

- Langkah ketiga; kecepatan akhir didapat dengan menginterpolasi antara dua hasil sebelumnya

$$u_x(x,y) = u_x^{(1)} (0,5 + \zeta) + u_x^{(2)} (0,5 - \zeta) \quad (2.27a)$$

$$u_y(x,y) = u_y^{(1)} (0,5 + \eta) + u_y^{(2)} (0,5 - \eta) \quad (2.27b)$$

$$\text{dengan } \xi = \frac{(x-x_i)}{\Delta x} \text{ dan } \eta = \frac{(y-y_i)}{\Delta y}$$

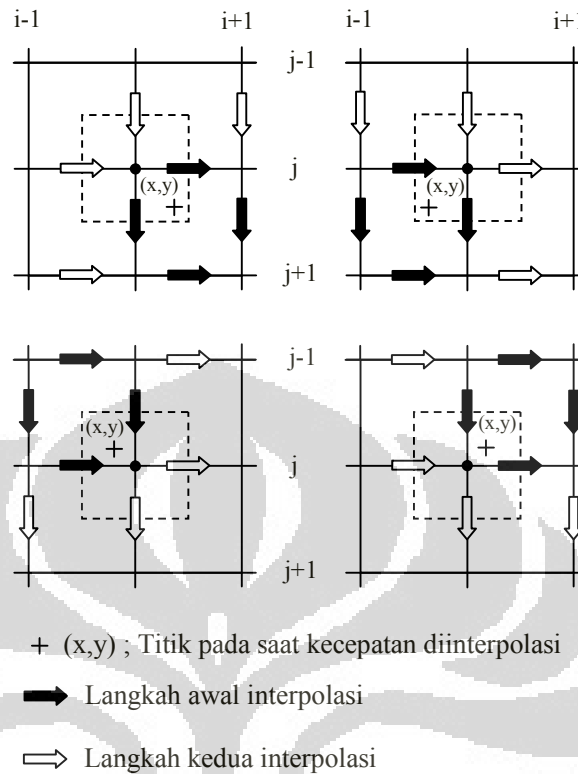
dimana:

$$x \in [x_i, x_i + \Delta x/2] \text{ dan } y \in [y_j, y_j + \Delta y/2]$$

langkah-langkah diatas diilustrasikan dalam gambar 2.14.

Prosedur telah selesai dianalogikan jika (x,y) berpindah atau turun ke kuadran lain. Pada batas tepi, interpolasi langkah kedua pada arah normal/lurus ke tepi diabaikan. Pada sudut ini mangarah pada arah x dan y .

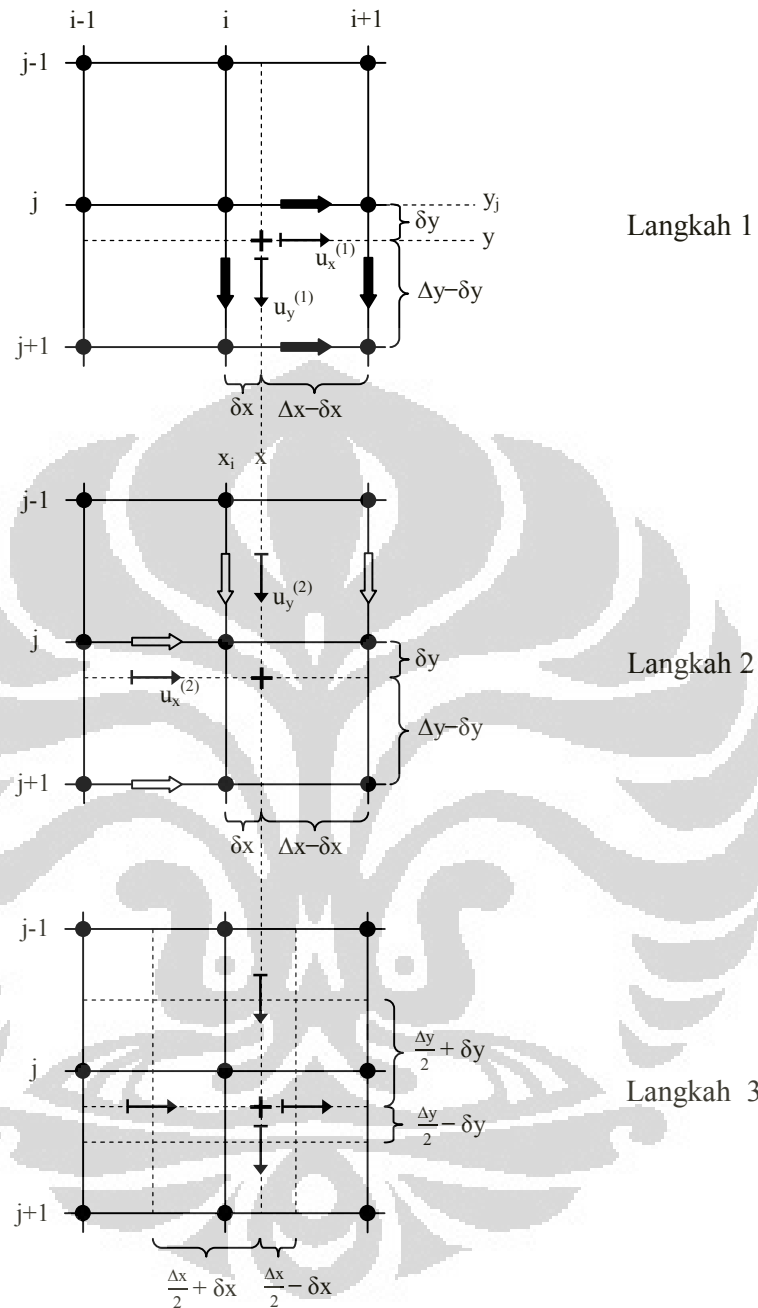
Interpolasi memberikan hasil yang baik meskipun pada daerah aliran *divergen* yang kuat, seperti yang telah ditemukan di sekitar sumur-sumur injeksi. untuk mendapat hasil yang benar disekitar sumur secara umum, ukuran *grid* harus cukup kecil untuk menguraikan aliran radial disekitar sumur. Jika (x,y) secara praktis bertepatan dengan sebuah 'well-node' (i,j) , interpolasi tidak akan memberikan nilai-nilai yang pantas untuk kecepatan.



Gambar 2.13 : Kecepatan Antar Titik yang Berhubungan untuk Interpolasi

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

Disini tidak dilakukan interpolasi selanjutnya, deskripsi yang lebih akurat hanya dapat dicapai dengan jaring titik yang lebih halus. Secara alternatif, urutan fungsi-fungsi interpolasi tertinggi dapat digunakan sebagai fungsi-fungsi dasar. Jika kita menghendaki kecepatan menjadi fungsi menerus (*continue*) pada batas elemen, kita harus memilih fungsi-fungsi interpolasi yang mempunyai turunan menerus pada batas-batas elemen. Sifat ini dicapai dengan '*Hermite-polynomials*' dimana derajat (lapisan) ketiga berada pada ruang koordinat. Selanjutnya dibutuhkan distribusi menerus dari permeabilitas.



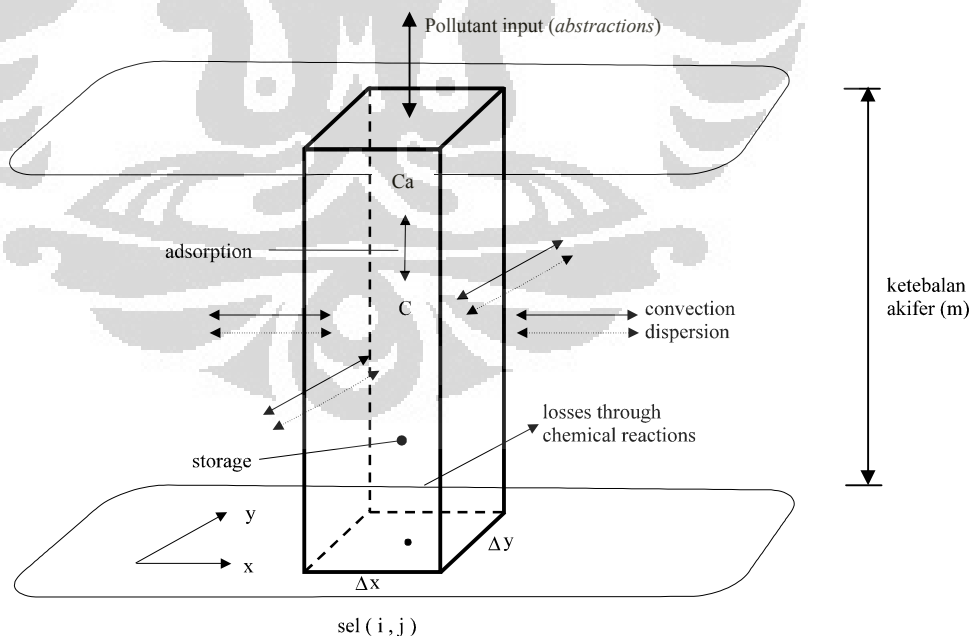
Gambar 2.14: Interpolasi Bilinier dari Kecepatan Antar Titik

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

2.8.2 Formulasi Numerik Persamaan Penyebaran Polutan

Metode beda hingga men-*diskretisasi*-kan jarak dan waktu dalam beberapa interval. Dalam ruang dua dimensi, sebuah *grid* dari sel-sel bujursangkar diletakkan di atas daerah yang dimodelkan. Untuk mudahnya kami mengasumsikan *grid-grid* dari jarak-jarak *grid* Δx dan Δy adalah konstan dalam arah x dan arah y . Pusat dan sel *grid* sekali lagi disebut *Node* (simpul). Diberikan indikasi (i,j) untuk mengindikasikan posisi tersebut pada *grid*. Seperti pada kasus persamaan aliran, persamaan-persamaan diferensial dari angkutan dapat diperoleh baik secara perubahan bentuk dari penurunan dengan pendekatan diferensial pada *grid* atau dengan mengambil kesetimbangan massa polutan terhadap setiap sel dari *grid*.

Disini, prosedur yang terakhirlah yang dipilih, kesetimbangan massa di atas sel (i,j) (seperti pada gambar 2.15) membutuhkan lebih dari sebuah *input* dan *output* interval waktu $(t, t + \Delta t)$ akibat penyimpanan (*storage*), adveksi (*advection*), penyebaran/penggabungan (*diffusion-dispersion*) dan reaksi hingga nol.



Gambar 2.15: Kestimbangan Massa Polutan di atas Sel Titik Simpul

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

Universitas Indonesia

Dalam memformulasikan persamaan numerik ini, digunakan persamaan (2.22) yang terdiri dari suku dispersivitas (D_i), suku konveksi (c_i), suku penambahan dan pemindahan polutan (S_{il}), dan suku konsentrasi penyebaran polutan (C_i):

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right)}_{D_i} - \underbrace{\frac{\partial}{\partial x} (C \cdot u_x) - \frac{\partial}{\partial y} (C \cdot u_y)}_{c_i} \pm \underbrace{\frac{q \cdot C}{n_e \cdot m} \pm \lambda \cdot C}_{S_{il}} = \underbrace{\frac{\partial C}{\partial t}}_{C_i}$$

Dari persamaan (2.22) di atas, karena aliran yang ditinjau melalui suatu dimensi sel (i, j) yang mempunyai ketebalan akuifer (m), luas bidang dasar elemen ($\Delta x \cdot \Delta y$), mempunyai angka pori (n_e), dan dihitung berdasarkan interval waktu Δt ; (gambar : 2.15), maka setiap suku akan dikalikan dengan ($m \cdot n_e \cdot \Delta t \cdot \Delta x \cdot \Delta y$). Untuk selanjutnya masing-masing suku tersebut akan diuraikan berdasarkan formulasi numerik yang akan digunakan dalam program komputer.

Pada bagian konveksi (c_i), ketika menghitung massa yang diterima ke dalam sel secara adveksi, kecepatan dikombinasikan dengan konsentrasi. Konsentrasi ini didapat dengan pendekatan rata-rata terbobot dari konsentrasi sel-sel yang berdekatan. Dua pilihan dari bobot hampir serupa. Jika angkutan didominasi oleh konveksi, bobot ditentukan/dipilih bagian hulu dari sel, prosedur ini disebut *upwinding*. Jika angkutan terdispersi yang mendominasi, bobot simetris-lah (*central*) yang dipakai. *Input-input* adveksi dalam sel (i, j) di atas interval waktu ($t, t + \Delta t$) diberikan dalam (berdasarkan penguraian persamaan 2.22).

untuk *convective input* (c_i):

$$c_i = \frac{\partial}{\partial x} (c \cdot \bar{u}_x) + \frac{\partial}{\partial y} (c \cdot \bar{u}_y) = \frac{\bar{c} \cdot \bar{u}_x}{\Delta x} + \frac{\bar{c} \cdot \bar{u}_y}{\Delta y}$$

setelah suku dikalikan dengan ($m \cdot n_e \cdot \Delta t \cdot \Delta x \cdot \Delta y$), maka:

$$c_i = \bar{c} \cdot \bar{u}_x \cdot n_e \cdot m \cdot \Delta y \cdot \Delta t + \bar{c} \cdot \bar{u}_y \cdot n_e \cdot m \cdot \Delta x \cdot \Delta t$$

dan untuk pembobotan pada masing-masing sel, serta rata-rata nilai c dan m relatif terhadap u , definisi diatas menjadi (Kienzelbach, 1986):

$$\begin{aligned}
c_i = & \frac{u_{x,i-1,j}(\alpha c_{i-1,j} + (1-\alpha)c_{ij})\Delta y(m_{i-1,j} + m_{ij})n_e \Delta t}{2} - \\
& \frac{u_{x,i,j}(\beta c_{ij} + (1-\beta)c_{i+1,j})\Delta y(m_{ij} + m_{i+1,j})n_e \Delta t}{2} + \\
& \frac{u_{y,i,j-1}(\gamma c_{i,j-1} + (1-\gamma)c_{ij})\Delta x(m_{i,j-1} + m_{ij})n_e \Delta t}{2} - \\
& \frac{u_{y,i,j}(\delta c_{ij} + (1-\delta)c_{i,j+1})\Delta x(m_{ij} + m_{i,j+1})n_e \Delta t}{2}
\end{aligned} \tag{2.28}$$

dimana:

u = kecepatan pori pada titik *grid* yang dilaluinya

c = konsentrasi polutan (dalam rata-rata terbobot)

$\Delta x, \Delta y, m$ = dimensi volume yang dilalui polutan, dimana

Δx atau Δy = jarak antar titik (lebar bidang yang ditinjau)

m = ketebalan lapisan jenuh akuifer pada titik sel

n_e = angka pori

Δt = interval waktu, dan

α, β, γ , dan δ = merupakan faktor-faktor pembobot.

Bobot-bobot untuk kondisi *upwind* di atas dapat ditulis seperti berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Untuk } \alpha &= \frac{(1 + \text{sign}(u_{x,i-1,j}))}{2} & \beta &= \frac{(1 + \text{sign}(u_{x,i,j}))}{2} \\
\gamma &= \frac{(1 + \text{sign}(u_{y,i,j-1}))}{2} & \delta &= \frac{(1 + \text{sign}(u_{y,i,j}))}{2}
\end{aligned}$$

sementara untuk kondisi *central* (simetris) bobotnya adalah:

$$\alpha = \beta = \gamma = \delta = \frac{1}{2} = 0,5$$

Untuk membahas fluks-fluks dispersif (pada suku dispersivitas persamaan 2.22), pertama kami mempertimbangkan kasus dimana aliran adalah paralel untuk salah satu aksis, misalnya aksis x . Kemudian jaringan *input* masuk ke dalam sel dengan cara dispersi pada arah x dapat dihitung dari konsentrasi $c_{i-1,j}$; c_{ij} ; dan $c_{i+1,j}$. Jaringan *input* adalah pembanding dari *input* dispersif pada batas-batas antara sel-sel (i,j) dengan $(i-1, j)$ dan sel-sel (i,j) dengan $(i+1, j)$. *Input* dispersif pada arah y dihitung dalam

bentuk yang sama secara lengkap. Skema ini merupakan kekekalan massa terhadap seluruh *grid*.

Untuk *dispersive input* (D_i) :

$$D_i = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right)$$

Dengan penguraian yang analog dengan c_i , menjadi :

$$D_{input} = \frac{D_{xx,i-1,j}(c_{i-1,j} - c_{ij})\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)(m_{i-1,j} + m_{ij})n_e \Delta t}{2} - \frac{D_{xx,i,j}(c_{ij} - c_{i+1,j})\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)(m_{ij} + m_{i+1,j})n_e \Delta t}{2} + \frac{D_{yy,i,j-1}(c_{i,j-1} - c_{ij})\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)(m_{i,j-1} + m_{ij})n_e \Delta t}{2} - \frac{D_{yy,i,j}(c_{ij} - c_{i,j+1})\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)(m_{ij} + m_{i,j+1})n_e \Delta t}{2} \quad (2.29)$$

Jika aliran tidak paralel bagi semua koordinat aksis, konsentrasi-konsentrasi pada ke empat arah berdekatan tidak cukup untuk menghitung fluks-fluks dispersif ke dalam sel (i,j) . Satu kemungkinan dari memformulasikan dua syarat tambahan, dimana melibatkan elemen *off-diagonal* dari *dispersion tensor*, diberikan pada gambar 2.15.

Input dispersif pada arah x akibat gradien konsentrasi di arah y :

$$D_{xy input} = \frac{D_{xy,i,j}(c_{i,j+1} - c_{i,j-1} + c_{i+1,j+1} - c_{i+1,j-1})(m_{ij} + m_{i+1,j})n_e \Delta t}{8} - \frac{D_{xy,i-1,j}(c_{i-1,j+1} - c_{i-1,j-1} + c_{i,j+1} - c_{i,j-1})(m_{i-1,j} + m_{ij})n_e \Delta t}{8} \quad (2.30)$$

Input dispersif pada arah y akibat gradien konsentrasi di arah x :

$$D_{yx \text{ input}} = \frac{D_{yx,ij} (c_{i+1,j} - c_{i-1,j} + c_{i+1,j+1} - c_{i-1,j+1}) (m_{ij} + m_{i,j+1}) n_e \Delta t}{8}$$

$$\frac{D_{yx,i,j-1} (c_{i+1,j-1} - c_{i-1,j-1} + c_{i+1,j} - c_{i-1,j}) (m_{i,j-1} + m_{ij}) n_e \Delta t}{8}$$
(2.31)

Dalam perhitungan koefisien dispersi pada *grid*, digunakan kecepatan antara titik simpul atau rata-rata. Perhitungan koefisien-koefisien $D_{xx,ij}$ dan $D_{xy,ij}$ untuk angkutan dispersif antara sel (i,j) dan sel $(i+1, j)$, untuk contoh dibutuhkan kecepatan-kecepatan yang mewakili u_x dan u_y antara simpul (i,j) dan simpul $(i+1, j)$. Untuk u_x dapat mengambil kecepatan antar simpul searah $u_{x,ij}$. Untuk u_y digunakan rata-rata simetris terhadap empat kecepatan antar titik terdekat dalam arah y (gambar 2.17). Kita mendapat koefisien-koefisien dispersi dalam arah x berdasarkan persamaan *Scheidegger (1961)*.

$$D_{xx,ij} = \frac{(\alpha_L U_x^2 + \alpha_T U_y^2)}{U} \quad (2.32a)$$

$$D_{xy,ij} = \frac{(\alpha_L - \alpha_T) U_x U_y}{U} \quad (2.32b)$$

dengan: $U_x = u_{x,ij}$

$$U_y = \frac{(u_{y,ij} + u_{y,i+1,j} + u_{y,i,j-1} + u_{y,i+1,j-1})}{4}$$

atau $U_x = u_x(x,y)$ seperti pada persamaan 2.27a

$U_y = u_y(x,y)$ seperti pada persamaan 2.27b

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$$

Koefisien D_{yx} dan D_{yy} untuk angkutan *dispersive* antara sel (i,j) dan $(i,j+1)$ dapat dianalogikan seperti berikut:

$$D_{yy, ij} = \frac{(\alpha_L U_x^2 + \alpha_T U_y^2)}{U} \quad (2.33a)$$

$$D_{yx, ij} = \frac{(\alpha_L - \alpha_T) U_x U_y}{U} \quad (2.33b)$$

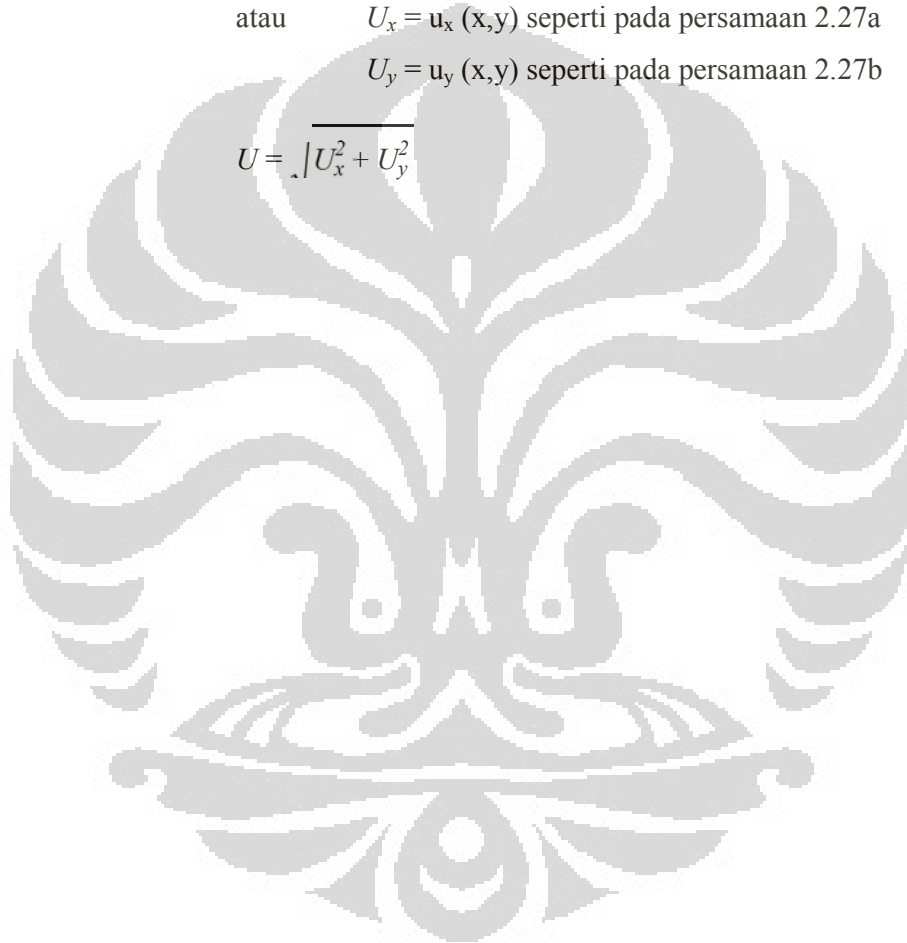
dengan :
$$U_x = \frac{(u_{x,i-1,j} + u_{x,i,j} + u_{x,i-1,j+1} + u_{x,i,j+1})}{4}$$

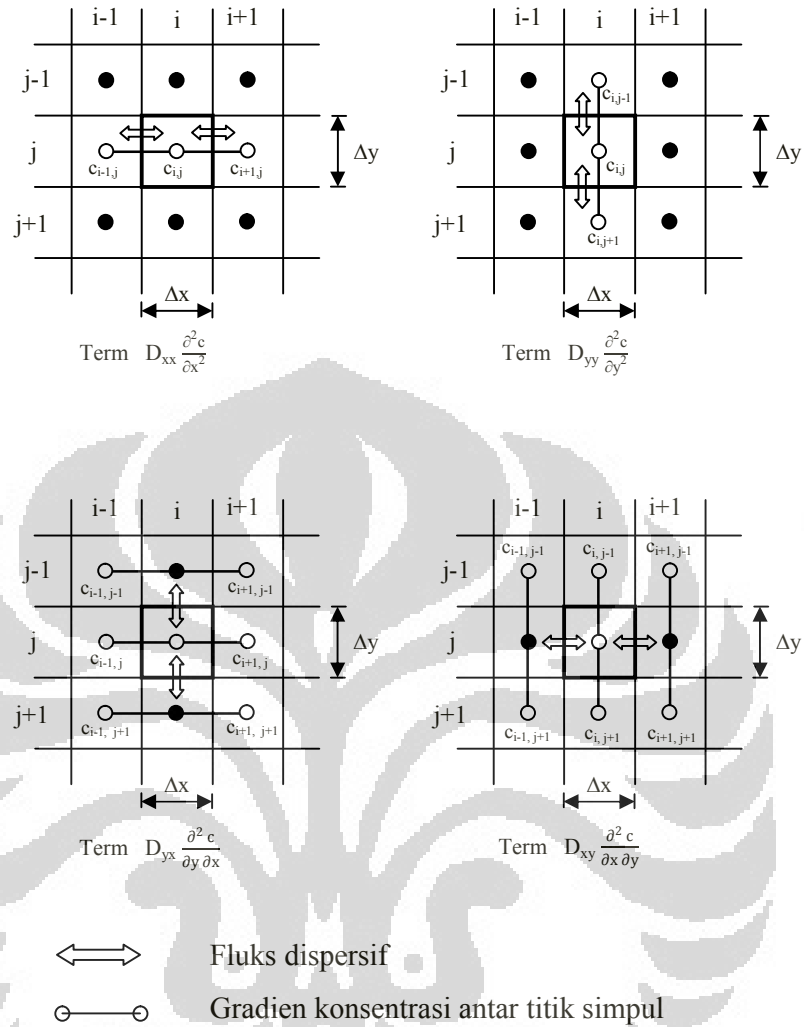
$$U_y = u_{y, ij}$$

atau $U_x = u_x(x,y)$ seperti pada persamaan 2.27a

$U_y = u_y(x,y)$ seperti pada persamaan 2.27b

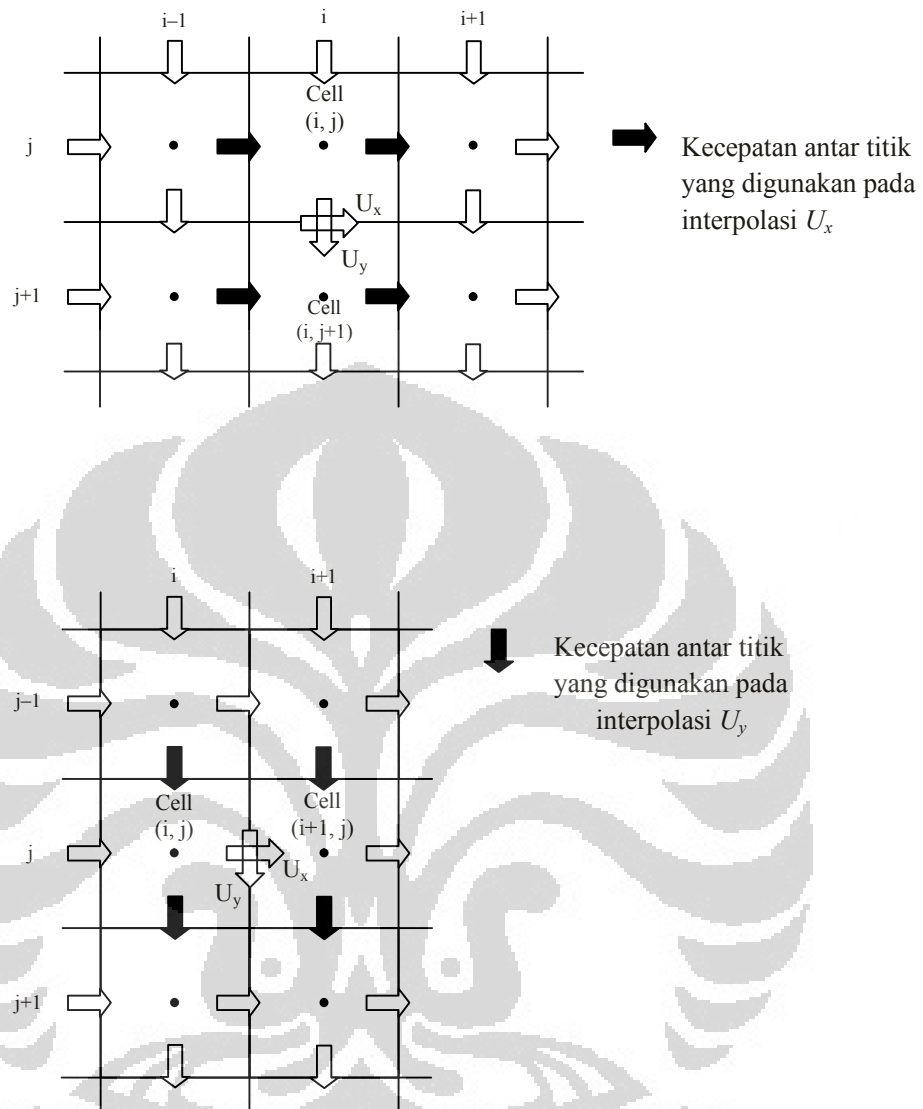
$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$$





Gambar 2.16: Titik-Titik dan Gradien-Gradien yang Digunakan Untuk Menghitung *Input-Input Dispersive* Dalam Sel (i,j)

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986



Gambar 2.17: Interpolasi Kecepatan yang Digunakan Dalam Menghitung Koefisien Dispersi

Sumber : Kinzelbach W, *Groundwater Modelling*, 1986

Waktu reaksi untuk reaksi ordo pertama dan waktu pelepasan sumber lain tidak mempengaruhi penurunan. Mereka mengubah/menyesuaikan arahan menjadi nilai-nilai diskret pada *grid*. Dari persamaan (2.22) untuk suku penambahan atau pemindahan polutan (S_{it}) penguraiannya menjadi seperti dibawah ini (Kinzelbach, 1986)

Input or loss from sources, sinks :

$$S_{il} = -n_e \lambda \Delta x \Delta y m_{ij} c_{ij} \Delta t + q_{ij} \Delta x \Delta y c_{in,ij} \Delta t \quad (2.34)$$

term penyimpanan diberikan (massa penyimpanan akhir polutan) *stored pollutant mass*:

$$C_t = n_e \Delta x \Delta y m_{ij} (c_{ij}(t+\Delta t) - c_{ij}(t)) \quad (2.35)$$

Penyerapan menurut '*linear adsorption isothermal*' (penyerapan linier pada suhu yang sama) dapat diatasi dengan membagi kecepatan pori dan aliran masuk dengan faktor penghambat R . Karenanya kita tidak mempertimbangkan penyerapan secara *eksplisit* (jelas). Hubungan penjumlahan secara matematis dari kontribusi-kontribusi persamaan (2.28), (2.29), (2.30) dan (2.34) sama dengan penyimpanan (2.35) untuk semua sel (i,j) , kita mendapat sistem persamaan linier yang dibutuhkan untuk konsentrasi-konsentrasi $c_{ij}(t + \Delta t)$. Ini akan menjadi lengkap bila kondisi awal dan kondisi batas lebih spesifik. Lebih jauh kita harus terpaku pada saat konsentrasi mendekati persamaan-persamaan di atas digunakan *setting*

$$c_{ij} = \theta c_{ij}(t+\Delta t) + (1-\theta) c_{ij}(t) \quad (2.36)$$

dimanapun, kita mendapatkan persamaan implisit secara keseluruhan untuk $\theta = 1$, persamaan eksplisit untuk $\theta = 0$, dan skema waktu terpusat *Crank Nicholson* untuk $\theta = 0,5$. Kondisi awal tidak menimbulkan suatu masalah, batas-batas konsentrasi yang ada mengarah pada persamaan simpul yang tidak penting.

$$c_{ij}(t+\Delta t) = f(t+\Delta t) \quad (2.37)$$

Batas-batas yang tidak dapat ditembus (*impervious*) oleh *setting* batas fluks dispersif adalah nol. Fluks konvektif akan menjadi nol akibat menghilangnya komponen-komponen kecepatan normal pada batas. Masalah-masalah timbul pada batas-batas dimana fluks dispersif tidak sama dengan nol berada, sebagai gradien konsentrasi pada batas yang biasanya tidak diketahui. Ada beberapa kemungkinan untuk memecahkan

masalah, antara lain dapat dengan memilih daerah yang telah dimodelkan cukup besar sehingga konsentrasi-konsentrasi pada batas tidak akan terpengaruh oleh *pollutant plume* pada bagian dalamnya (*interior*); lalu batas tersebut dapat dipertimbangkan sebagai batas konsentrasi yang ditentukan dengan nol konsentrasi. Atau kita dapat mengabaikan fluks dispersif pada batas dimana terdapat pendekatan yang beralasan dimanapun fluks konvektif lebih besar dari fluks dispersif. Kemungkinan ketiga diberikan dengan konsep batas transmisi (*transmission-boundary-concept*) - (Shamir, Harleman, 1967). Ini mendekati gradien konsentrasi di seberang batas dengan gradien konsentrasi satu bentang titik yang lebih jauh di dalam daerah yang dimodelkan.

Jumlah ini untuk menset koefisien dispersi sepanjang arah koordinat yang relevan dalam sel batas sama dengan nol. Fluks konvektif pada batas-batas secara otomatis diatasi dengan menggunakan prosedur perhitungan *upwinding* di atas batas selama kecepatan diarahkan terhadap sisi luar daerah (*domain*). Jika fluks konvektif diarahkan terhadap sisi dalam daerah, konsentrasi aliran harus spesifik.

Jika kita memilih persamaan eksplisit ($\theta = 0$), kondisi-kondisi stabilitas harus dipenuhi. Yang pertama adalah kriteria *Courant*, dimana

$$C_{ox} = \left| \frac{\Delta t u_x}{\Delta x} \right| \leq 1 \quad (2.38a)$$

$$C_{oy} = \left| \frac{\Delta t u_y}{\Delta y} \right| \leq 1 \quad (2.38b)$$

atau

$C_{ox} + C_{oy} \leq 1$ dalam kasus diferensial *upwind*.

C_o adalah angka *Courant*. Pada syarat fisik kriteria menyatakan bahwa tidak banyak massa polutan dapat meninggalkan sel melalui proses konveksi selagi interval waktu ($t, t + \Delta t$).

Kriteria kedua adalah kriteria *Neumann*. Kriteria ini secara keseluruhan merupakan analogi kriteria persamaan

$$\left(\frac{T}{S}\right) \left(\frac{\Delta t}{\Delta x^2} + \frac{\Delta t}{\Delta y^2}\right) \leq \frac{1}{2}$$

Persamaan di atas menyatakan bahwa gradien konsentrasi tidak dapat dibalik hanya dengan fluks dispersi-difusi, tetapi membentuk

$$D_{xx} \frac{\Delta t}{\Delta x^2} + D_{yy} \frac{\Delta t}{\Delta y^2} \leq \frac{1}{2} \quad (2.39)$$

Jika satu aksis koordinat parallel terhadap aliran (Redell, Sunada, 1970)

Kriteria ketiga menuntut pada titik-titik pelepasan sumber tidak banyak massa polutan yang dapat meninggalkan atau memasuki sel dengan interval waktu dan biasanya mencemarkan sel. Permintaan ini mengarah pada pernyataan

$$\Delta t \leq \frac{n_e \cdot m_{ij}}{q_{ij}} = \frac{m_{ij} \Delta x \Delta y}{Q_{ij}} \quad (2.40)$$

Kombinasi dari pernyataan persamaan (2.38) hingga (2.40) menentukan panjang maksimum dari langkah waktu (*time-step*) yang dapat digunakan. Pada keberadaan suku reaksi lebih jauh diaplikasikan kriteria stabilitas.

Persamaan skema eksplisit dapat diselesaikan satu demi satu, ketika pada skema implisit sebuah sistem dari persamaan simultan harus diselesaikan. Skema implisit adalah stabil mutlak. Sistem persamaan dari bentuk :

$$\begin{aligned} &A_{ij} c_{i-1,j-1}(t + \Delta t) + B_{ij} c_{i-1,j}(t + \Delta t) + C_{ij} c_{i,j-1}(t + \Delta t) + D_{ij} c_{ij}(t + \Delta t) \\ &+ E_{ij} c_{i+1,j}(t + \Delta t) + F_{ij} c_{i,j+1}(t + \Delta t) + G_{ij} c_{i+1,j+1}(t + \Delta t) = \\ &H_{ij} \end{aligned} \quad (2.41)$$

dengan $i = 1, \dots, NX$ dan $j = 1, \dots, NY$, dimana bagian kanan adalah fungsi waktu t . Sistem tersebut dapat dipecahkan dengan pemecahan persamaan langsung seperti dengan metode *Gauss-Jordan*. Meskipun stabilitas adalah mutlak dalam skema implisit, ketelitian dari hasil masih tergantung (seperti pada skema eksplisit) pada pilihan diskretisasi.

2.9 Pengembangan Ke Dalam Model Komputer

Dari hasil pengembangan model numerik yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dibuatlah suatu model komputer untuk mempermudah pengoperasian perhitungan serta pengaplikasiannya. Sebelumnya penulisan ke dalam komputer ini pernah dilakukan, tetapi dengan menggunakan bahasa *Basic* (W. Kinzelbach, *Developments in Water Science, Groundwater Modelling*, 1986). Penulisan algoritma persamaan matematik yang digunakan ke dalam program komputer adalah dengan menggunakan *Visual Basic Application for Microsoft Excel*.

Parameter-parameter yang digunakan sebagai data masukan dalam program model penyebaran polutan ini adalah sebagai berikut :

- a. NX dan NZ ; merupakan parameter diskretisasi jumlah titik konsentrasi yang akan ditinjau dalam arah x dan z
- b. DX dan DZ ; merupakan parameter diskretisasi ruang yang menunjukkan jarak antar titik dalam arah x dan z , dan mempunyai satuan meter (m)
- c. NS ; merupakan parameter jumlah sumber polutan yang ditinjau
- d. AL dan AQ ; merupakan parameter dispersivitas longitudinal dan transversal dalam satuan meter (m)
- e. UX dan UZ ; merupakan parameter diskretisasi kecepatan pori dalam arah x dan z dengan satuan meter per hari (m/hr)
- f. M ; merupakan parameter ketebalan akifer dalam meter (m)
- g. NE ; merupakan parameter angka pori (porositas efektif) lapisan tanah yang ditinjau
- h. TM ; merupakan parameter waktu maksimum yang berfungsi untuk menghentikan proses perhitungan bila jumlah kumulatif interval waktu telah mencapai maksimum (TM). Satuannya adalah hari.
- i. DS ; merupakan parameter tipe skema dalam term konveksi (*convection*), yang mempunyai dua nilai, yaitu $DS = 1$; untuk perhitungan secara *upwind*, dan $DS = 2$; untuk perhitungan secara *central/simetris*

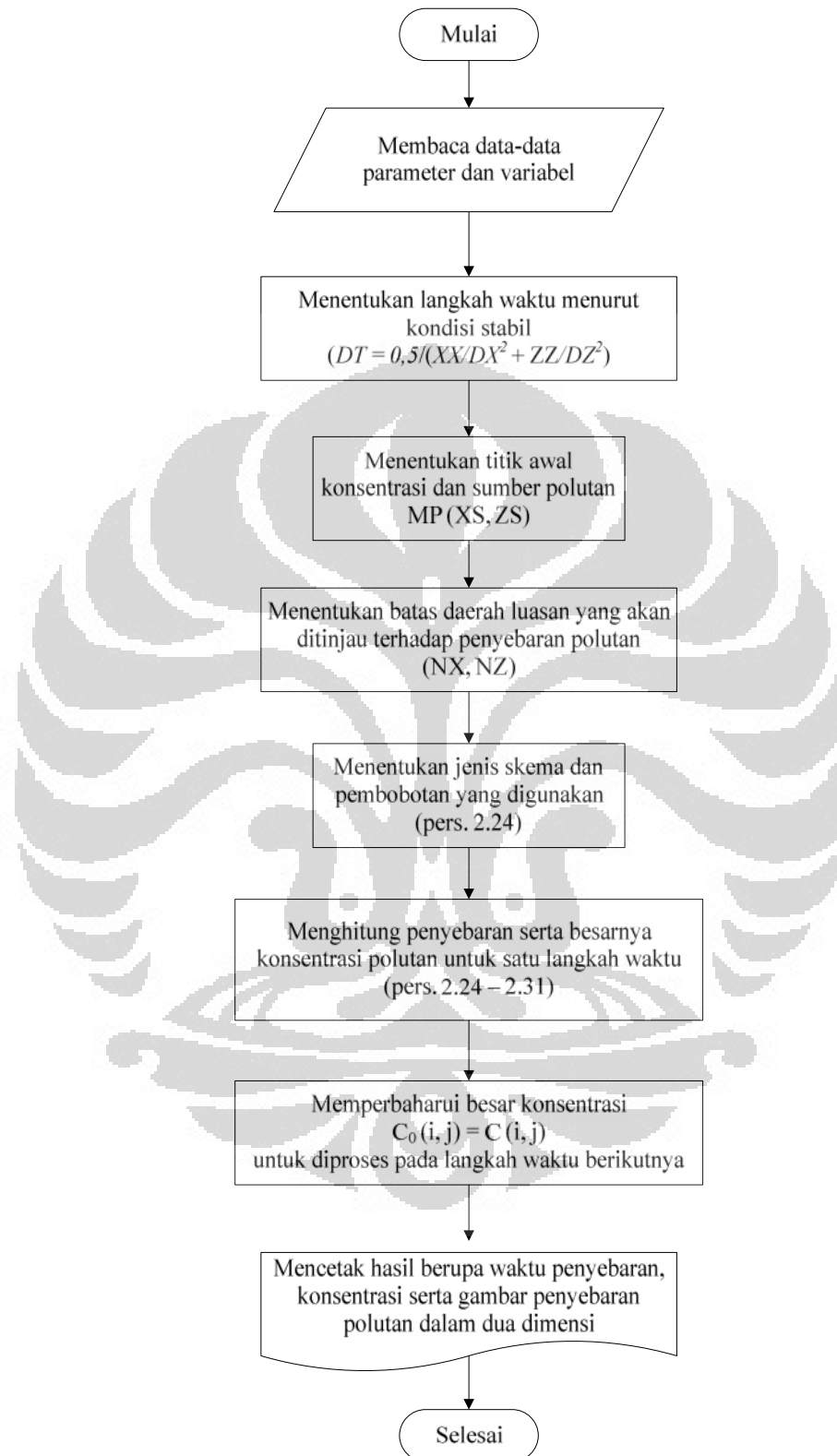
- j. GS dan JS ; merupakan parameter lokasi sumber polutan. Lokasi ini menunjukkan titik dalam grid DX dan DZ tempat konsentrasi awal polutan tersebut berasal. Disini juga ditentukan besarnya konsentrasi awal polutan dalam gram per hari (g/hr).

Berikut ini akan diberikan contoh masukan data parameter dan diagram alur (*flowchart*) secara garis besar mengenai langkah-langkah untuk membuat program tersebut yang akan memberikan gambaran bagaimana program tersebut akan dapat mensimulasikan hasil dari model yang akan dikembangkan.

Contoh masukan dari data parameter dan *flowchart* pada program dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 : Contoh Masukan Data Parameter

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	100	m
DZ (Jarak Z)	100	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	100	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	10	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	333180	g/day



Gambar 2.18 : Diagram Alur Program Secara Garis Besar

2.10 *Visual Basic For Application (VBA)*

Visual Basic for Application adalah kombinasi yang terintegrasi antara lingkungan pemrograman (*Visual Basic Editor*) dengan bahasa pemrograman (*Visual Basic*) yang memudahkan *user* untuk mendesain dan membangun program *Visual Basic* dalam aplikasi utama *Microsoft Office* (seperti *Microsoft Excel, Word, Acces, Power Point, Outlook, FrontPage, Visio, Project*, dan lain-lainnya).

Perbedaan *Visual Basic For Application (VBA)* dengan *Visual Basic* adalah *Microsoft Visual Basic* menyediakan lebih banyak pemrograman dan fungsi tingkat lanjut sehingga dengan *Microsoft Visual Basic* dapat dihasilkan program yang lebih kompleks untuk sistem operasi *Microsoft Windows* maupun *Office*. Sedangkan pada *Visual Basic for Application* hanya dapat dibangun pada aplikasi utama *Microsoft Office* untuk mengendalikan fungsi aplikasi tersebut melalui serangkaian objek terprogram (Gurit Dwi Prasetyo, 2007).

Visual Basic for Application (VBA) Excel atau *Macro Excel* merupakan pengembangan bahasa pemrograman *visual basic* yang digunakan dalam aplikasi *Microsoft Office*. Dengan *Macro*, kita bisa melakukan otomatisasi beberapa pekerjaan sekaligus di *Excel*. Penggunaan fitur *Macro* dalam *Microsoft Excel* mempunyai beberapa keuntungan diantaranya sebagai berikut (Yudhy Wicaksono, *Kupas Tuntas Macro Excel Untuk Pemula*, 2009):

- Menghemat waktu, penyelesaian suatu pekerjaan menggunakan *Macro* akan lebih cepat bila di bandingkan dengan cara manual.
- Menghemat tenaga, karena prosesnya berlangsung secara otomatis.
- Mengurangi tingkat kesalahan, program yang dibuat menggunakan *Macro* secara konsisten akan menyelesaikan suatu pekerjaan berdasarkan perintah yang tertulis dalam kode *Macro*, sehingga tingkat kesalahan yang mungkin timbul sangat kecil. Kesalahan hanya dapat terjadi jika ada kesalahan perintah pada kode *Macro*.

Pada dasarnya setiap pekerjaan dapat diselesaikan secara otomatis oleh komputer tanpa harus dikerjakan secara manual oleh manusia. Otomatisasi pekerjaan pada *Microsoft Excel* memungkinkan *user* untuk menyelesaikan pekerjaan rutin mulai dari pekerjaan sederhana hingga pekerjaan yang kompleks

dalam waktu yang sangat singkat. Otomatisasi pekerjaan pada *Microsoft Excel* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (Gurit Dwi Prasetyo, 2007):

1. Menggunakan *Macro*

Dengan menggunakan fasilitas *Macro* yang terdapat dalam *Microsoft Excel*, user juga dapat melakukan otomatisasi pekerjaan terutama pekerjaan yang sifatnya sederhana. Kelebihan otomatisasi pekerjaan dengan menggunakan cara ini adalah *user* tidak perlu melakukan penulisan kode pemrograman *VBA* untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Otomatisasi pekerjaan menggunakan *Macro* biasanya digunakan untuk membuat tabel dan grafik, memformat tabel dan grafik, membuat beberapa lembar kerja, menghapus beberapa lembar kerja.

2. Menggunakan *Visual Basic Editor*

Selain menggunakan *Macro*, *user* juga dapat melakukan otomatisasi pekerjaan dengan menggunakan fasilitas *Visual Basic Editor* (VBE) yang terdapat pada *Microsoft Excel*. Dengan fasilitas *VBE*, *user* dapat menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan yang sifatnya sangat kompleks. Kelebihan dalam menggunakan fasilitas *VBE* adalah tingkat fleksibilitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan penggunaan fasilitas *Macro* seperti penggunaan fasilitas kotak dialog yang membuat aplikasi otomatisasi pekerjaan pada *Microsoft Excel* menjadi lebih interaktif.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam studi kali ini ialah dengan mengacu pada beberapa pokok pikiran, teori, dan rumus empiris yang ada pada beberapa literatur, yang diharapkan dapat memperoleh cara untuk mengetahui arah aliran air tanah akibat pengaruh dari waduk resapan di kampus Universitas Indonesia – Depok.

3.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di waduk resapan Universitas Indonesia–Depok.

