PEMODELAN POLA PERSEBARAN LINDI DI TPA NGIPIK KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN SOLUSI ANALITIK OGATA-BANKS DAN DOMENICO-ROBBINS

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Lingkungan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DISUSUN OLEH :

ABDILLAH AKMAL KARAMI
NIM H05218001

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama	: Abdillah Akmal Karami
NIM	: H05218001
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Angkatan	: 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan pagiat dalam penelitian tugas akhir saya yang berjudul **"PEMODELAN POLA PERSEBARAN LINDI DI TPA NGIPIK KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN SOLUSI ANALITIK OGATA-BANKS DAN DOMENICO-ROBBINS"**, Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian yang saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Januari 2022

Yang Menyatakan

(Abdillah Akmal Karami)

H052180001

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Abdillah Akmal Karami

NIM : H05218001

JUDUL : Pemodelan Pola Persebaran Lindi Di TPA Ngipik Kabupaten Gresik Menggunakan Solusi Analitik Ogata-Banks Dan Domenico-Robbins

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 28 Desember 2021

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ida Munfarida, M.Si., M.T.	Shinfi Wazna Auvaria, M.T.
NIP. 198411302015032001	NIP. 198603282015032001

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Abdillah Akmal Karami ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
Surabaya, 7 Januari 2022

Mengesahkan,
Dewan Penguji,

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Ida Munfarida, M.Si., M.T.	Shinfi Wazna Auvaria, M.T.
NIP. 198411302015032001	NIP. 198603282015032001
Dosen Penguji III	**Dosen Penguji IV**
Rr Diah Nugraheni Setyowati, M.T.	Teguh Taruna Utama, M.T.
NIP. 198205012014032001	NIP. 201603319

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Prof. Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Abdillah Akmal Karami
NIM : H05218001
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : akmalkarami123@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PEMODELAN POLA PERSEBARAN LINDI DI TPA NGIPIK KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN SOLUSI ANALITIK OGATA-BANKS DAN DOMENICO-ROBBINS

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Januari 2022

Penulis

(Abdillah Akmal Karami)

ABSTRAK

PEMODELAN POLA PERSEBARAN LINDI DI TPA NGIPIK KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN SOLUSI ANALITIK OGATA-BANKS DAN DOMENICO-ROBBINS

Lindi merupakan produk sekunder dari TPA yang memiliki konsentrasi polutan cukup besar. Jumlah ini melebih baku mutu sesuai Permen LHK No.P.59 tahun 2016 sehingga memerlukan pengolahan yang benar. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kualitas air sumur sekitar TPA Ngipik Kabupaten Gresik serta dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021, mengetahui karakteristik lindi yang ditimbulkan dari TPA Ngipik dibandingkan dengan Permen LHK No.P.59 tahun 2016, memodelkan pergerakan lindi pada parameter BOD dan COD yang didapatkan dengan solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* di TPA Ngipik Kabupaten Gresik serta untuk mengetahui hasil validitas bentuk model solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* dengan hasil data lapangan. Metode yang digunakan adalah pemodelan pola penyebaran lindi pada air tanah dengan simulasi solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* dengan bantuan software Matlab. Penentuan pengambilan sampel berdasarkan SNI 6989.58:2008 dengan pengambilan 4 titik lokasi sampling. Hasil penelitian menunjukkan kualitas air tanah sekitar TPA Ngipik yang masih memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 adalah Sumur 2 dengan parameter COD (41 mg/L) dan pH (6,4) dan Sumur 3 dengan parameter COD (36,5 mg/L). Sumur 1,2 dan 3 untuk parameter DO,BOD,COD,suhu dan pH tidak memenuhi baku mutu. Hasil karakteristik lindi TPA Ngipik belum memenuhi baku mutu dengan peraturan Permen LHK No.P.59 tahun 2016 seperti parameter DO, BOD, COD dan suhu kecuali untuk parameter pH (6,7) sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hasil pemodelan pergerakan lindi pada parameter BOD dan COD dengan *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks* di TPA Ngipik Kabupaten Gresik adalah dengan rentan waktu t = 18 tahun bahwa lindi hampir sesuai baku mutu pada jarak ± 278 m untuk COD dan ±401 m untuk BOD. Hasil perbandingan validitas bentuk model solusi analitik *Ogata-Banks* (0.0042083) memiliki nilai galat lebih besar daripada solusi analitik *Domenico-Robbin* (0,0000147). Hal ini menunjukkan bahwa solusi analitik *Domenico-Robbins* lebih cocok untuk digunakan pemodelan COD dan BOD daripada solusi analitik *Ogata-Banks*.