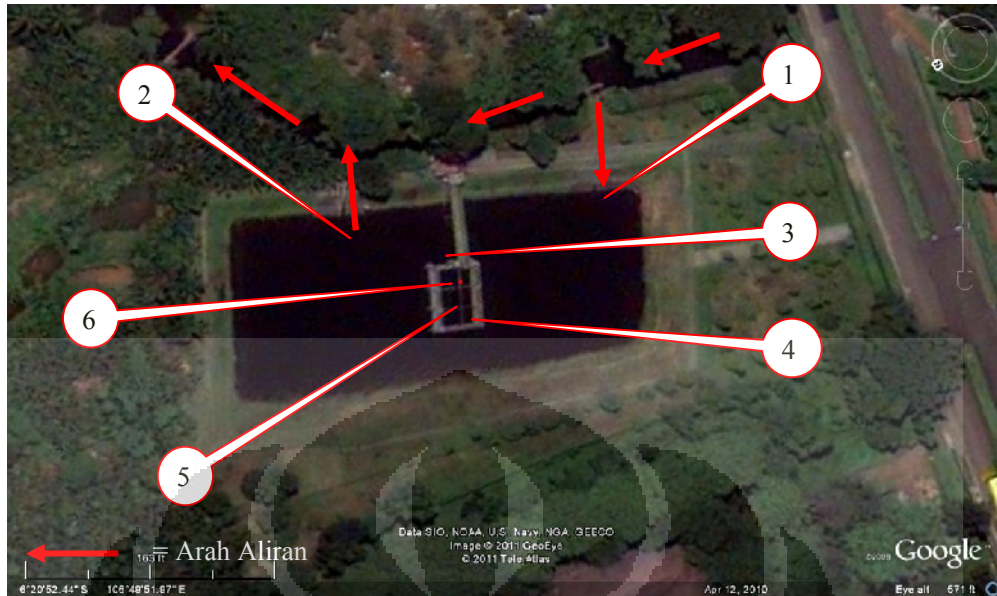


← = Arah Aliran

Gambar 3.1 : Lokasi Waduk Resapan di Universitas Indonesia – Depok

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

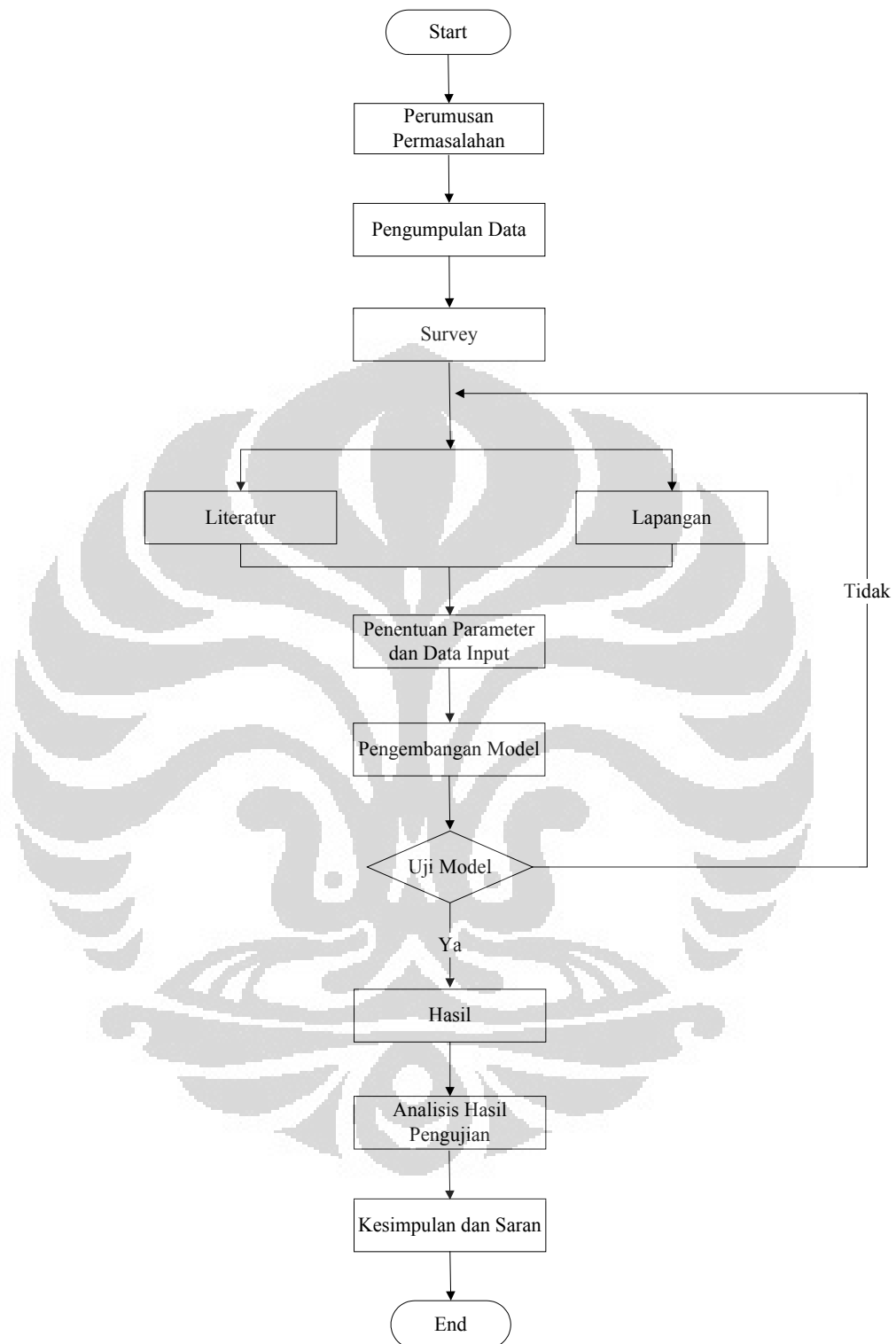
Untuk tugas akhir ini di ambil enam titik sampel buat di uji kualtas airnya, tiga titik di luar waduk resapan dan tiga titik di dalam waduk resapan. Maksud dari pengambilan sampel di dalam dan di luar waduk resapan adalah untuk membandingkan kualitas air yang ada di dalam dan di luar waduk resapan. Berikut letak titik-titik pengambilan sampel di sekitar waduk resapan.



Gambar 3.2 : Titik Pengambilan Sampel Kualitas Air

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan pada pengerjaan tugas akhir ini akan digambarkan dalam gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 : Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

3.4 Perumusan Masalah

Perumusan masalah disini terdiri dari identifikasi masalah, tujuan penelitiann, maksud penelitian dan manfaat penelitian. Identifikasi masalah merupakan kegiatan yang mengidentifikasi masalah apa saja yang akan dihadapi dalam menyusun penelitian ini, termasuk batasan-batasan dari permasalahan yang ada. Tujuan dan maksud penelitiann berisi tujuan dari penelitian ini. Manfaat penelitian berisi manfaat dari penulisan tugas akhir ini.

3.5 Pengumpulan Data

Setelah mengidentifikasi dari permasalahan yang ada maka langkah selanjutnya adalah mencari data pendukung untuk menyelesaikan masalah tersebut. Data – data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Data porositas efektif yang ada di wilayah kampus Universitas Indonesia – Depok.
- b. Data lapisan akuifer di wilayah Universitas Indonesia – Depok.
- c. Data pengujian kualitas air danau yang ada di wilayah Universitas Indonesia – Depok. Untuk mengetahui kualitas air yang ada di waduk Universitas Indonesia – Depok.
- d. Gambar teknis waduk resapan di kampus Universitas Indonesia – Depok.

3.6 Survey

Survey dilakukan di lapangan maupun berdasarkan literatur. Survey dilapangan meliputi :

- a. Kondisi dari danau-danau UI yang akan menjadi asupan bagi waduk resapan.
- b. Keadaan waduk resapan, yang berhubungan dengan kualitas air secara kasat mata berdasar syarat fisik air bersih yaitu tidak berwarna atau tidak berbau.
- c. Dimensi waduk resapan.

Secara bersamaan dilakukan juga studi pustaka untuk memberikan referensi dalam penyusunan tugas akhir ini. Studi pustaka ini dilakukan sebagai

Universitas Indonesia

bahan acuan untuk mengetahui langkah – langkah yang akan dilakukan, supaya dapat melaksanakan tugas akhir dengan baik sesuai tahapannya.

3.7 Penentuan Parameter dan Data *Input*

Setelah survey literatur dan lapangan, langkah selanjutnya mulai menentukan parameter apa saja yang akan ditinjau, menentukan batasan-batasan dari data yang akan di *input*, misalnya menentukan nilai NE (porositas efektif tanah), batas-batas dari wilayah penelitian, dan lain-lain, yang akan digunakan dalam pengembangan pemodelan.

3.8 Pengembangan Model

Langkah berikutnya yaitu mengembangkan model dari rumus-rumus dan data-data yang telah diperoleh, maka dapat dikembangkan menjadi suatu permodelan menggunakan metode beda hingga (*finite difference method*). Lalu diterapkan kedalam *Visual Basic Application Excel*. Program yang akan dikembangkan pernah ditulis dalam bahasa BASIC oleh Kinzelbach (1986).

3.9 Uji Model

Setelah mengembangkan model proses selanjutnya menguji program permodelan tersebut dengan cara memvariasikan nilai-nilai data parameter, apakah terdapat kesalahan atau tidak, apakah program tersebut konsisten. Bentuk kesalahan diantaranya:

- a. Program tersebut *error* (program tidak dapat di *run*)
- b. Program berhasil

Setelah program berhasil, dilakukan perbandingan terhadap teori proses penyebaran pencemar. Langkah ini dilakukan karena tidak dilakukan uji/kalibrasi berdasarkan pengamatan di lapangan.

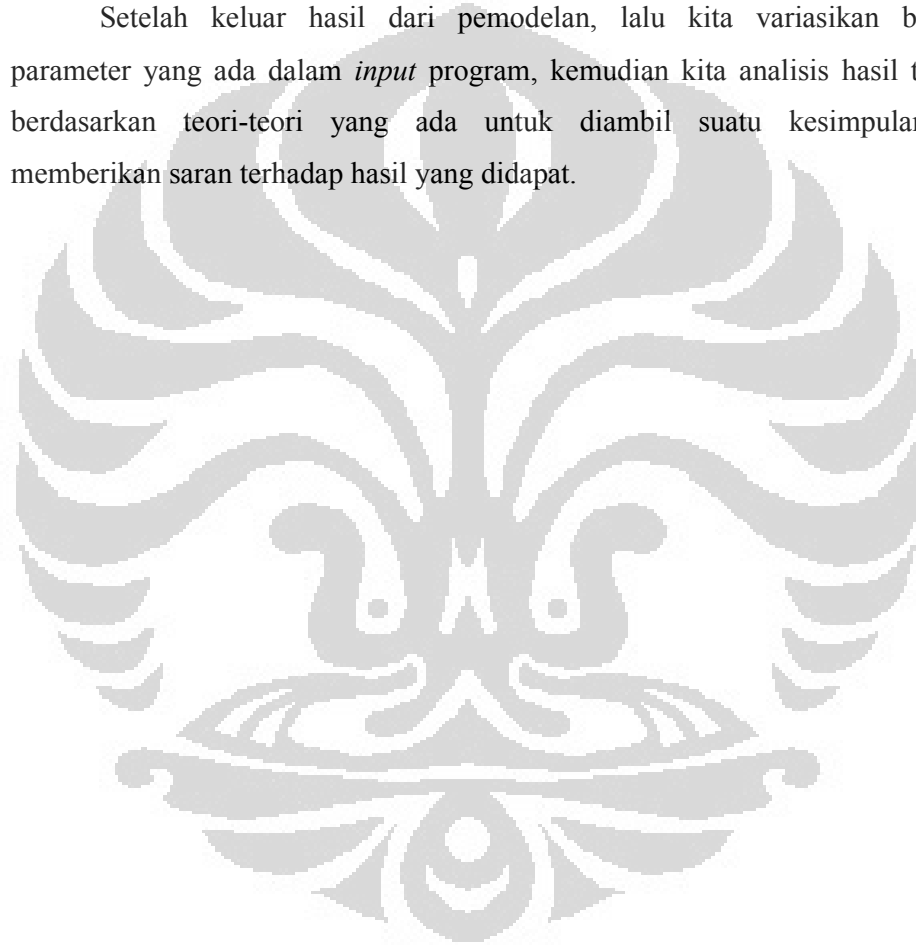
Jika terdapat kesalahan dari uji model maka kita kembali ke studi lapangan atau literatur, dan mencari penyebab dari kesalahan tersebut, lalu memperbaiki program permodelan tersebut.

3.10 Hasil

Setelah berhasil diuji model tersebut mengeluarkan hasil berupa grafik aliran penyebaran polutan akibat dari peresapan air tanah buatan, berupa hubungan nilai konsentrasi (mg/l) dengan jarak (m) dengan mengikuti mekanisme transport akibat proses adveksi dan dispersi hidrodinamis.

3.11 Analisis Hasil Pengujian

Setelah keluar hasil dari pemodelan, lalu kita variasikan berbagai parameter yang ada dalam *input* program, kemudian kita analisis hasil tersebut berdasarkan teori-teori yang ada untuk diambil suatu kesimpulan, dan memberikan saran terhadap hasil yang didapat.



BAB 4

ANALISIS MODEL

4.1 Umum

Untuk dapat mengetahui bahwa model yang telah di buat dapat berfungsi dengan baik, maka harus dilakukan simulasi terhadap model tersebut dengan menjalankan program yang ada berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat seberapa besar perbedaan kesetimbangan massa yang dihasilkan oleh program bila dilakukan variasi nilai-nilai parameternya. Variasi nilai parameter yang akan diuji diberikan dalam beberapa nilai dan hasilnya akan disimulasikan dalam bentuk grafik-grafik. Dari grafik-grafik inilah akan dilihat besarnya konsentrasi yang terjadi dan jarak penyebarannya.

Selain itu, dilakukan pula pengujian terhadap kesalahan relatif program, yaitu dengan membandingkan massa yang masuk *area* pemodelan dengan massa yang tersebar di *area* pemodelan.

Dalam penulisan ini nilai-nilai yang akan divariasikan adalah sebagai berikut:

- a. Variasi nilai jarak *grid* DX dan DZ akan diberikan dalam tiga nilai yang berbeda.
- b. Variasi nilai penetapan waktu penyebaran (TM) yang akan diberikan dalam waktu per bulan (selama 12 bulan) dan waktu per tahun (selama 5 tahun).
- c. Debit sumber polutan (QS) yang akan di berikan berdasarkan nilai kualitas BOD, COD, DO, Nitrogen - Ammonium, dan Fosfat. Akan diberikan empat variasi nilai untuk masing-masing kualitas air sebagai debit sumber polutan.

4.2 Variasi Jarak *Grid*

Sebagai parameter awal dari model adalah besarnya luas daerah penyebaran polutan. Luas dari daerah penyebaran polutan akan dibagi ke dalam

bentuk *grid* pada arah x (searah dengan aliran air tanah) yang diwakili oleh parameter NX dengan jarak antar *grid* sebesar DX dan arah z (tegak lurus arah aliran) yang diwakili parameter NZ dengan jarak antar *grid* sebesar DZ . Parameter NX dan NZ merupakan batas yang diberikan oleh program untuk bisa membaca sebaran dalam pemodelan.

Disini akan diberikan tiga variasi nilai yang berbeda terhadap DX dan DZ . Sedangkan untuk luas penyebaran polutan untuk arah x dan z (NX dan NZ) tidak divariasikan. Untuk koordinat sumber polutan, akan di tempatkan di tengah *area* pemodelan. Berikut variasi nilai-nilai tersebut:

Tabel 4.1 : Variasi Nilai DX dan DZ

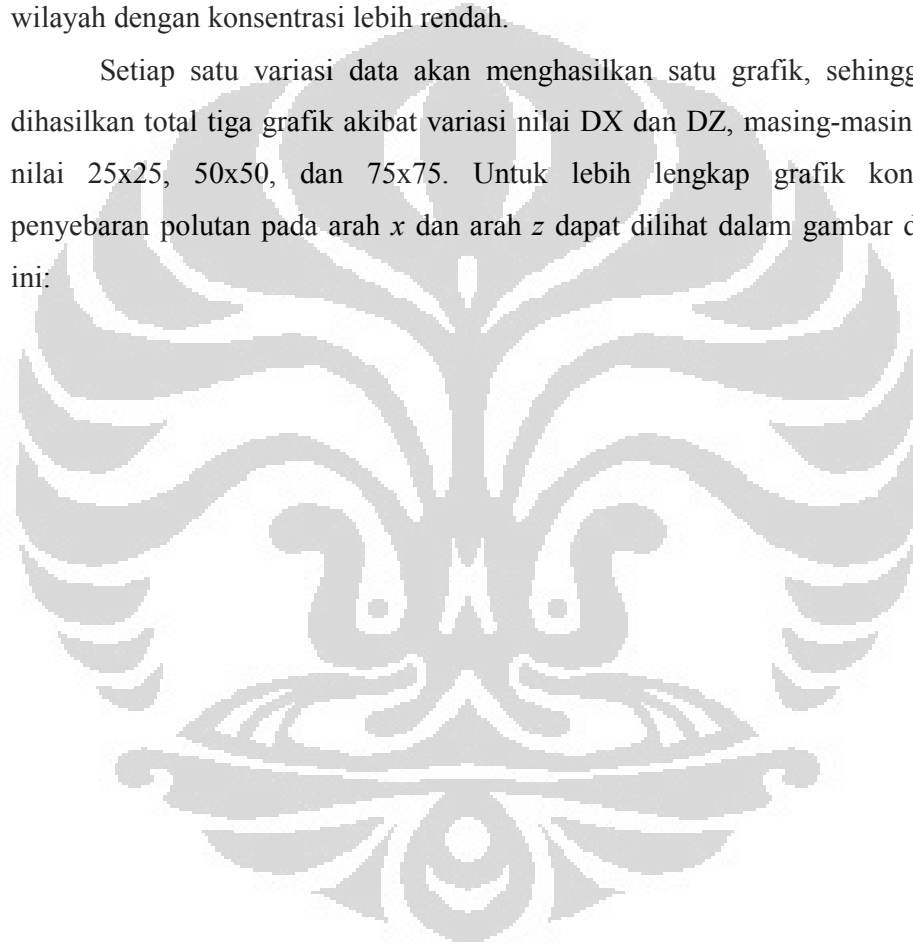
Data parameter	Data 1	Data 2	Data 3
DX	25	50	75
DZ	25	50	75

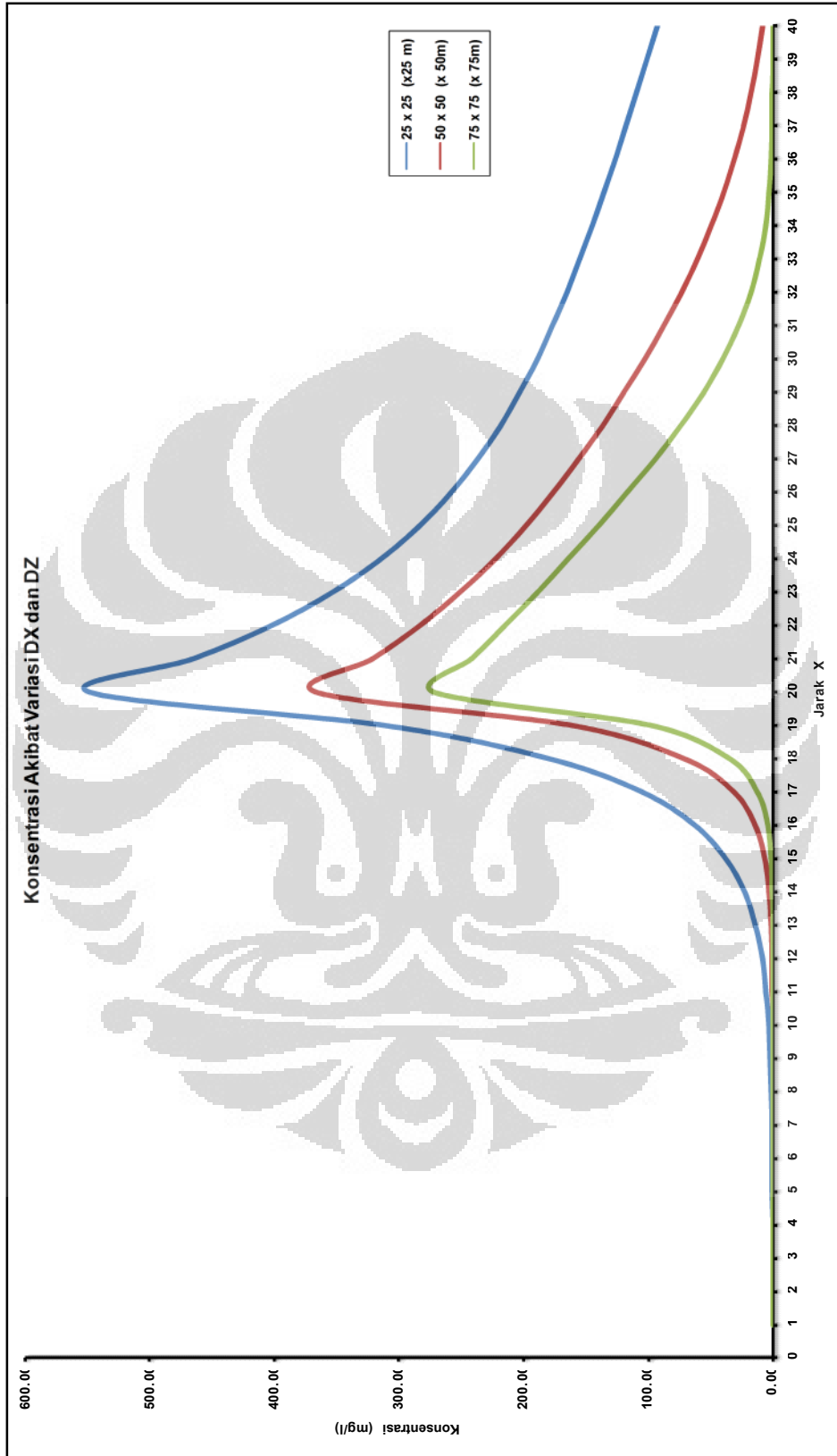
Tabel 4.2 : *Input Data Variasi Jarak Grid*

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	333180	g/day

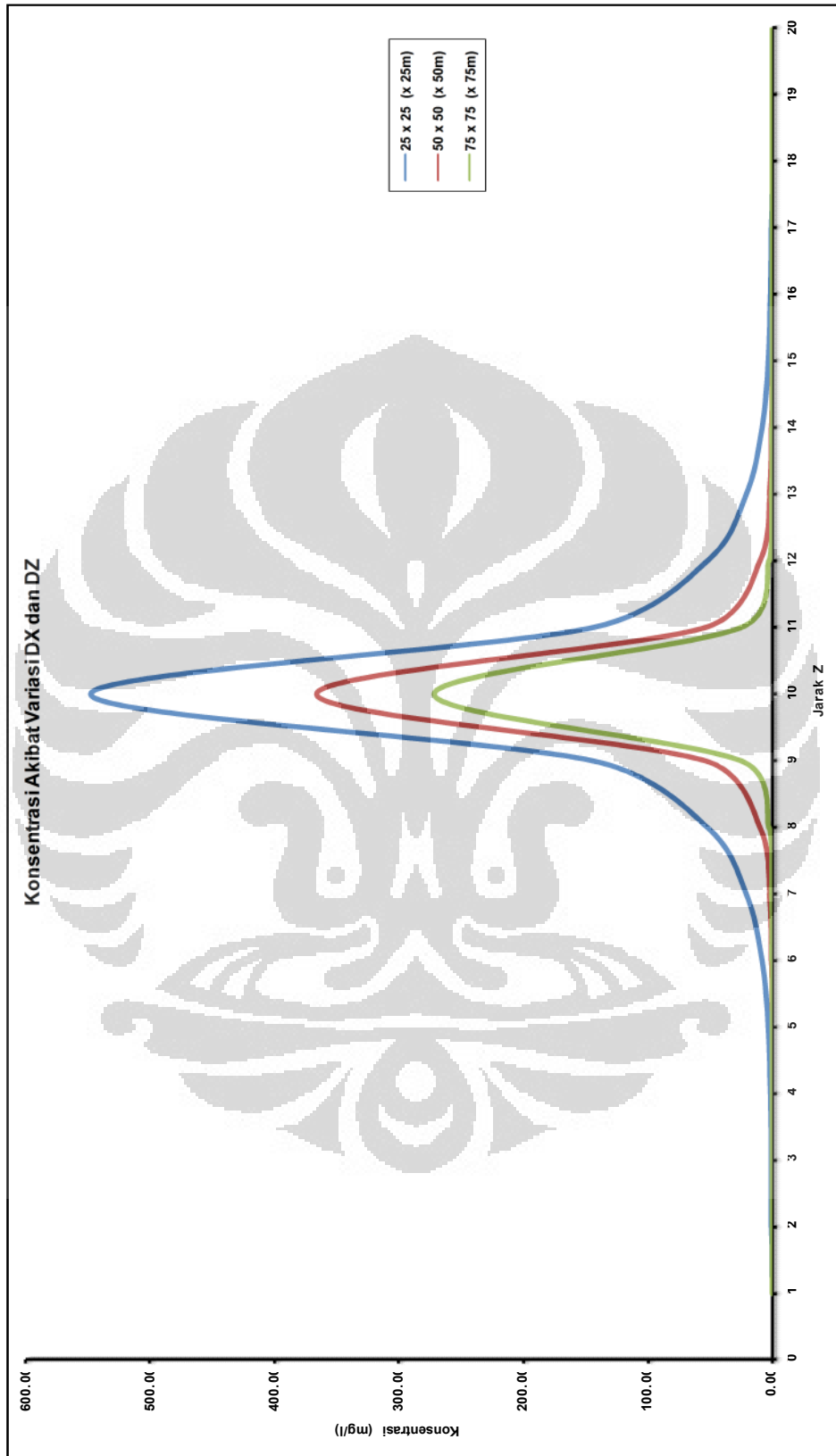
Dari data-data parameter di atas kemudian dimasukkan kedalam program yang telah dibuat. Dan dihasilkan suatu grafik hubungan antara nilai konsentrasi (mg/l) pada sumbu z dengan jarak (m) pada sumbu x . Cara pembacaan grafik dimulai dari titik konsentrasi tertinggi dan menyebar ke arah horisontal, sampai nilai konsentrasi tersebut habis (sampai nol atau mendekati nol), skema transport polutan seperti ini akibat faktor dispersi/dispersi hidrodinamis dimana kontaminan atau polutan bergerak dari wilayah dengan konsentrasi yang lebih tinggi ke wilayah dengan konsentrasi lebih rendah.

Setiap satu variasi data akan menghasilkan satu grafik, sehingga akan dihasilkan total tiga grafik akibat variasi nilai DX dan DZ , masing-masing untuk nilai 25×25 , 50×50 , dan 75×75 . Untuk lebih lengkap grafik konsentrasi penyebaran polutan pada arah x dan arah z dapat dilihat dalam gambar dibawah ini:





Gambar 4.1 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai DX dan DZ



Gambar 4.2 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah Z Berdasarkan Variasi Nilai DX dan DZ

Tabel 4.3 : Hasil Perhitungan Variasi Jarak *Grid*

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
Data 1	547,28	599,00	1,58E+08	2,00E+08	2,06E-01
Data 2	365,59	602,00	1,99E+08	2,01E+08	8,70E-03
Data 3	271,40	588,00	1,96E+08	1,96E+08	1,11E-04

Dari gambar 4.1 dan 4.2 serta tabel 4.3 maka dapat diberikan analisis bahwa hasil dari variasi nilai pada jarak *grid* (DX dan DZ) adalah tipikal, dan mempunyai nilai kesalahan relatif yang sangat kecil (mendekati nol), kesalahan relatif yang sangat kecil ini menandakan massa sumber di *area* pemodelan hampir sama dengan massa yang tersebar di *area* pemodelan. Dengan kesalahan relatif yang sangat kecil ini maka program ini dapat dikatakan konsisten.

Semakin rapat jarak *grid* (DX dan DZ) maka grafik yang dihasilkan juga semakin halus karena lebih mewakili kondisi sebenarnya. Waktu simulasi dan konsentrasi tertinggi berubah-ubah, ini menandakan bahwa variasi jarak *grid* akan berpengaruh ke waktu simulasi dan konsentrasi tertinggi. Bila dilihat dari gambar 4.1 dan 4.2 maka variasi jarak *grid* juga akan berpengaruh terhadap jarak terjauh yang di tempuh oleh polutan dalam arah x dan z.

Untuk gambar 4.1 yang menyatakan jarak yang dapat ditempuh oleh polutan, melewati batas *grid* pemodelan (40 x 20), sehingga untuk jarak terjauh yang dapat ditempuh oleh polutan akibat variasi DX dan DZ akan diberikan dalam lampiran, karena pemodelan disini hanya membahas jumlah titik X (NX) dan jumlah titik Z (NZ) sebanyak 40 x 20.

4.3 Variasi Nilai Waktu

Data parameter berikutnya yang akan divariasikan adalah nilai waktu penyebaran polutan (TM), yang merupakan waktu yang dibutuhkan oleh polutan untuk mencapai jarak tertentu dalam pemodelan.

Nilai yang akan diberikan dalam variasi disini dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Variasi per bulan

Data	Waktu (hari)
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300
11	330
12	360

b. Variasi per tahun

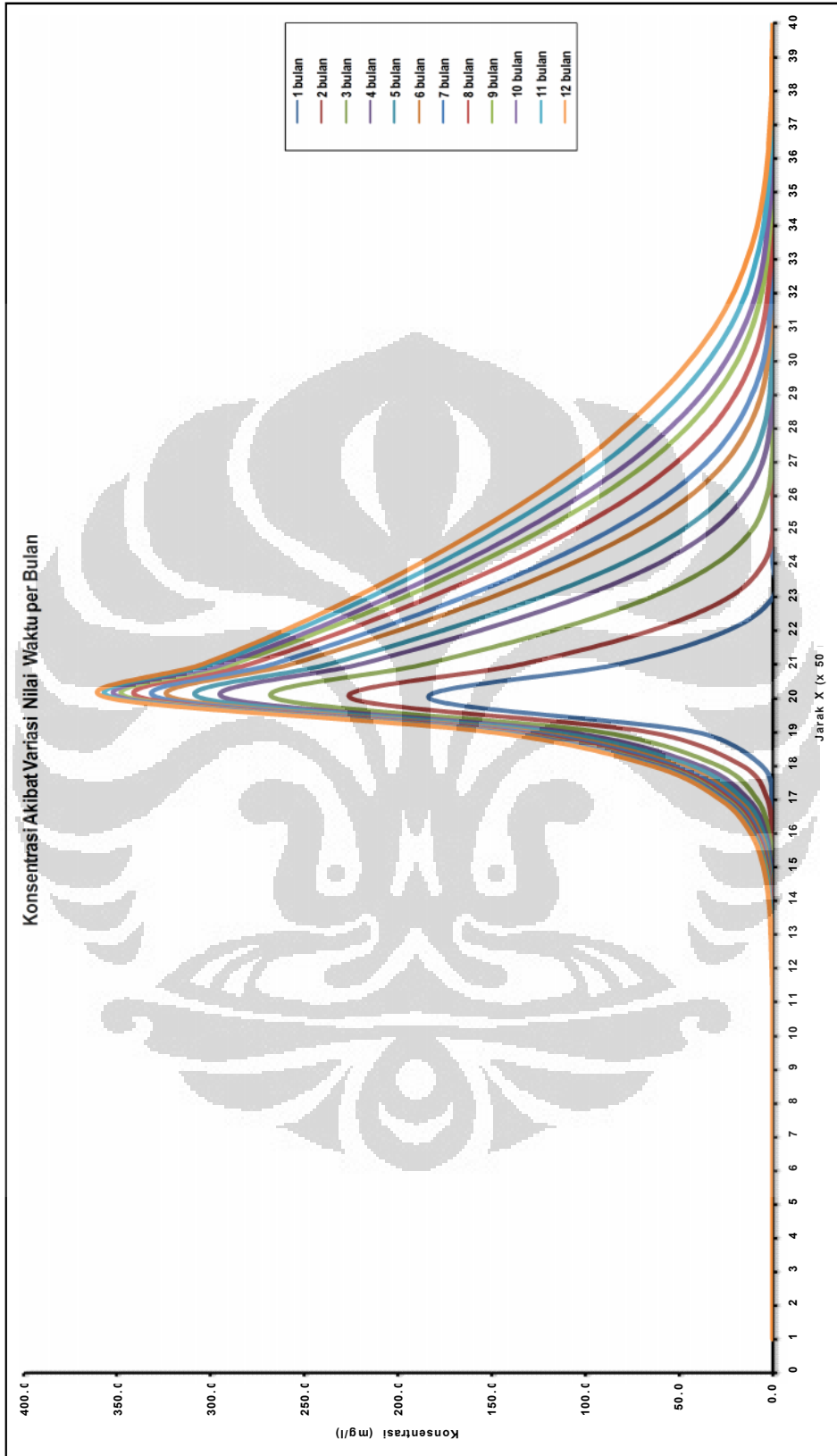
Data	Waktu (hari)
1	360
2	720
3	1080
4	1440
5	1800

Sedangkan untuk *input* program, nilai-nilai data parameter lainnya adalah sebagai berikut:

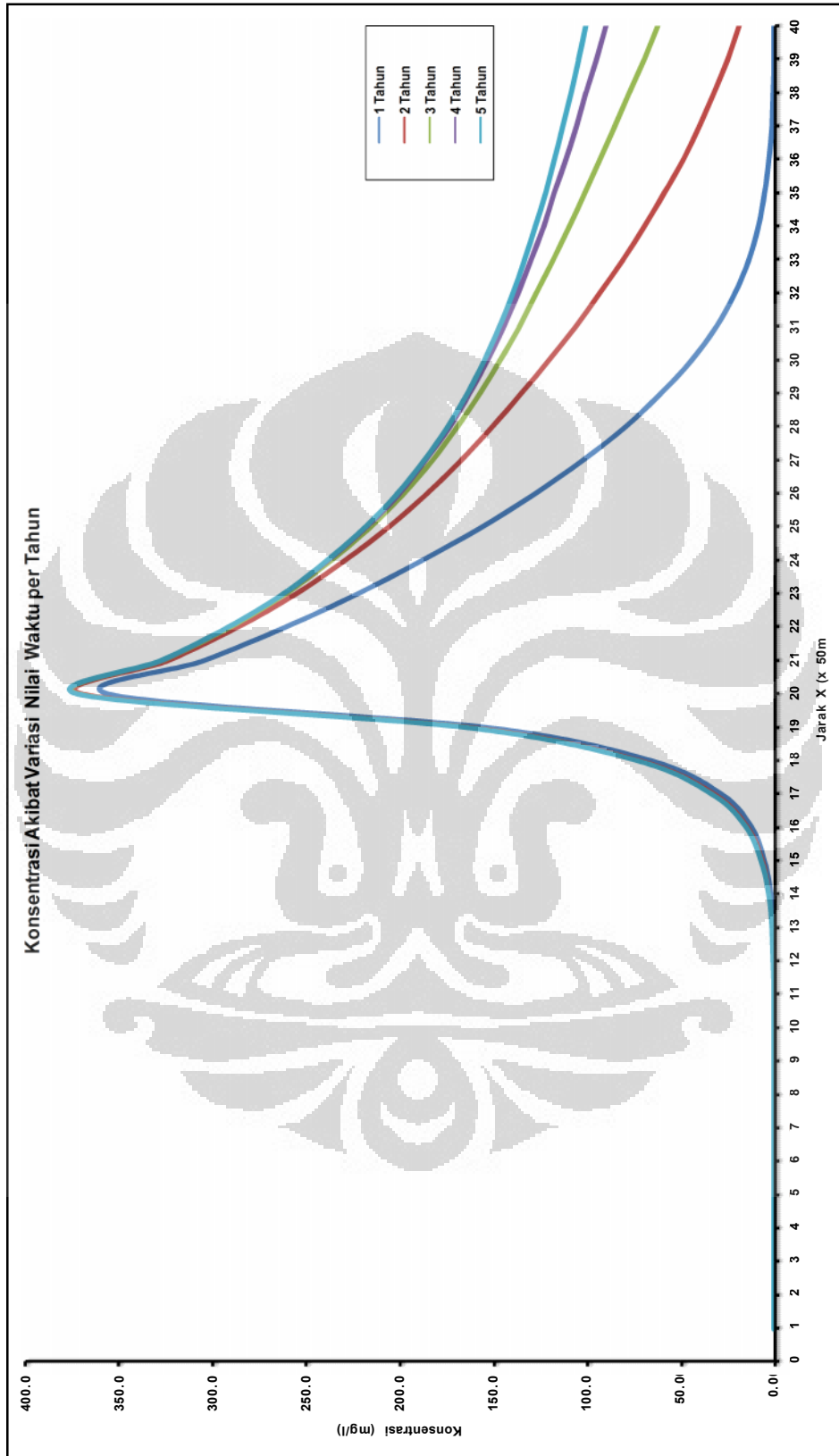
Tabel 4.4 : *Input* Data Variasi Waktu

Data Parameter	satuan	
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	30	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	333180	g/day

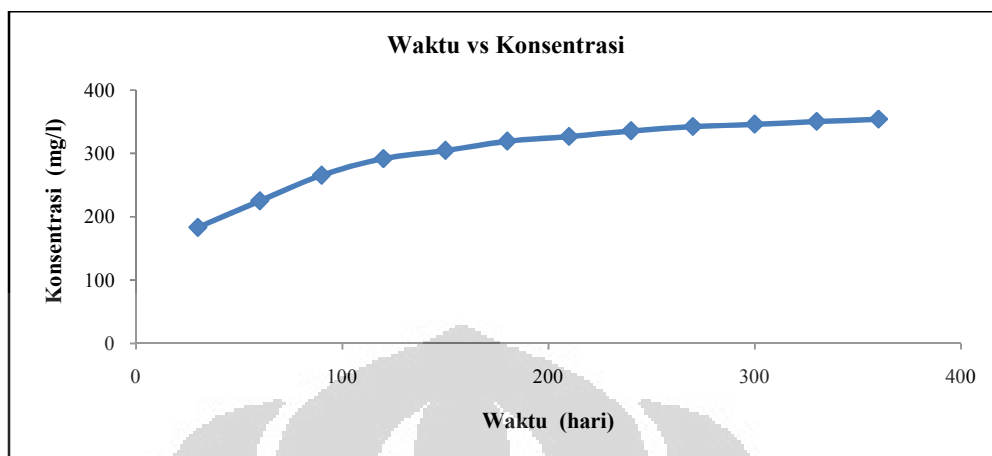
Data parameter di atas merupakan data masukan untuk membantu proses perhitungan penyebaran polutan dengan variasi nilai TM atau variasi waktu maksimum yang akan dilihat kesalahan relatif berdasarkan keseimbangan massanya. Hasil keluaran dari program untuk berbagai variasi TM adalah sebagai berikut:



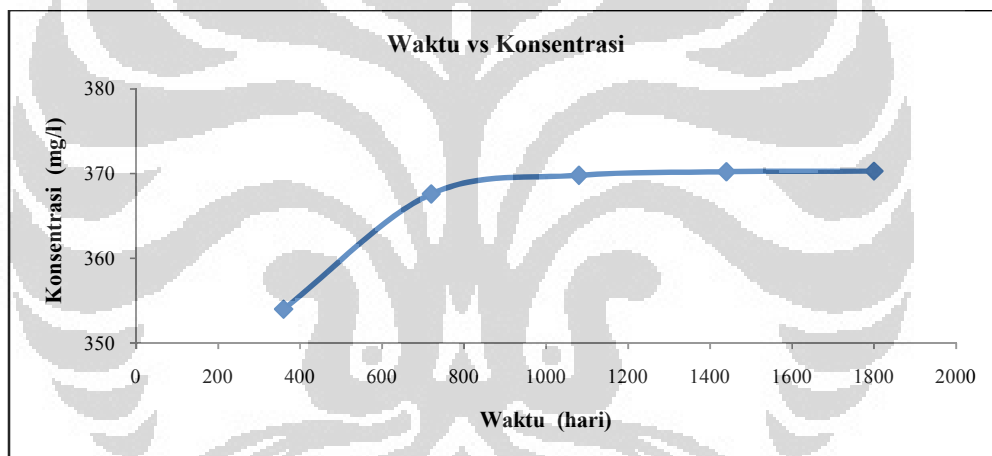
Gambar 4.3 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Waktu per Bulan



Gambar 4.4 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Waktu per Tahun



Gambar 4.5 : Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dengan Waktu per Bulan



Gambar 4.6 : Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dengan Waktu per Tahun

Tabel 4.5 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Waktu per Bulan

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
TM = 30	183,38	34,00	1,14E+07	1,13E+07	2,67E-03
TM = 60	225,10	57,00	1,89E+07	1,90E+07	3,19E-03
TM = 90	265,59	91,00	3,03E+07	3,03E+07	9,99E-04
TM = 120	291,88	125,00	4,16E+07	4,16E+07	3,64E-08
TM = 150	304,69	148,00	4,92E+07	4,93E+07	1,84E-03

TM = 180	319,27	182,00	6,06E+07	6,06E+07	9,99E-04
TM = 210	326,75	205,00	6,82E+07	6,83E+07	2,22E-03
TM = 240	335,60	239,00	7,95E+07	7,96E+07	1,52E-03
TM = 270	342,36	273,00	9,09E+07	9,10E+07	9,99E-04
TM = 300	345,99	295,00	9,84E+07	9,83E+07	1,54E-03
TM = 330	350,44	330,00	1,10E+08	1,10E+08	1,40E-03
TM = 360	353,97	364,00	1,21E+08	1,21E+08	1,08E-03

Tabel 4.6 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Waktu per Tahun

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
TM = 360	353,97	364,00	1,21E+08	1,21E+08	1,08E-03
TM = 720	367,57	716,00	2,32E+08	2,39E+08	2,56E-02
TM = 1080	369,78	1080,00	3,11E+08	3,60E+08	1,37E-01
TM = 1440	370,21	1443,00	3,47E+08	4,81E+08	2,79E-01
TM = 1800	370,30	1795,00	3,60E+08	5,98E+08	3,98E-01

Dapat dilihat dari hasil keluaran program, bahwa semakin banyak waktu yang diberikan maka jarak yang ditempuh oleh polutan akan semakin besar, hal itu sesuai dengan rumus kecepatan, dimana waktu dan kecepatan berbanding lurus, sehingga menghasilkan jarak. Dari nilai-nilai kesalahan relatif yang kecil maka program tersebut bisa dikatakan konsisten. Untuk penyebaran polutan dari variasi nilai waktu per bulan dan per tahun semuanya dominan ke arah x, searah aliran air tanah.

Dalam gambar 4.3 untuk variasi waktu per tahun, jarak yang ditempuh melebihi batas *grid* dalam pemodelan (40 x 20) sehingga jarak terjauh yang dapat ditempuh polutan tidak terlihat dalam gambar tersebut. Karena penulis hanya fokus membahas *area* pemodelan 40 x 20, maka untuk jarak terjauh polutan dengan nilai NX dan NZ yang lebih besar dapat dilihat dalam lampiran, sehingga

dapat diketahui jarak terjauh (sampai nilai konsentrasi mendekati nol) yang ditempuh oleh polutan akibat variasi per tahun.

4.4 Variasi Debit BOD

Berikutnya akan divariasikan debit sumber polutan (QS) berdasarkan nilai konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yang telah diketahui nilainya dari hasil pengujian di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia. Sumber polutan disini adalah dalam bentuk titik (*point source*).

Dari pengujian didapatkan tiga nilai konsentrasi, lalu ditambahkan nilai rata-rata di dalamnya, sehingga total data variasi terdapat empat data, untuk lebih lengkapnya nilai variasi tersebut akan diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.7 : Variasi Nilai Debit BOD

Data Parameter	Debit Sumber Polutan (gram/hari)
Data 1 (Minimum)	519,75
Data 2	526,5
Data 3 (rata-rata)	659,25
Data 4 (Maksimum)	931,5

Lalu nilai-nilai tersebut di masukan kedalam program, untuk data peremeter lainnya yang dimasukkan kedalam program, dapat dilihat dalam tabel berikut:

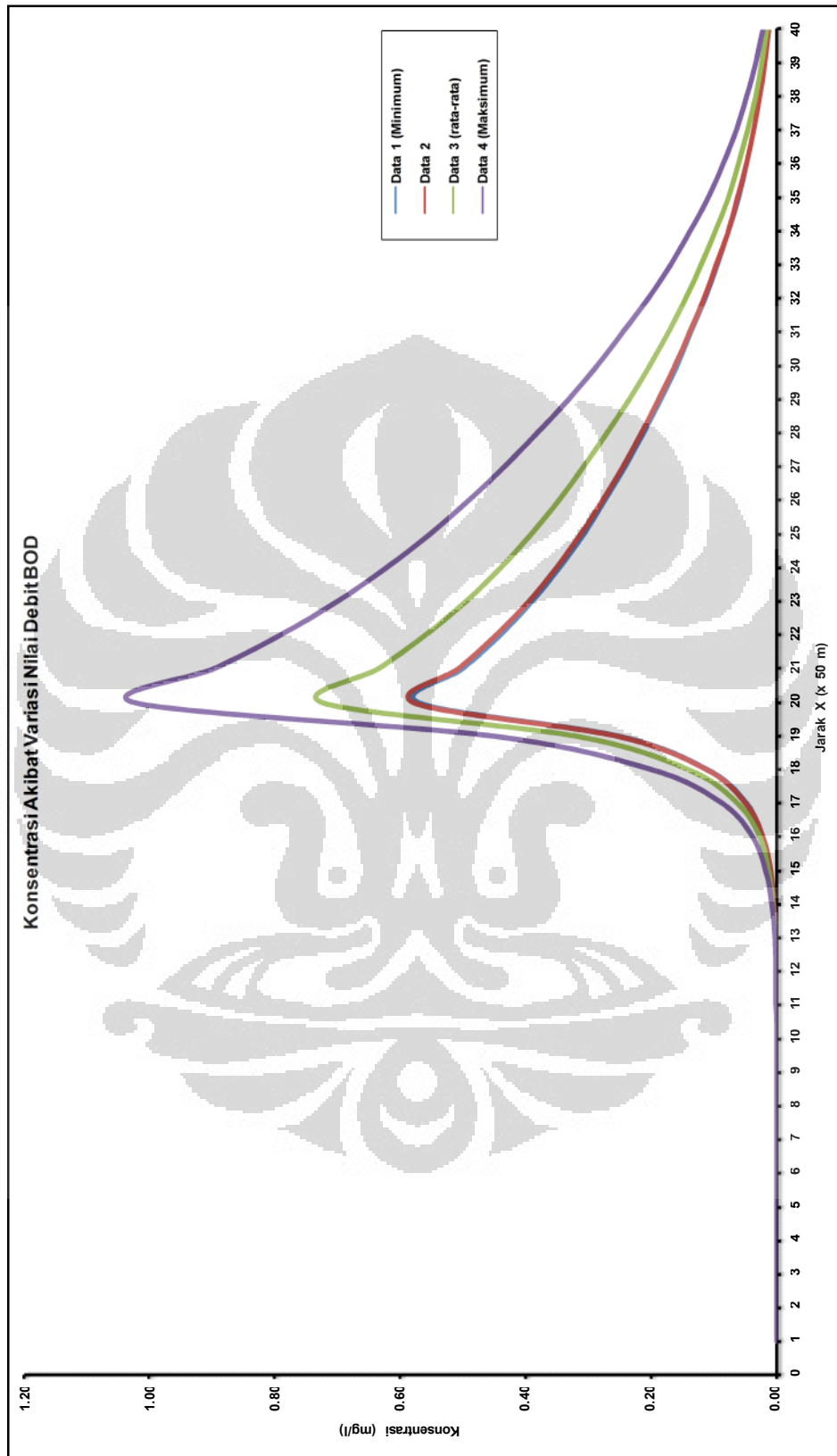
Tabel 4.8 : *Input* Data Variasi Debit BOD

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	519,75	g/day

Data parameter di atas merupakan data masukan untuk membantu proses perhitungan penyebaran polutan dengan variasi nilai debit sumber polutan (QS) berdasarkan nilai BOD, yang akan dilihat kesalahan relatif berdasarkan keseimbangan massanya. Hasil keluaran dari program untuk berbagai variasi QS adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit BOD

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
QS = 519,75	0,57	602,00	3,10E+05	3,13E+05	8,70E-03
QS = 526,5	0,58	602,00	3,14E+05	3,17E+05	8,70E-03
QS = 659,25	0,72	602,00	3,93E+05	3,97E+05	8,70E-03
QS = 931,5	1,02	602,00	5,56E+05	5,61E+05	8,70E-03



Gambar 4.7 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit BOD

Hasil dari program untuk variasi nilai debit BOD dapat dilihat dalam tabel 4.8 dan gambar 4.7. Penyebaran konsentrasi polutan sangat relatif terhadap debit sumber polutan, semakin tinggi debit sumber polutan maka semakin tinggi pula konsentrasi maksimum yang dihasilkan.

Dari berbagai variasi yang diberikan untuk nilai debit BOD didapatkan nilai kesalahan relatif yang sama yaitu $8,70E-03$, sehingga program tersebut dapat dikatakan konsisten. Kesalahan relatif sendiri didapatkan dengan membandingkan massa yang tersebar di *area* pemodelan dengan massa sumber di *area* pemodelan.

Konsentrasi maksimum yang terjadi tidak terlalu besar karena *input* data debit sumber polutan juga tidak terlalu besar. Dalam grafik (Gambar 4.7) terjadi pola penyebaran yang *typical* untuk masing-masing nilai variasi, arah penyebaran dominan mengikuti arah aliran air tanah (arah x). Untuk data 1 dan data 2 didapatkan grafik yang rapat atau berhimpit, itu karena nilai *input* keduanya tidak berbeda jauh, masing-masing 519,75 dan 526,5 dalam satuan gram/hari.

4.5 Variasi Debit COD

Berikutnya akan dilakukan pengujian terhadap variasi debit sumber polutan untuk parameter *chemical oxygen demand* (COD). Nilai konsentrasi pada COD di dapat dari hasil pengujian di laboratorium, sampel yang ada berjumlah tiga buah dan dibuat nilai rata-ratanya, sehingga total terdapat empat nilai. Untuk lebih jelasnya disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.10 : Variasi Nilai Debit COD

Data Parameter	Debit Sumber Polutan (gram/hari)
Data 1 (Minimum)	288900
Data 2	304560
Data 3 (Rata-rata)	308880
Data 4 (Maksimum)	333180

Lalu nilai-nilai tersebut dimasukkan kedalam program bersama data parameter lainnya. Untuk data parameter lainnya yang dimasukkan kedalam program, dapat dilihat dalam tabel berikut:

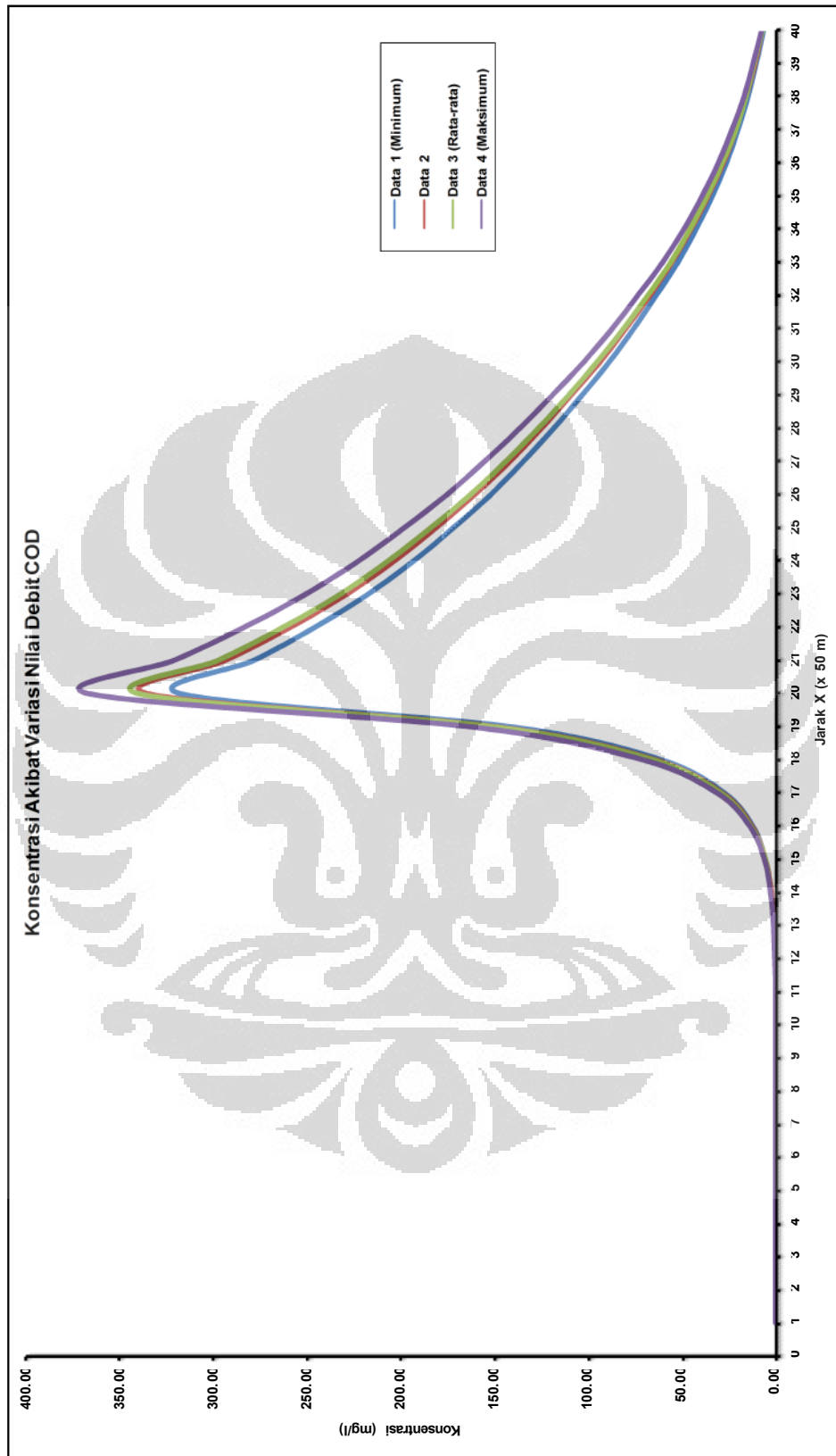
Tabel 4.11 : *Input* Data Variasi Debit COD

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	288900	g/day

Hasil keluaran program dengan variasi nilai debit sumber polutan (QS) COD dapat dilihat dalam gambar 4.8 dan tabel 4.11. Grafik yang diberikan adalah grafik konsentrasi pada lintasan titik sumber dalam arah x yang dianggap mewakili penyebaran konsentrasi polutan dari daerah penyebaran yang ditentukan.

Tabel 4.12 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit COD

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
QS = 288900	317,00	602,00	1,72E+08	1,74E+08	8,70E-03
QS = 304560	334,18	602,00	1,82E+08	1,83E+08	8,70E-03
QS = 308880	338,92	602,00	1,84E+08	1,86E+08	8,70E-03
QS = 333180	365,59	602,00	1,99E+08	2,01E+08	8,70E-03



Gambar 4.8 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit COD

Dari hasil keluaran program di dapatkan data bahwa kesalahan relatif dan waktu simulasi mempunyai nilai yang sama ini menandakan bahwa program cukup konsisten. Sedangkan untuk nilai konsentrasi tertinggi, nilainya berubah menjadi semakin besar, berbanding lurus dengan perubahan nilai debit sumber polutan (QS) yang semakin besar, nilai konsentrasi COD sendiri menurut pengujian di laboratorium mempunyai nilai konsentrasi yang paling besar dibandingkan dengan parameter kualitas air yang lain. Karena nilai variasi dari yang satu ke lainnya mempunyai *range* yang tidak terlalu jauh, maka grafik yang dihasilkan menjadi rapat. Sedangkan untuk jarak terjauh yang di tempuh oleh polutan, ada di sumbu x (searah aliran air tanah).

4.6 Variasi Debit DO

Langkah berikutnya akan dilakukan pengujian terhadap variasi debit sumber polutan (QS) untuk parameter oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO). Seperti pada variasi nilai debit sebelumnya, untuk nilai konsentrasi pada DO di dapat dari hasil pengujian di laboratorium, sampel yang ada berjumlah tiga buah dan dibuat nilai rata-ratanya, jadi total ada empat variasi data. Untuk lebih jelasnya disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.13 : Variasi Nilai Debit DO

Data Parameter	Debit Sumber Polutan (gram/hari)
Data 1 (Minimum)	2241,00
Data 2	2274,75
Data 3 (Rata-rata)	2319,75
Data 4 (Maksimum)	2443,50

Dari nilai-nilai tersebut lalu dimasukkan kedalam program bersama parameter-parameter lain untuk mendapatkan grafik hubungan antara konsentrasi dengan jarak. Untuk contoh data parameter lainnya yang akan dimasukkan kedalam program, dapat dilihat di tabel berikut:

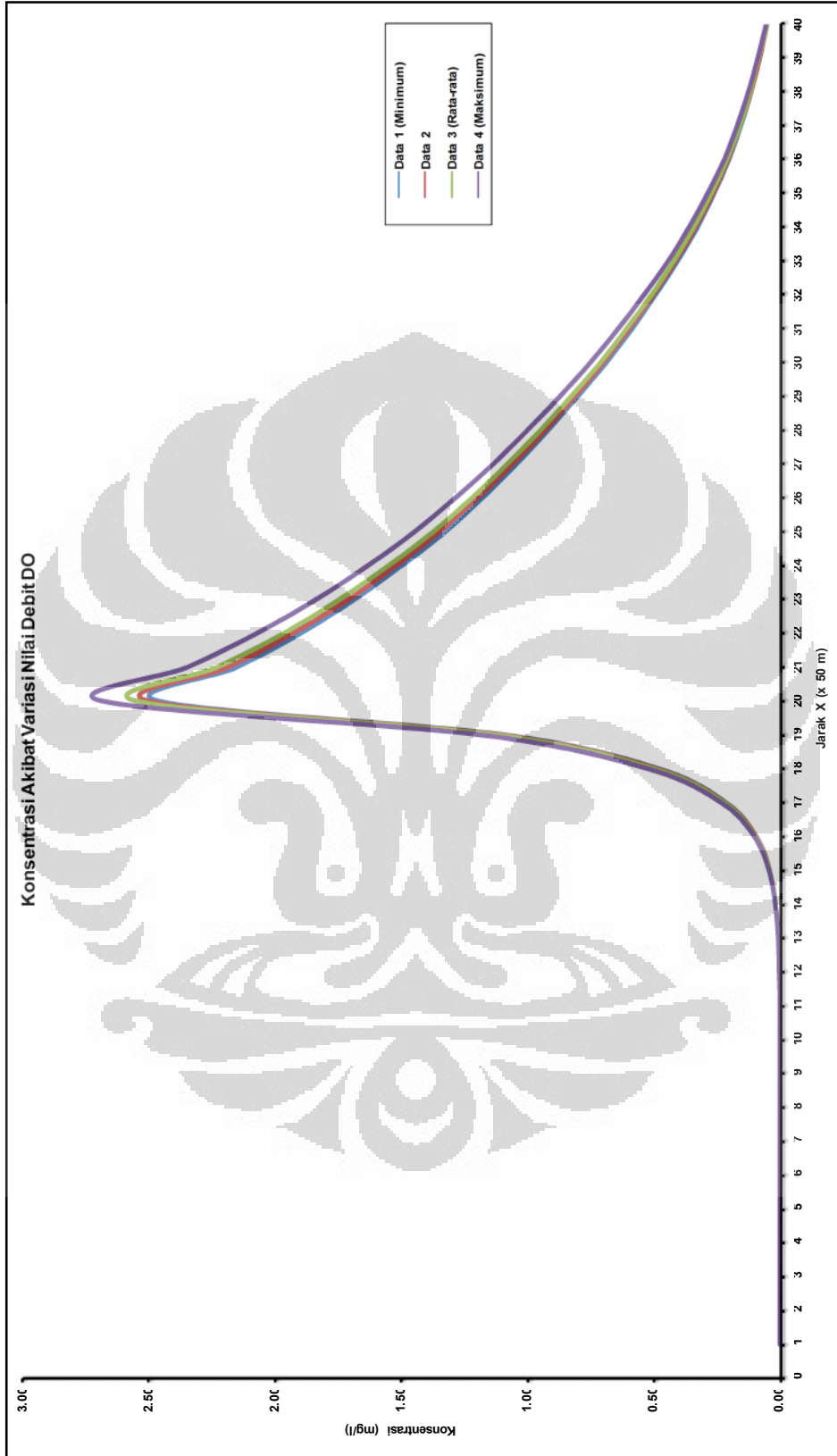
Tabel 4.14 : *Input Data Variasi Debit DO*

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	2241	g/day

Hasil keluaran program dengan variasi nilai debit sumber polutan (QS) *dissolved oxygen* dapat dilihat dalam gambar 4.9 dan tabel 4.14. Grafik yang diberikan adalah grafik konsentrasi pada lintasan titik sumber dalam arah x (searah aliran air tanah) yang dianggap mewakili penyebaran konsentrasi polutan dari daerah penyebaran yang ditentukan.

Tabel 4.15 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit DO

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
QS = 2241,00	2,46	602,00	1,34E+06	1,35E+06	8,70E-03
QS = 2274,75	2,50	602,00	1,36E+06	1,37E+06	8,70E-03
QS = 2319,75	2,55	602,00	1,38E+06	1,40E+06	8,70E-03
QS = 2443,50	2,68	602,00	1,46E+06	1,47E+06	8,70E-03



Gambar 4.9 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit DO

Dari hasil keluaran program di dapatkan data bahwa kesalahan relatif nilainya sama untuk semua variasi ($8,70E-03$), ini menandakan program tersebut konsisten dari sudut keseimbangan massa yang masuk dan massa yang keluar.

Karena nilai variasi data debit sumber polutan (QS) yang nilainya tidak terlalu jauh, menghasilkan grafik yang cukup rapat. Sedangkan konsentrasi maksimum mengalami kenaikan (dari data 1 ke data 4) ini sesuai dengan variasi data *input* yang selalu meningkat, ini juga menandakan debit sumber polutan akan berpengaruh ke nilai massa yang tersebar dan massa yang masuk sumber. Untuk jarak yang dapat di tempuh polutan, masih sama seperti variasi terdahulu, yaitu nilai terbesar ke arah aliran air tanah (sumbu x).

4.7 Variasi Debit Nitrogen-Ammonium

Selanjutnya akan dilakukan variasi terhadap nilai debit sumber polutan (QS) untuk parameter Nitrogen-Ammonium. Sama seperti parameter debit sebelumnya, data kualitas didapat dari pengujian di laboratorium, berjumlah tiga sampel dan ditambahkan satu nilai rata-rata, sehingga didapat empat nilai variasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.16 : Variasi Nilai Debit Nitrogen-Ammonium

Data Parameter	Debit Sumber Polutan (gram/hari)
Data 1 (Minimum)	108,00
Data 2	114,75
Data 3 (rata-rata)	117,00
Data 4 (Maksimum)	128,25

Dari data-data tersebut diatas, lalu dikombinasikan dengan data lainnya sebagai *input* data parameter untuk program. Contoh *input* data parameter lainnya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

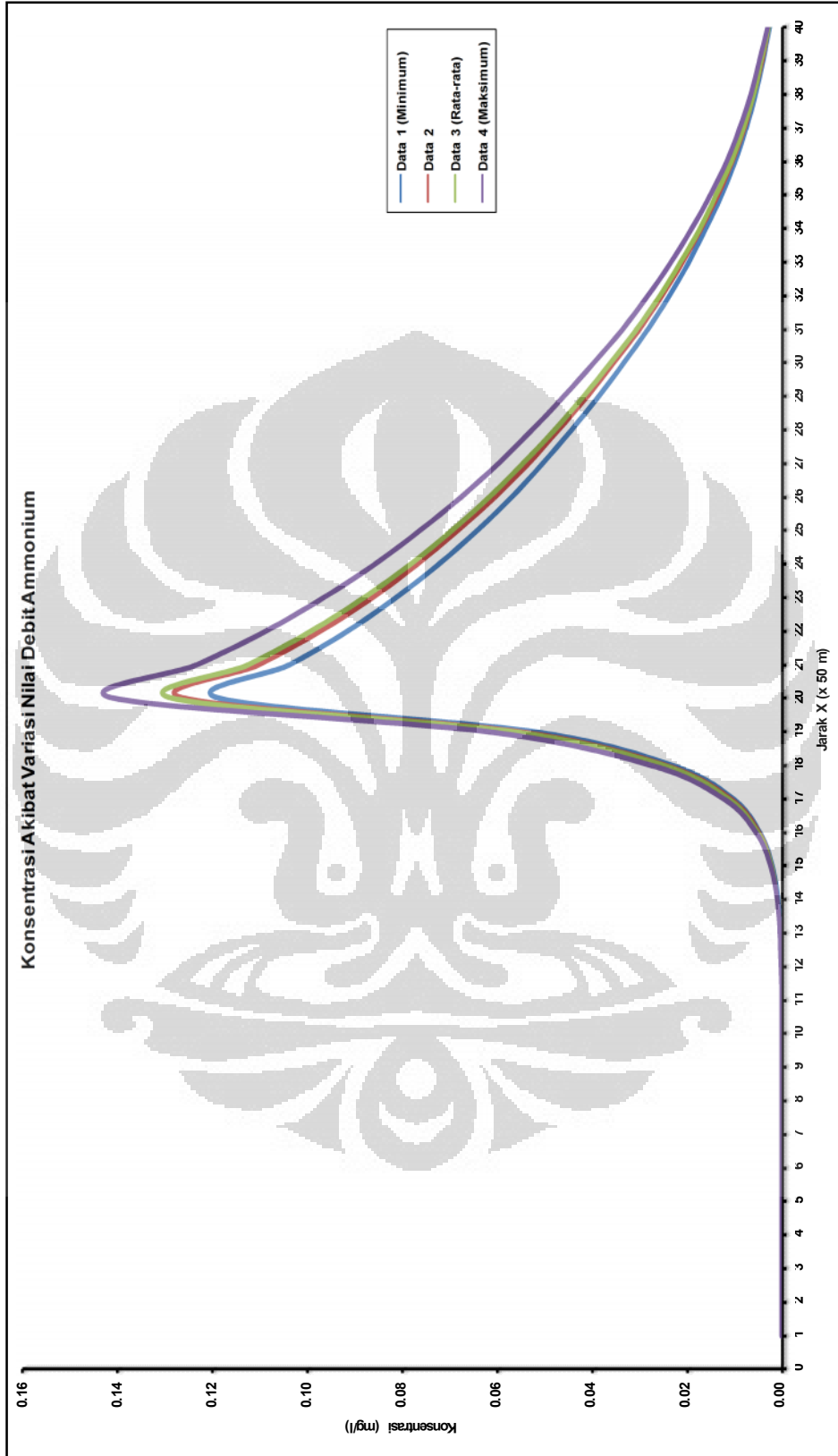
Tabel 4.17 : *Input* Data Variasi Debit Nitrogen-Ammonium

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	108	g/day

Dari variasi data yang telah dimasukkan kedalam program, didapatkan data-data sebagai berikut:

Tabel 4.18 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit Nitrogen-Ammonium

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
QS = 108,00	0,12	602,00	6,45E+04	6,50E+04	8,70E-03
QS = 114,75	0,13	602,00	6,85E+04	6,91E+04	8,70E-03
QS = 117,00	0,13	602,00	6,98E+04	7,04E+04	8,70E-03
QS = 128,25	0,14	602,00	7,65E+04	7,72E+04	8,70E-03



Gambar 4.10 : Grafik Konsentrasi di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit Ammonium-Nitrogen

Karena *range* variasi yang tidak terlalu besar sehingga menghasilkan grafik penyebaran konsentrasi yang rapat, konsentrasi maksimal pun tidak terlalu jauh yaitu 0,12 sampai 0,14 mg/l. Untuk waktu simulasi mempunyai nilai yang sama untuk ke empat variasi yaitu 602 hari. Untuk nilai kesalahan relatif yang besumber pada keseimbangan massa nilainya juga sama untuk ke empat variasi yaitu 8,70E-03%. Jadi program tersebut dapat dikatakan konsisten.

4.8 Variasi Debit Phosfat

Parameter terakhir yang akan di varasikan adalah nilai debit sumber polutan (QS) untuk parameter Phosfat. Sama seperti parameter-parameter sebelumnya seperti BOD, COD, DO, dan Nitrogen Ammonium, nilai konsentrasi dari Phosfat juga didapat dari sampel yang telah di uji di laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia pada tanggal 1 februari 2011.

Dari hasil pengujian terdapat tiga nilai untuk parameter Phosfat, lalu ditambahkan nilai rata-rata dari ketiga nilai tadi. Jadi seluruhnya ada empat nilai variasi data, seperti tabel berikut ini:

Tabel 4.19 : Variasi Nilai Debit Phosfat

Data Parameter	Debit Sumber Polutan (gram/hari)
Data 1 (Minimum)	13790,25
Data 2	18312,75
Data 3 (Rata-rata)	16881,75
Data 4 (Maksimum)	18542,25

Dari nilai-nilai tersebut, lalu akan di kombinasikan dengan nilai data parameter lain. Berikut contoh *input* data parameter ke dalam program untuk variasi debit sumber polutan (QS) dari Phosfat:

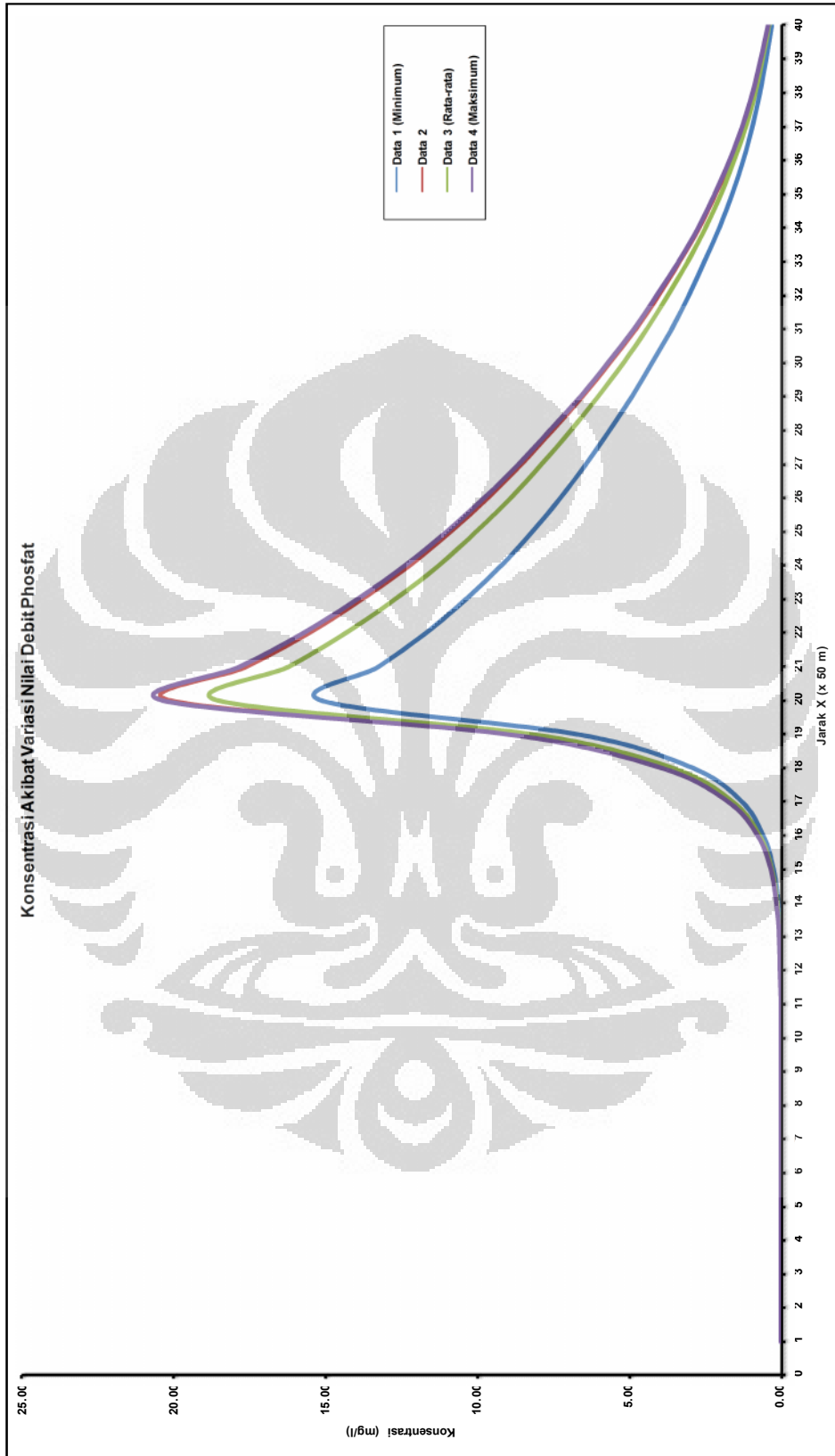
Tabel 4.20 : *Input* Data Variasi Debit Phosfat

Data Parameter		satuan
NX (Jumlah Titik X)	40	-
NZ (Jumlah Titik Z)	20	-
DX (Jarak X)	50	m
DZ (Jarak Z)	50	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	50	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
NS (Jumlah Sumber)	1	-
UX (Kecepatan Arah X)	1	m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	0	m/day
M (Ketebalan Akuifer)	20	m
NE (Porositas Efektif)	0,642	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	-
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10	-
QS (Debit Sumber Polutan)	13790,25	g/day

Seperti variasi-variasi sebelumnya, data-data parameter di atas akan dimasukkan ke dalam program, untuk mendapatkan keluaran yang diinginkan. Setelah program menjalankan proses perhitungan, maka dihasilkan keluaran seperti pada tabel 4.20 dan gambar 4.11.

Tabel 4.21 : Hasil Perhitungan Variasi Nilai Debit Phosfat

Variasi Data	Konsentrasi Tertinggi (mg/l)	Waktu Simulasi (hari)	Masa Tersebar (gram)	Masa Sumber (gram)	Kesalahan Relatif (%)
QS = 13790,25	15,13	602,00	8,23E+06	8,30E+06	8,70E-03
QS = 18312,75	20,09	602,00	1,09E+07	1,10E+07	8,70E-03
QS = 16881,75	18,52	602,00	1,01E+07	1,02E+07	8,70E-03
QS = 18542,25	20,35	602,00	1,11E+07	1,12E+07	8,70E-03



Gambar 4.11 : Grafik Konsentrasi Di Titik Sumber Pada Arah X Berdasarkan Variasi Nilai Debit Fosfat

Hasil dari variasi debit sumber polutan (QS) berdasarkan Phosfat, bila dilihat dari besarnya konsentrasi tertinggi pada titik sumber berbanding lurus dengan debit sumber polutan, semakin besar debit sumber polutan, maka akan menghasilkan konsentrasi maksimum yang besar pula.

Grafik penyebaran polutan untuk tiap-tiap variasi mempunyai *typical* yang sama, waktu simulasi mempunyai nilai yang sama untuk masing-masing variasi, dan kesalahan relatif juga mempunyai nilai yang sama untuk masing-masing variasi, nilainya $8,70E-03$ % (mendekati nol), artinya massa yang masuk ke dalam tanah (berupa debit sumber polutan) \approx massa yang tersebar pada daerah pemodelan. Karena kesalahan relatif mendekati nol, maka program tersebut bisa dikatakan konsisten.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian kualitas air, didapatkan data bahwa kualitas air menurut parameter BOD di wilayah studi masih di bawah ambang batas, sedangkan untuk parameter lain seperti COD, Nitrogen–Ammonium dan Fosfat, nilainya melebihi nilai yang disyaratkan, untuk parameter DO mempunyai nilai yang lebih kecil dari batas minimum yang diperbolehkan menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 (Kelas I) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
2. Pemodelan komputer dalam *Visual Basic For Application Excel* dibuat dengan pendekatan metode beda hingga (*finite difference method*) dengan memperhatikan proses adveksi dan dispersi, serta menghasilkan visualisasi dalam bentuk 2 dimensi yang menggambarkan jarak dan konsentrasi polutan.
3. Dari hasil variasi waktu maksimum (TM), variasi jarak *grid* (NX dan NZ), dan variasi nilai debit sumber polutan (QS) berdasarkan parameter BOD, COD, DO, Ammonium–Nitrogen serta Fosfat, maka secara umum program ini (FD-Trans) dapat dikatakan konsisten karena memiliki nilai kesalahan relatif yang sangat kecil (mendekati nol).
4. Dari hasil simulasi pemodelan, maka pengisian air tanah melalui waduk resapan di Universitas Indonesia–Depok, telah mencemari air tanah.
5. Dari berbagai variasi pemodelan, sebaran polutan didominasi arah *X* (searah aliran air tanah) dengan jarak terjauh mencapai 3500 *m* dan konsentrasi tertinggi 370,30 *mg/l*.
6. Melestarikan air tanah dengan menggali sampai kedalaman akuifer tidak efektif secara kualitas, sebelum air yang menjadi asupan tersebut

dinyatakan bersih menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

5.2 Saran

1. Perlu proses *pre-treatment* sebelum air tersebut dimasukkan ke dalam tanah (melalui waduk resapan) supaya tidak terjadi pencemaran air tanah dan perlu dilakukan pengujian dan pemantauan kualitas airnya secara teratur.
2. Pelestarian air tanah hendaknya memperhatikan aspek kualitas, karena jika air tanah sudah tercemar, maka proses pemulihannya membutuhkan waktu yang lama, biaya tinggi, dan teknologi yang rumit, bahkan tidak akan kembali ke kondisi awalnya.
3. Karena tidak ada satupun model yang dapat memprediksi secara akurat 100%, maka model perlu dibandingkan dengan metode-metode numerik lain seperti dengan metode elemen hingga, IADI, dan lain-lain, maupun dengan metode analitis.
4. Perlu dilakukan validasi dengan pengukuran kondisi sebenarnya di lapangan.

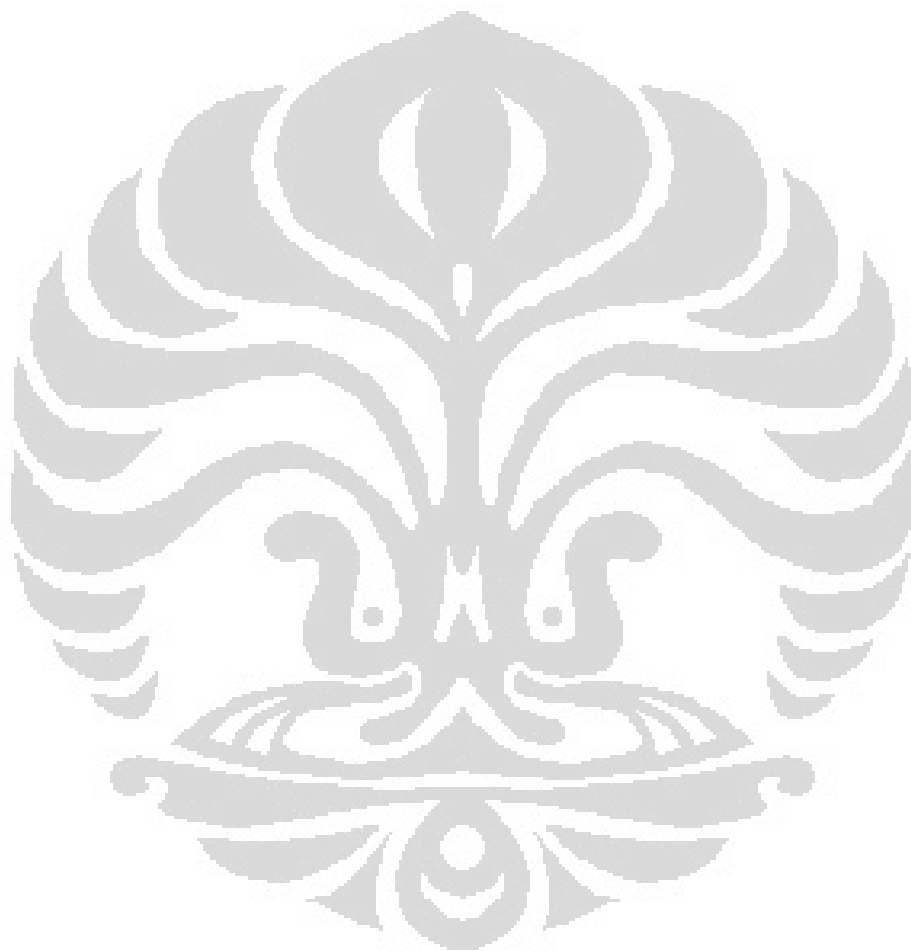
DAFTAR REFERENSI

- Adhimarta, P. Rangga. (2010). *Pemrograman excel 2007*. Jakarta : Proactive.
- Alaerts, G., & Sumestri Sri Santika. (1987). *Metoda penelitian air*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional,
- Anggraheni, Evi. (2008). *Penentuan tingkat efektivitas situ sebagai stabilization pond. Studi kasus : Situ Baru, Kelurahan Sukmajaya, Kecamatan Sukmajaya, Kota Depok*. Depok: Tesis FTUI.
- Bear, Jacob. (1979). *Hydraulics of groundwater*. New York: McGraw–Hill.
- Bedient, P.B, Rifai, H.S, and Newell, C.J. (1994). *Groundwater contamination: Transport and remediation*. New Jersey : PTR Prentice–Hall.
- Chapra, C. Steven. (1997). *Surface water–quality modeling*. New York: McGraw–Hill International Editions.
- Cherry J.A, & Freeze R.A. (1979). *Groundwater*. New Jersey: Prentice–Hall, Inc.
- Das B.M, Endah Noor, and Mochtar I.B. (1995). *Mekanika tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis) Jilid 1*. Surabaya: Penerbit Erlangga,.
- Dwi Prasetyo Gurit. (2007). *Pengembangan model simulator untuk permasalahan logistik dan distribusi (Studi kasus pada persaingan industri semen Indonesia)*. Surabaya: Tugas Akhir FTIITS.
- Effendi, Hefni. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Penerbit KANISIUS.
- Hanum, Farida. (2002). *Proses pengolahan air sungai untuk keperluan air minum*. Medan: USU digital library.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). *Mekanika tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hariadi, Sigid. (2004). *BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah*. Bogor: Makalah Individu Pasca Sarjana IPB.
- Harmayani K.D., & I.G.M Konsukartha. (2007). *Pencemaran air tanah akibat pembuangan limbah domestik di lingkungan kumuh. Studi kasus Banjar Ubung Sari, Kelurahan Ubung*. Jurnal Pemukiman Natah.
- Herlina. (1997). *Model optimasi penyadapan air tanah melalui metode Simplex dengan menggunakan komputer*. Depok: Skripsi FTUI.

- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002.
- Kinzelbach, W. (1986). *Developments in water science groundwater modeling an introduction with sample program in BASIC*. New York: Elsevier.
- Kodoatie, J. Robert, & Sjarief Roestam. (2010). *Tata ruang air*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Manahan, E. Stanley. (1994). *Environmental chemistry*. Florida: CRC Press, Inc.
- Maskur, Ciptoko. (1995). *Perubahan tataguna lahan pada sistem irigasi kaitannya dengan perencanaan waduk resapan kampus UI*. Depok: Skripsi FTUI.
- Matahelumual, B. Carolina. (2007). *Penentuan status mutu air dengan sistem STORET di Kecamatan Bantar Gebang*. Jurnal Geologi Indonesia No.2. Vol.2.
- Muchron, Aditya. (2010). *Hubungan eksistensi lubang resapan biopori dengan sifat fisik tanah di sekitarnya. (Studi kasus Kecamatan Pancoran Mas, Limo dan Cinere Kota Depok)*. Bogor: Skripsi IPB.
- Notodarmojo, Suprihanto. (2005). *Pencemaran tanah dan air tanah*. Bandung: Penerbit ITB.
- Octaviana, Nurfitriani. (1998). *Kuantifikasi pencemaran air tanah akibat leachate tempat penampungan buangan padat terbuka*. Depok: Skripsi FTUI.
- Panggaribuan, Guntar. (2005). *Penggunaan VBA-Excel untuk program perhitungan*. Jakarta : Elex Media Computindo.
- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Potter C. Merle, & Wiggert C. David. (1997). *Mechanics of fluids*. New Jersey: Prentice–Hall International.
- Legowo Sri & Sudinda Teddy. (2004). *Kajian dan penerapan teknologi waduk resapan (WR) untuk mengatasi banjir dan kekeringan*. Prosiding Workshop “Teknologi Imbuhan Buatan Untuk mengatasi Banjir dan Kekeringan”.
- Said N.I, & Herlambang Arie. *Peresapan air tanah buatan*. BPP Teknologi. Majalah Insinyur Indonesia.

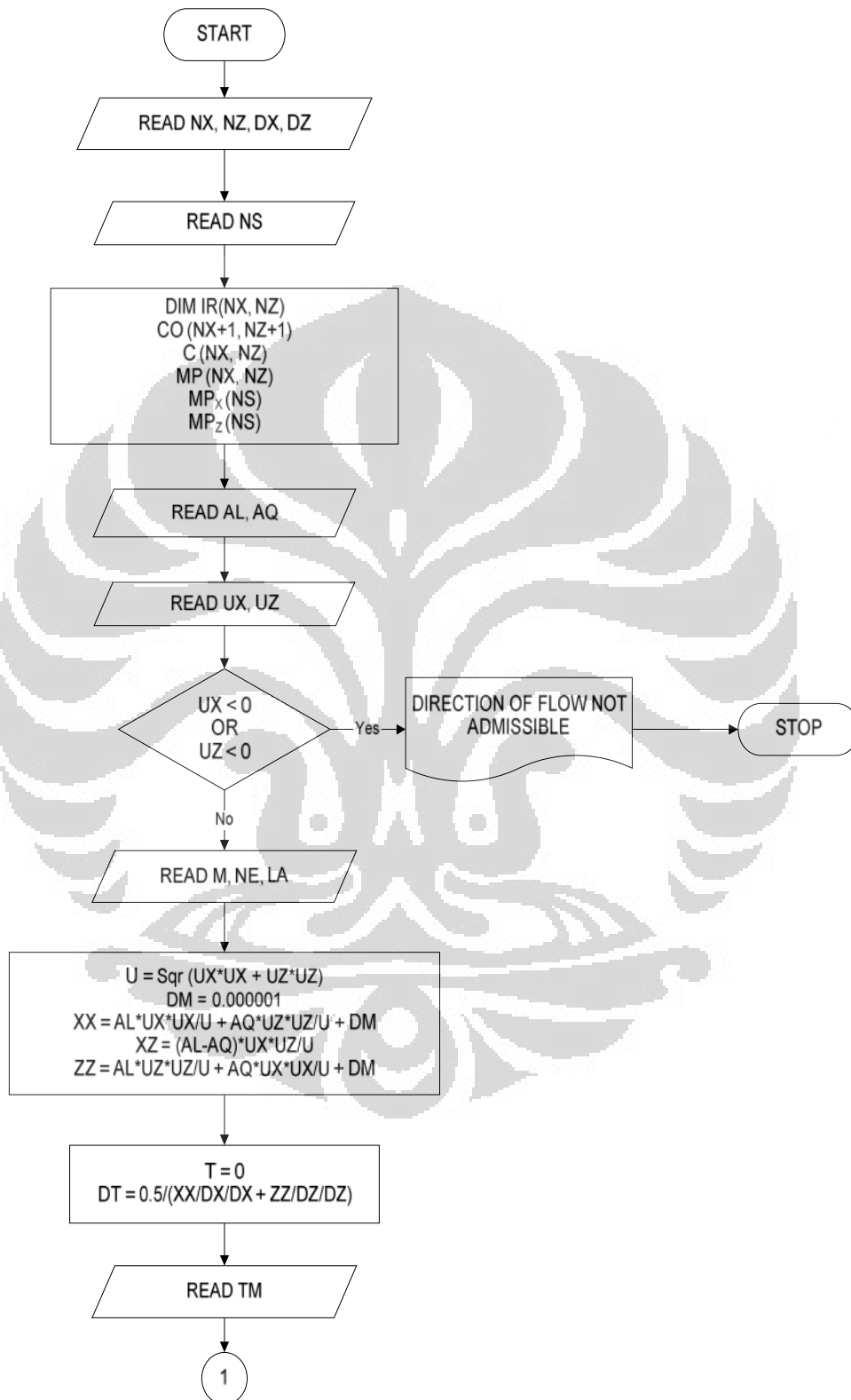
- Saleh, Toha. (1997). *Pengembangan angkutan polutan terlarut pada lapisan tanah jenuh air dengan menggunakan metode beda hingga*. Depok: Skripsi FTUI.
- Saragih T.P Rumondang. (2009). *Penentuan kadar fosfat pada air umpan recovery boiler dengan metode spektrofotometri UV-VIS di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk–Porsea*. Medan: Karya Ilmiah FMIPA USU.
- Seyhan, Ersin & Soenardi, Prawirohatmodjo. (1990) *Dasar-dasar hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Silmi R. Faatihatur. *Laporan geografi kajian mengenai air tanah*.
- Soenarto, Bambang. (2007). *Teknik sumur injeksi untuk pengendalian banjir dan keperluan lain serta berbagai teknik ekivalen lainnya*. Jurnal Sumber Daya Air. No. 4, Vol. 3.
- Sudinda. Teddy, et all. (2007). *Analisis potensi waduk resapan untuk mengatasi banjir dan kekeringan*. Workshop Strategi dan Pengembangan Teknologi Waduk Resapan Untuk Mengatasi Banjir dan Kekeringan. Kementerian Riset dan Teknologi.
- Susilo, Budi & Craig R.F. (1991). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Warlina, Lina. (2004). *Pencemaran air: sumber, dampak dan penanggulangannya*. Bogor: Makalah Pribadi Pasca Sarjana IPB.
- Wicaksono, Yudhi. (2009). *Kupas tuntas macro Excel untuk pemula*. Jakarta: Elek Media Komputindo.
- Yudhita, Nila. (2008). *Pengembangan model adveksi – dispersi berbasis spreadsheet elektronik. Studi kasus simulasi konsentrasi biochemical oxygen demand*. Depok: Skripsi FTUI.