Kata kunci : *Domenico-Robbins*, Lindi, *Ogata-Banks*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

MODELLING OF LEACHATE DISTRIBUTION IN NGIPIK LANDFILL GRESIK DISTRICT USING OGATA-BANKS AND DOMENICO-ROBBINS ANALYTICS SOLUTIONS

Leachate is a secondary product from landfill which has a large enough pollutant concentration. This amount exceeds the quality standard according to the Minister of Environment and Forestry Regulation No. P.59 of 2016 so that it requires proper processing. The purpose of this study was to determine the quality of well water around TPA Ngipik Gresik Regency and compared with PP No. 22 of 2021, knowing the characteristics of leachate generated from the Ngipik TPA compared to Permen LHK No. P.59 of 2016, modeling the movement of leachate on the BOD and COD parameters obtained with the Ogata-Banks and Domenico-Robbins analytical solutions at the Ngipik TPA Gresik Regency. Another objective is to find out the results of the validity of the Ogata-Banks and Domenico-Robbins analytical solution model with the results of field data. The method used is modeling the pattern of leachate distribution in groundwater by simulating the analytical solutions of Ogata-Banks and Domenico-Robbins with the help of Matlab software. Determination of sampling based on SNI 6989.58:2008 by taking 4 sampling locations. The results showed that the quality of ground water around TPA Ngipik still meets the quality standards with PP No. 22 of 2021 is Well 2 with COD (41 mg/L) and pH (6,4) parameters and Well 3 with COD (36,5 mg/L) parameters. Wells 1,2 and 3 for parameters DO, BOD, COD, temperature and pH did not meet the quality standards. The results of the leachate characteristics of the Ngipik landfill have not met the quality standards with the regulation of the Minister of Environment and Forestry No. P.59 of 2016 such as DO, BOD, COD and temperature parameters except for the pH (6,7) parameter which has met the specified quality standards. The results of modeling the movement of leachate on the parameters of BOD and COD with Domenico-Robbins and Ogata-Banks at TPA Ngipik Gresik Regency are with a timeframe of t = 18 years that the leachate almost matches the quality standard at a distance of ± 278 m for COD and ± 401 m for BOD. The results of the comparison of the validity of the Ogata-Banks analytical solution model (0,0042083) have a larger error value than the Domenico-Robbin analytical solution model (0,0000147). This indicates that the Domenico-Robbins analytical solution is more suitable for COD and BOD modeling than the Ogata-Banks analytical solution.

Keywords : *Domenico-Robbins*, Leachate, *Ogata-Banks*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR ..... **iii**

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **iv**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