LAMPIRAN

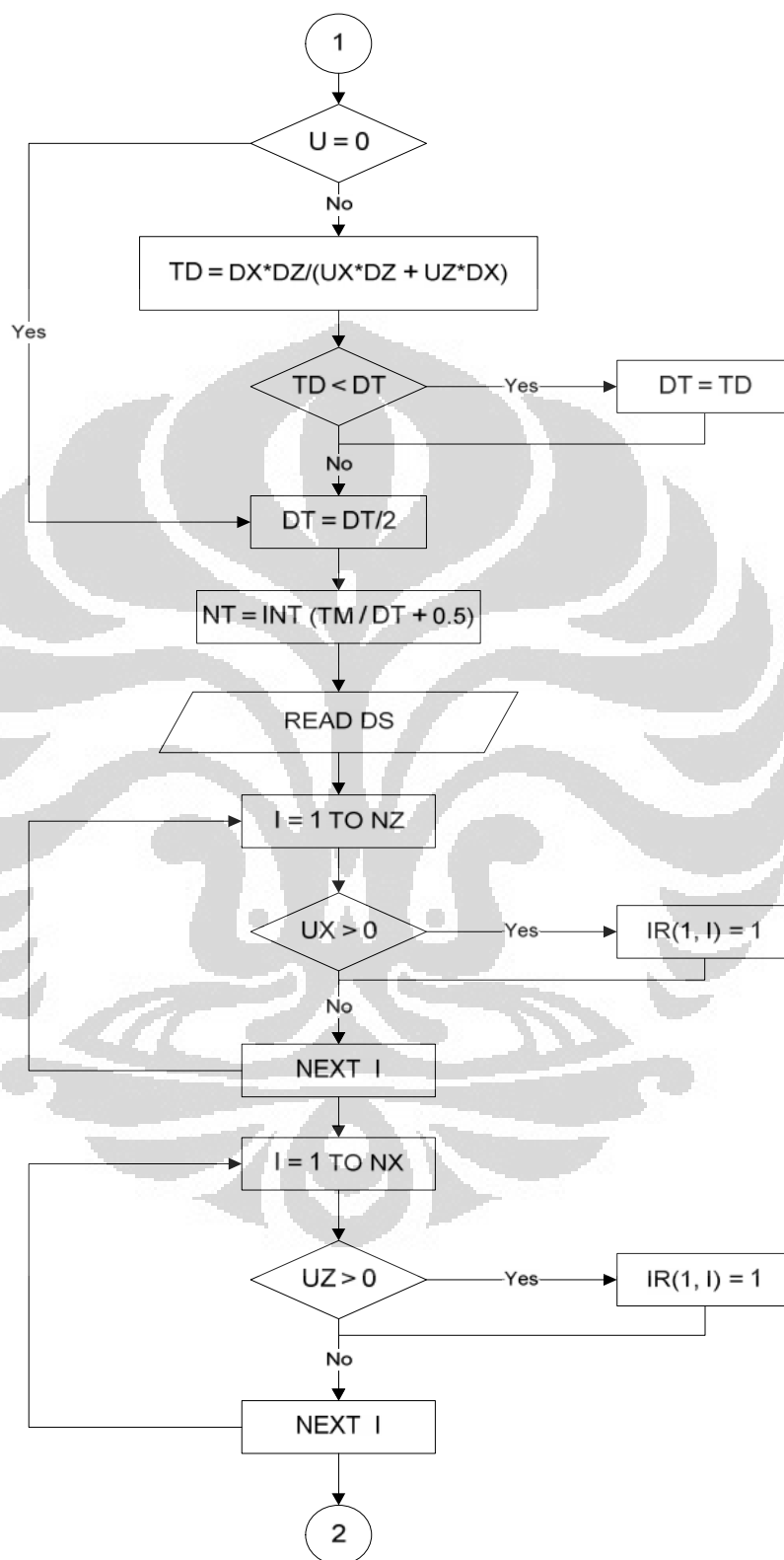


Universitas Indonesia

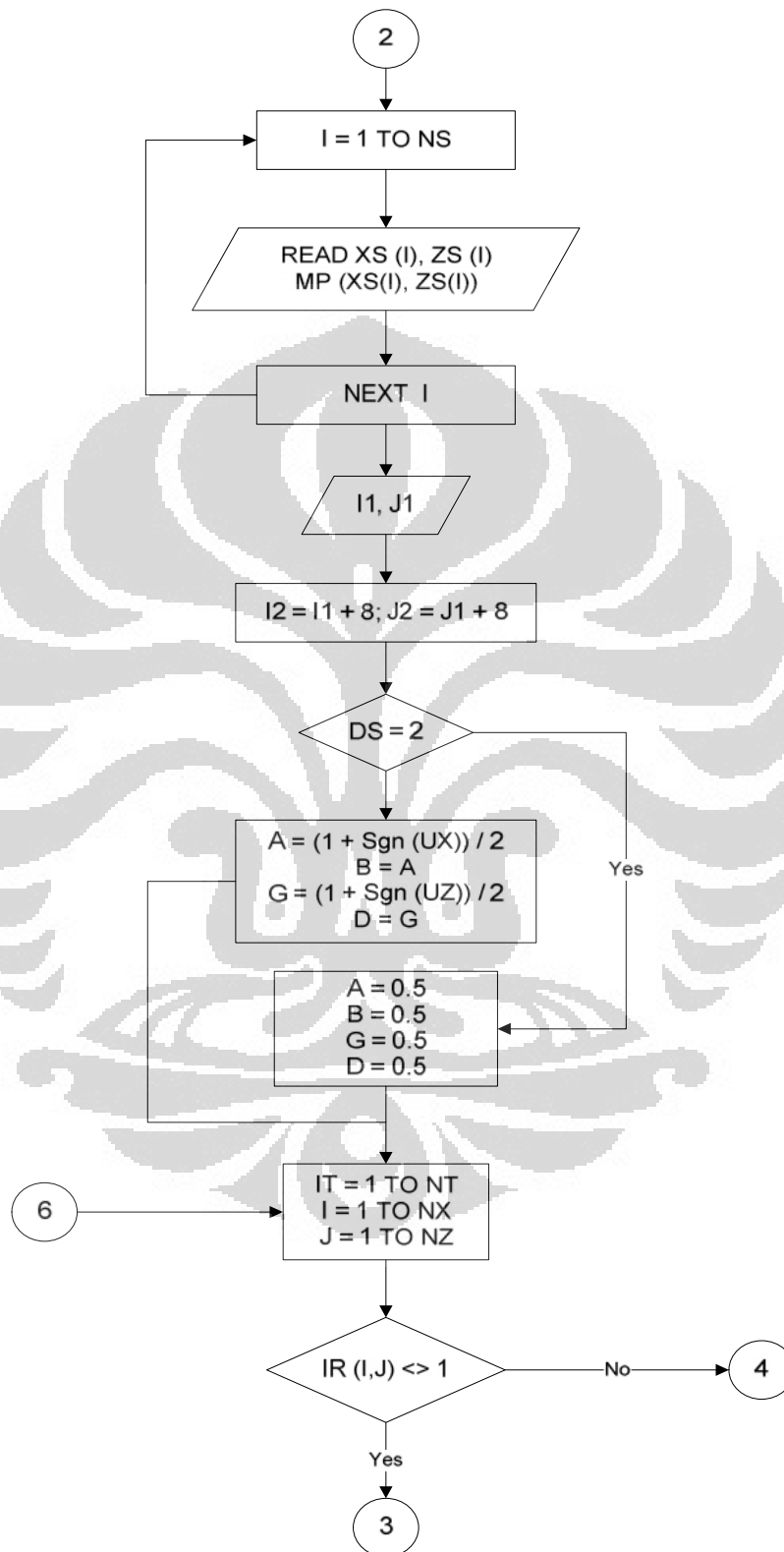
Lampiran 1 : Flowchart Program FD-Transport



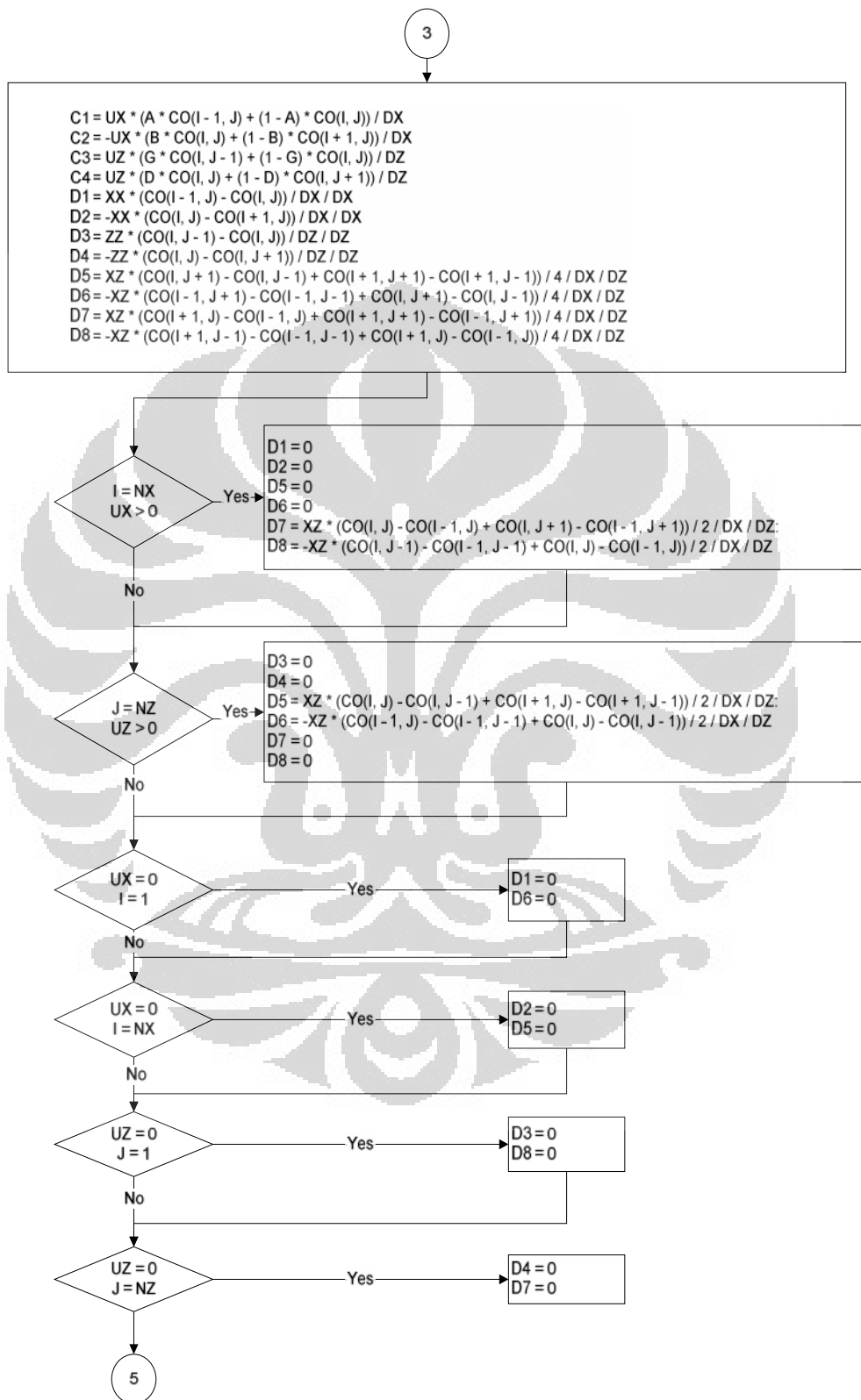
(Lanjutan)



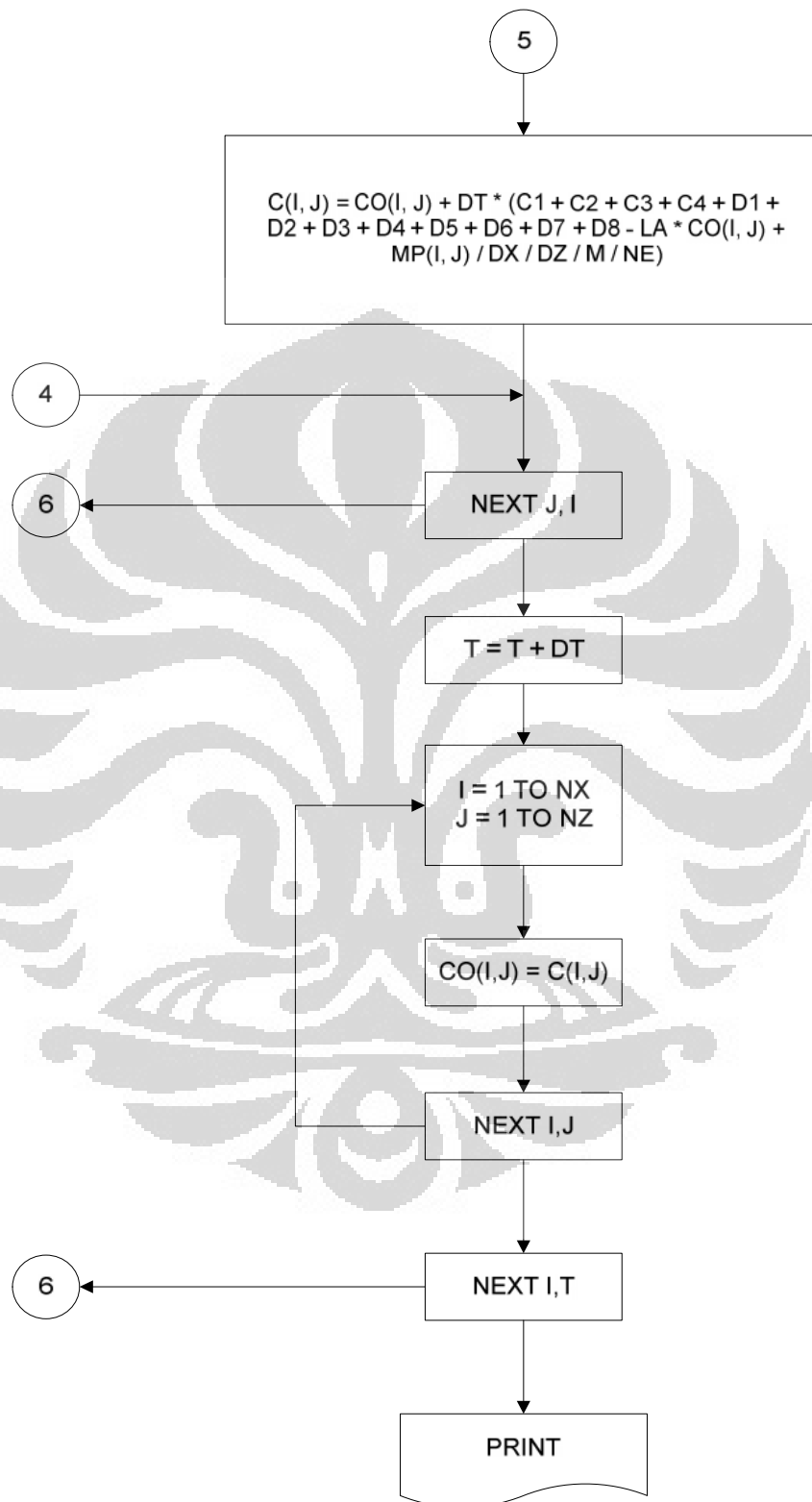
(Lanjutan)



(Lanjutan)



(Lanjutan)



Lampiran 2: Penulisan Listing Program FD-Transport ke dalam *Visual Basic Application for Excel*

```

Sub FDtransport()
DialogSheets("inputDialog").Show

.....'Membaca Input Dialog'.....

DataParameter = DialogSheets("InputDialog").EditBoxes("DP").Text
COoutput = DialogSheets("InputDialog").EditBoxes("CO").Text
'MsgBox (Range(DataParameter).Cells(1, 1).Value)
NX = Range(DataParameter).Cells(1, 1).Value
NZ = Range(DataParameter).Cells(2, 1).Value
DX = Range(DataParameter).Cells(3, 1).Value
DZ = Range(DataParameter).Cells(4, 1).Value
AL = Range(DataParameter).Cells(5, 1).Value
AQ = Range(DataParameter).Cells(6, 1).Value
NS = Range(DataParameter).Cells(7, 1).Value
UX = Range(DataParameter).Cells(8, 1).Value
UZ = Range(DataParameter).Cells(9, 1).Value
M = Range(DataParameter).Cells(10, 1).Value
NE = Range(DataParameter).Cells(11, 1).Value
LA = Range(DataParameter).Cells(12, 1).Value
TM = Range(DataParameter).Cells(13, 1).Value
DS = Range(DataParameter).Cells(14, 1).Value
XS = Range(DataParameter).Cells(15, 1).Value
ZS = Range(DataParameter).Cells(16, 1).Value
QS = Range(DataParameter).Cells(17, 1).Value

ReDim IR(NX, NZ), CO(NX + 1, NZ + 1), C(NX, NZ), MP(NX, NZ),
MPx(NS), MPZ(NS)

.....'Menghitung Kecepatan'.....

U = Sqr(UX * UX + UZ * UZ)
DM = 0.000001
XX = AL * UX * UX / U + AQ * UZ * UZ / U + DM
XZ = (AL - AQ) * UX * UZ / U
ZZ = AL * UZ * UZ / U + AQ * UX * UX / U + DM

```

(Lanjutan)

```

.....'Menghitung Parameter Waktu'.....

T = 0
DT = 0.5 / (XX / DX / DX + ZZ / DZ / DZ)
If U <> 0 Then
TD = DX * DZ / (UX * DZ + UZ * DX)
  If TD < DT Then
    DT = TD
  End If
  DT = DT / 2
End If
NT = Int(TM / DT + 0.5)

.....'Menentukan Titik Konstan Konsentrasi'.....

For I = 1 To NZ
  If UX > 0 Then
    IR(1, I) = 1
  End If
Next I
For I = 1 To NX
  If UZ > 0 Then
    IR(I, 1) = 1
  End If
Next I

.....'Menentukan Sumber Polutan'.....

For I = 1 To NS
  MPx(I) = XS
  MPz(I) = ZS
  'MsgBox (MPx(I) & " " & MPz(I))
  MP(MPx(I), MPz(I)) = Range(DataParameter).Cells(17, 1).Value
Next I

I1 = 5
J1 = 4
I2 = I1 + 8
J2 = J1 + 8

```

(Lanjutan)

```

.....'Prosedur Pemecahan Masalah'.....
.....'Skema Pembobotan'.....

```

```
If DS = 2 Then
```

```
  A = 0.5
```

```
  B = 0.5
```

```
  G = 0.5
```

```
  D = 0.5
```

```
Else
```

```
  A = (1 + Sgn(UX)) / 2
```

```
  B = A
```

```
  G = (1 + Sgn(UZ)) / 2
```

```
  D = G
```

```
End If
```

```
.....'Menghitung Untuk Setiap Langkah Waktu'.....
```

```
For IT = 1 To NT
```

```
  For I = 1 To NX
```

```
    For J = 1 To NZ
```

```
      C1 = UX * (A * CO(I - 1, J) + (1 - A) * CO(I, J)) /  
          DX
```

```
      C2 = -UX * (B * CO(I, J) + (1 - B) * CO(I + 1, J)) /  
          DX
```

```
      C3 = UZ * (G * CO(I, J - 1) + (1 - G) * CO(I, J)) /  
          DZ
```

```
      C4 = UZ * (D * CO(I, J) + (1 - D) * CO(I, J + 1)) /  
          DZ
```

```
      D1 = XX * (CO(I - 1, J) - CO(I, J)) / DX / DX
```

```
      D2 = -XX * (CO(I, J) - CO(I + 1, J)) / DX / DX
```

```
      D3 = ZZ * (CO(I, J - 1) - CO(I, J)) / DZ / DZ
```

```
      D4 = -ZZ * (CO(I, J) - CO(I, J + 1)) / DZ / DZ
```

```
      D5 = XZ * (CO(I, J + 1) - CO(I, J - 1) + CO(I + 1, J  
          + 1) - CO(I + 1, J - 1)) / 4 / DX / DZ
```

```
      D6 = -XZ * (CO(I - 1, J + 1) - CO(I - 1, J - 1) +  
          CO(I, J + 1) - CO(I, J - 1)) / 4 / DX / DZ
```

```
      D7 = XZ * (CO(I + 1, J) - CO(I - 1, J) + CO(I + 1, J  
          + 1) - CO(I - 1, J + 1)) / 4 / DX / DZ
```

```
      D8 = -XZ * (CO(I + 1, J - 1) - CO(I - 1, J - 1) +  
          CO(I + 1, J) - CO(I - 1, J)) / 4 / DX / DZ
```

(Lanjutan)

```
.....'Modifikasi Batas Transmisi'.....
```

```
If I = NX And UX > 0 Then
```

```
  D1 = 0
```

```
  D2 = 0
```

```
  D5 = 0
```

```
  D6 = 0
```

```
  D7 = XZ * (CO(I, J) - CO(I - 1, J) + CO(I, J + 1)
             - CO(I - 1, J + 1)) / 2 / DX / DZ:
```

```
  D8 = -XZ * (CO(I, J - 1) - CO(I - 1, J - 1) +
             CO(I, J) - CO(I - 1, J)) / 2 / DX / DZ
```

```
End If
```

```
If J = NZ And UZ > 0 Then
```

```
  D3 = 0
```

```
  D4 = 0
```

```
  D5 = XZ * (CO(I, J) - CO(I, J - 1) + CO(I + 1, J)
             - CO(I + 1, J - 1)) / 2 / DX / DZ:
```

```
  D6 = -XZ * (CO(I - 1, J) - CO(I - 1, J - 1) +
             CO(I, J) - CO(I, J - 1)) / 2 / DX / DZ
```

```
  D7 = 0
```

```
  D8 = 0
```

```
End If
```

```
.....'Modifikasi Batas Impervious'.....
```

```
If UX = 0 And I = 1 Then
```

```
  D1 = 0
```

```
  D6 = 0
```

```
End If
```

```
If UX = 0 And I = NX Then
```

```
  D2 = 0
```

```
  D5 = 0
```

```
End If
```

```
If UZ = 0 And J = 1 Then
```

```
  D3 = 0
```

```
  D8 = 0
```

```
End If
```

(Lanjutan)

```

If UZ = 0 And J = NZ Then
    D4 = 0
    D7 = 0
End If

C(I, J) = CO(I, J) + DT * (C1 + C2 + C3 + C4 + D1 +
    D2 + D3 + D4 + D5 + D6 + D7 + D8 - LA *
    CO(I, J) + MP(I, J) / DX / DZ / M / NE)

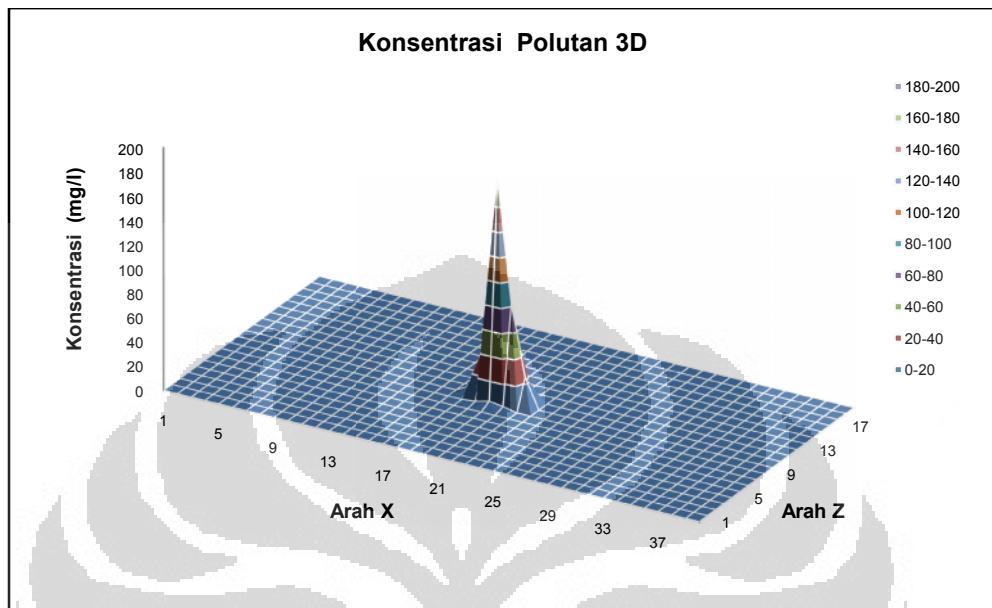
Next J
Next I
T = T + DT
For J = 1 To NZ
    For I = 1 To NX
        CO(I, J) = C(I, J)
    Next I
Next J

Next IT
.....'Mencetak Output'.....
Range(COutput).Cells(3, 3).Value = "Concentration (mg/l)"
Range(COutput).Cells(4, 3).Value = "time (D):"
Range(COutput).Cells(4, 4).Value = Int(T + 0.5)
For I = 1 To NX
    For J = 1 To NZ
        Range(COutput).Cells(I + 6, J + 2).Value = C(I, J)
    Next J
Next I

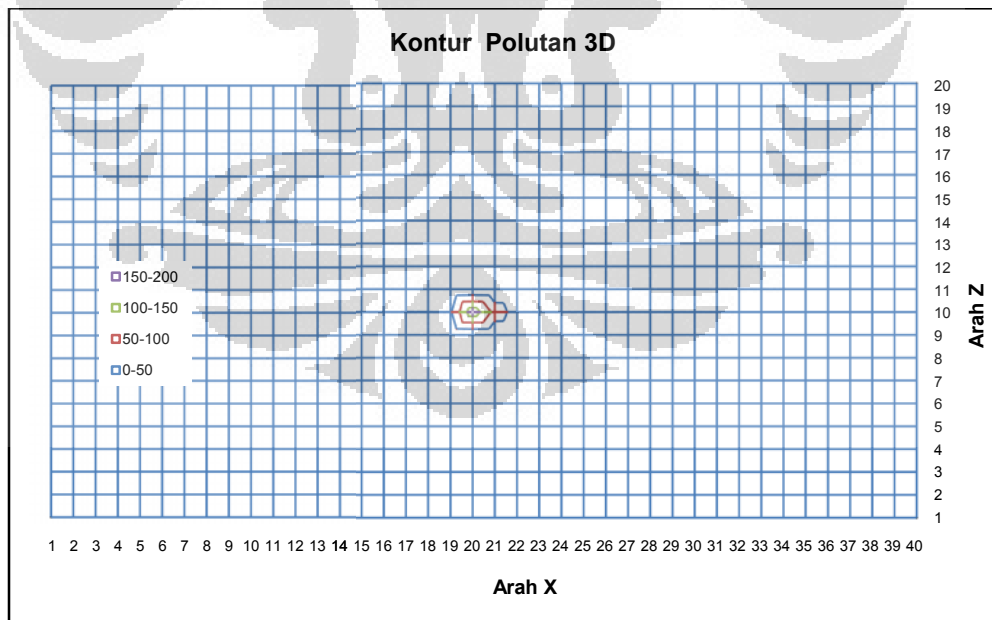
End Sub

```


Lampiran 4a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (30 hari)



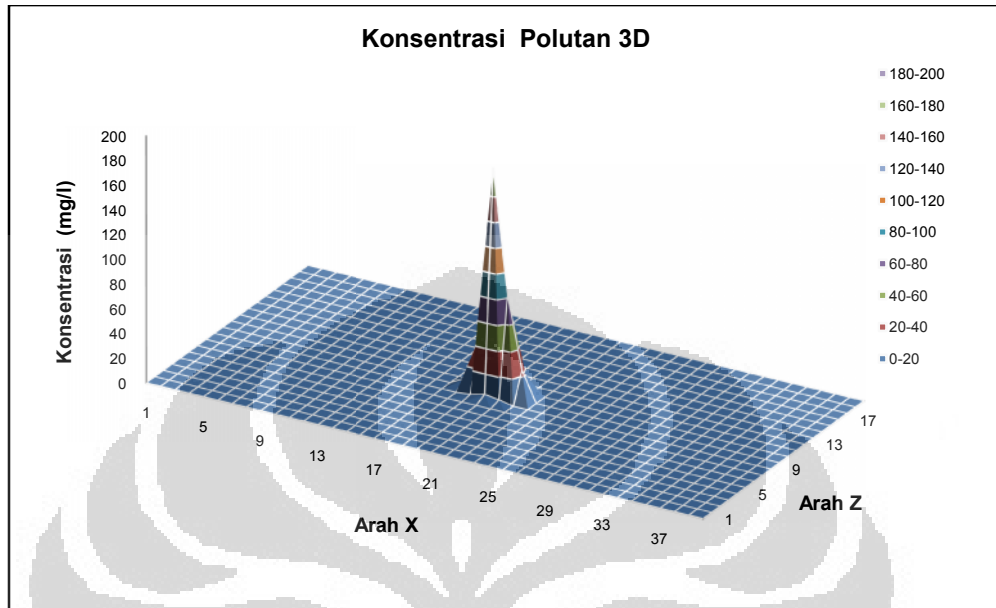
Lampiran 4b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (30 hari)



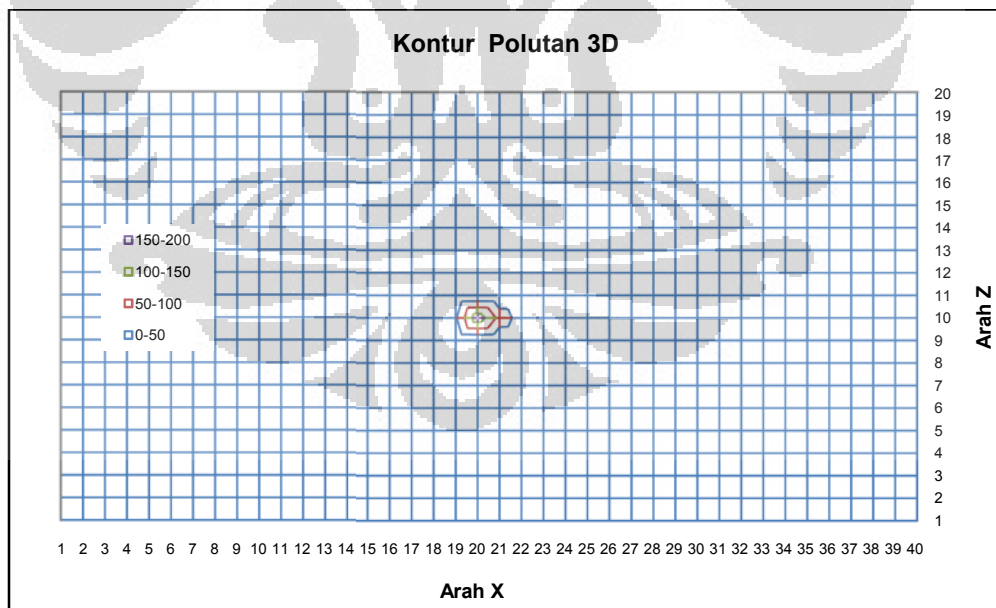
Lampiran 5: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (60 hari)

Penyebaran Konsentrasi Polutan																																				
Concentration (mg/l)		Massa Tersebar : 1.89E+07(gram)		Data Parameter																																
time (D): 57.000 E		Massa Sumber : 1.90E+07(gram)		Variasi Nilai Waktu per Bulan (30)																																
		Kesalahan Relatif : 3.19E-03																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	satur																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	NX (Jumlah Titik X)	NZ (Jumlah Titik Z)	DX (Jarak X)	DZ (Jarak Z)	AL (Dispersivitas Longitudinal)	AS (Dispersivitas Transversal)	NS (Jumlah Sumber)	UX (Kecepatan Arah X)	UZ (Kecepatan Arah Z)	M (Ketebalan Akurifer)	NE (Porositas Efektif)	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	TM (Waktu Maksimum)	DS (Skema Pembabatan)	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	QS (Dibabit Sumber Polutan)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5 m																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 m/day																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 m/day																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20 m																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.442%																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60 day																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-																
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33330 g/day																

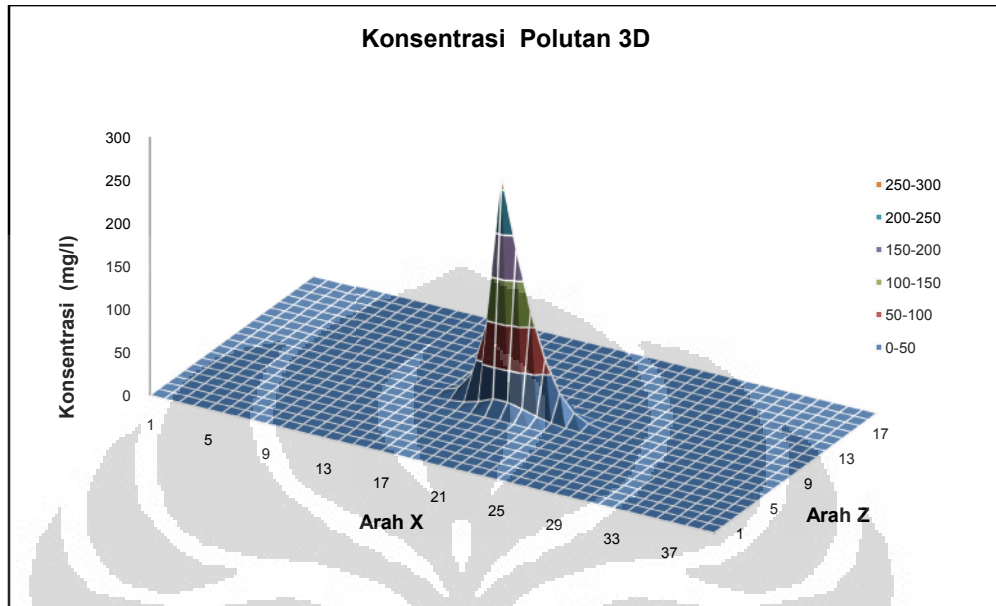
Lampiran 6a:Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (60 hari)



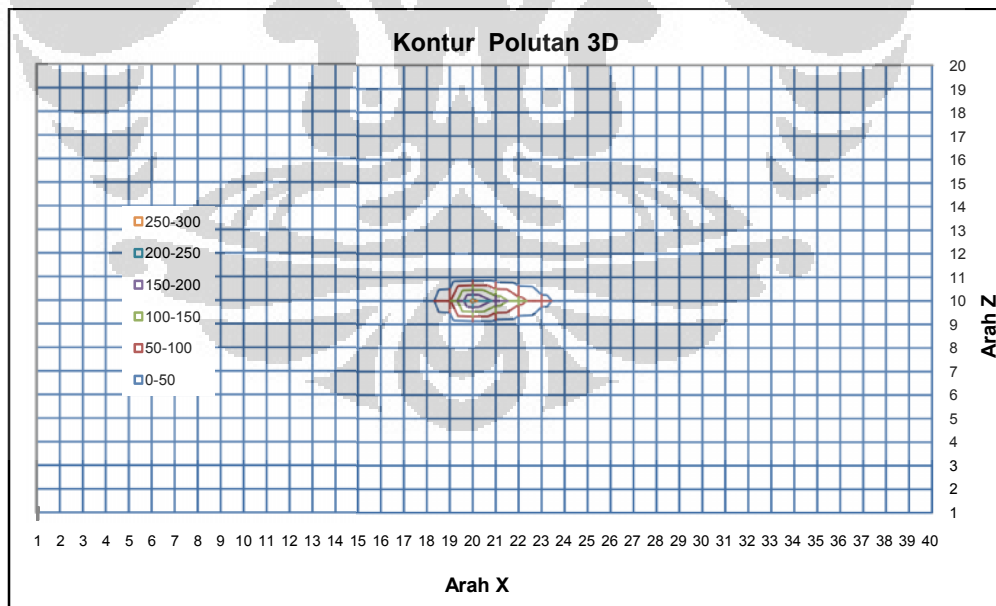
Lampiran 6b:Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (60 hari)



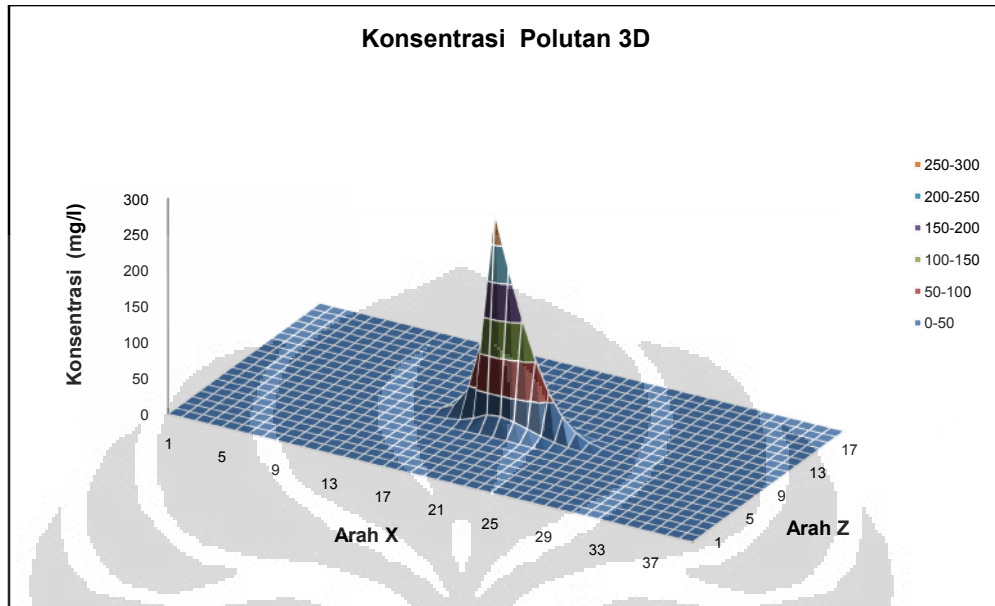
Lampiran 8a:Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (90 hari)



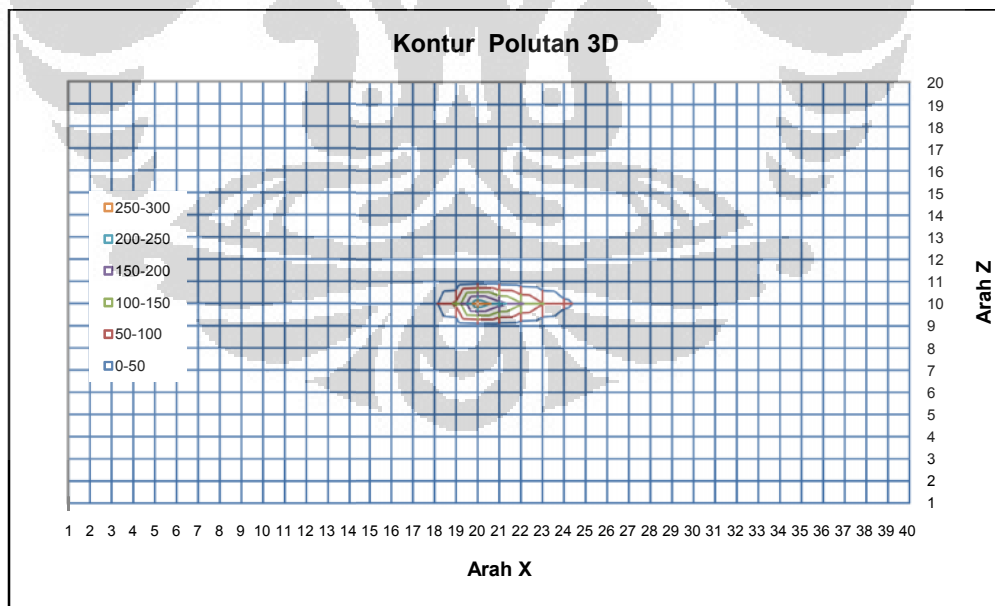
Lampiran 8b:Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (90 hari)



Lampiran 10a:Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (120 hari)



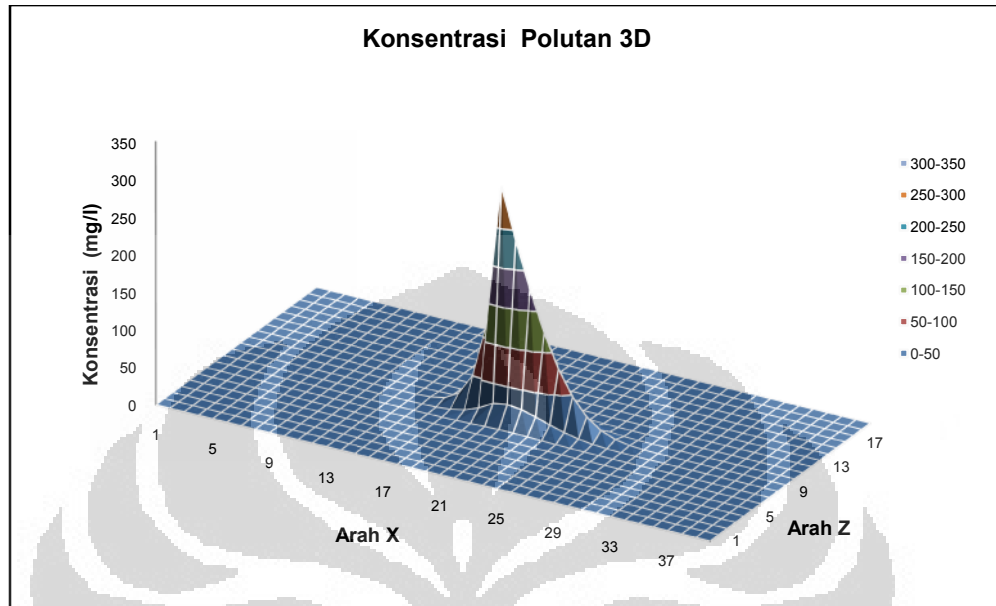
Lampiran 10b:Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (120 hari)



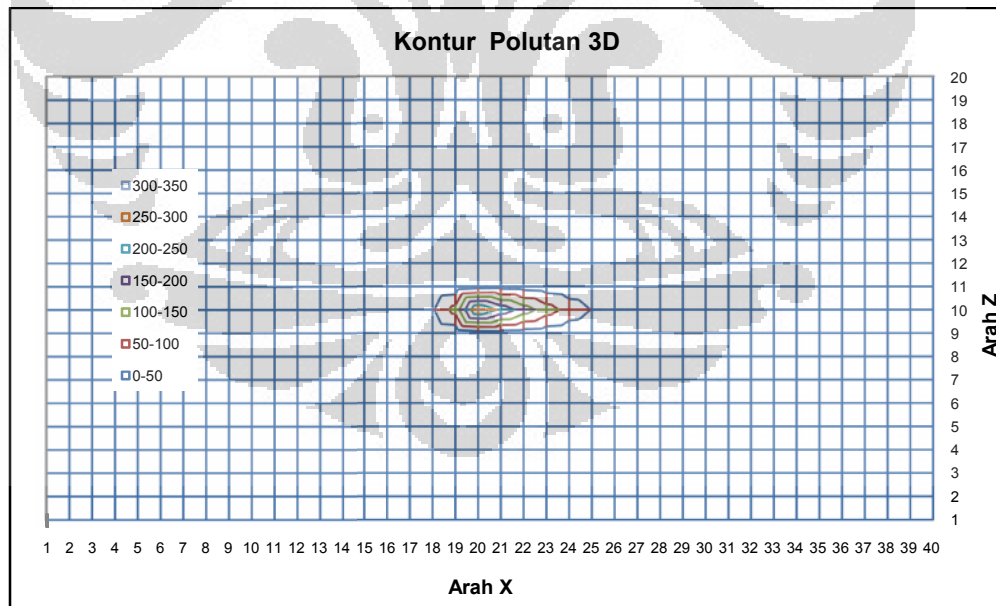
Lampiran 11: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (150 hari)

Penyebaran Konsentrasi Polutan																																				
Concentration (mg/l)		Massa Terebar :		Data Parameter																																
time (D): 148,000		4,92E+07(gram)		satu																																
		4,93E+07(gram)		Kesalahan Relatif : 1,94E-03																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	NX (Jumlah Titik X)	NZ (Jumlah Titik Z)	DX (Jarak X)	DZ (Jarak Z)	AL (Dispersivitas Longitudinal)	AQ (Dispersivitas Transversal)	NS (Jumlah Sumber)	UX (Kecepatan Arak X)	UZ (Kecepatan Arak Z)	M (Ketebalan Akuiifer)	NE (Porositas Efektif)	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	TM (Waktu Maksimum)	DS (Skema Pembebasan)	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	QS (Debit Sumber Polutan)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40-																
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-																
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m																
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5 m																
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1-																
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 m/day																
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10 m/day																
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20 m																
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,442%																
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0-																
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150day																
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1-																
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1-																
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10-																
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10-																
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	333 kg/day																
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1,78	24,46	304,69	24,46	1,78	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0,12	2,18	27,57	237,43	27,57	2,18	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0,13	2,15	25,40	176,70	25,40	2,15	0,13	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,11	1,79	20,24	123,91	20,24	1,79	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,07	1,28	14,16	80,74	14,16	1,28	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,04	0,77	8,69	48,16	8,69	0,77	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,02	0,39	4,83	25,86	4,83	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,01	0,16	2,10	12,26	2,10	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,05	0,78	5,00	0,78	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,01	0,23	1,70	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,05	0,45	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333 kg/day																

Lampiran 12a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (150 hari)



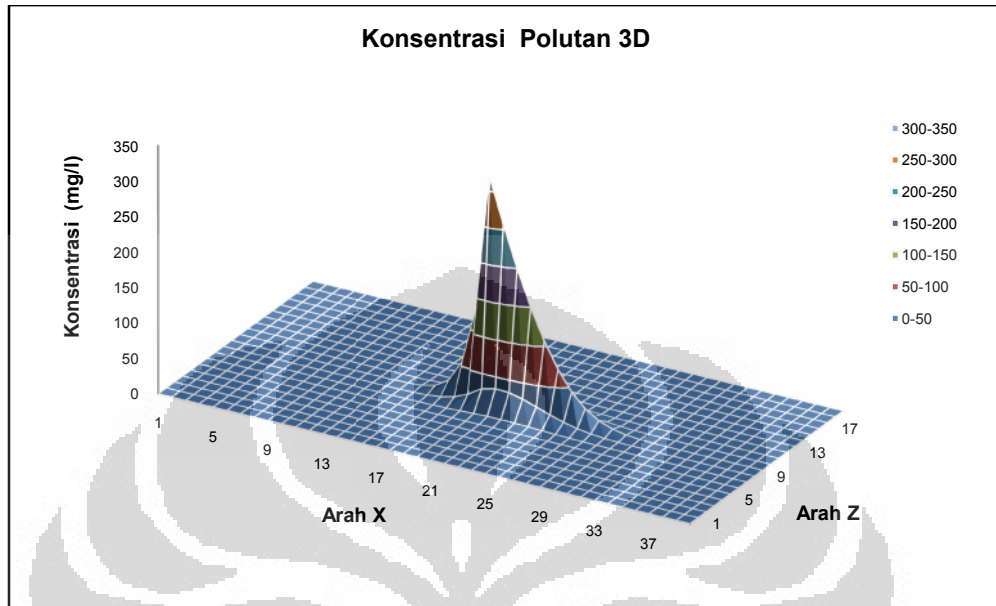
Lampiran 12b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (150 hari)



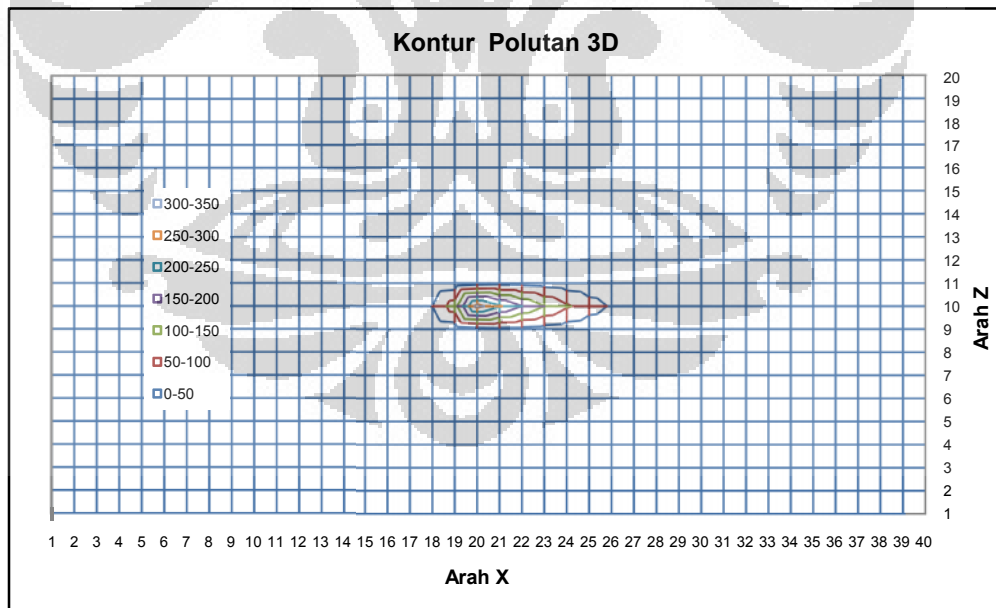
Lampiran 13: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (180 hari)

1	Penyebaran Konsentrasi Polutan																		Data Parameter	satuan																						
	Concentration (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			18	19	20	NX (Jumlah Titik X)	NY (Jumlah Titik Y)	DX (Jarak X)	DY (Jarak Y)	AL (Dispersivitas Longitudinal)	AO (Dispersivitas Transversal)	NS (Jumlah Sumber)	UX (Kecepatan Arak X)	UZ (Kecepatan Arak Z)	M (Kelembaban Aktif)	NE (Porositas Efektif)	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	EM (Waktu Maksimum)	DS (Skema Pembabatan)	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	QS (Debit Sumber Polutan)		
	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	6,00E+07(gram)	40-	40-	50 m	50 m	0 -	1 -	1 m/day	0 m/day	20 m	0,42%	0 -	80 day	1 -	30 -	10 -	333180 g/day				
	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	182,000	
Kesehatan Relatif : 9.99E-04																																										
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,18	2,56	29,36	319,27	28,36	34,14	3,23	0,23	0,18	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,23	34,14	257,05	34,14	3,23	0,23	0,18	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Lampiran 14a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (180 hari)



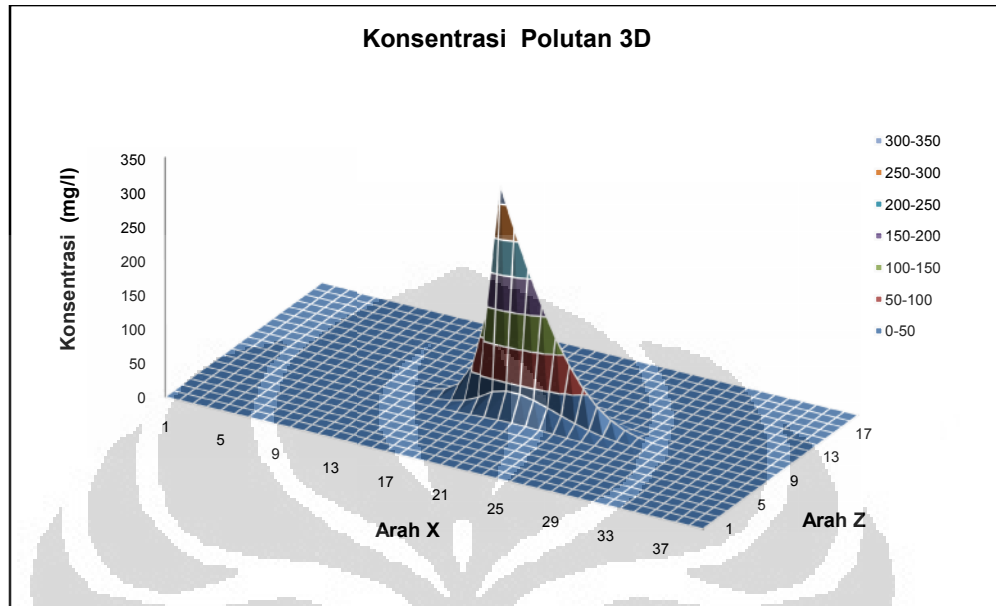
Lampiran 14b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (180 hari)



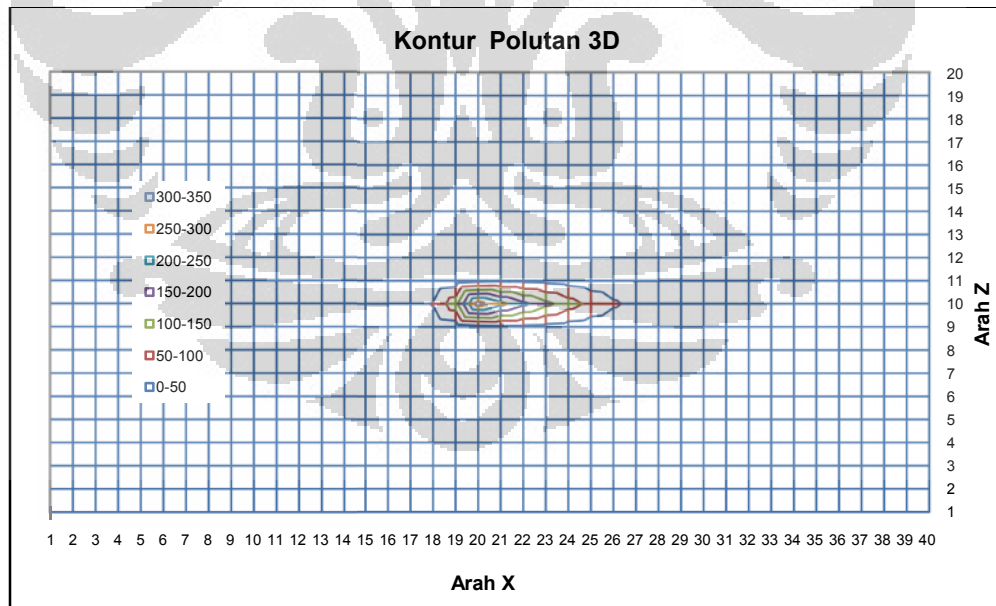
Lampiran 15: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (210 hari)

	Penyebaran Konsentrasi Polutan																				Data Parameter		satu	
Concentration (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
time (D): 205.000	Kesalahan Relatif : 2.22E-03																							
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (jumlah Titik X)	40		
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NZ (jumlah Titik Z)	20		
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DX (Jarak X)	50 m		
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (Jarak Z)	50 m		
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	50 m		
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AQ (Dispersivitas Transversal)	5 m		
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (jumlah Sumber)	1		
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UX (Kecepatan Arah X)	1 m/day		
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UZ (Kecepatan Arah Z)	10 m/day		
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	M (Ketebalan Akutef)	30 m		
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE (Porositas Efektif)	0.442%		
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.28	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0		
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.23	0.90	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TM (Waktu Maksimum)	300 day		
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.23	0.90	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (Skema Pembobotan)	1		
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.66	2.69	0.66	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20		
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23	1.76	7.63	1.76	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0		
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.52	4.29	20.59	4.29	0.52	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	QS (Debit Sumber Polutan)	3333	0 g/day	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	1.08	9.85	58.32	9.55	1.09	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.99	19.03	133.60	19.03	1.99	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.12	32.25	326.75	32.25	3.12	0.25	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.33	33.88	338.06	33.88	3.33	0.33	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.37	34.35	343.81	34.35	3.37	0.37	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.36	34.34	343.75	34.34	3.36	0.36	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.32	33.61	336.20	33.61	3.32	0.32	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2.80	21.27	86.14	21.27	2.80	0.25	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.96	14.73	57.30	14.73	1.96	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.23	9.33	35.64	9.33	1.23	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	5.37	20.54	5.37	0.69	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	2.78	10.85	2.78	0.35	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.28	5.19	1.28	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.52	2.22	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	0.84	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.27	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

Lampiran 16a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (210 hari)



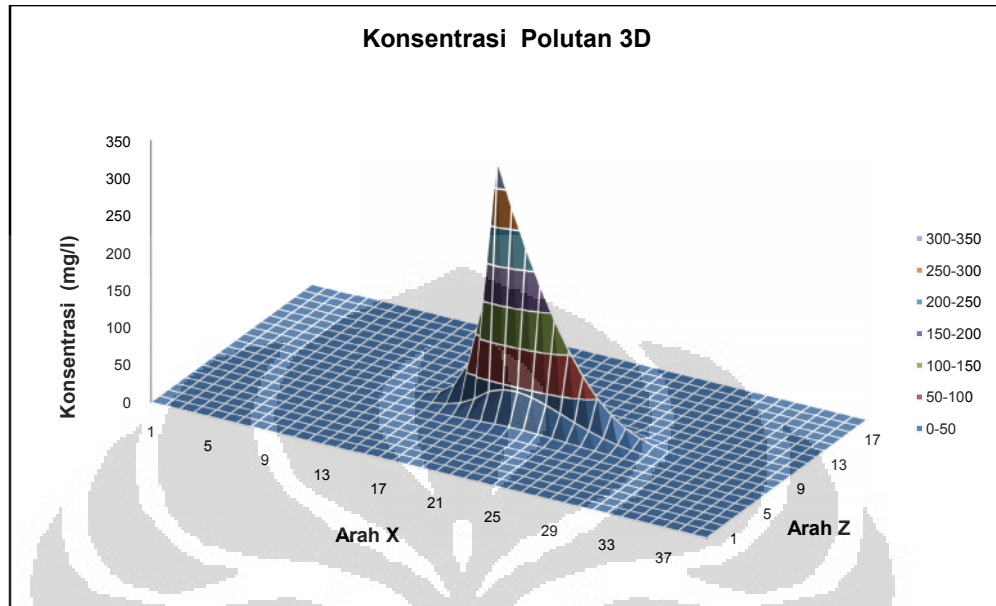
Lampiran 16b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (210 hari)



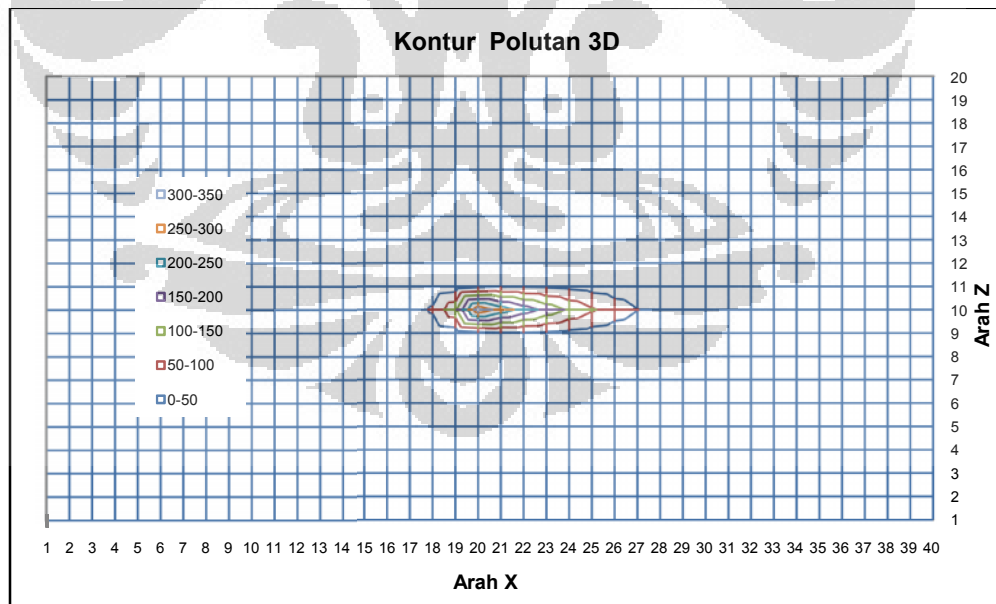
Lampiran 17: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (240 hari)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Penyebaran Konsentrasi Polutan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
																				Concentration (mg/l)												Data Parameter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																				Massa Tersebar : 7.95E+07(gram)												satuah																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		239.000																			NX (jumlah Titik X)		20 -																		NZ (jumlah Titik Z)		20 -																				DX (jarak X)		50 m																						DZ (jarak Z)		50 m																							AL (Dispersivitas Longitudinal)		50 m																								AQ (Dispersivitas Transversal)		50 m																									NS (jumlah Sumber)		3 m																										UX (kecepatan Arak X)		1 -																										UZ (kecepatan Arak Z)		1 m/day																											M (Ketebalan Akutif)		20 m																											NF (Porositas Efektif)		0,442%																											LA (konsentrasi Penambahan Polutan)		0 -																											TM (Waktu Maksimum)		240 day																											DS (Skema Pembobotan)		1 -																												XS (koordinat - X Sumber Polutan)		20 -																											ZS (koordinat - Z Sumber Polutan)		0 -																											QS (Debit Sumber Polutan)		333 50 g/day																										

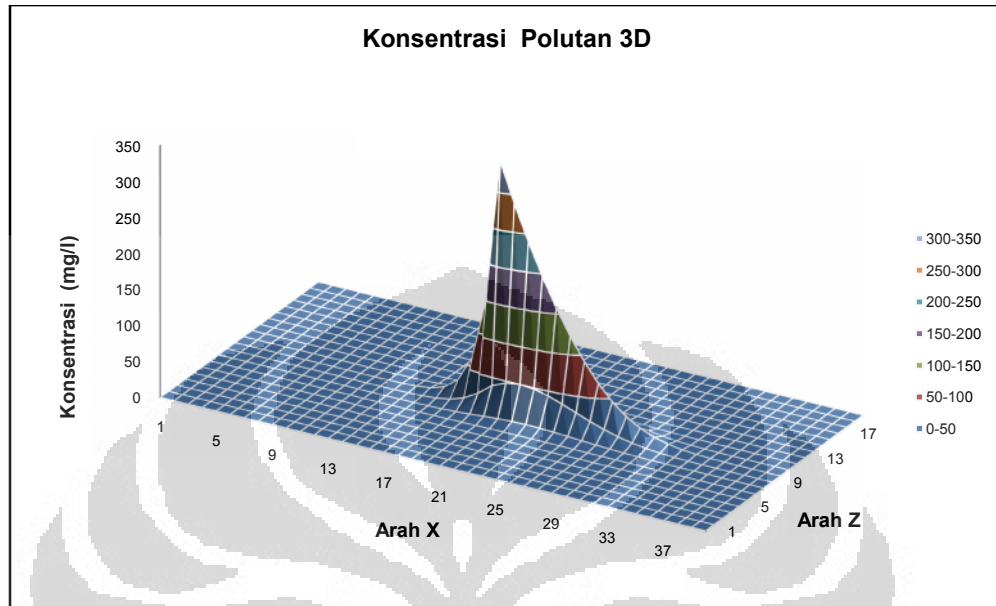
Lampiran 18a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (240 hari)



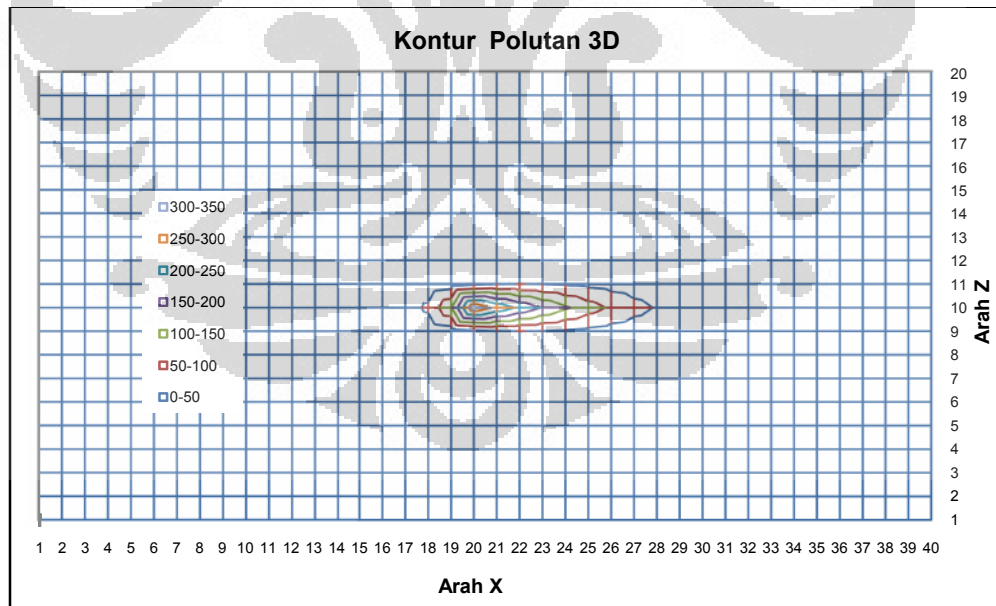
Lampiran 18b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (240 hari)



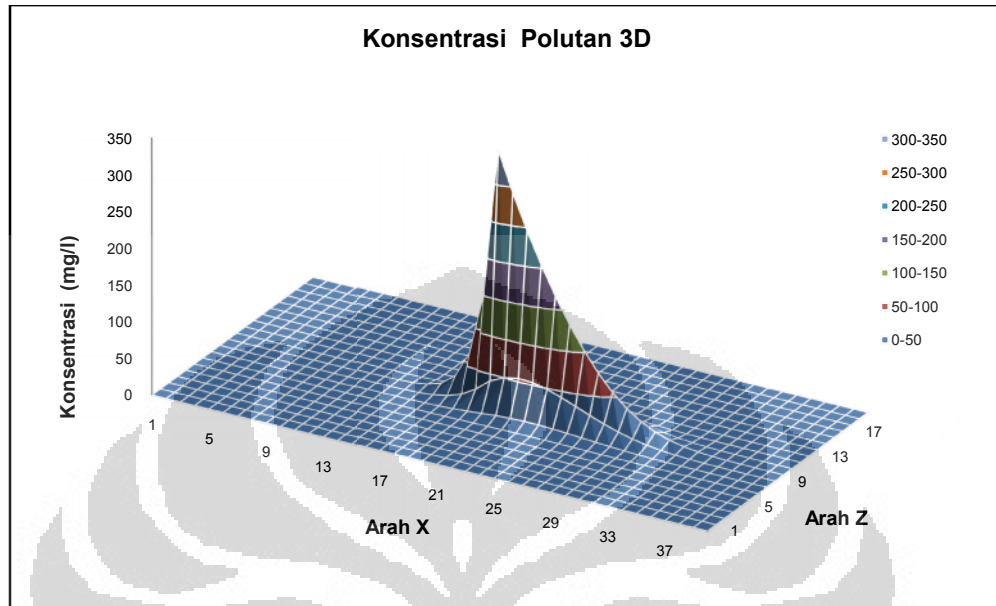
Lampiran 20a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (270 hari)



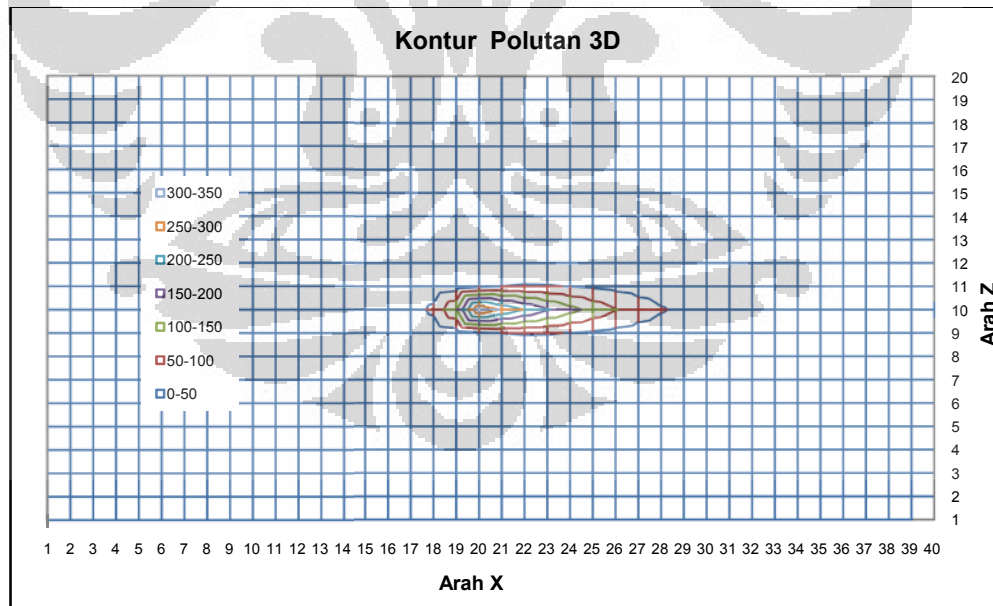
Lampiran 20b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (270 hari)



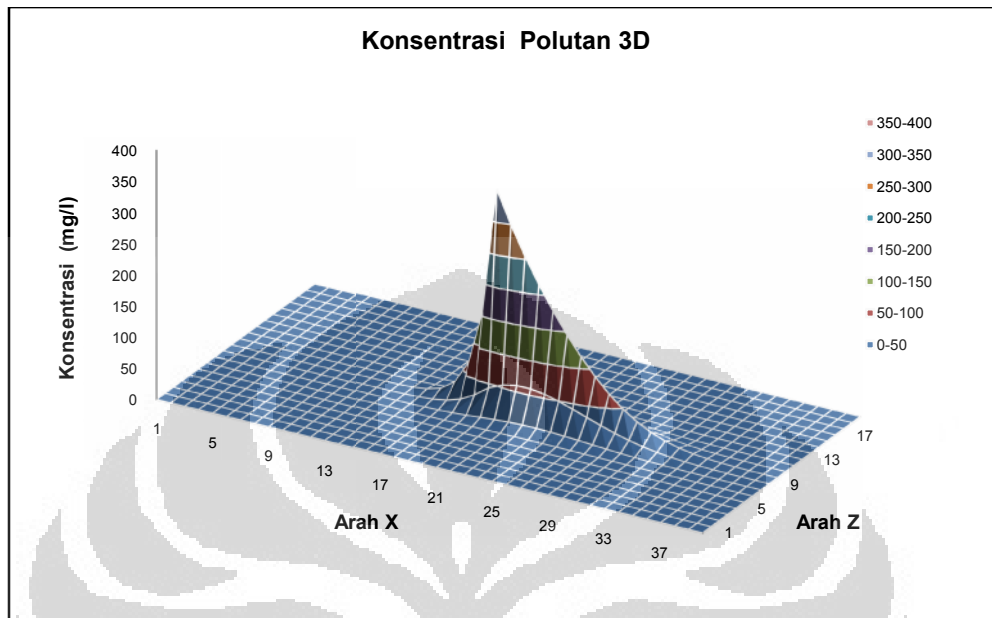
Lampiran 22a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (300 hari)



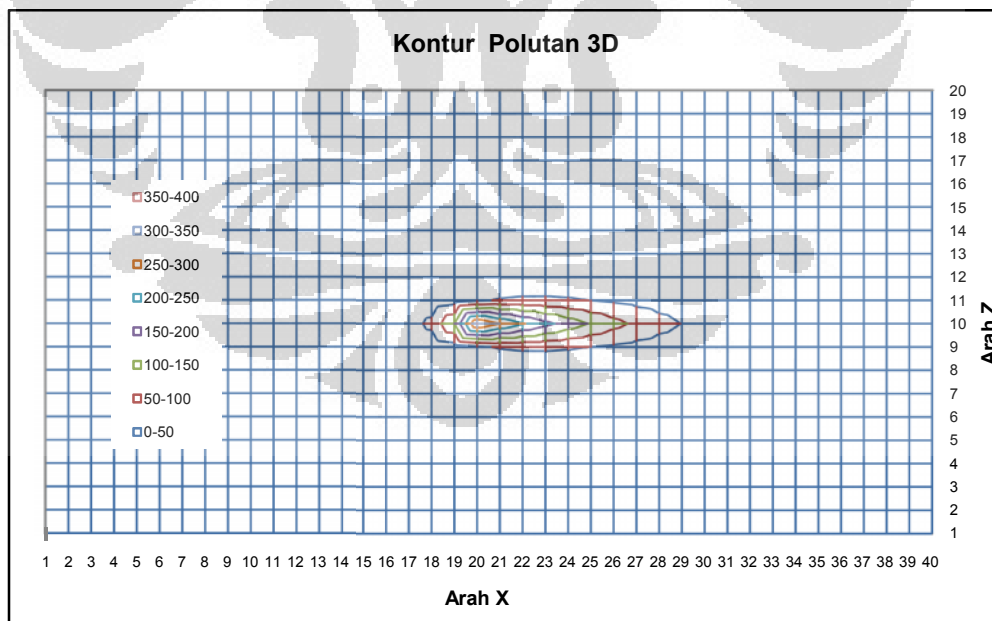
Lampiran 22b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (300 hari)



Lampiran 24a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (330 hari)



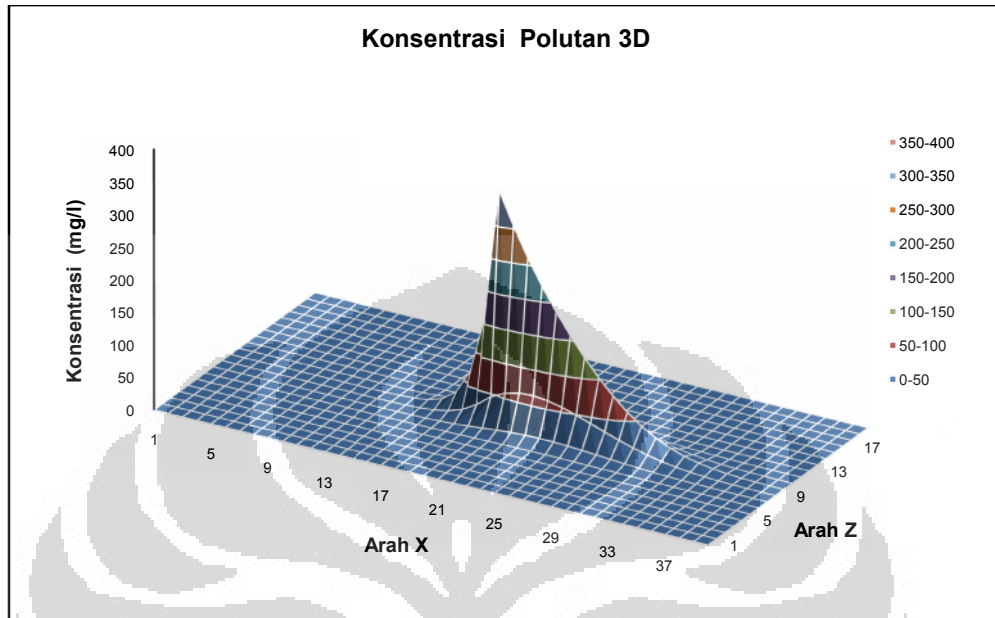
Lampiran 24b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (330 hari)



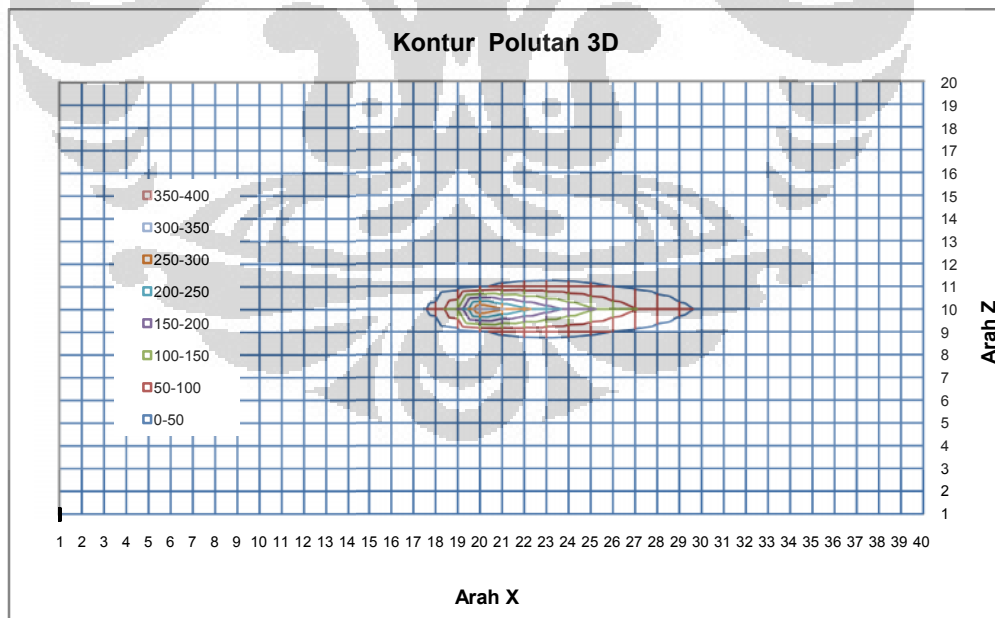
Lampiran 25: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Bulan (360 hari)

Penyebaran Konsentrasi Polutan																				
Concentration (mg/l)		Massa Terserab : 1,21E+08(gram)																		
time (D): 364,000		Massa Sumber : 1,21E+08(gram)																		
		Kesalahan Relatif : 1,08E-03																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	satuan
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40 -
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20 -
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5 m
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 -
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 m/day
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10 m/day
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.12	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20 m
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.31	0.31	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44%
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.33	0.80	0.33	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.17	0.77	2.00	0.77	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360/day
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	1.75	4.89	1.75	0.36	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	3.80	11.78	3.80	0.77	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.22	7.90	27.86	7.90	1.49	0.22	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.38	15.52	65.32	15.52	2.70	0.38	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.62	28.32	152.25	28.32	4.50	0.62	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.92	45.81	353.97	45.81	6.78	0.92	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.15	1.24	56.64	304.50	56.64	9.00	1.24	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	1.54	10.79	62.07	10.79	1.54	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.21	1.77	11.94	63.18	11.94	1.77	0.21	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23	1.90	12.36	60.87	12.36	1.90	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.24	1.92	12.08	56.03	12.08	1.92	0.24	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23	1.83	11.19	49.47	11.19	1.83	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.21	1.64	9.86	41.96	9.86	1.64	0.21	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.16	1.40	8.27	34.19	8.27	1.40	0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	1.13	6.61	26.73	6.61	1.13	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.11	0.86	5.03	20.04	5.03	0.86	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.63	3.63	14.37	3.63	0.63	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.43	2.49	9.84	2.49	0.43	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.27	1.62	6.42	13.70	6.42	1.62	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.17	0.95	3.97	8.50	3.97	0.95	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.58	2.33	5.01	2.33	0.58	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.31	1.29	2.81	1.29	0.31	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.16	0.67	1.48	0.67	0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.33	0.74	0.33	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.34	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -

Lampiran 26a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Bulan (360 hari)



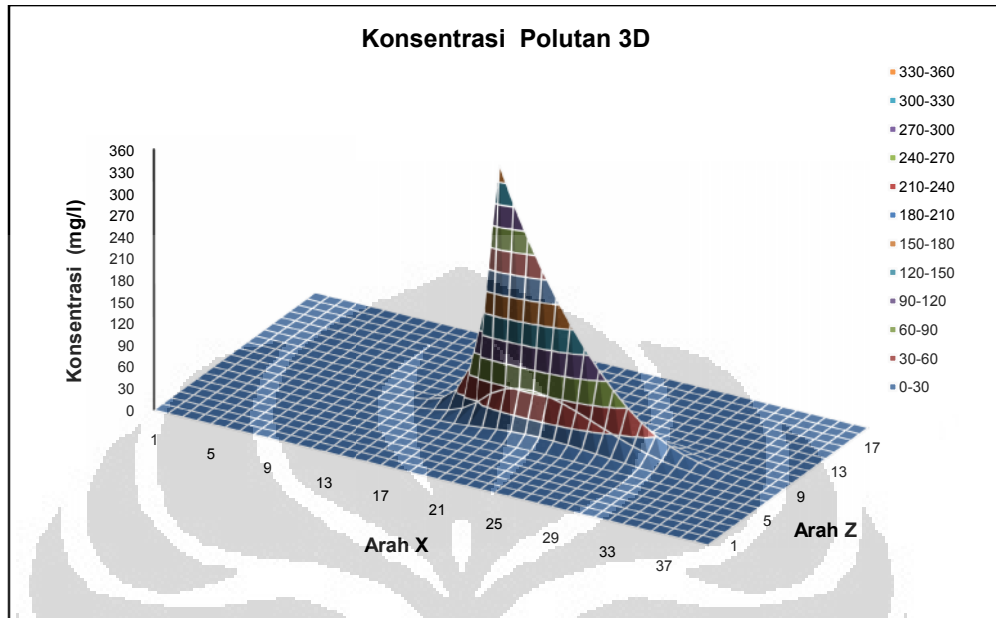
Lampiran 26b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Bulan (360 hari)



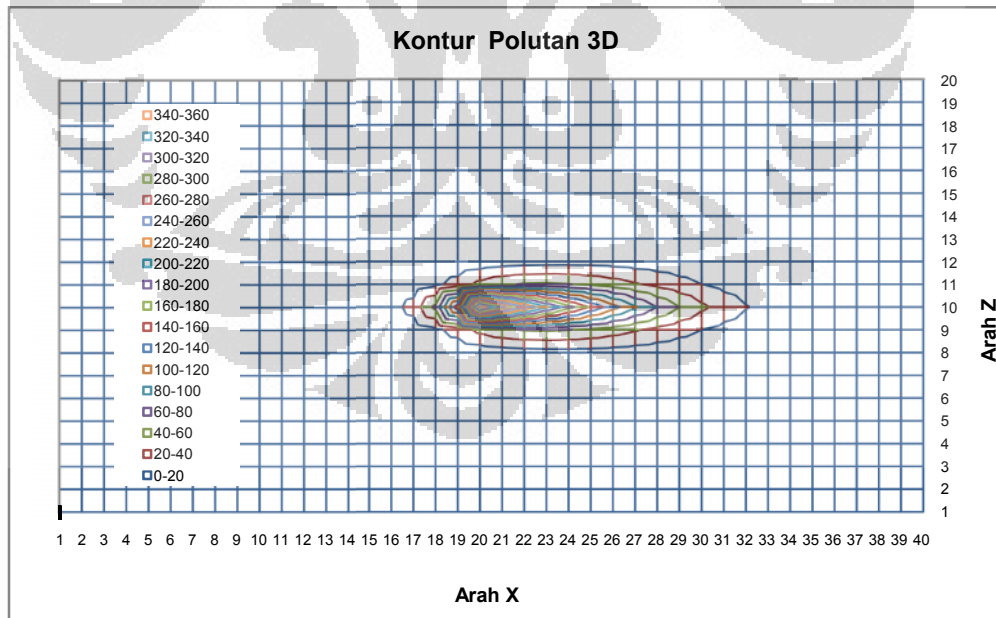
Lampiran 27: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (360 hari)

		Penyebaran Konsentrasi Polutan																				Data Parameter		satu			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	NX (jumlah Titik X)	NZ (jumlah Titik Z)				
1	Concentration (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40 -	40 -	
2	time (D):	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	364,000	30 -	30 -
3	Massa Tersebar :	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	50 m	50 m
4	Massa Sumber :	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	1,21E+08(gram)	50 m	50 m
5	Kesalahan Relatif :	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,08E-03	1 -	1 -
6																										1 m/day	1 m/day
7																										1 m/day	1 m/day
8																										0 m/day	0 m/day
9																										0 m/day	0 m/day
10																										0 m/day	0 m/day
11																										0 m/day	0 m/day
12																										0 m/day	0 m/day
13																										0 m/day	0 m/day
14																										0 m/day	0 m/day
15																										0 m/day	0 m/day
16																										0 m/day	0 m/day
17																										0 m/day	0 m/day
18																										0 m/day	0 m/day
19																										0 m/day	0 m/day
20																										0 m/day	0 m/day
21																										0 m/day	0 m/day
22																										0 m/day	0 m/day
23																										0 m/day	0 m/day
24																										0 m/day	0 m/day
25																										0 m/day	0 m/day
26																										0 m/day	0 m/day
27																										0 m/day	0 m/day
28																										0 m/day	0 m/day
29																										0 m/day	0 m/day
30																										0 m/day	0 m/day
31																										0 m/day	0 m/day
32																										0 m/day	0 m/day
33																										0 m/day	0 m/day
34																										0 m/day	0 m/day
35																										0 m/day	0 m/day
36																										0 m/day	0 m/day
37																										0 m/day	0 m/day
38																										0 m/day	0 m/day
39																										0 m/day	0 m/day
40																										0 m/day	0 m/day

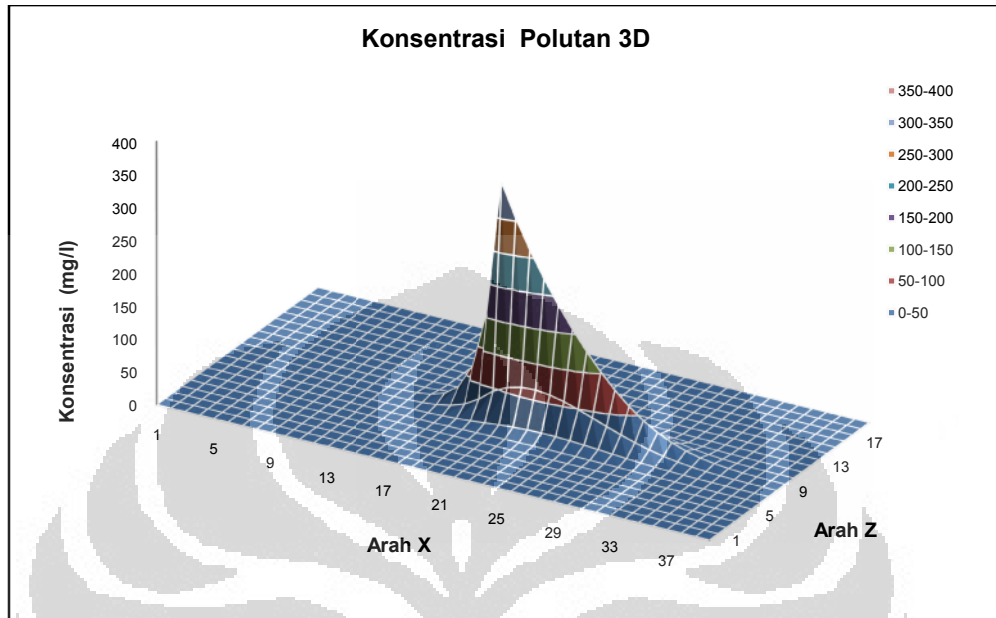
Lampiran 28a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (360 hari)



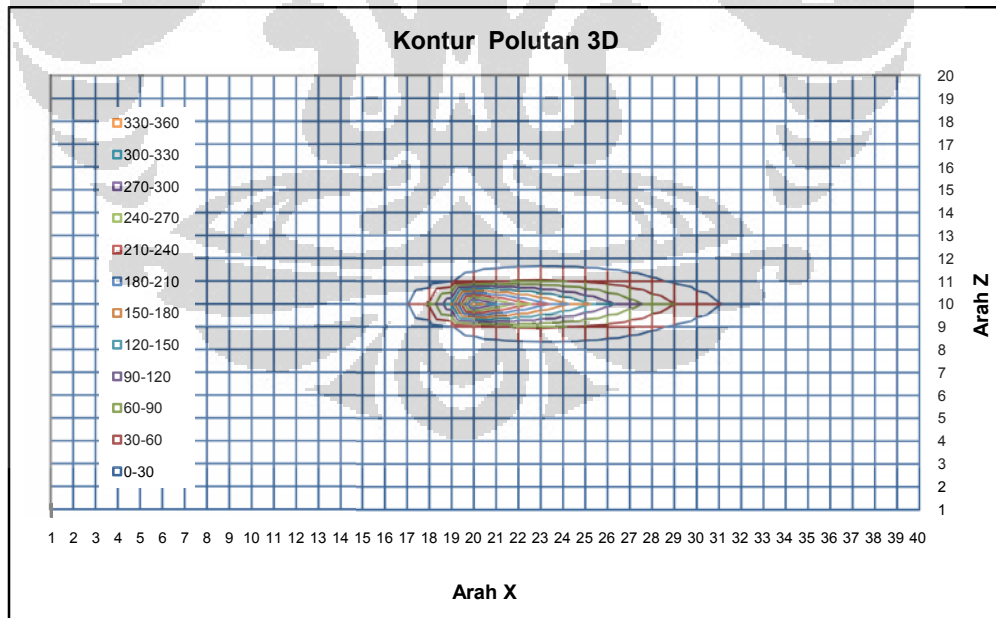
Lampiran 28b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (360 hari)



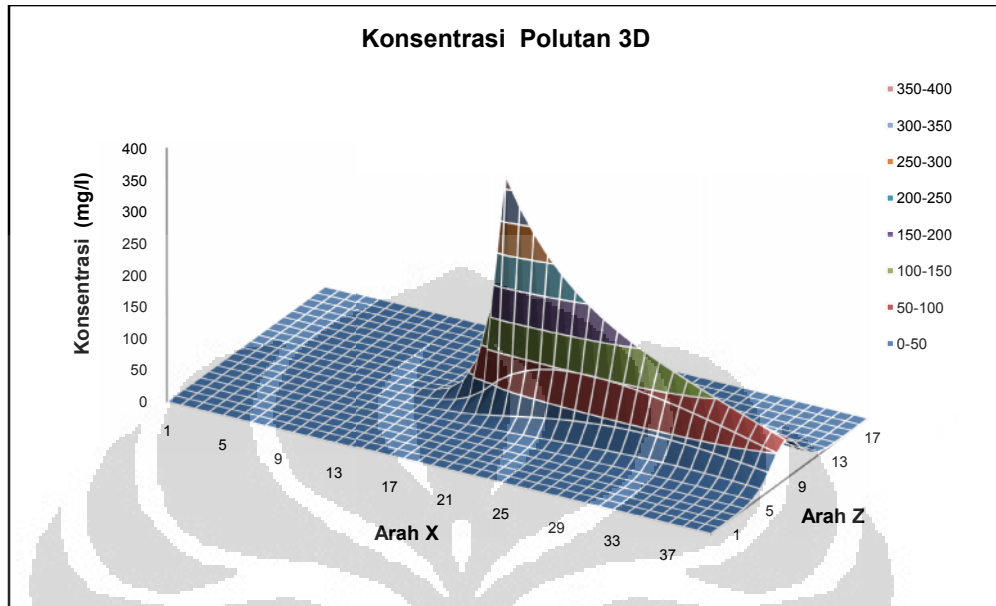
Lampiran 30a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (720 hari)



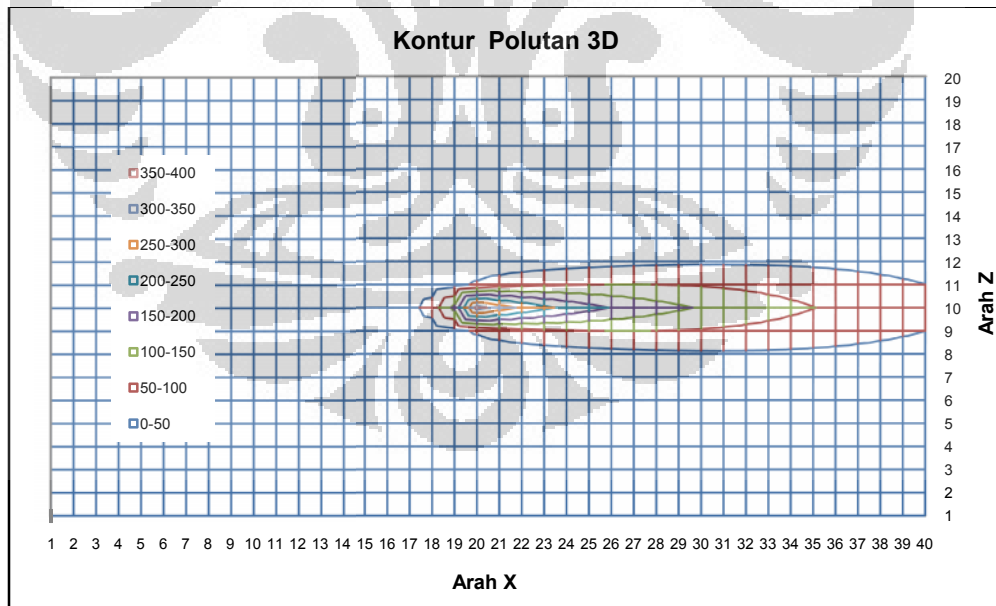
Lampiran 30b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (720 hari)



Lampiran 32a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1080 hari)



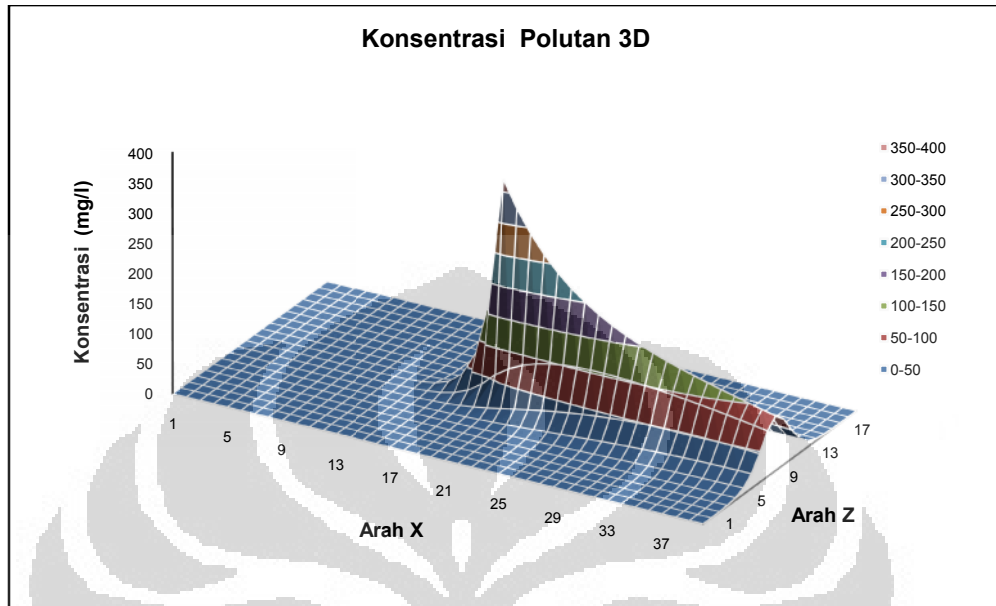
Lampiran 32b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1080 hari)



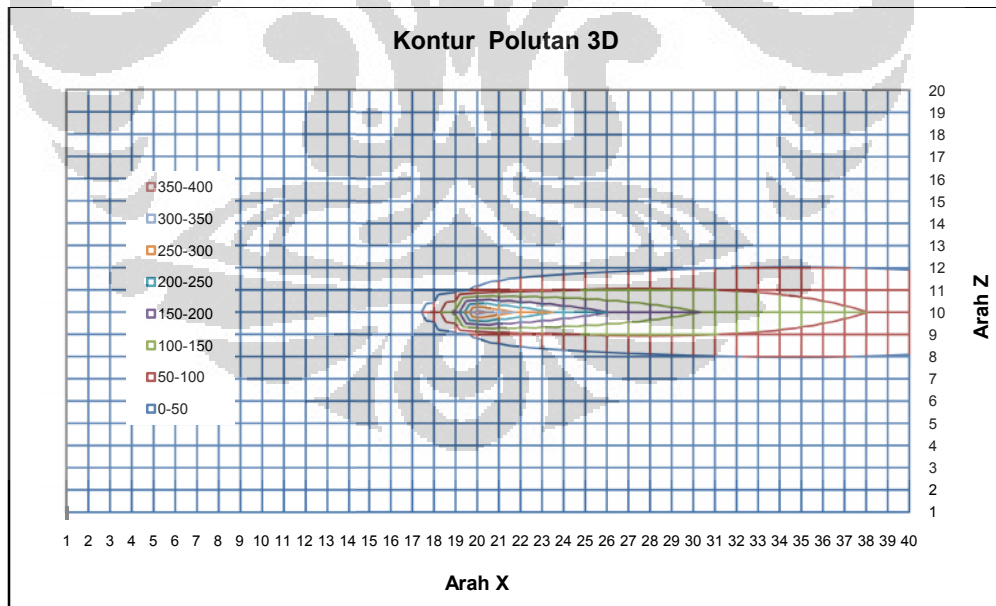
Lampiran 33: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (1440 hari)

Concentration (mg/l) time (D): 1443.000		Massa Tersebar : 3,47E+0(gram)		Penyebaran Konsentrasi Polutan		Data Parameter		Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran Variasi Nilai Waktu per Tahun (1440 hari)												
		Kesejahteraan Relatif : 2,78E-01		Massa Sumber : 4,81E+0(gram)																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	status
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40 -
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20 -
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50 m
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3 m
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 -
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 m/day
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 m/day
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 m
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,42%
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1440day
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (Skema Pembobolan)
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 -
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 -
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33380 g/day
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Lampiran 34a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1440 hari)



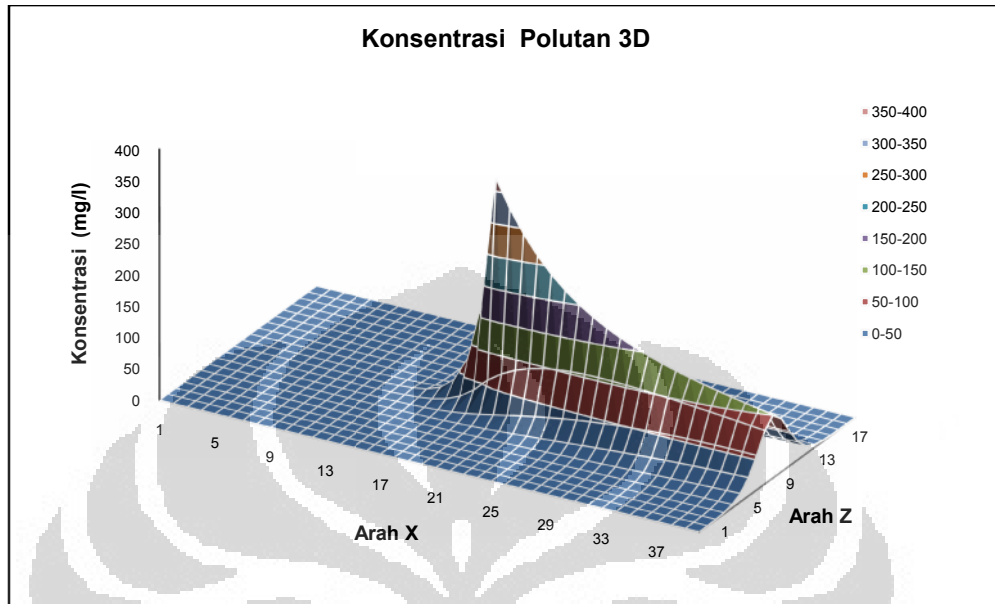
Lampiran 34b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1440 hari)



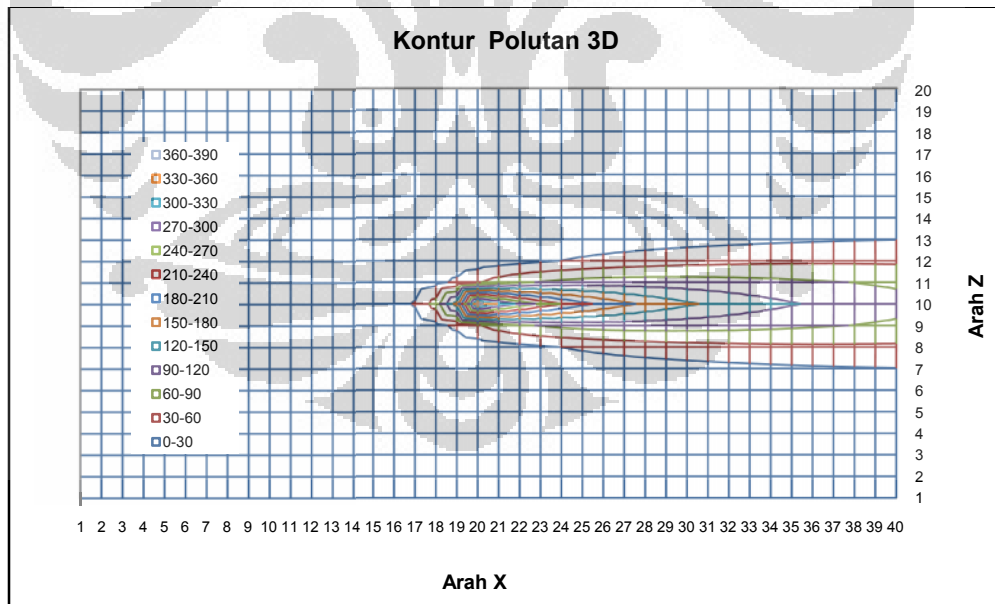
Lampiran 35: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran Untuk Variasi Nilai Waktu per Tahun (1800 hari)

		Penyebaran Konsentrasi Polutan																		Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran Variasi Nilai Waktu per Tahun (1800 hari)			
Concentration (mg/l)	Massa Terserab: 3,60E+08(gram)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter	satuan
time (D): 1795,000	Massa Sumber: 5,98E+08(gram)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NX (Jumlah Tink X)	40-
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NZ (Jumlah Tink Z)	40-
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DX (Jarak X)	50 m
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DZ (Jarak Z)	50 m
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	50 m
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AO (Dispersivitas Transversal)	5 m
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NS (Jumlah Sumber)	1-
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UX (Kecepatan Arah X)	1 m/day
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UZ (Kecepatan Arah Z)	10 m/day
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M (Ketebalan Akutier)	20 m
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NE (Porositas Efektif)	0,42%
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0-
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	TM (Waktu Maksimum)	180day
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DS (Skema Pembobotan)	1-
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	20-
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	10-
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	QS (Debit Sumber Polutan)	333,80g/day
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