KATA PENGANTAR ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**

DAFTAR TABEL ..... **xvi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 4

1.3 Rumusan Masalah 4

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Tujuan Penelitian 5

1.6 Manfaat Penelitian 5

1.6.1 Manfaat Bagi Akademisi 5

1.6.2 Manfaat Bagi Instansi Terkait 6

1.6.3 Manfaat Bagi Masyarakat 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**

2.1 Sampah 7

2.2 Dampak Sampah Terhadap Lingkungan 7

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.3 Air Lindi 8
2.4 TPA 10
2.5 Tanah 12
2.6 Air Tanah 16
2.7 Karakteristik Lindi 17
2.7.1 pH 17
2.7.2 Oksigen Terlarut (DO) 18
2.7.3 Suhu 18
2.7.4 BOD 18
2.7.5 COD 19
2.8 Transpor Kontaminan dalam tanah 19
2.8.1 Adveksi-Difusi 19
2.8.2 Dispersi Mekanis 22
2.9 Pemodelan Air Tanah 22
2.9.1 Solusi Analitik *Ogata - Banks* 22
2.9.2 Solusi Analitik *Domenico-Robbins* 23
2.10 Integrasi Keislaman 24
2.11 Referensi Penelitian Terdahulu 25
BAB III METODE PENELITIAN 28
3.1 Lokasi Penelitian 28
3.2 Waktu Penelitian 31
3.3 Tahapan Penelitian 31
3.3.1 Kerangka Pikir Penelitian 31
3.3.2 Tahapan Penelitian 33
3.4 Langkah Kerja Penelitian 35
3.4.1 Identifikasi Permasalahan 35

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4.2 Studi Literatur 35
3.4.3 Survey Lapangan 35
3.4.4 Pengolahan Data 40
3.4.5 Analisis Data 43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 48
4.1 Gambaran Umum Instansi 48
4.1.1 Sejarah Umum 48
4.1.2 Lokasi Instansi 49
4.1.3 Sarana dan Prasarana Instansi 50
4.1.4 Sumber dan Timbulan Sampah 51
4.2 Penentuan Lokasi Sampling 51
4.3 Pengamatan Sumur Gali 52
4.4 Hasil Pengukuran Kualitas Air Tanah Sumur Gali 54
4.4.1 Analisis Parameter Fisik Kualitas Air Tanah 55
4.4.2 Analisis Parameter Kimia Kualitas Air Tanah 58
4.5 Hasil Pengukuran Karakteristik Lindi TPA Ngipik 66
4.6 Aplikasi Model 69
4.7 Aplikasi Model Persebaran COD Pada Lindi 71
4.7.1 Hasil Simulasi 71
4.7.2 Prediksi 77
4.7.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model 81
4.8 Aplikasi Model Persebaran BOD Pada Lindi 82
4.8.1 Hasil Simulasi 82
4.8.2 Prediksi 88
4.8.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model 93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 95

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.1 Kesimpulan 95

5.2 Saran 96

DAFTAR PUSTAKA 97

LAMPIRAN 103

1. Dokumentasi Pengambilan Data 103
2. Hasil Analisis Laboratorium 106
3. Syntax Running Model Di Matlab 115
   a. Prediksi Sebaran COD (*Ogata-Banks*) 115
   b. Prediksi Sebaran COD (*Domenico-Robbins*) 115
   c. Prediksi Sebaran BOD (Ogata-Banks) 116
   d. Prediksi Sebaran BOD (*Domenico-Robbins*) 117
4. Hasil Konsentrasi COD dan BOD Pada Model Di Matlab 119
   a. Sumur 1 Jarak 96 m (S1) 119
   b. Sumur 2 Jarak 183 m (S2) 120
   c. Sumur 3 Jarak 225 m (S3) 121