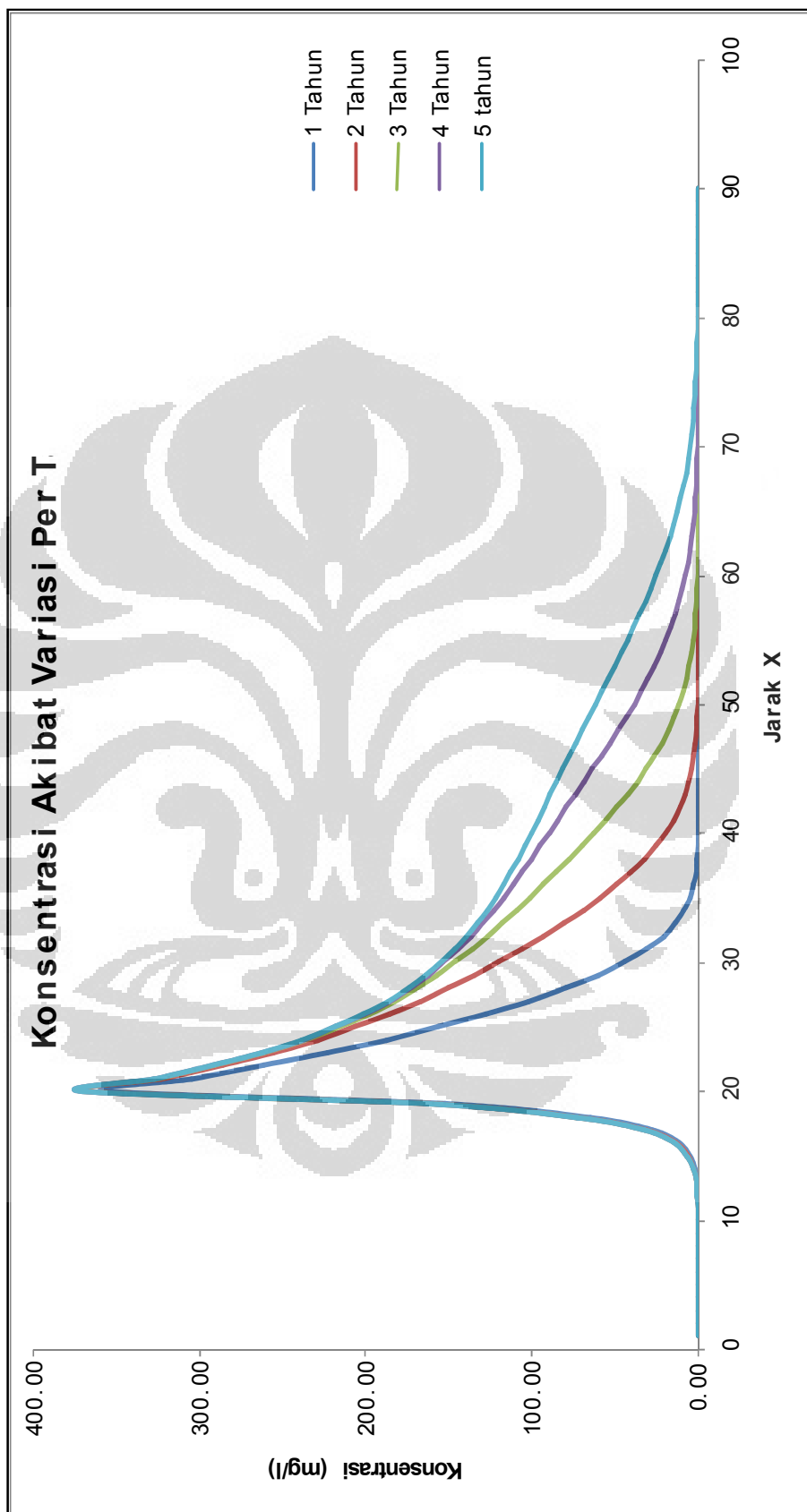
Lampiran 36a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Waktu per Tahun (1800 hari)



Lampiran 36b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Waktu per Tahun (1800 hari)



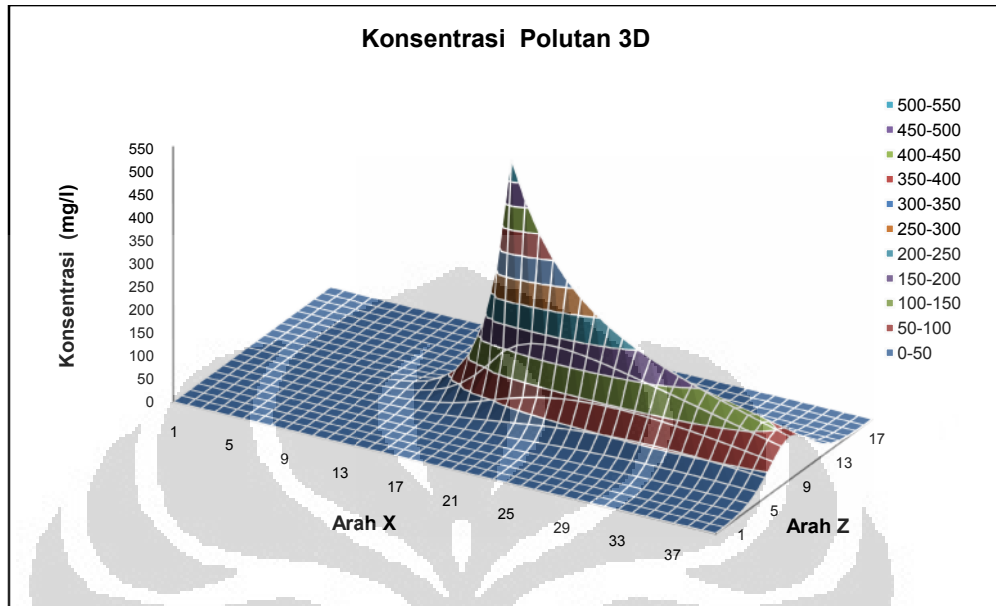
Lampiran 37: Jarak Terjauh Akibat Variasi Waktu per Tahun



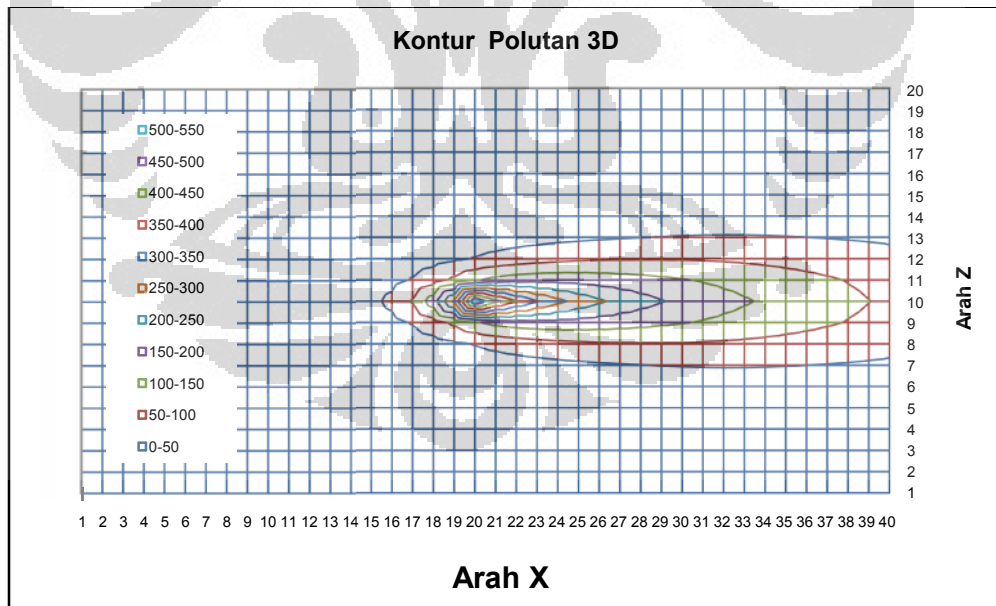
Lampiran 38: Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Jarak Grid 25 x 25

Concentration (mg/l)		Massa Teresebar :		6.34E+08 (gram)		Massa Sumber :		2.00E+08 (gram)		Kesalahan Relatif : 2.18E+00		Penyebaran Konsentrasi Polutan		Data Parameter		satuan			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.09	0.10	0.09	0.06	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.15	0.17	0.15	0.11	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.16	0.20	0.29	0.26	0.18	0.11	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.09	0.17	0.29	0.42	0.48	0.42	0.29	0.17	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.14	0.26	0.46	0.67	0.78	0.67	0.46	0.26	0.14	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.10	0.21	0.40	0.71	1.06	1.26	1.06	0.71	0.40	0.21	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00
0.00	0.01	0.01	0.03	0.08	0.20	0.44	0.80	1.66	2.64	3.27	2.64	1.66	0.90	0.44	0.20	0.08	0.03	0.01	0.00
0.00	0.01	0.02	0.05	0.12	0.28	0.63	1.32	2.51	4.13	5.27	4.13	2.51	1.32	0.63	0.28	0.12	0.05	0.02	0.01
0.00	0.01	0.02	0.05	0.12	0.28	0.63	1.32	2.51	4.13	5.27	4.13	2.51	1.32	0.63	0.28	0.12	0.05	0.02	0.01
0.00	0.01	0.03	0.09	0.22	0.54	1.26	2.75	5.69	10.01	13.84	10.01	5.69	2.75	1.26	0.54	0.22	0.09	0.03	0.01
0.00	0.02	0.04	0.12	0.30	0.74	1.73	3.89	8.19	15.45	22.62	15.45	8.19	3.89	1.73	0.74	0.30	0.12	0.04	0.02
0.00	0.03	0.06	0.15	0.40	0.99	2.36	5.42	11.85	23.68	37.29	23.68	11.85	5.42	2.36	0.99	0.40	0.15	0.06	0.02
0.00	0.03	0.07	0.20	0.52	1.30	3.16	7.42	16.86	35.90	62.08	35.90	16.86	7.42	3.16	1.30	0.52	0.20	0.07	0.03
0.00	0.04	0.10	0.25	0.67	1.69	4.15	9.96	23.48	53.61	104.59	53.61	23.48	9.96	4.15	1.69	0.67	0.25	0.09	0.03
0.05	0.12	0.32	0.85	2.16	5.36	13.07	31.94	76.19	178.67	310.03	178.67	76.19	31.94	13.07	5.36	2.16	0.85	0.32	0.12
0.07	0.15	0.40	1.06	2.72	6.78	16.71	41.73	109.78	279.78	473.73	279.78	109.78	41.73	16.71	6.78	2.72	1.06	0.40	0.15
0.08	0.19	0.50	1.31	3.36	8.39	20.72	52.41	144.12	372.38	627.41	372.38	144.12	52.41	20.72	8.39	3.36	1.31	0.49	0.18
0.10	0.23	0.60	1.60	4.08	10.16	25.06	62.60	164.65	465.04	814.65	465.04	164.65	62.60	25.06	10.16	4.08	1.60	0.60	0.22
0.12	0.27	0.72	1.91	4.87	12.06	29.41	74.64	195.93	523.02	912.93	523.02	195.93	74.64	29.41	12.06	4.87	1.91	0.72	0.26
0.14	0.32	0.86	2.25	5.71	14.02	33.62	79.25	180.94	363.01	545.01	363.01	180.94	79.25	33.62	14.02	5.71	2.25	0.86	0.31
0.16	0.38	1.00	2.62	6.59	15.99	37.59	85.37	181.77	344.30	426.30	344.30	181.77	85.37	37.59	15.99	6.59	2.62	1.00	0.37
0.20	0.44	1.16	3.01	7.50	17.93	41.19	90.04	179.84	283.19	310.03	283.19	179.84	90.04	41.19	17.93	7.50	3.01	1.16	0.42
0.22	0.50	1.32	3.41	8.40	19.78	44.36	93.39	176.06	257.73	279.78	257.73	176.06	93.39	44.36	19.78	8.40	3.41	1.32	0.49
0.26	0.57	1.49	3.80	9.28	21.50	47.06	95.94	171.14	236.50	279.78	236.50	171.14	95.94	47.06	21.50	9.28	3.80	1.49	0.55
0.28	0.64	1.65	4.20	10.12	23.06	49.26	96.64	165.44	218.44	218.44	165.44	96.64	49.26	23.06	10.12	4.20	1.65	0.61	0.22
0.32	0.70	1.82	4.58	10.90	24.42	50.96	96.22	152.78	188.96	188.96	152.78	96.22	50.96	24.42	10.90	4.57	1.82	0.68	0.25
0.36	0.77	1.98	4.93	11.60	25.57	52.16	96.22	152.78	188.96	188.96	152.78	96.22	52.16	25.57	11.60	4.57	1.81	0.68	0.25
0.40	0.83	2.13	5.26	12.22	26.49	52.88	94.91	146.12	176.53	146.12	94.91	52.88	26.49	12.22	5.26	2.13	0.83	0.30	0.11
0.44	0.89	2.26	5.54	12.73	27.16	53.13	93.01	139.35	165.18	139.35	93.01	53.13	27.16	12.73	5.54	2.26	0.86	0.32	0.11
0.48	0.95	2.39	5.79	13.13	27.60	52.95	90.59	132.52	154.84	132.52	90.59	52.95	27.60	13.13	5.79	2.38	0.82	0.34	0.11
0.52	1.00	2.49	5.98	13.42	27.79	52.36	87.72	125.64	144.76	125.64	87.72	52.36	27.79	13.42	5.98	2.48	0.86	0.36	0.11
0.56	1.04	2.57	6.13	13.59	27.74	51.39	84.47	118.76	135.37	118.76	84.47	51.39	27.74	13.59	6.12	2.56	1.00	0.38	0.11
0.59	1.07	2.63	6.22	13.64	27.47	50.09	80.89	111.86	126.36	111.86	80.89	50.09	27.47	13.64	6.21	2.62	1.03	0.39	0.11
0.62	1.10	2.67	6.26	13.58	27.00	48.50	77.04	104.96	117.67	104.96	77.04	48.50	27.00	13.58	6.25	2.68	1.06	0.40	0.11
0.65	1.11	2.69	6.25	13.43	26.36	46.65	72.97	98.06	109.20	98.06	72.97	46.65	26.36	13.42	6.25	2.68	1.07	0.41	0.11
0.68	1.12	2.70	6.21	13.19	25.57	44.61	68.74	91.17	100.89	91.17	68.74	44.61	25.57	13.19	6.20	2.69	1.08	0.42	0.11
0.69	1.13	2.68	6.14	12.91	24.70	42.46	64.41	84.28	92.68	84.28	64.41	42.46	24.70	12.91	6.14	2.68	1.09	0.42	0.11

Lampiran 39a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak Grid 25 x 25



Lampiran 39b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak Grid 25 x 25

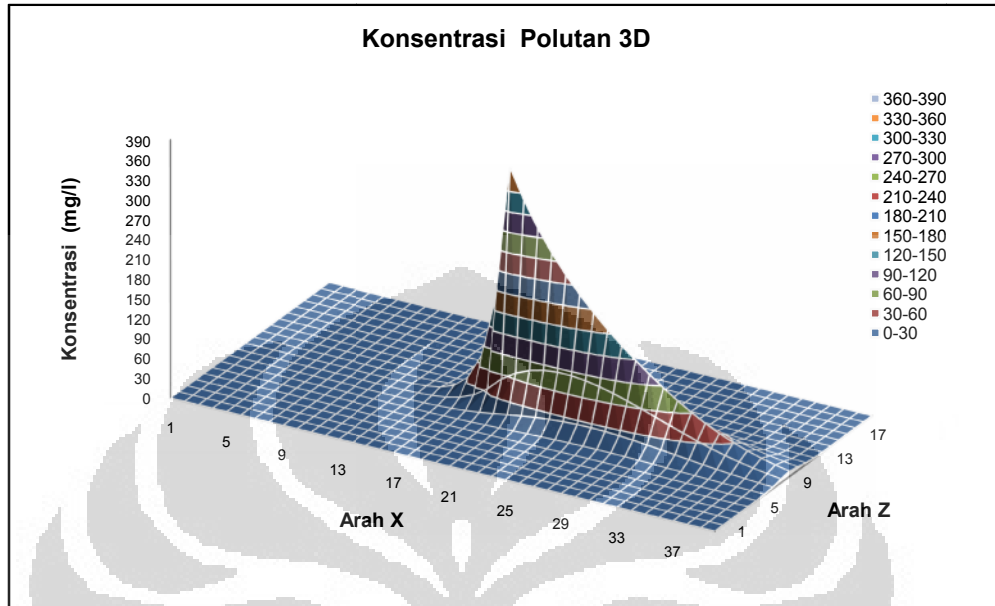


Lampiran 40: Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Jarak Grid 50 x 50

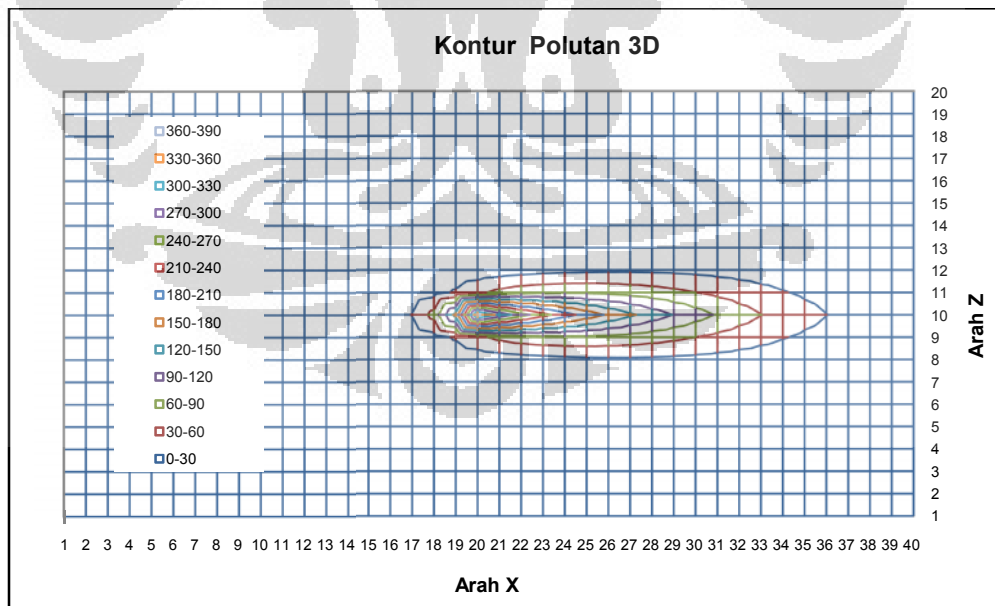
Penyebaran Konsentrasi Polutan		Masa Terebar: 1,99E+08 (gram)		Masa Sumber: 2,01E+08 (gram)		Kebalihan Relatif: 6,70E-03		Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Jarak Grid 50 x 50													
Concentration (mg/l)	time (D)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Data Parameter	satuan
NX (jumlah Tink X)	40 -
NZ (jumlah Tink Z)	40 -
DX (jarak X)	40 m
DZ (jarak Z)	40 m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	40 m
AQ (Dispersivitas Transversal)	3 m
NS (jumlah Sumber)	1 -
UX (kecepatan Arak X)	1 m/day
UZ (kecepatan Arak Z)	1 m/day
M (kelembaban Akuter)	40 m
NE (Porositas Efektif)	0.94 %
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0
TM (Waktu Maksimum)	400 day
DS (Skema Pembobotan)	1 -
ZS (Koordinat - X Sumber Polutan)	40 -
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	40 -
OS (Debit Sumber Polutan)	333 10 g/day

Lampiran 41a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak Grid 50 x 50



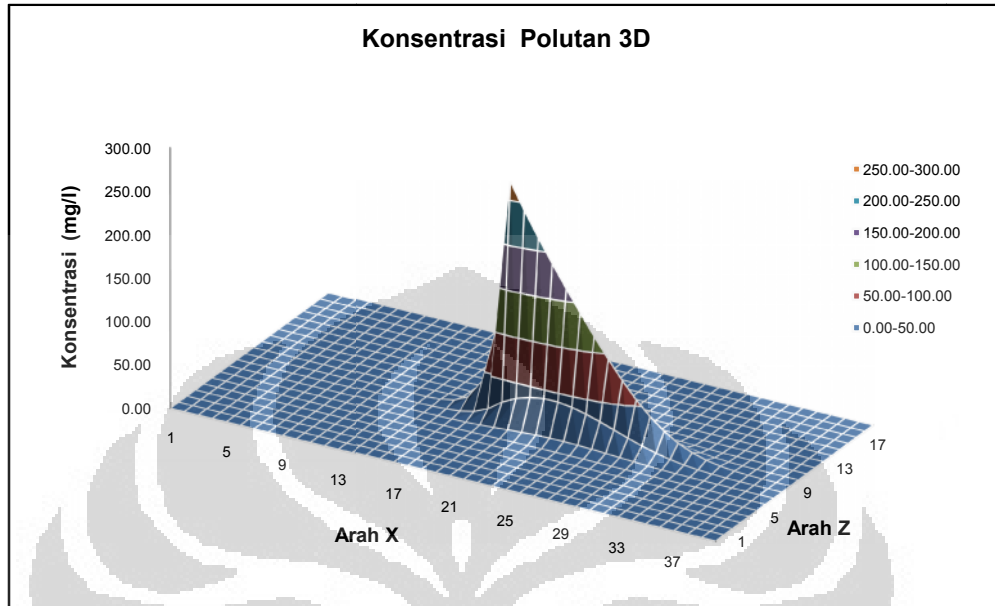
Lampiran 41b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak Grid 50 x 50



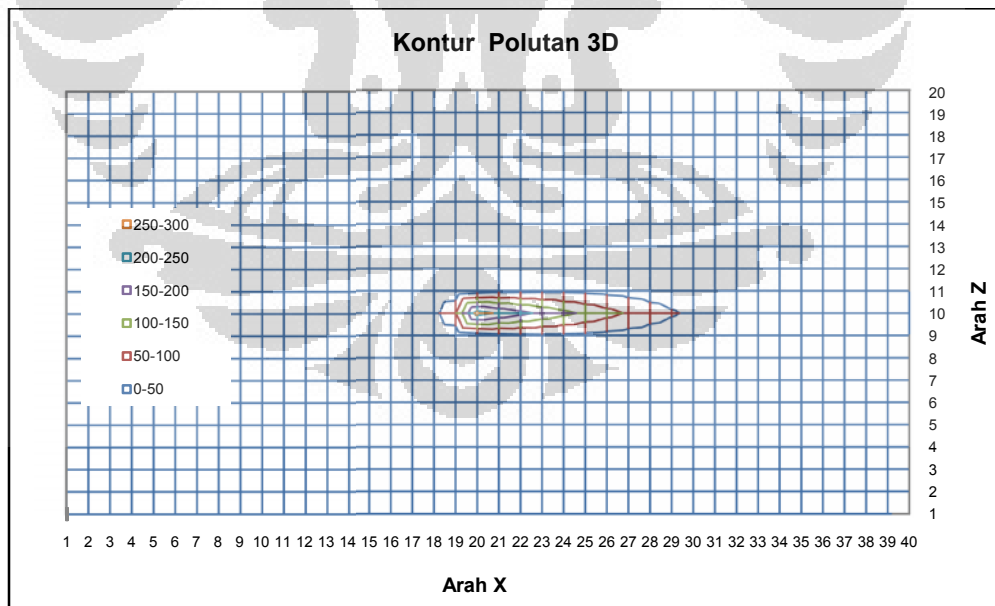
Lampiran 42: Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Jarak Grid 75 x 75

Penyebaran Konsentrasi Polutan																					
Concentration (mg/l)	time (D):	586,000	8,71E+07 (gram)	1,98E+08 (gram)	Kesalahan Relatif : 5,56E-01	Data Parameter															satuan
						NX (jumlah Titik X)	NZ (jumlah Titik Z)	DX (jarak X)	DZ (jarak Z)	AL (Dispersivitas Longitudinal)	AQ (Dispersivitas Transversal)	NS (jumlah Sumber)	UX (kecepatan Arah X)	UZ (kecepatan Arah Z)	M (Ketebalan Akurifer)	NE (porositas Efektif)	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	TM (Waktu Maksimum)	DS (Skema Pembabatan)	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

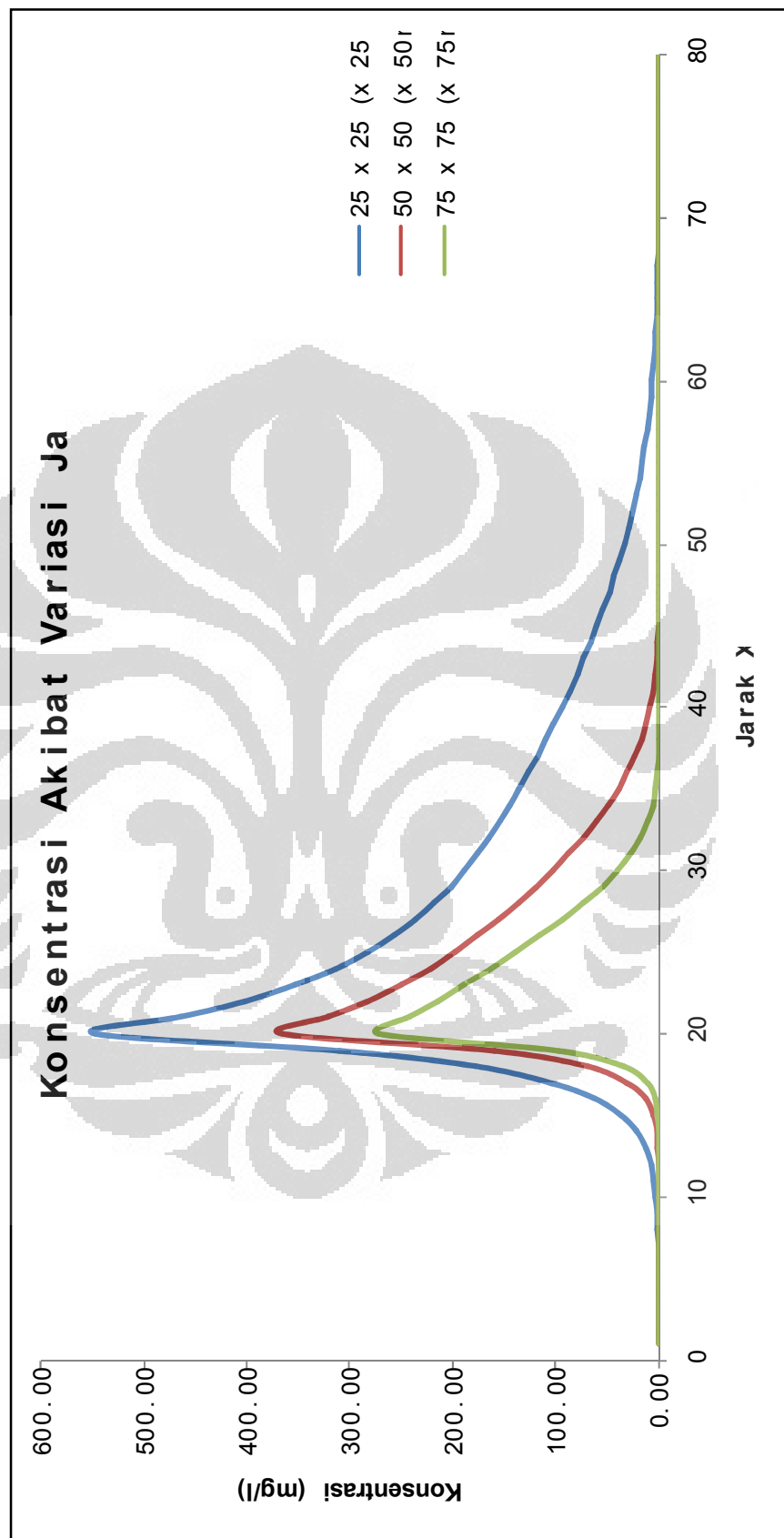
Lampiran 43a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Jarak Grid 75 x 75



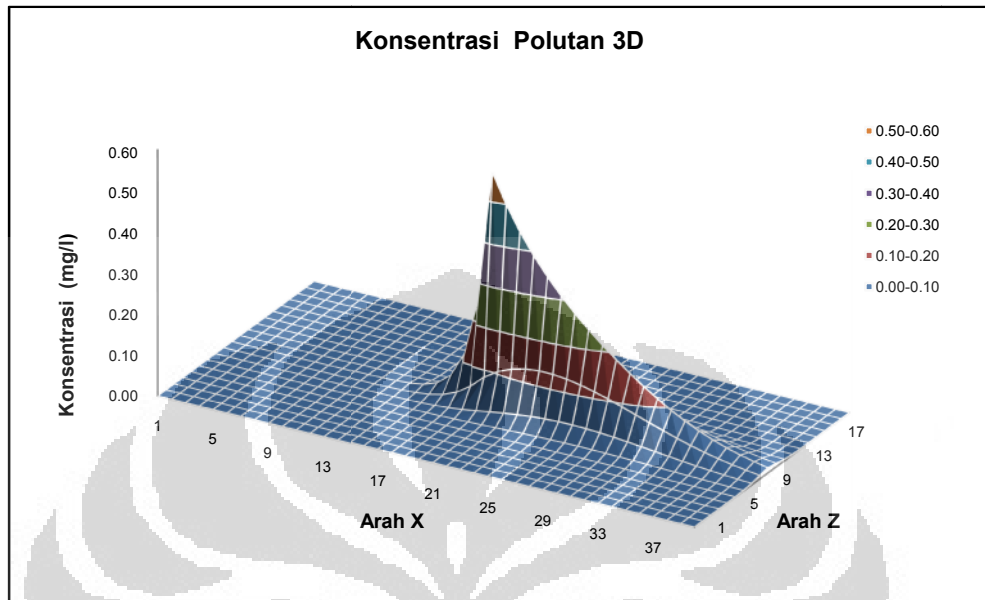
Lampiran 43b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Jarak Grid 75 x 75



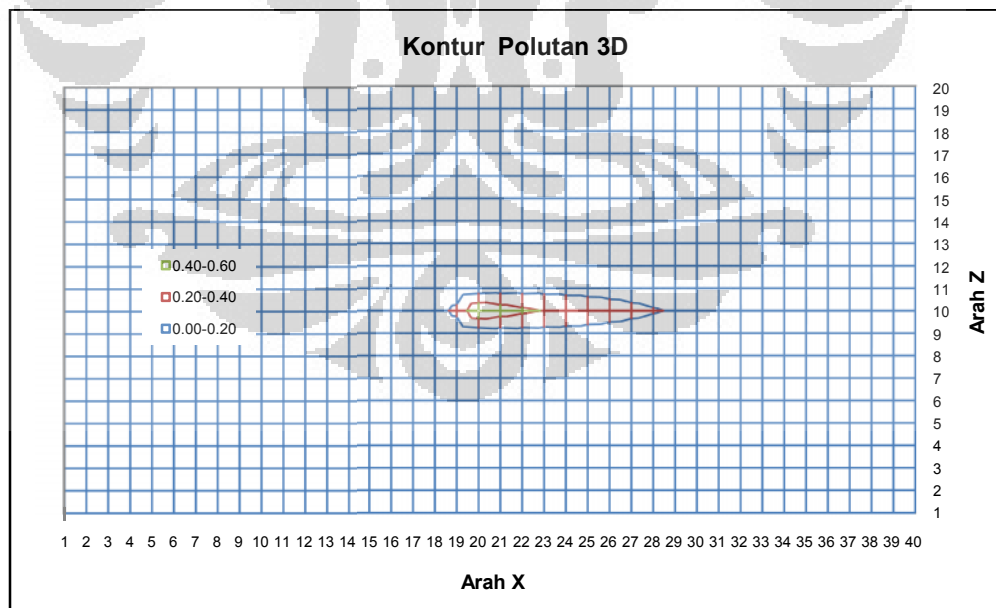
Lampiran 44: Jarak Terjauh Akibat Variasi Jarak Grid



Lampiran 46a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 1



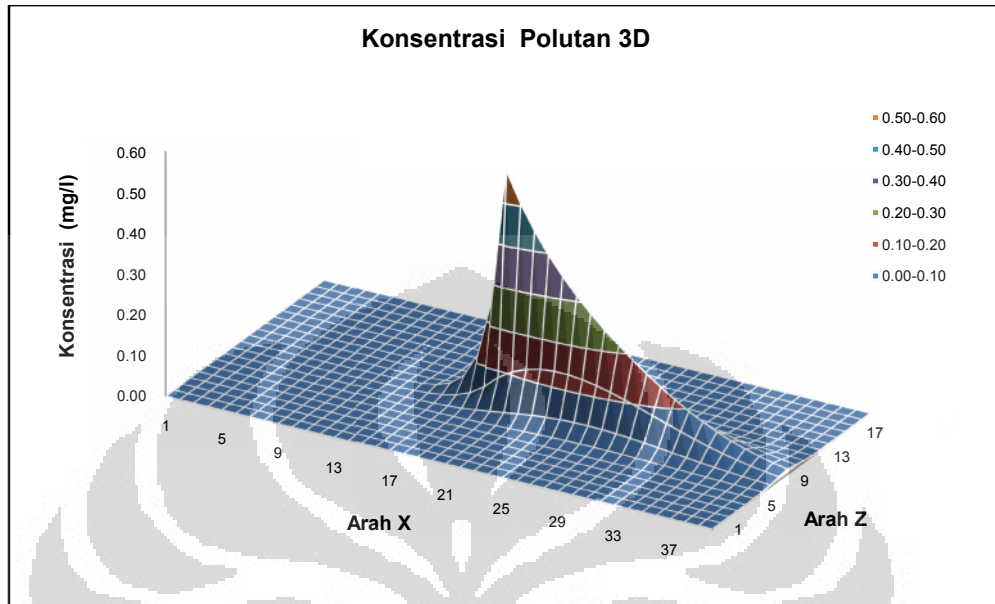
Lampiran 46b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 1



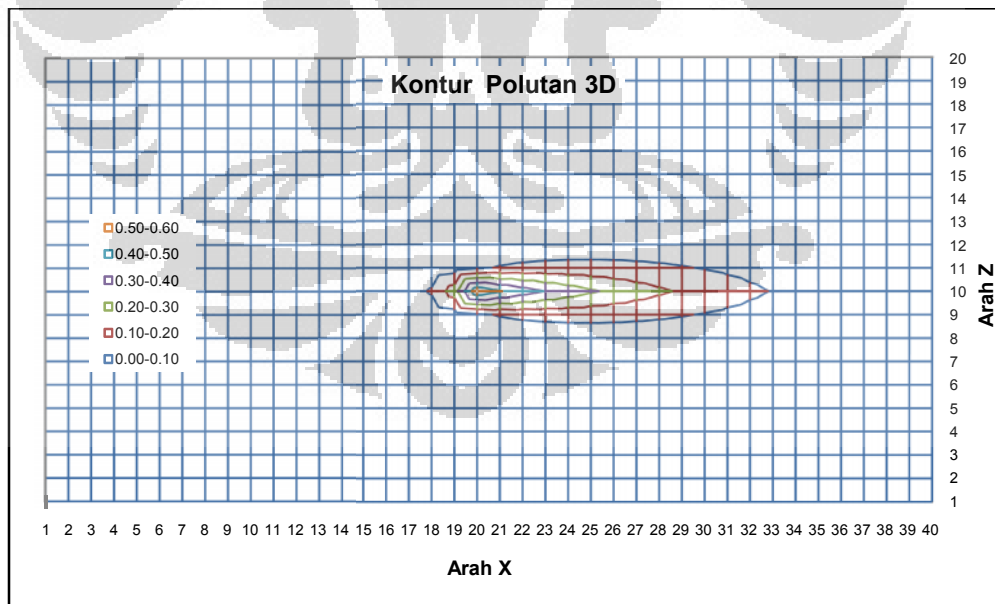
Lampiran 47: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit BOD 2

Penyebaran Konsentrasi Polutan																							
Concentration (mg/l)		Massa Terserab:																					
time (D):		Massa Sumber:																					
602,000		3,14E+05 (gram)																					
		2,01E+08 (gram)																					
		Kesalahan Relatif : 9,98E-01																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NX (jumlah Frik X)	0 -	satuan	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NZ (jumlah Frik Z)	0 -	satuan	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DX (tarik X)	0 -	m	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DZ (tarik Z)	0 -	m	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AX (Distribusi Longitudinal)	0 -	m	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AY (Distribusi Transversal)	0 -	m	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UX (jumlah Sumber)	1	mandy	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UY (kecepatan X)	0	mandy	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UZ (kecepatan Z)	0	mandy	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VA (Persentase Frik)	0,42	%	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VZ (Persentase Frik)	0	%	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	WA (Waktu Maksimum)	40	day	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XB (Skala Pembesaran)	1	-	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XS (Koordinat-X Sumber Polutan)	0	-	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ZS (Koordinat-Z Sumber Polutan)	0	-	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	US (Debit Sumber Polutan)	32,3	g/day	

Lampiran 48a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 2



Lampiran 48b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 2

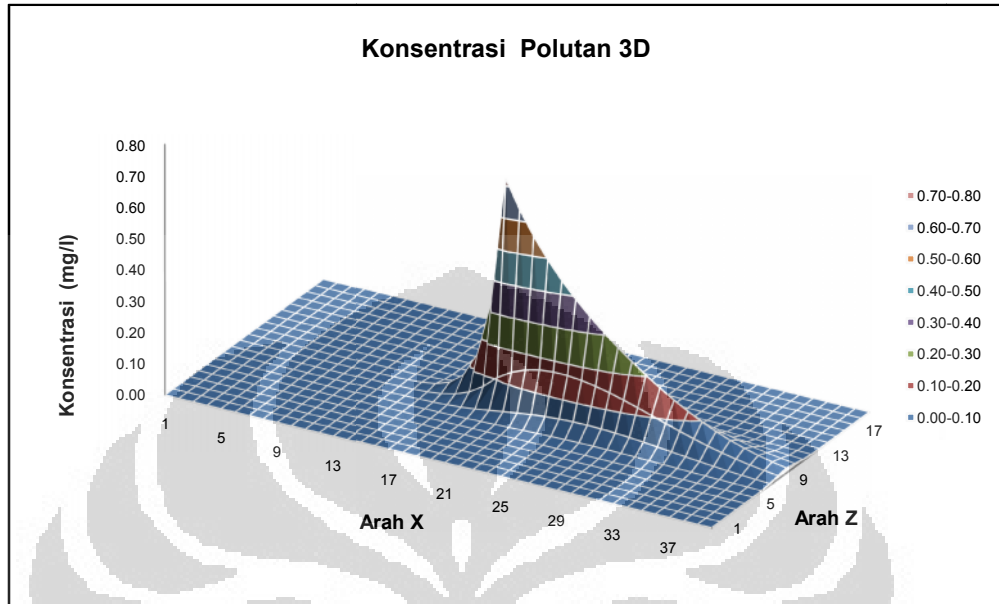


Lampiran 49: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit BOD 3

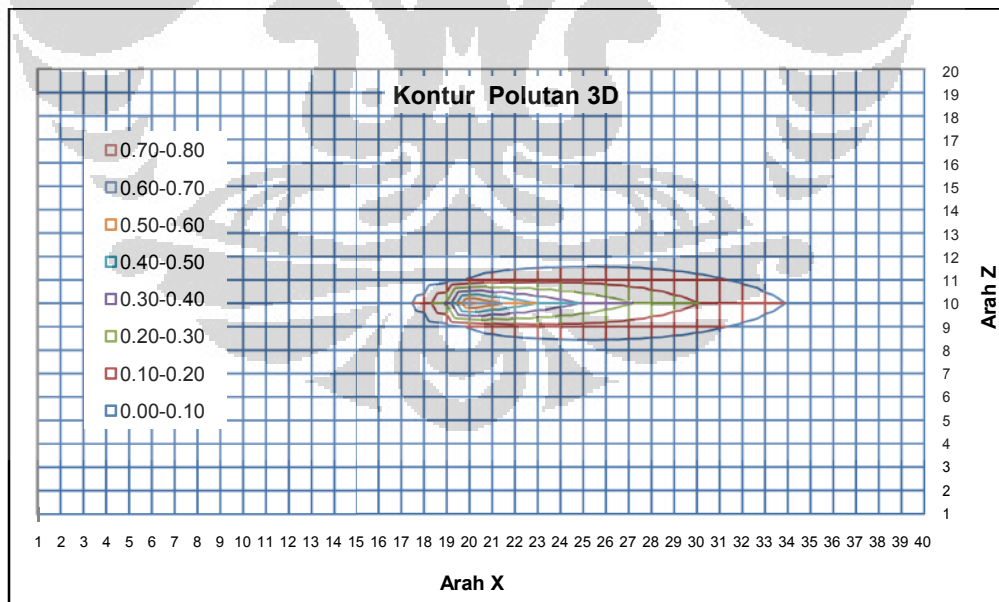
Penyebaran Konsentrasi Polutan		Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit BOD	
Concentration (mg/l)	6.02.000	Massa Tersebar :	3.93E+05 (gram)
time (D)	6.02.000	Massa Sumber :	2.01E+08 (gram)
		Kesalahan Relatif :	9.98E-01
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00
37	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00
39	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00

Parameter	Nilai	Satuan
NX (Jumlah Trik X)	40	-
NZ (Jumlah Trik Z)	40	m
DX (Jarak X)	40	m
DZ (Jarak Z)	40	m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	5	m
AQ (Dispersivitas Transversal)	1	-
NS (Jumlah Sumber)	1	miday
US (Kecepatan Arak X)	0	miday
M (Ketebalan Akifer)	0	m
NI (Porositas Efektif)	0.62	%
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	g/day
TM (Waktu Maksimum)	600	day
DS (Skema Pembobotan)	1	-
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	0	-
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0	-
QS (Debit Sumber Polutan)	6592.5	g/day

Lampiran 50a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 3



Lampiran 50b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 3

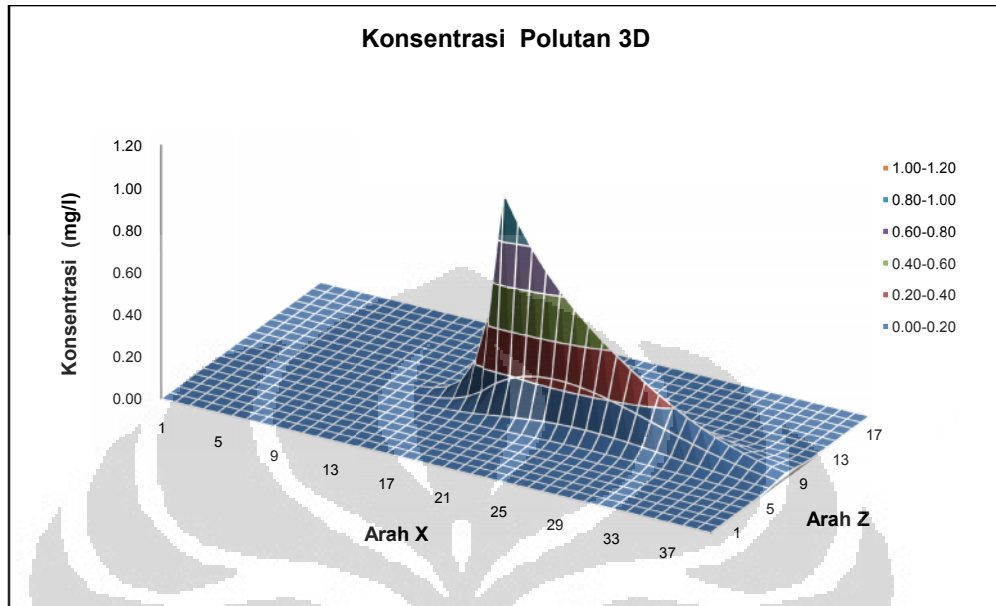


Lampiran 51: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit BOD 4

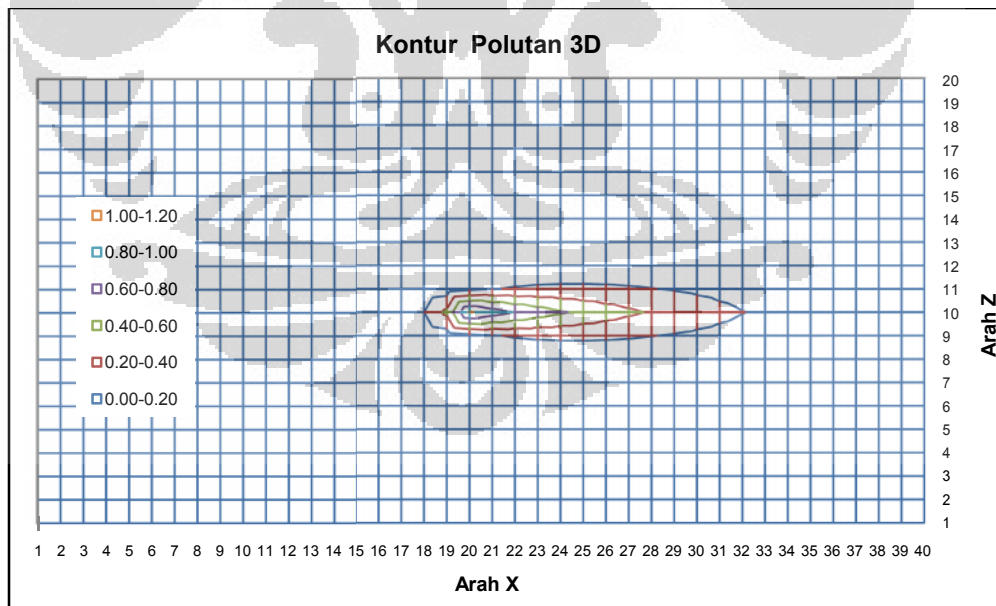
		Penyebaran Konsentrasi Polutan																	Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran unit Variasi Nilai Debit BOD				
Concentration (mg/l)	time (D)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter	satuan
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NX (jumlah Truk X)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NZ (jumlah Truk Z)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DX (jumlah X)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DZ (jumlah Z)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	0 m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AQ (Dispersivitas Transversal)	5 m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NS (jumlah Sumber)	1 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UX (kecepatan Arak X)	1 m/day
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UZ (kecepatan Arak Z)	0 m/day
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M (kecepatan Akuiser)	0 m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NF (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0,622 %
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	LA (Waktu Maksimum)	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	TA (Waktu Maksimum)	640 day
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DS (Skema Pembabatan)	1 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0 -
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	QS (Debit Sumber Polutan)	9,31 \$ g/day

Massa Terserab :	5,56E+05 (gram)
Massa Sumber :	2,01E+08 (gram)
Kesalahan Relatif :	9,97E-01
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,00
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
22	0,00
23	0,00
24	0,00
25	0,00
26	0,00
27	0,00
28	0,00
29	0,00
30	0,00
31	0,00
32	0,00
33	0,00
34	0,00
35	0,00
36	0,00
37	0,00
38	0,00
39	0,00
40	0,00

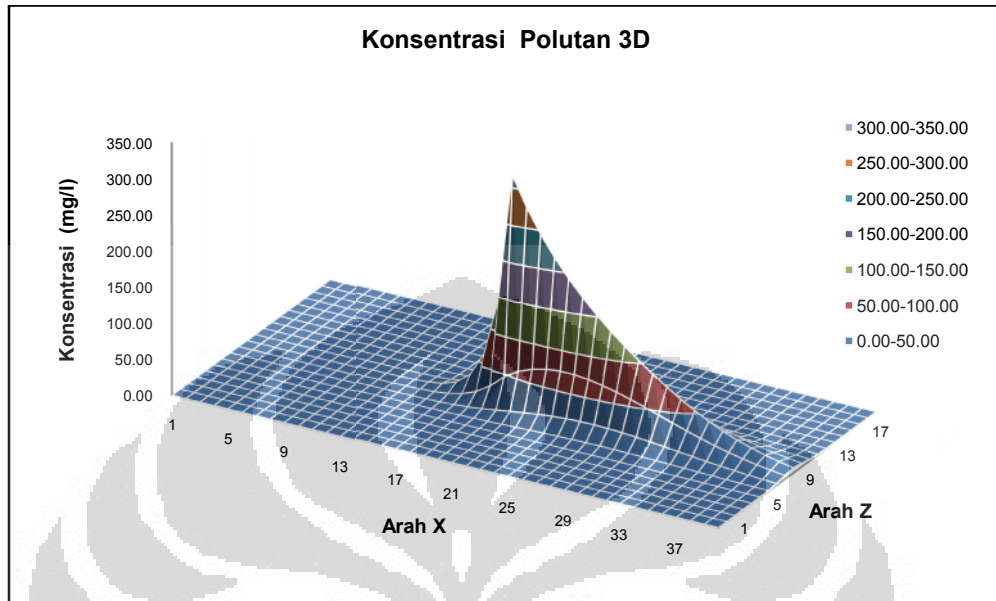
Lampiran 52a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit BOD 4