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal Tanah 13
Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah 14
Gambar 2.3 Deskripsi Segitiga Lokasi 20
Gambar 3.1 Peta Kecamatan Gresik 29
Gambar 3.2 Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Gresik 30
Gambar 3.3 Kerangka Pikir Penelitian 32
Gambar 3.4 Diagram Alir Tahapan Penelitian 34
Gambar 3.5 Peta Lokasi Pengambilan Titik Sampel 38
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Data 44
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Sampah Masuk TPA Ngipik 51
Gambar 4.2 Pengukuran Tinggi Sumur 53
Gambar 4.3 Pengukuran Diameter Sumur 53
Gambar 4.4 Keadaan Sumur Pantau TPA Ngipik 54
Gambar 4.5 Pengukuran Suhu dengan Alat Thermometer 56
Gambar 4.6 Diagram Hasil Pengukuran Parameter Suhu Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 57
Gambar 4.7 Pengukuran pH dengan Alat pH Meter 59
Gambar 4.8 Diagram Hasil Pengukuran Parameter pH Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 60
Gambar 4.9 Pengukuran Oksigen Terlarut dengan Alat DO Meter 61
Gambar 4.10 Diagram Hasil Pengukuran Parameter Oksigen Terlarut Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 62
Gambar 4.11 Diagram Hasil Pengukuran Parameter COD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 64
Gambar 4.12 Diagram Hasil Pengukuran Parameter BOD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 66
Gambar 4.13 Pengukuran Karakteristik Lindi TPA Ngipik 67
Gambar 4.14 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 1 (t =3,5155 tahun) 72
Gambar 4.15 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 2 (t =5,0441 tahun) 73
Gambar 4.16 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 3 (t =6,0652 tahun) 74
Gambar 4.17 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 1 (t =4,005 tahun) 75

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.18 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 2 (t =5,76 tahun) 76
Gambar 4.19 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 3 (t =7,33 tahun) 77
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Prediksi COD 1 Dimensi Lindi 78
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Prediksi COD 2 Dimensi Lindi 79
Gambar 4.22 Peta Sebaran Hasil Simulasi Prediksi COD 2 Dimensi Lindi 80
Gambar 4.23 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =3,0876 tahun) 83
Gambar 4.24 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =4,59 tahun) 84
Gambar 4.25 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =5,5 tahun) 85
Gambar 4.26 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =3,665 tahun) 86
Gambar 4.27 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =5,66 tahun) 87
Gambar 4.28 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =7,18 tahun) 88
Gambar 4.29 Hasil Prediksi Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi 89
Gambar 4.30 Hasil Prediksi Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi 90
Gambar 4.31 Peta Sebaran Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =18 tahun) 92

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipikal Karakteristik Air Lindi 9
Tabel 2.2 Baku Mutu Lindi 10
Tabel 2.3 Tipikal Porositas dan Konduktivitas Hidrolik Tanah 15
Tabel 2.4 Baku Mutu Air Nasional 17
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu 25
Tabel 3.1 Pengumpulan Data 36
Tabel 3.2 Alat dan Bahan Penelitian 37
Tabel 4.1 Jenis Sarana dan Prasarana TPA Ngipik 50
Tabel 4.2 Karakteristik Sumur TPA Ngipik 54
Tabel 4.3 Hasil Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 55
Tabel 4.4 Hasil Parameter Fisik Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 56
Tabel 4.5 Hasil Parameter pH Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 59
Tabel 4.6 Hasil Parameter Oksigen Terlarut Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 61
Tabel 4.7 Hasil Parameter COD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 63
Tabel 4.8 Hasil Parameter BOD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik 65
Tabel 4.9 Hasil Parameter Karateristik Lindi TPA Ngipik 67
Tabel 4.10 Data dan Asumsi yang Digunakan dalam Simulasi Model 70
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Prediksi Model Parameter COD 79
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan RMSE Model *Ogata-Banks* 1 Dimensi Parameter COD 81
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan RMSE Model *Domenico-Robbins* Parameter COD 81
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Prediksi Model Parameter COD 90
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan RMSE Model Ogata-Banks 1 Dimensi Parameter BOD 93
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan RMSE Model *Domenico-Robbins* Parameter BOD 93

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu hasil akhir dari suatu proses produksi atau penggunaan bahan berupa sisa material, yang tidak dapat diproses kembali untuk menghasilkan produk atau tidak diperlukan lagi. Permasalahan sampah akan terjadi ketika sampah tidak mendapatkan penanganan yang baik dan tepat sesuai jenis dan karakteristiknya. Sampah beberapa kota di Asia, mayoritas terdiri dari 70 hingga 80% bahan organik, kotoran, dan debu (Mishra dkk, 2019). Terhitung pada 28 Juni 2021, terdapat 67, 2 ton sampah menumpuk di Indonesia dengan pengolahan yang tidak tepat. Di Indonesia, timbulan sampah tercatat sebanyak 175.000 ton/hari dengan sampah terolah untuk komposting dan daur ulang sekitar 7%, sedangkan 69% masih dibuang ke TPA. Meningkatnya jumlah produksi sampah, terutama di perkotaan, dipicu oleh proses modernisasi untuk skala pembangunan di semua bidang (Ar & Wiyanti, 2018).