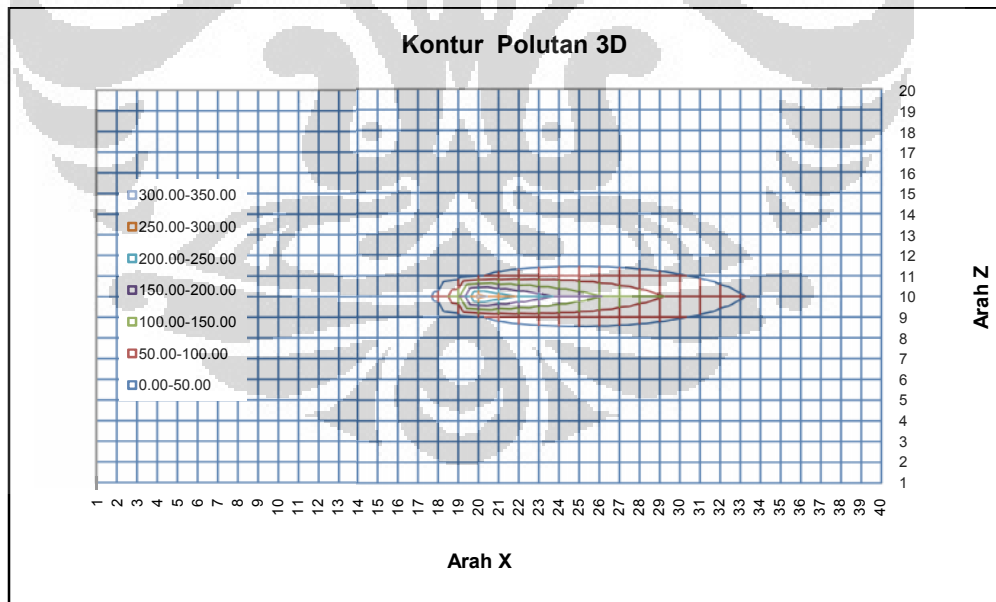
Lampiran 52b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit BOD 4



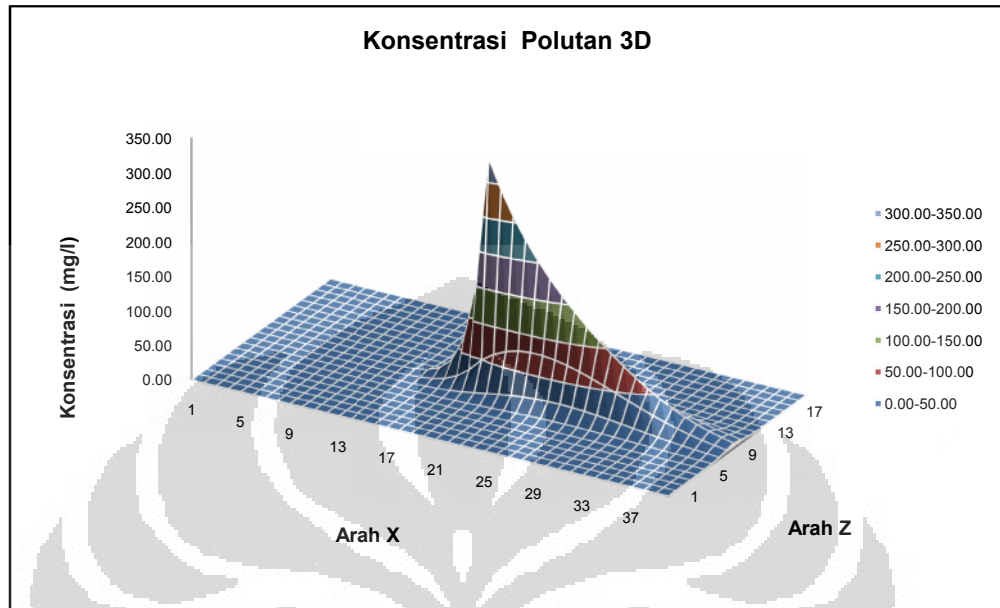
Lampiran 54a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 1



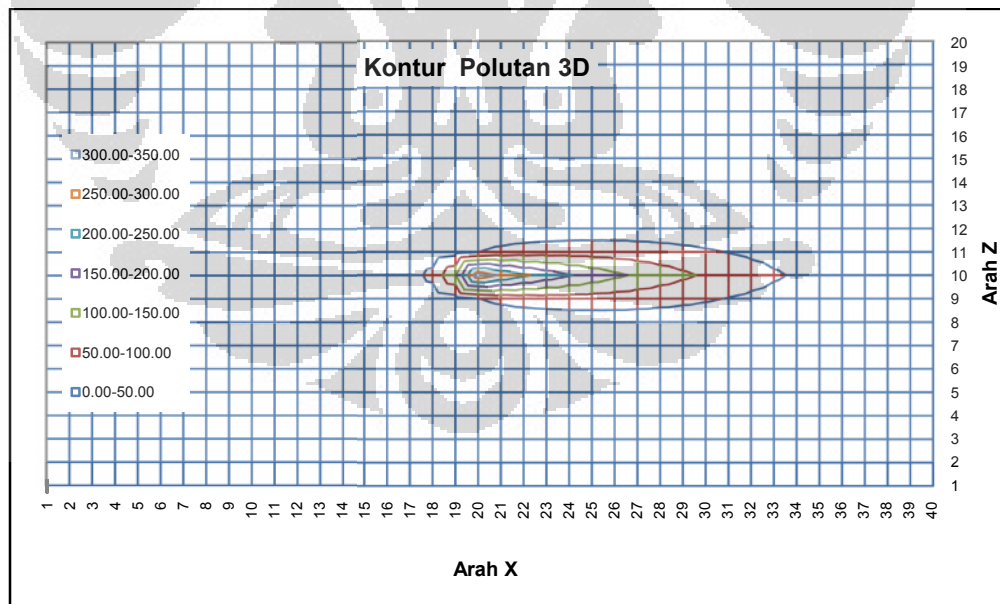
Lampiran 54b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 1



Lampiran 56a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 2



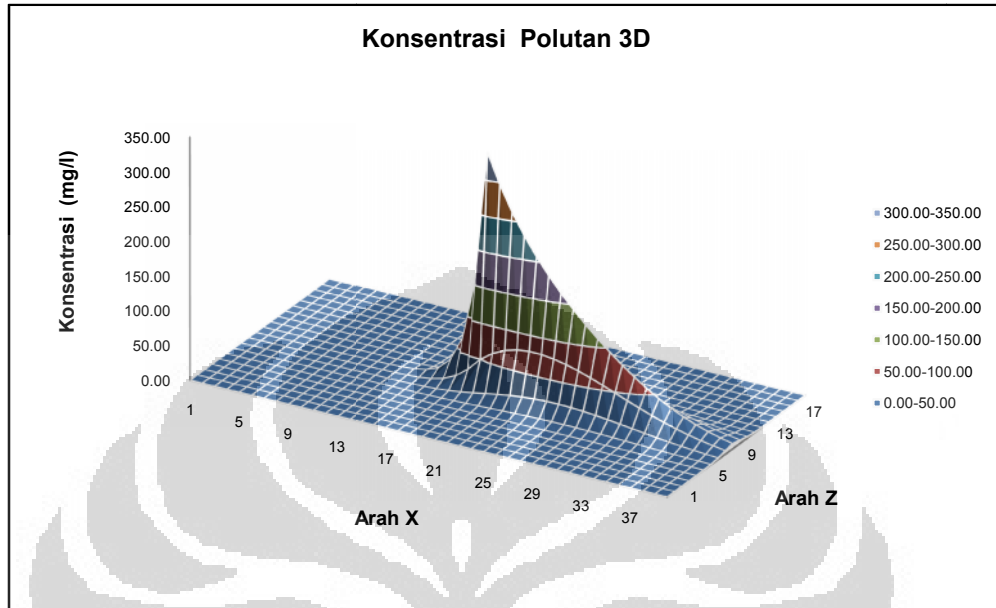
Lampiran 56b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 2



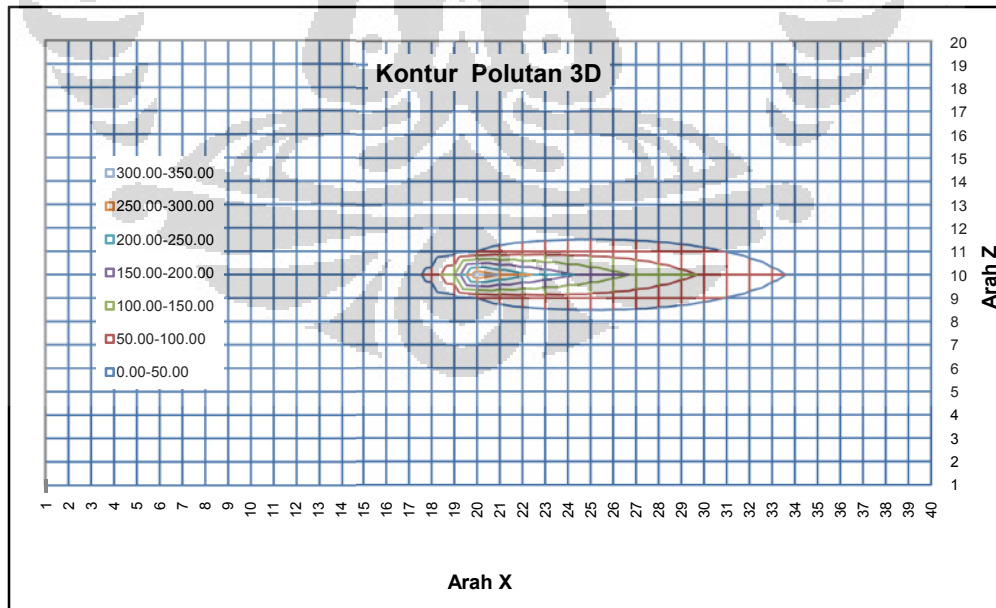
Lampiran 57: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit COD

Penyebaran Konsentrasi Polutan		Massa Terserap: 1,84E+08 (gram)		Massa Sumber: 2,01E+08 (gram)		Kesalahan Relatif: 8,10E-02		Data Parameter		Variasi Nilai Debit COD											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NX (jumlah Trnk X)	40 -
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NZ (jumlah Trnk Z)	40 -
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DX (Jarak X)	50 m
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DZ (Jarak Z)	50 m
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	50 m
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AOT (Dispersivitas Transversal)	5 m
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NS (jumlah Sumber)	1 -
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UX (Kecepatan Arak X)	1 m/day
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UZ (Kecepatan Arak Z)	10 m/day
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M (Kecepatan Akumulatif)	30 m
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0,642 %
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	IA (Waktu Maksimum)	600 day
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DS (Skema Pembebasan)	1 -
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	30 -
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	30 -
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	QS (Debit Sumber Polutan)	30888 g/day
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

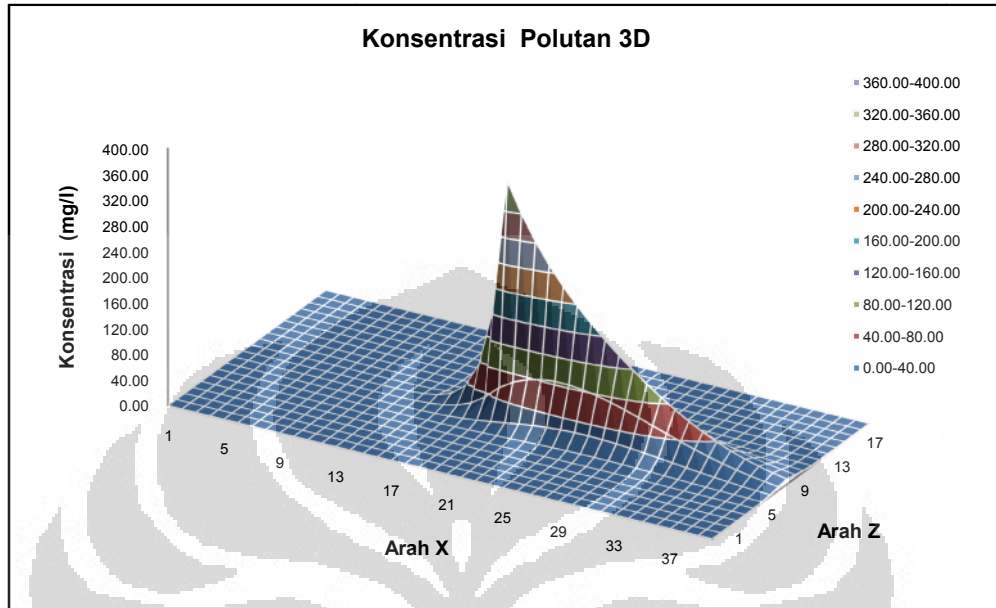
Lampiran 58a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 3



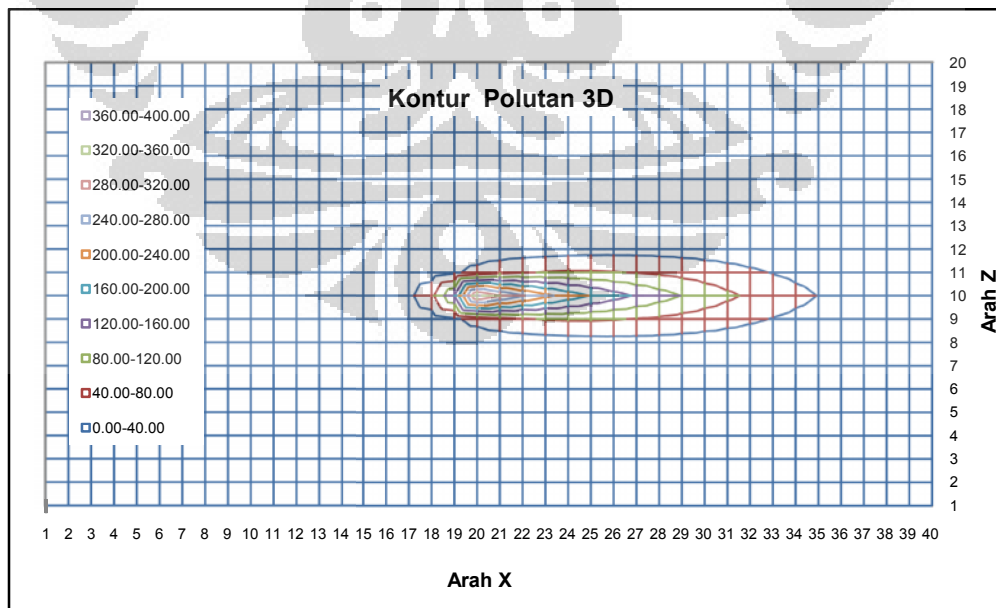
Lampiran 58b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 3



Lampiran 60a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit COD 4



Lampiran 60b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit COD 4

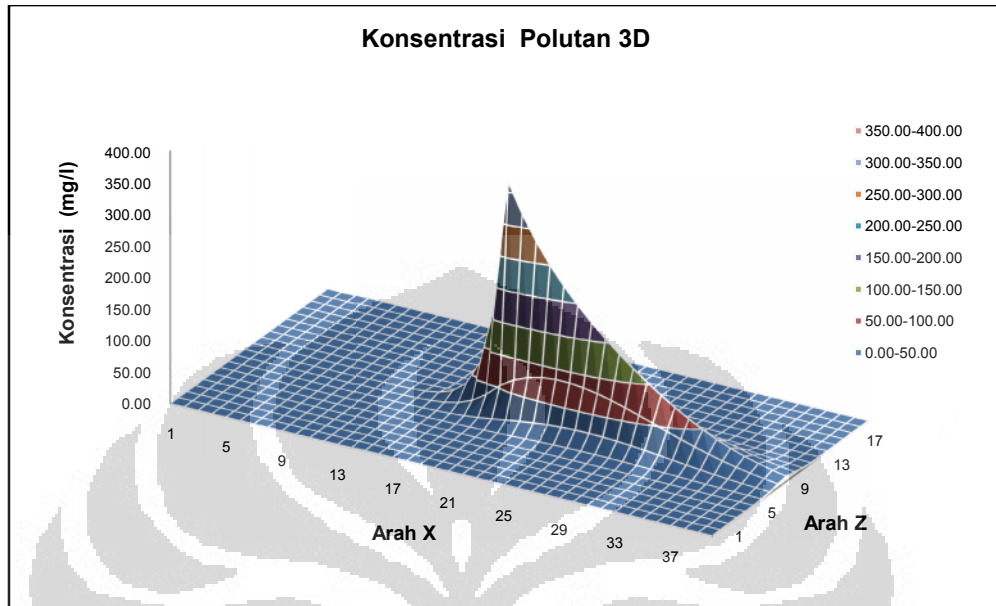


Lampiran 61: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit DO 1

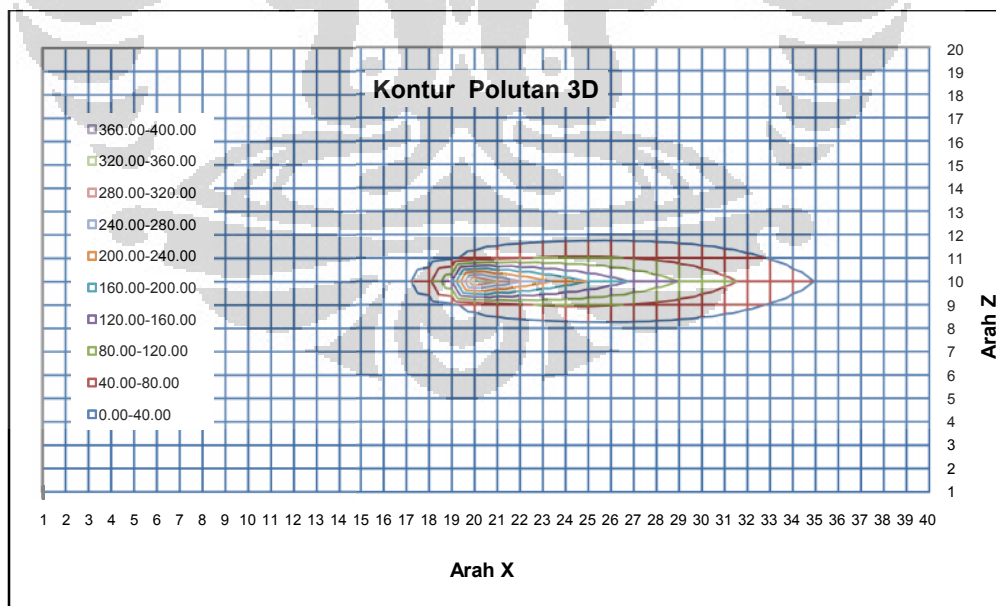
Concentration (mg/l)		Massa Tersebar :	Massa Sumber :	Penyebaran Konsentrasi Polutan																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
602.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
time (D):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	1.34E+06 (gram)								9.83E-01														
	2.01E+08 (gram)																						
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	2.46	0.46	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.90	0.52	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	1.60	0.55	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	1.50	0.57	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	1.33	0.57	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	1.18	0.56	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.05	0.53	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.92	0.49	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.86	0.45	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.80	0.40	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.69	0.38	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.49	0.31	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.41	0.29	0.10	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.33	0.21	0.08	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.23	0.17	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.21	0.14	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.16	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.12	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

Data Parameter	Data Parameter	satuan
NX (Jumlah Titik X)		0 -
NY (Jumlah Titik Z)		0 -
DZ (Jarak X)		0 m
DY (Jarak Z)		0 m
AI (Dispersivitas Longitudinal)		0 m
AJ (Dispersivitas Transversal)		0 m
AS (Jumlah Sumber)		5 m
AT (Kapasitas Awal X)		1 -
AU (Kapasitas Awal Z)		1 m/day
AV (Kapasitas Akhir X)		0 m/day
AW (Kapasitas Akhir Z)		0 m
AX (Porositas Efektif)		0.62 %
AY (Konsentrasi Penambahan Polutan)		0
AZ (Waktu Maksimum)		600 day
BS (Skema Pembakuan)		1 -
CX (Koordinat - X Sumber Polutan)		0 -
CY (Koordinat - Z Sumber Polutan)		0 -
CS (Debit Sumber Polutan)		22.5 l / g/day

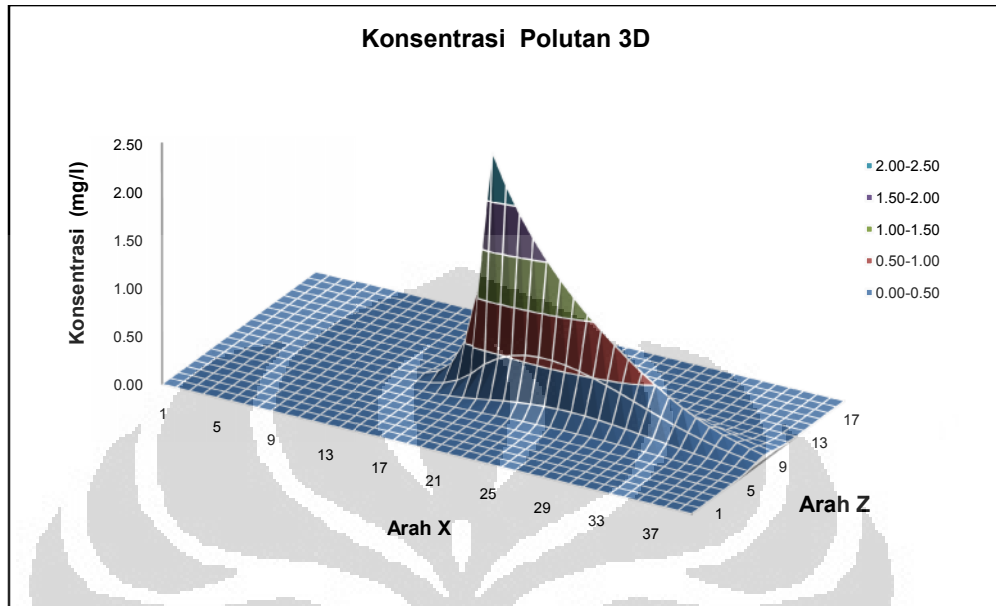
Lampiran 62a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 1



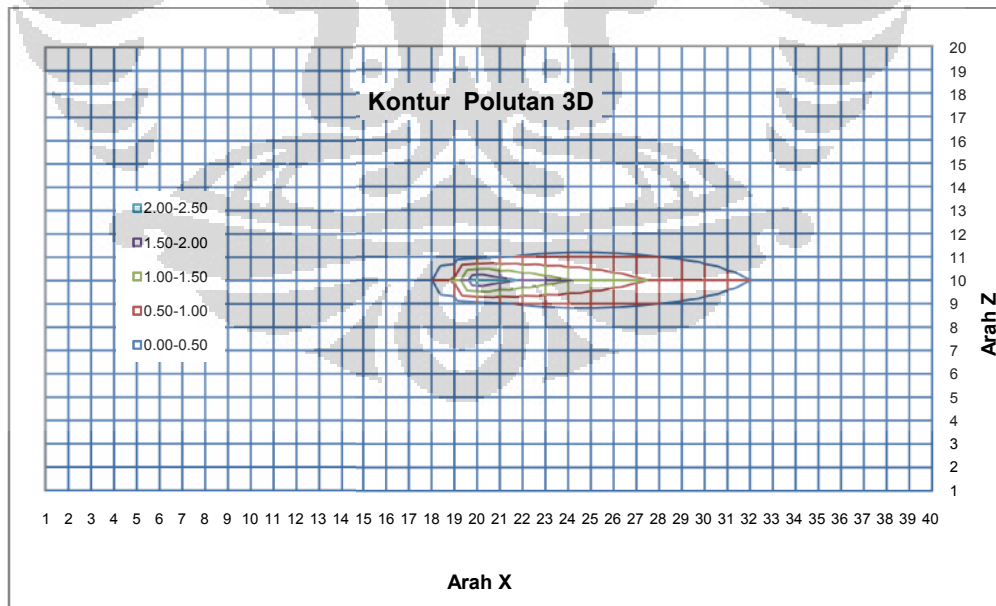
Lampiran 62b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 1



Lampiran 64a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 2



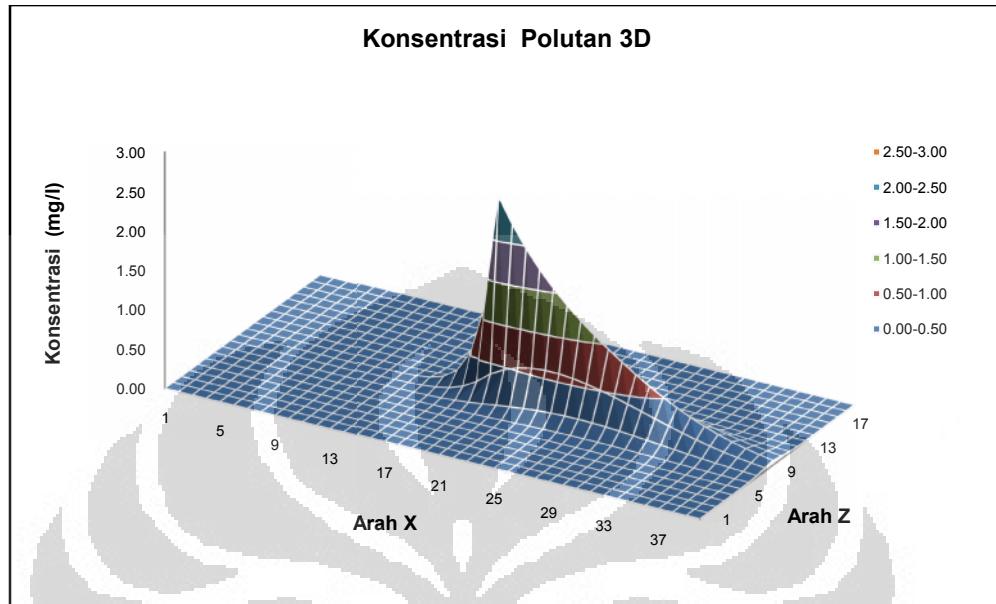
Lampiran 64b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 2



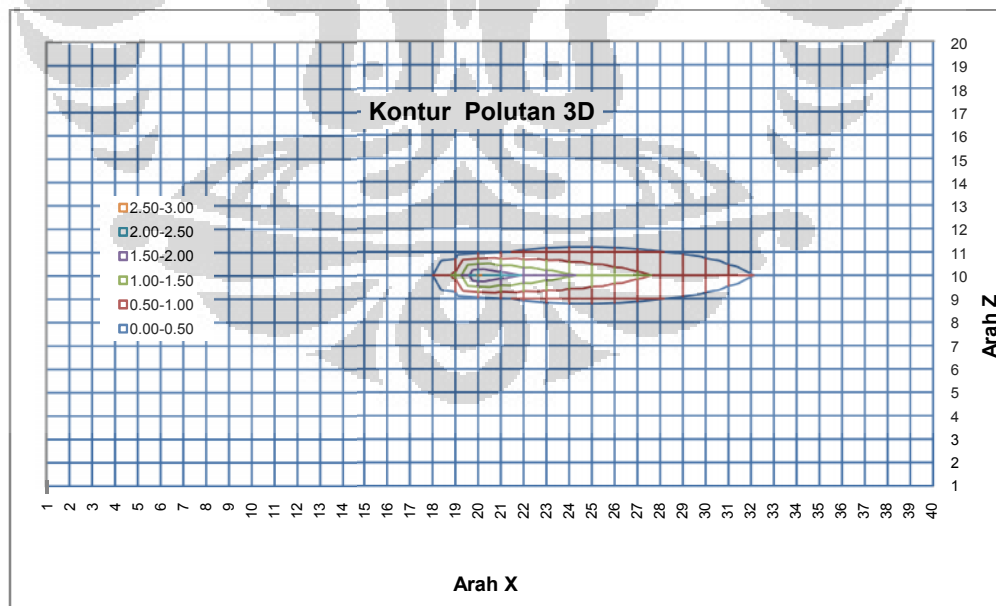
Lampiran 65: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit DO 3

Penyebaran Konsentrasi Polutan																					
Concentration (mg/l)		Massa Tersebar: 1,38E+06 (gram)		Massa Sumber: 2,01E+08 (gram)		Kesalahan Relatif: 9,93E-01														Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit DO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter	satuan
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NX (Jumlah Titik X)	40 -
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NZ (Jumlah Titik Z)	40 -
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DX (Jarak X)	80 m
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DZ (Jarak Z)	80 m
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AI (Dispersivitas Longitudinal)	80 m
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AO (Dispersivitas Transversal)	80 m
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NS (Jumlah Sumber)	5 m
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UX (Kecepatan Arah X)	1 m/day
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UZ (Kecepatan Arah Z)	10 m/day
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M (Kelembaban Akutifer)	30 m
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NE (Pewarisan Efektif)	0,682 %
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	TA (Waktu Maksimum)	600 day
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DS (Skema Pembabatan)	1 -
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	80 -
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	80 -
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	QS (Debit Sumber Polutan)	2519,75 g/day
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Lampiran 66a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 3



Lampiran 66b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 3



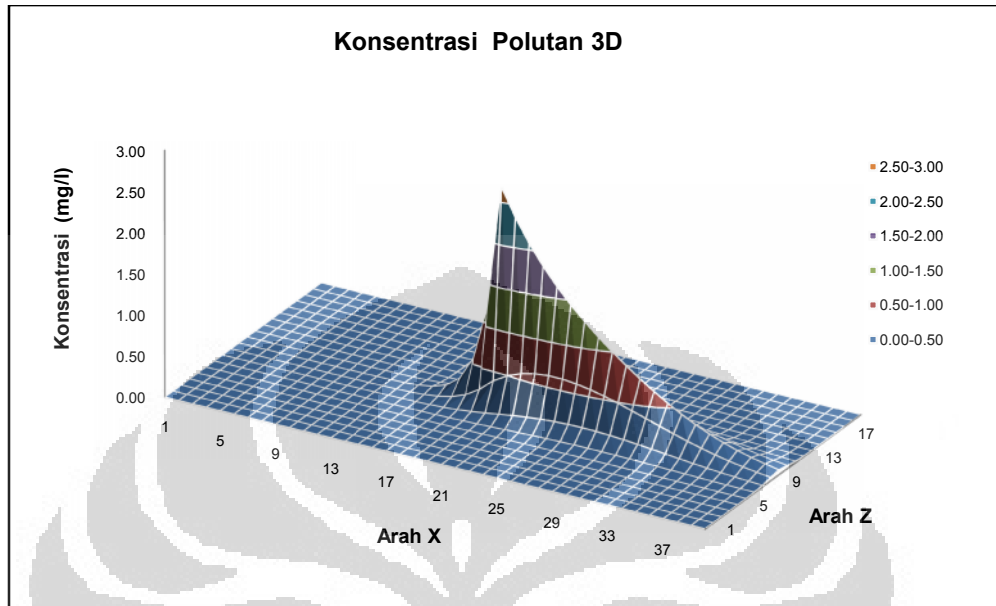
Lampiran 67: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit DO 4

Penyebaran Konsentrasi Polutan																			
Concentration (mg/l)		Massa Tersebar : 1,46E+06 (gram)		Massa Sumber : 2,01E+08 (gram)		Kesalahan Relatif : 9,93E-01													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.23	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.52	0.14	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	1.18	2.25	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.39	2.68	0.39	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.59	2.85	0.59	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.56	2.07	0.56	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.60	1.84	0.60	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.62	1.63	0.62	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.62	1.45	0.62	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.60	1.29	0.60	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.57	1.14	0.57	0.18	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.54	1.00	0.54	0.18	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.47	0.87	0.47	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.44	0.75	0.44	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.44	0.75	0.44	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.39	0.64	0.39	0.14	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.33	0.54	0.33	0.13	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.28	0.45	0.28	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.23	0.36	0.23	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.19	0.29	0.19	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	0.22	0.15	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.11	0.17	0.11	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.13	0.08	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.09	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

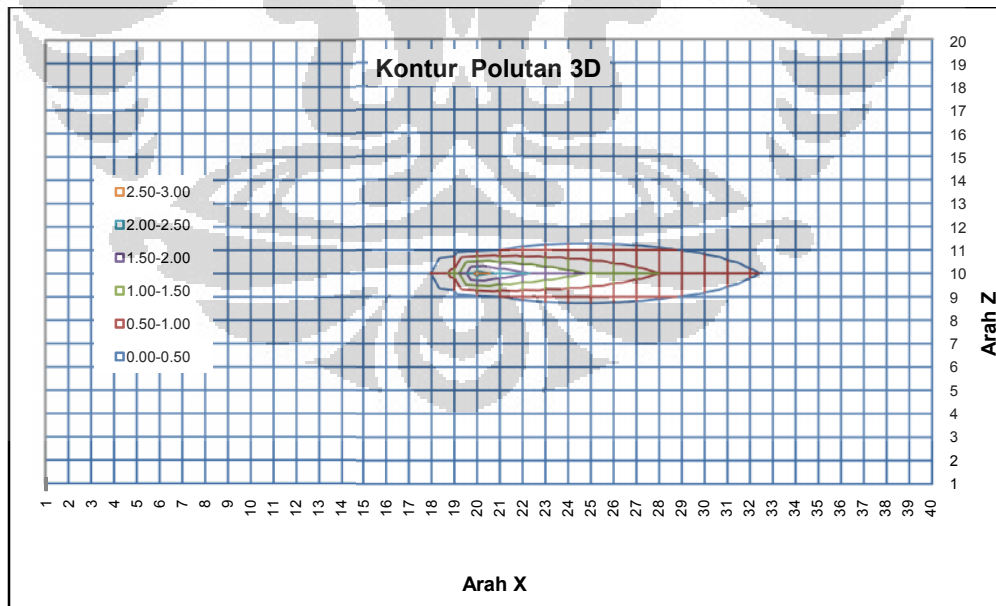
Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit DO

Data Parameter	satuan
NSX (Jumlah Titik X)	20 -
NSZ (Jumlah Titik Z)	20 -
DX (Jarak X)	80 m
DZ (Jarak Z)	80 m
AL (Dispersivitas Longitudinal)	5 m
AQ (Dispersivitas Transversal)	1 -
NS (Jumlah Sumber)	1 m/day
UX (Kecepatan Arah X)	1 m/day
UZ (Kecepatan Arah Z)	1 m/day
M (Kecelakaan Akutif)	0.62 %
LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0
TA (Waktu Maksimum)	600 day
DS (Skema Pembobolan)	1 -
XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	0 -
ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0 -
QS (Debit Sumber Polutan)	2,443.50 g/day

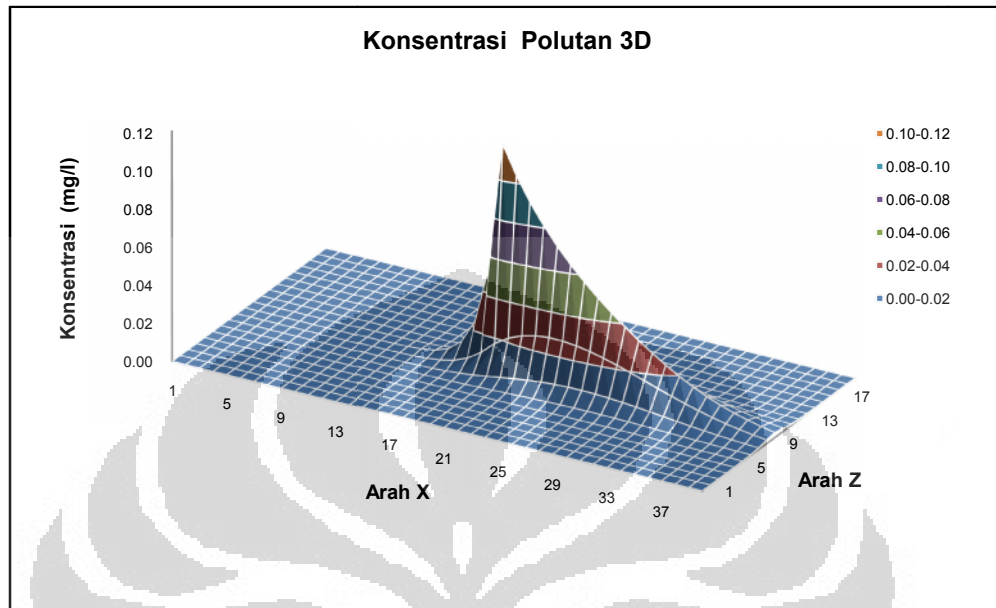
Lampiran 68a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit DO 4



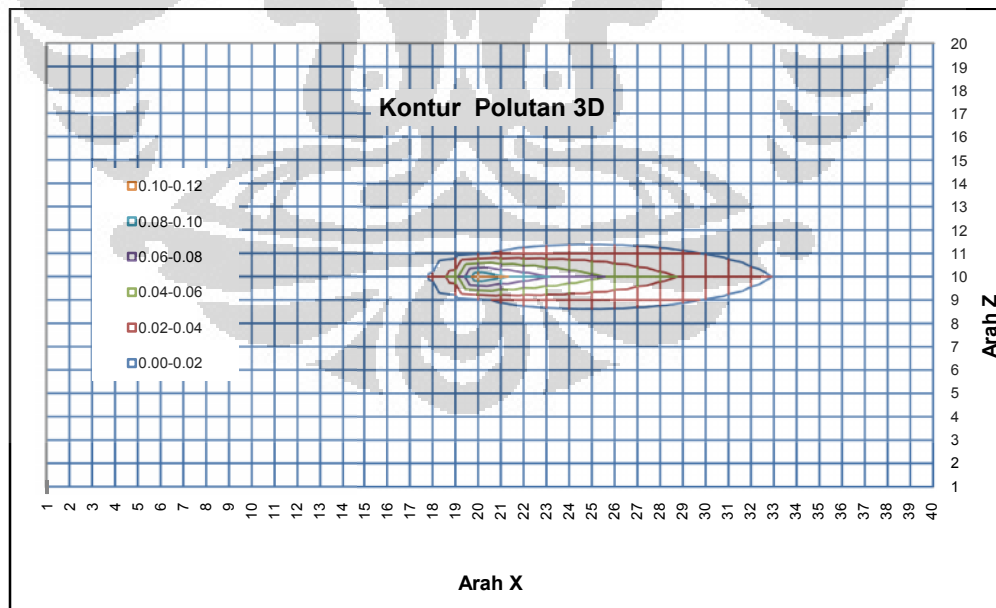
Lampiran 68b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit DO 4



Lampiran 70a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 1



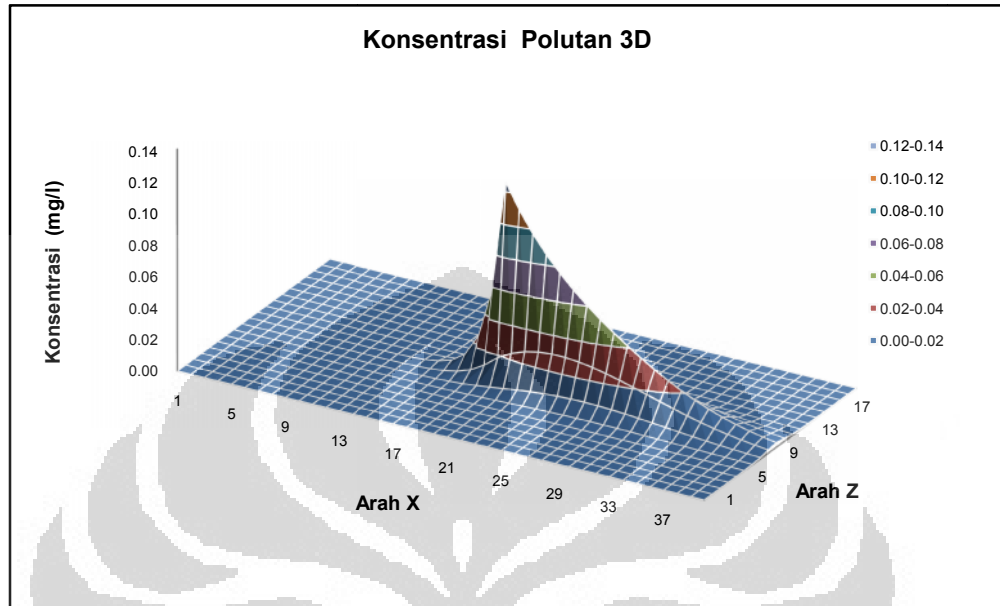
Lampiran 70b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 1



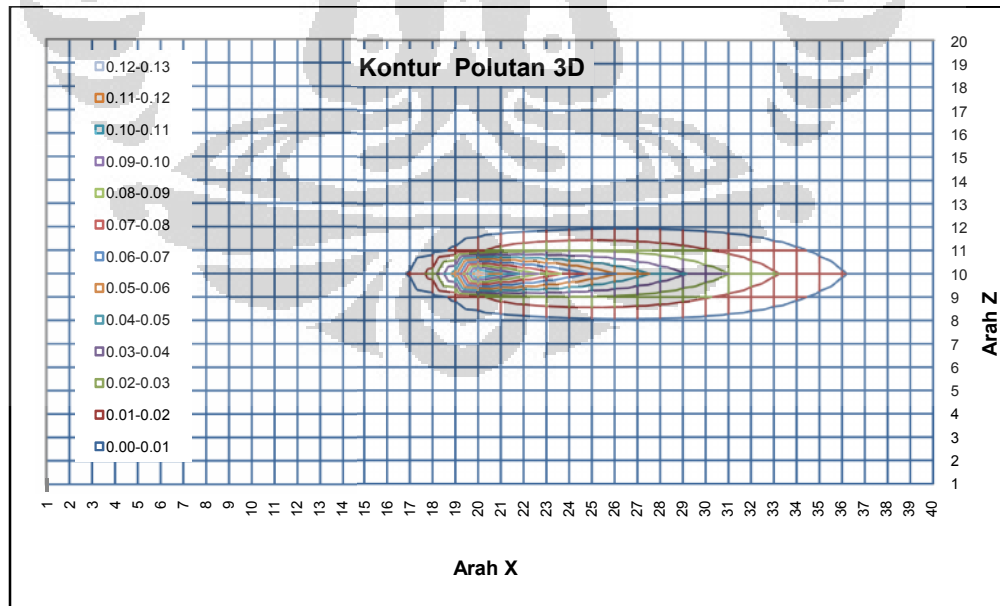
Lampiran 71: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2

Concentration (mg/l)		Massa Terebar :		Kesalahan Relatif :		Penyebaran Konsentrasi Polutan		Data Parameter		satuan	
time (D)	602.000	6.85E+04 (gram)	2.01E+08 (gram)	1.00E+00							
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NX (jumlah Titik X)	40 -	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NSZ (jumlah Titik Z)	30 -	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DX (jarak X)	40 m	
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (jarak Z)	40 m	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	40 m	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AQ (Dispersivitas Transversal)	5 m	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (jumlah Sumber)	1 -	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UX (kecepatan Arah X)	1 m/day	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UZ (kecepatan Arah Z)	10 m/day	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	M (Ketebalan Akurifer)	0.642 %	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE (Porositas Efektif)	30 m	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TM (Waktu Maksimum)	600 day	
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (skema Pembobotan)	1 -	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	30 -	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	30 -	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	QS (Debit Sumber Polutan)	114.5 g/day	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

Lampiran 72a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2



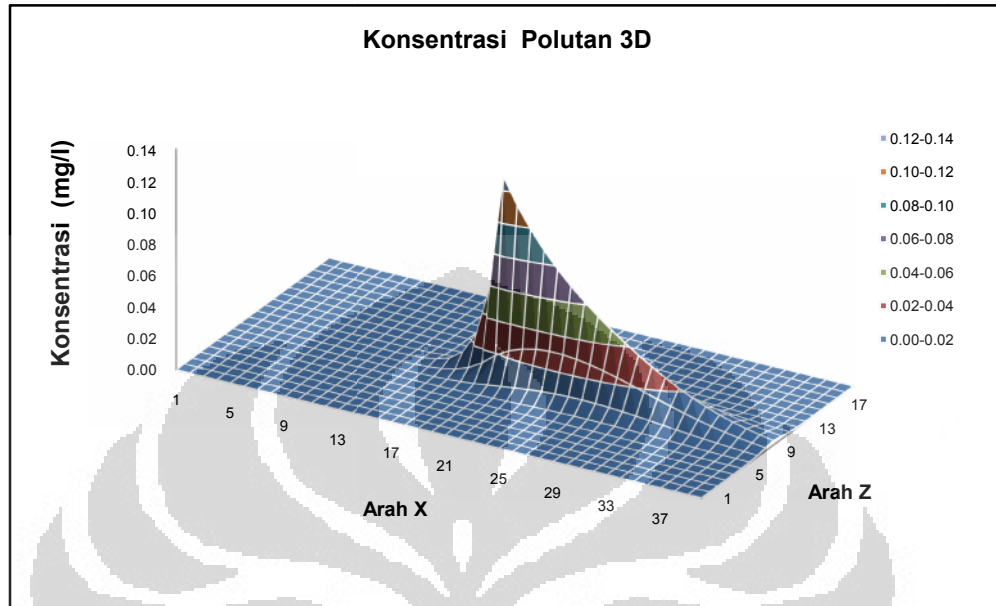
Lampiran 72b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 2



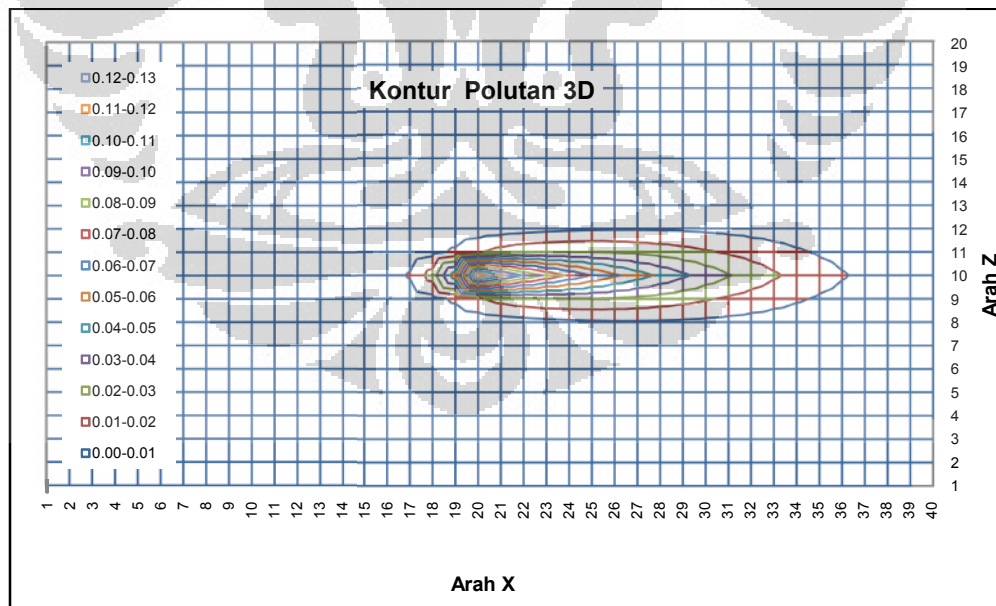
Lampiran 73: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3

Penyebaran Konsentrasi Polutan		Massa Terebar : 6.98E+04 (gram) Massa Sumber : 2.01E+08 (gram)		Data-Data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Ammonium																					
Concentration (mg/l)	time (D): 602.000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter		satuan	
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NX (Jumlah Titik X)	40	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NZ (Jumlah Titik Z)	40	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DX (Jarak X)	40	m
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (Jarak Z)	40	m
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AL (Dispersivitas Longitudinal)	40	m
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AQ (Dispersivitas Transversal)	5	m
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (Jumlah Sumber)	1	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UX (Kecepatan Arak X)	10	m/day
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UZ (Kecepatan Arak Z)	10	m/day
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	M (Ketebalan Akutifer)	40	m
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE (Porositas Efektif)	0.64	%
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0	
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TA (Waktu Maksimum)	640	day
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (Skema Pembobutan)	1	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	40	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0	-
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	QS (Debit Sumber Polutan)	117.40	g/day

Lampiran 74a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3



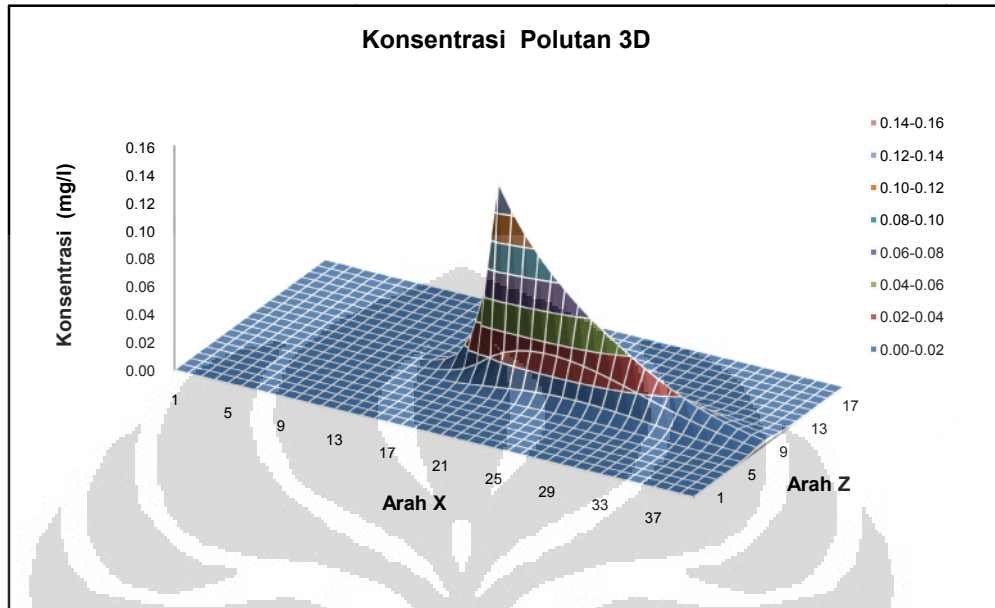
Lampiran 74b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 3



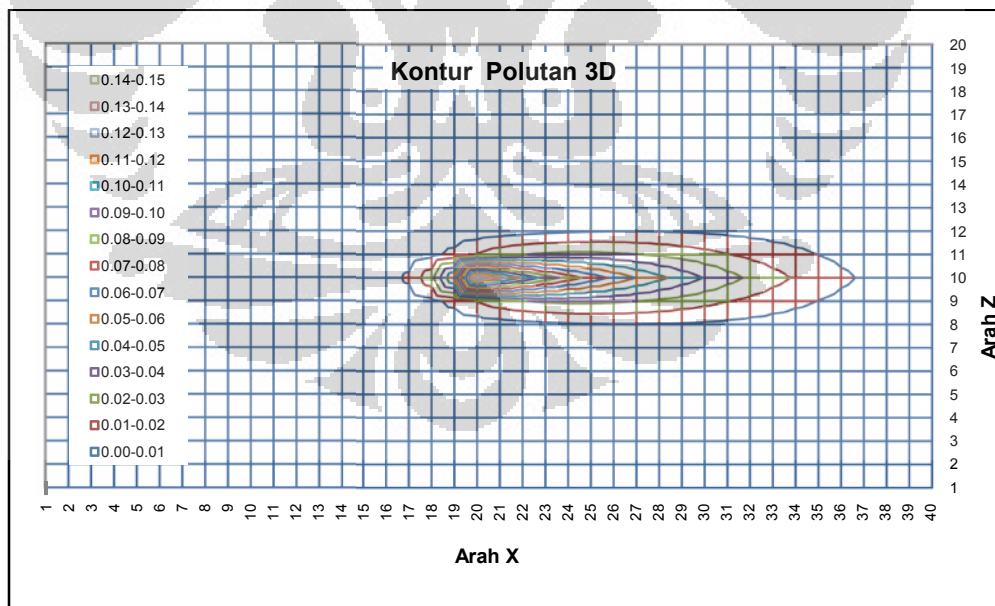
Lampiran 75: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4

Penyebaran Konsentrasi Polutan																																																											
Concentration (mg/l)		Massa Tersebar : 7,65E+04 (gram)		Massa Sumber : 2,01E+08 (gram)		Kesalahan Relatif : 1,00E+00														Data Parameter		satuan																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20													NX (Jumlah Titik X)	0 -	DY (Jarak X)	0 -	DZ (Jarak Z)	0 -	AI (Dispersivitas Longitudinal)	0 m	AJ (Dispersivitas Transversal)	0 m	AS (Jumlah Sumber)	5 m	UX (Kecepatan Arak X)	1 -	UY (Kecepatan Arak Y)	1 m/day	M (Kelembaban Akutifer)	0 m/day	LA (Konsentrasi Perambahan Polutan)	0,62 %	TM (Waktu Matsumu)	600 day	DS (Skema Pembinaan)	1 -	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0 -	QS (Debit Sumber Polutan)	128,3 g/day
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																								

Lampiran 76a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4



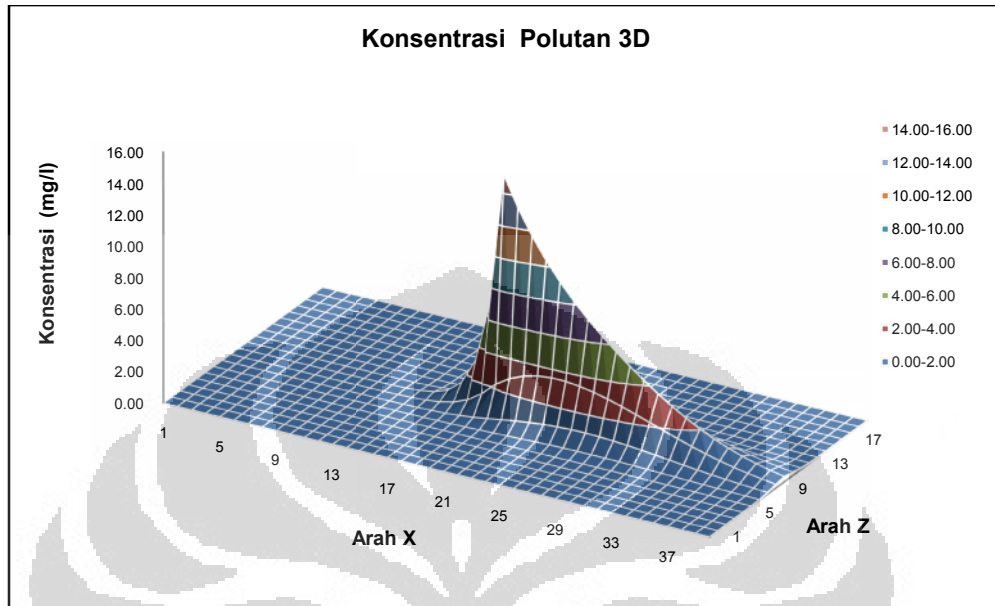
Lampiran 76b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit Ammonium 4



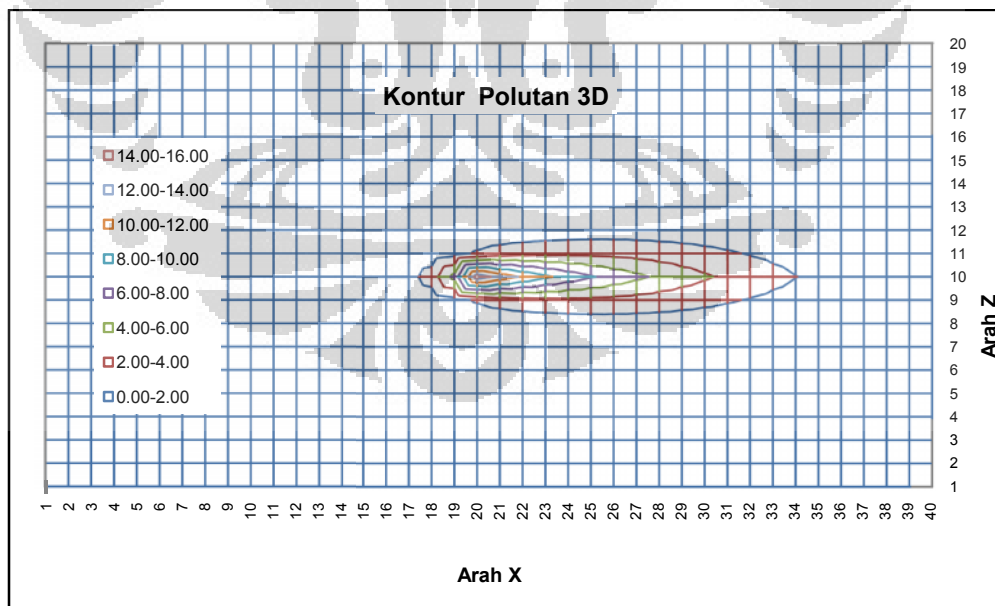
Lampiran 77: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 1

Penyebaran Konsentrasi Polutan		Massa Tersebar : 8,23E+06 (gram)		Massa Sumber : 2,01E+08 (gram)		Kesalahan Relatif : 9,59E-01		Data Parameter									
Concentration (mg/l)	time (D)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	satuan
0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -
0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kg -

Lampiran 78a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Phosfat 1



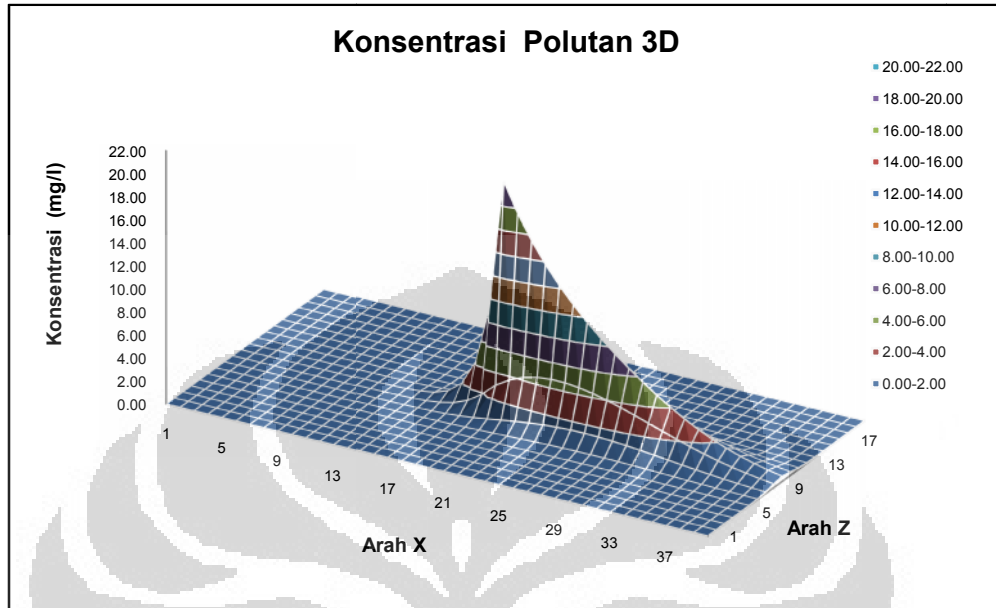
Lampiran 78b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit phosfat 1



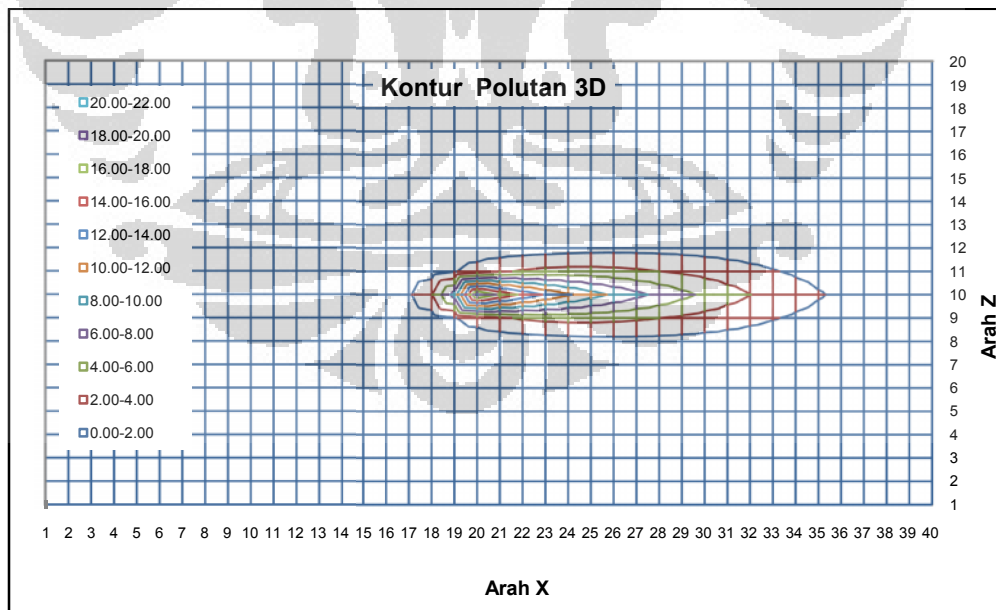
Lampiran 79: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 2

Concentration (mg/l)		Massa Tersebar :		Penyebaran Konsentrasi Polutan																				Data Parameter	
time (D)	602,000	1,08E+07 (gram)	2,01E+08 (gram)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	0 - satuan	10 - satuan								
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NY (Jumlah Link X)	0 -								
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NZ (Jumlah Link Z)	0 -								
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DX (Link X)	0 m								
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (Link Z)	0 m								
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AI (Dispersivitas Longitudinal)	0 m								
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AO (Dispersivitas Transversal)	0 m								
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (Jumlah Sumber)	5 m								
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LS (Kecepatan Arah X)	1 m/day								
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LZ (Kecepatan Arah Z)	0 m/day								
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NI (Percepatan Eight)	0 m								
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Perambanan Polutan)	0.62 %								
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LV (Waktu Masuknya)	0 -								
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (Status Perambanan)	60 day								
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (Kecepatan Sumber Polutan)	1 -								
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Kecepatan Z Sumber Polutan)	0 -								
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	VS (Debit Sumber Polutan)	0 -								
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										

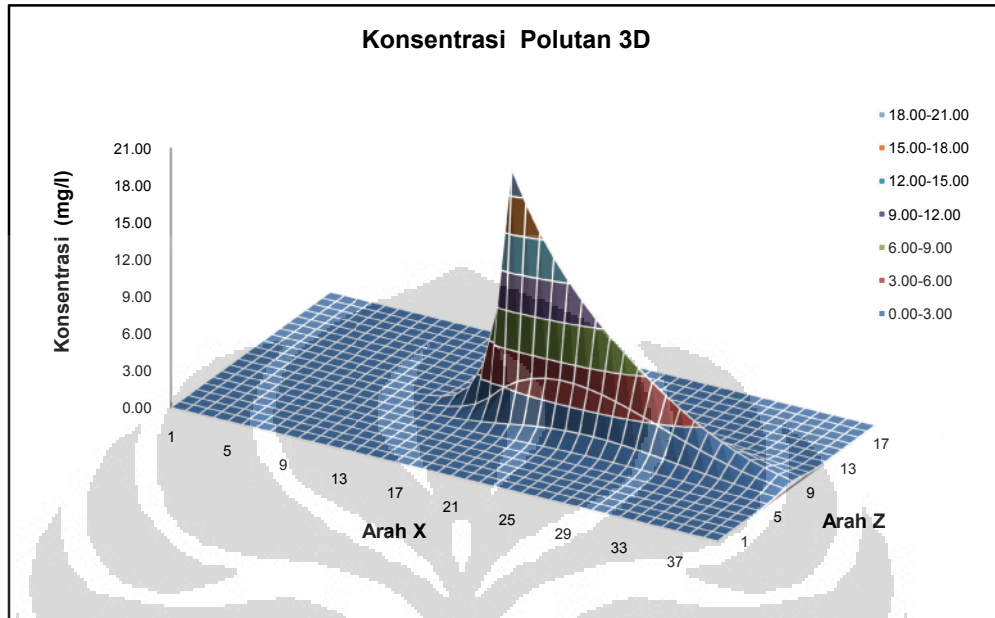
Lampiran 80a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Phosfat 2



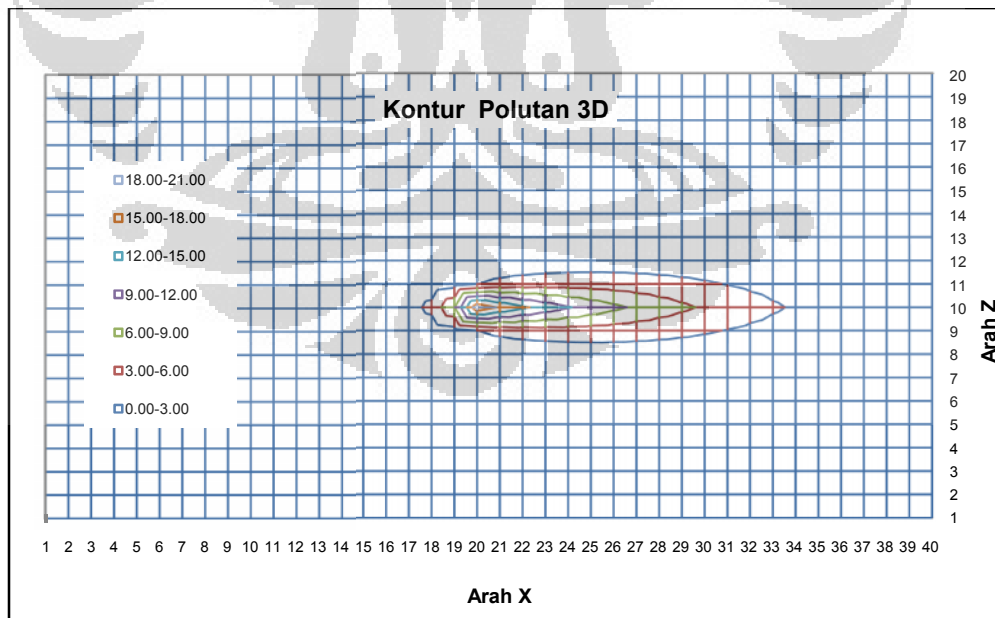
Lampiran 80b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit phosfat 2



Lampiran 82a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Phosfat 3



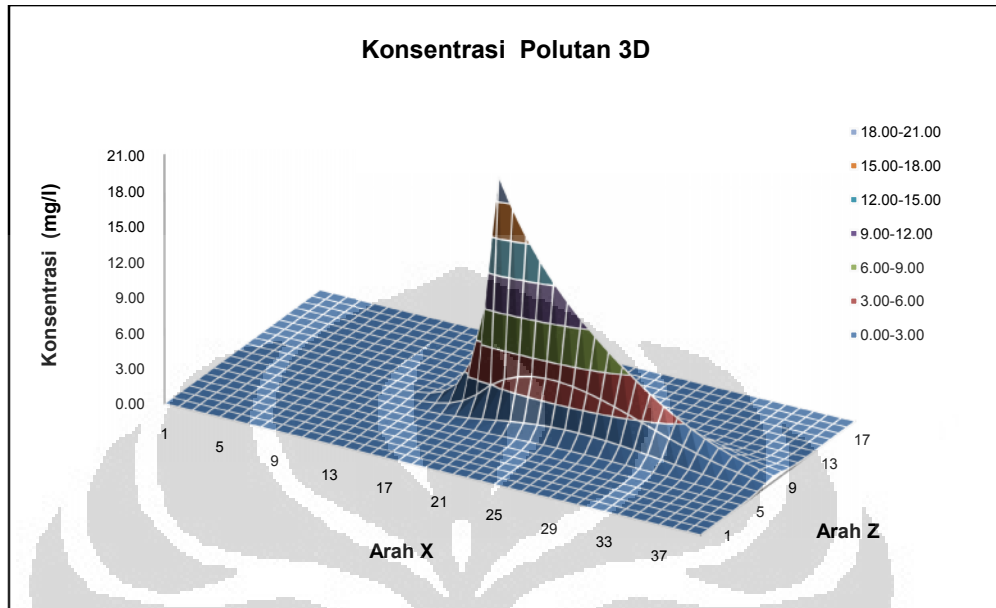
Lampiran 82b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit phosfat 3



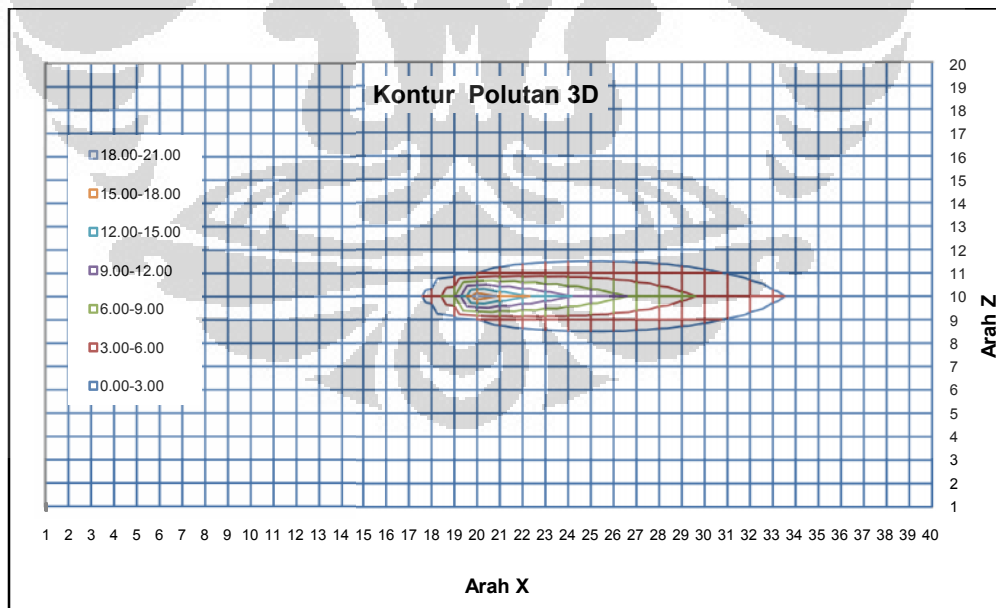
Lampiran 83: Data-data Masukan dan Hasil Keluaran untuk Variasi Nilai Debit Fosfat 4

Penyebaran Konsentrasi Polutan																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Data Parameter		
																				Parameter	satuan	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NX (Jumlah Titik X)	0 -	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NX (Jumlah Titik Z)	0 -
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (Jarak X)	0 m
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DZ (Jarak Z)	0 m
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AX (Dispersivitas Longitudinal)	0 m
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	AX (Dispersivitas Transversal)	0 m
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS (Jumlah Sumber)	1 -
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UX (Kecepatan Arak X)	1 m/day
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	UZ (Kecepatan Arak Z)	0 m/day
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	M (Keragaman Akutif)	0
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE (Porositas Efektif)	0.62 %
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LA (Konsentrasi Penambahan Polutan)	0
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TW (Waktu Maksimum)	640 day
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	DS (Skema Pembobolan)	1 -
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	XS (Koordinat - X Sumber Polutan)	0 -
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ZS (Koordinat - Z Sumber Polutan)	0 -
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	QS (Debit Sumber Polutan)	18542.3 g/day
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

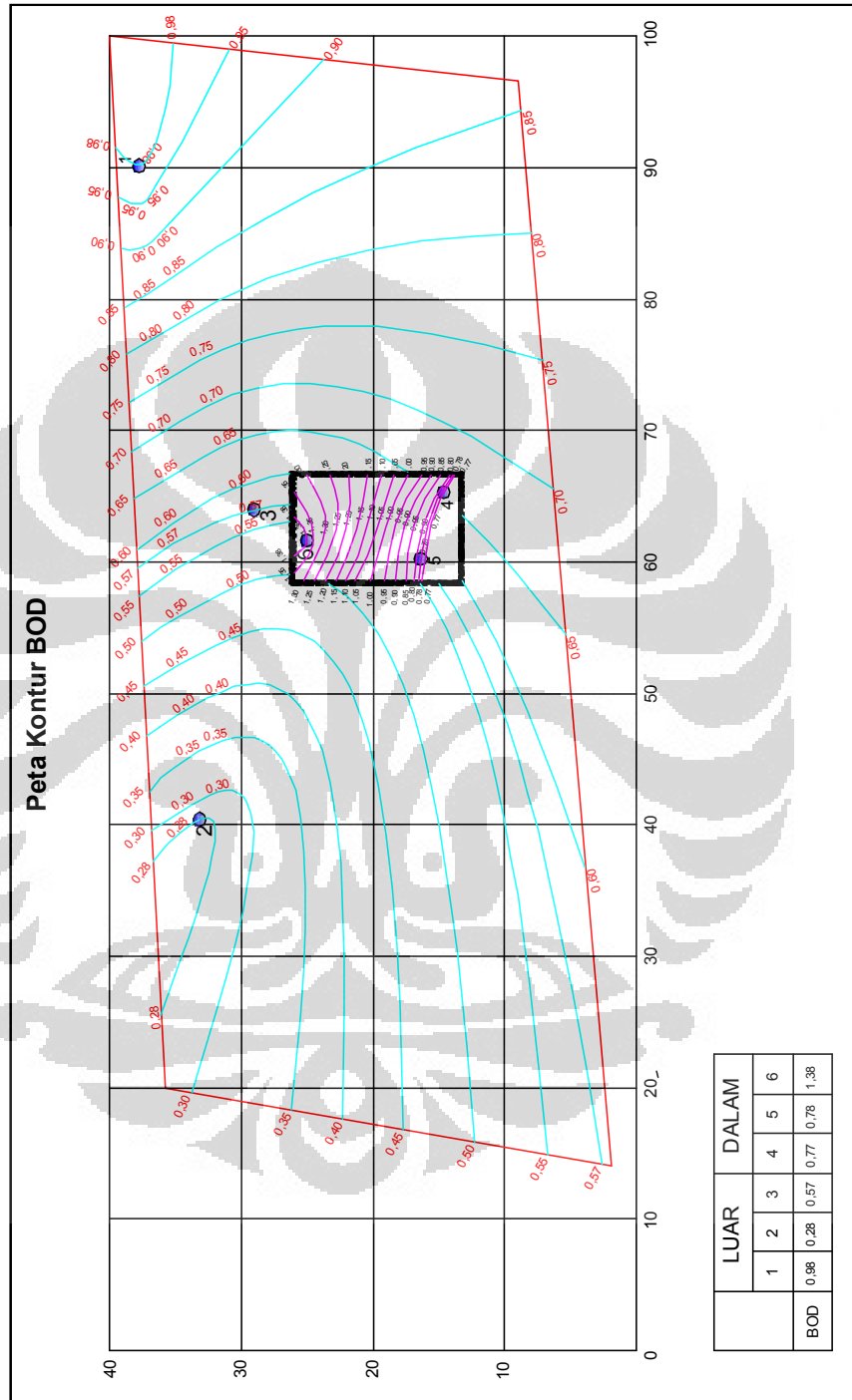
Lampiran 84a: Penyebaran Konsentrasi Polutan 3D Untuk Variasi Nilai Debit Phosfat 4



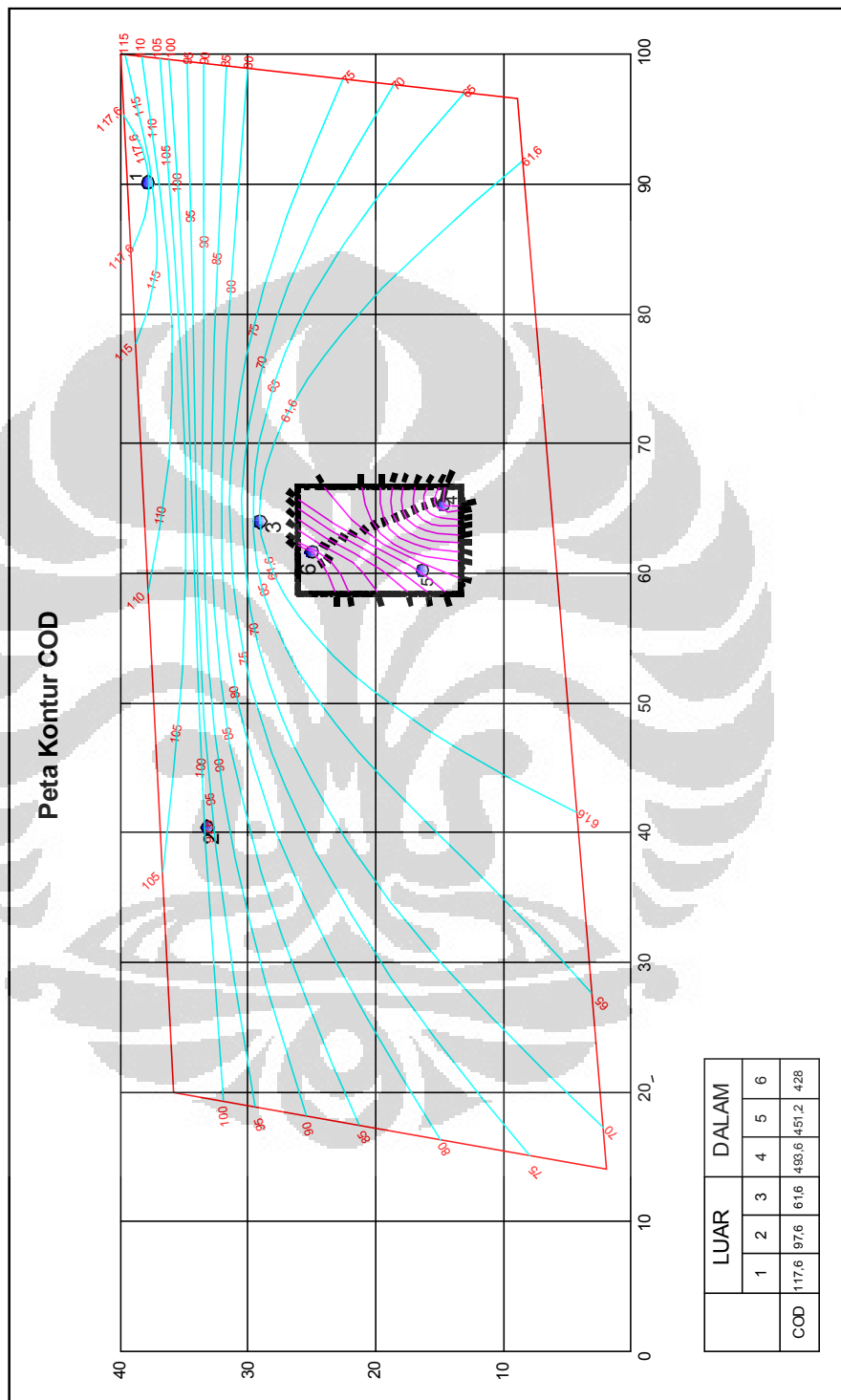
Lampiran 84b: Kontur Konsentrasi Polutan Untuk Variasi Nilai Debit phosfat 4



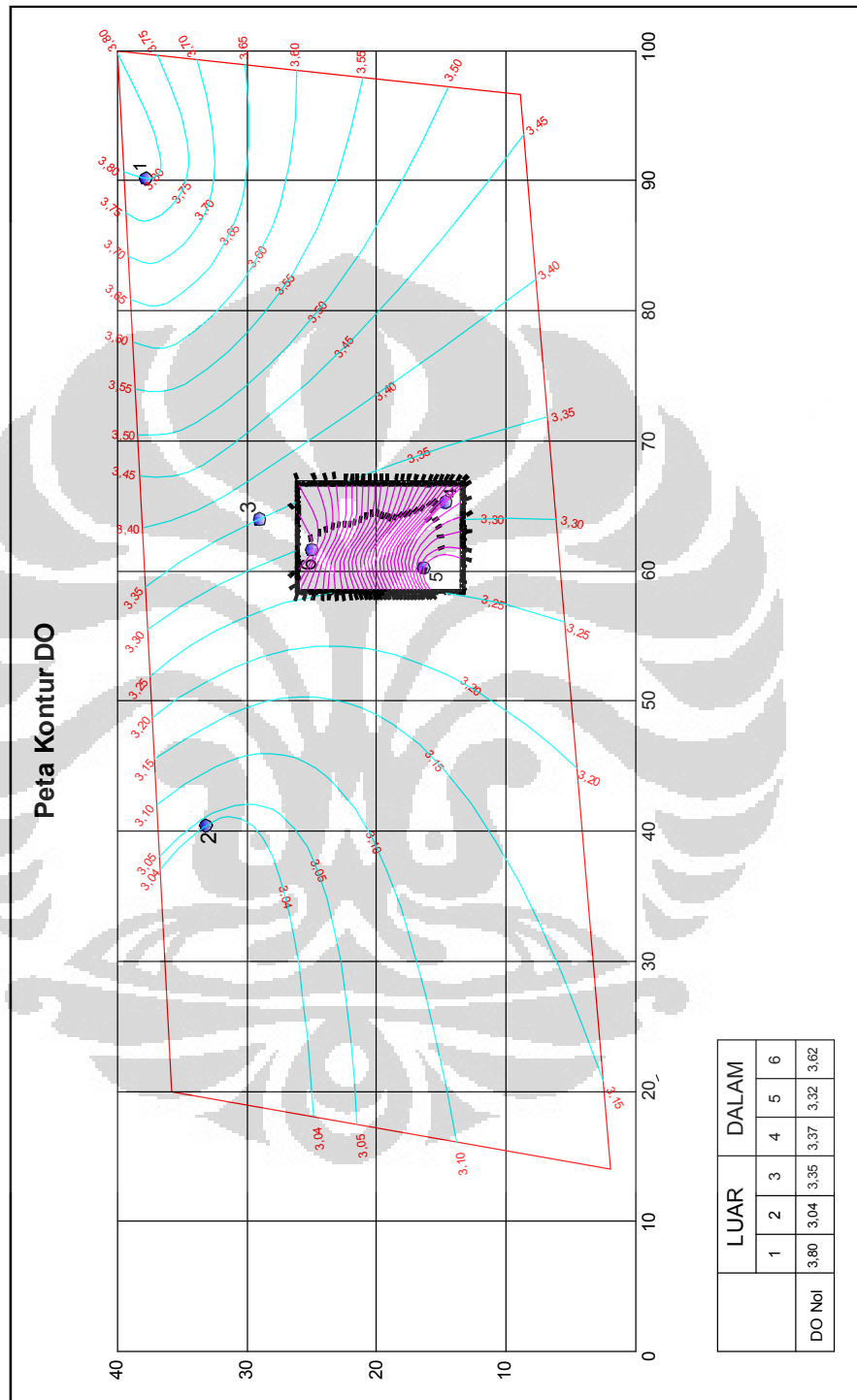
Lampiran 85: Kontur Penyebaran BOD di Permukaan Waduk Resapan



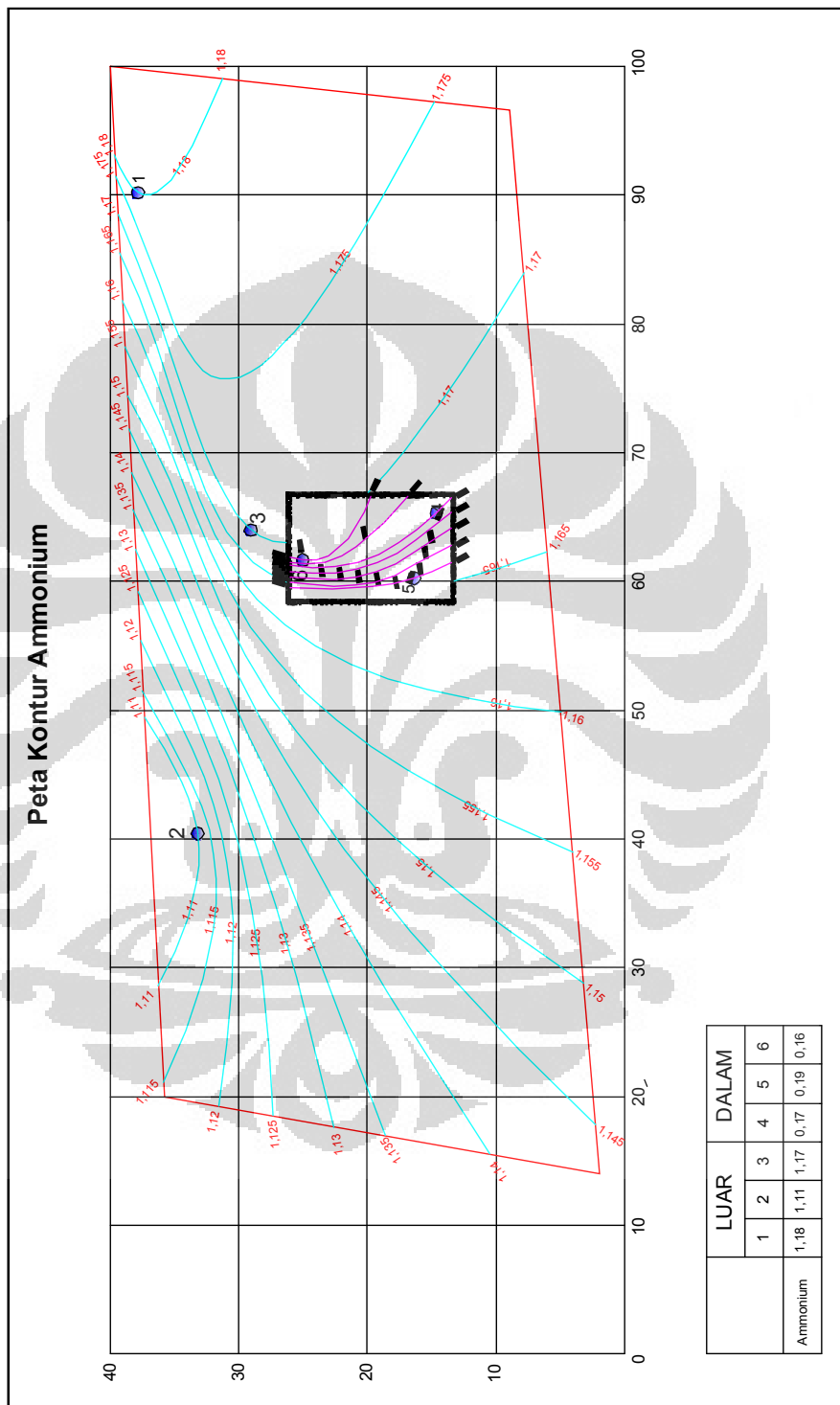
Lampiran 86: Kontur Penyebaran COD di Permukaan Waduk Resapan



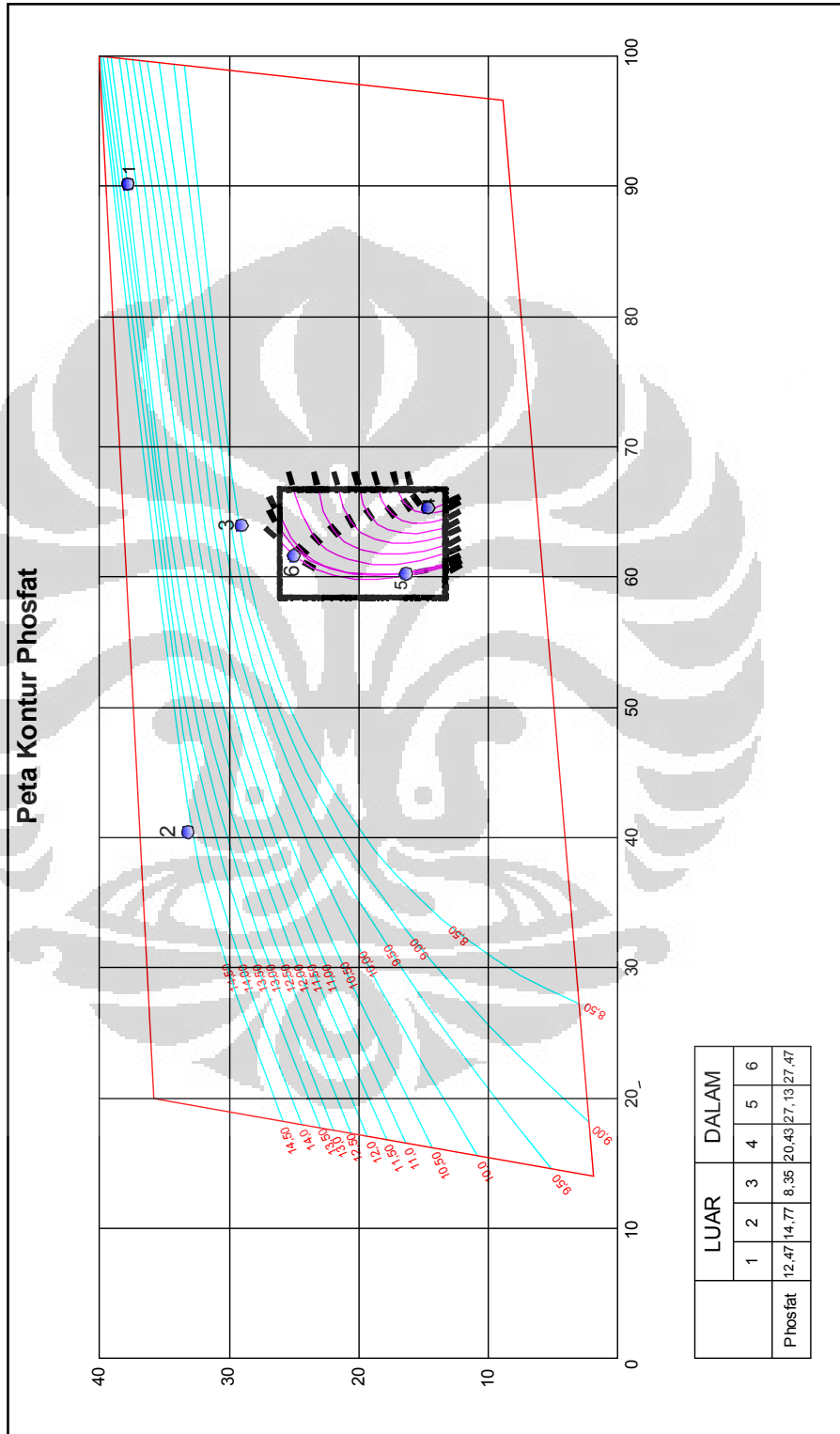
Lampiran 87: Kontur Penyebaran DO di Permukaan Waduk Resapan



Lampiran 88: Kontur Penyebaran Ammonium di Permukaan Waduk Resapan



Lampiran 89: Kontur Penyebaran Fosfat di Permukaan Waduk Resapan



Lampiran 90: Hasil Pengujian Kualitas Air di Waduk Resapan



UNIVERSITAS INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN
 Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/01-15/II/2011
 Nama Pengirim / Instansi : Joko Suharso
 Nama Contoh / Kedalaman : Air Danau
 Kode Sampel : 01-15
 Lokasi Pengambilan Sampel : Danau KAMPUS
 Tanggal Penerimaan Sampel : 01 Februari 2011

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Analisa Sampel							
				1	2	3	4	5	6	7	8
1	BOD	mg/L	2	0.98	0.28	0.57	0.77	0.78	1.38	1.35	0.58
2	COD	mg/L	10	117.6	97.6	61.6	493.6	451.2	428	108	38.4
3	Ammonium	mg/L	0.5	1.18	1.11	1.17	0.17	0.19	0.16	2.67	2.21
4	Phosfat	mg/L	0.2	12.47	14.77	8.35	20.43	27.13	27.47	22.97	18.74

Kadar Maksimum mengacu kepada : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Pencemaran Air (kelas I)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Analisa Sampel							
				9	10	11	12	13	14	15	
1	BOD	mg/L	2	1.25	0.71	1.12	2.97	1.6	1.5	1.72	
2	COD	mg/L	10	116	81.6	216	51.2	117.6	93.6	37.6	
3	Ammonium	mg/L	0.5	6	4	13	4	3	2.35	3.5	
4	Phosfat	mg/L	0.2	24.84	20.86	23.02	17.14	23.82	26.57	28.82	

Kadar Maksimum mengacu kepada : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Pencemaran Air (kelas I)

Catatan :

- Pengambilan sample dilakukan oleh konsumen bukan merupakan tanggung jawab laboratorium
- Hasil analisa untuk contoh air yang diterima oleh laboratorium, parameter COD, Ammonium, dan Phosfat melebihi Kadar Maksimum yang mengacu kepada : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Pencemaran Air (kelas I)
- Untuk sampel **no. 12** semua parameter yang diuji melebihi Kadar Maksimum yang mengacu kepada : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Pencemaran Air (kelas I)

Depok, 07 Februari 2011
 Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusniani, MSc.
 NIP. 195501031985032001

Lampiran 91: Lembar Asistensi



PROGRAM SI-REGULER/ EKSTENSI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

Form : C2

FORMULIR PEMANTAUAN PELAKSANAAN SKRIPSI

1. Nama Mahasiswa : Joko Suharso
2. NPM : 0806 369 461
3. Program Studi/ Kekhususan : SI Ekstensi / Teknik Sipil
4. Telp. Yang dapat dihubungi : 0857 1444 8200
5. Judul Seminar : Pengaruh Pengisian Air Tanah Buatan Melalui Waduk Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal.
Studi kasus : Waduk Resapan di kampus Universitas Indonesia - Depok
6. Pembimbing 1 : Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl. HE
7. Pembimbing 2 : Toha Saleh, ST, M.Sc
8. Waktu Pelaksanaan : Semester ~~Genap~~ / Genap*) Tahun Akademik 2010/2011

Keterangan:

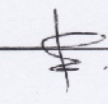
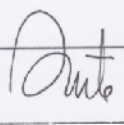
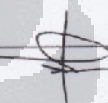
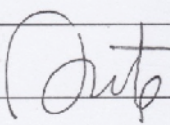
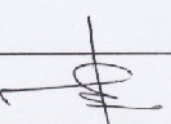
- * Coret yang tidak perlu
- ** Kepada Mahasiswa yang sedang mengambil seminar atau skripsi, minimal harus melaksanakan 8X (Delapan kali) pertemuan dengan dosen pembimbing.

Formulir ini harus diserahkan ke Sekretariat (Dian) sebagai syarat pendaftaran maju sidang Seminar atau Skripsi

Catatan Pertemuan dengan Dosen Pembimbing :

No Urut	Tanggal Pertemuan	Materi Yang Dibahas	Paraf Dosen Pembimbing
1	8/02-2011	- Diskusi hasil pengujian sampel air	
		- Buat simpangan, standar deviasi dari masing-masing parameter	
2	14/02-2011	Saran saya, masalah sampel biar seadanya dulu.	
		Yb perlu segera menurunkan persamaannya dan mengembangkan aplikasi visual basic.	
		Utk itu yb. perlu mempelajari 2 referensi yg relevan, terutama yg menyangkut transport mechanism dan penurunan hiumun (i-D)	

(Lanjutan)

No Urut	Tanggal Pertemuan	Materi Yang Dibahas	Paraf Dosen Pembimbing
3	4/4 - 2011	<ul style="list-style-type: none"> - Diskusi grid pemodelan - Pemodelan 2D 	
		<ul style="list-style-type: none"> - Bikin kontur kualitas air tiap parameter di dalam dan di luar kolam injeksi berdasar titik pengambilan sampel 	
4	2/5 - 2011	Paralel dengan pengembangan software, agar bisa segera disimulasikan	
5.	3/5 - 2011	<ul style="list-style-type: none"> - Diskusi Pembacaan Grafik Sebaran Core. Polutan. - Bab I → Revisi/penyempurnaan - Pembuatan grid model. - Membaca literatur polutan 	
6	11/5 - 2011	<p>1) Flowchart diselesaikan</p> <p>2) Simulasi</p> <ul style="list-style-type: none"> - variasi load (min, average, max) of masing2 jenis polutan - variasi dx/dy (dimensi grid) - variasi TM. - analisis pengaruh load, dimensi grid & TM 	
7	26/5 - 2011	<ul style="list-style-type: none"> - Formulasi (Rumus^{hub.} antara waktu dengan C & jarak - Penyelesaian grid bidang peresapan? - Narasi penjelasan grafik 	

(Lanjutan)

No Urut	Tanggal Pertemuan	Materi Yang Dibahas	Paraf Dosen Pembimbing
8	31/5-2011	- Perkecil grid dx/dy untuk Variasi Pemodelan - Bikin analisa, kesimpulan dan saran.	