Selain peningkatan jumlah timbulan sampah, dampak lain yang membahayakan lingkungan adalah timbulan air lindi dari penimbunan sampah tanpa pengolahan. Lindi merupakan hasil dekomposisi transformasi biologi oleh sampah akibat mikroorganisme yang memiliki potensi terbesar dalam pencemaran badan air di daerah sekelilingnya, terlebih air tanah yang berada dibawahnya (Wang dkk, 2018).

Lindi merupakan produk sekunder dari TPA yang memiliki konsentrasi polutan cukup besar yaitu rata-rata COD 838,1 mg/L dan BOD 404 mg/L (Arbain dkk, 2009). Jumlah ini melebih baku mutu sesuai Permen LHK No.P.59 tahun 2016 sehingga memerlukan pengolahan yang benar. Komposisi sampah yang kompleks, dengan kandungan organik, seperti BOD dan COD serta kandungan lain, lindi dianggap sebagai air limbah khusus (Ar & Wiyanti, 2018). Lindi umumnya dicirikan oleh nilai permintaan oksigen kimia dan biokimia yang tinggi (masing-masing COD dan BOD) yang mencerminkan konsentrasi bahan organik terlarut. Kandungan bahan organik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mempengaruhi tingkat oksigen terlarut dan dapat ditentukan dengan pengukuran BOD dan COD. Dekomposisi bahan organik, lindi yang berasal dari tempat pembuangan sampah terutama terdiri dari karbon organik terlarut .Kelarutan kontaminan organik dalam limbah dapat sedikit ditingkatkan melalui adanya karbon organik tingkat tinggi dalam lindi (Koda dkk, 2017). Pengukuran BOD dan COD dapat memperlihatkan jumlah oksigen yang dibutuhkan guna mengoksidasi zat pencemar pada lindi. Jika jumlah kebutuhan oksigen tinggi maka semakin kecil sisa oksigen terlarut dimana bakteri juga membutuhkan oksigen yang tinggi untuk mendegradasi zat pencemar tersebut (Arbain dkk, 2009).

Membuang lindi secara langsung di lingkungan dapat menyebabkan kerusakan permanen, terutama pada sistem air tanah. Sampah yang berada di TPA diduga membentuk proses biokimia secara kompleks sehinggga dapat menghasilkan lindi dan gas buang berupa bau yang tidak sedap (Purba & Kamil, 2015).

TPA Ngipik merupakan satu- satunya TPA yang masih beroperasi khususnya didaerah kabupaten Gresik. Data dari penelitian terdahulu mengatakan bahwa jumlah timbulan sampah yang dihasilkan adalah sebesar 582,11 m^3/hari dan masih belum ada pengelolaan lindi serta system pengelolaan sampah dengan metode *Open Dumping* (SPKP Kab. Gresik, 2020). Sistem ini sangat berpengaruh dengan kualitas lingkungan di sekitar TPA, khususnya kualitas air tanah dangkal di sekitar TPA Ngipik. Kondisi penyebaran lindi yang tidak beraturan, menjadi sukar untuk dikendalikan yang nantinya akan mencemari air tanah warga sekitar TPA Ngipik (Arbain dkk, 2009). Selain itu, penyebaran lindi juga diduga dapat menyebabkan hal yang signifikan bagi warga sekitarnya khususnya untuk kulitas air tanah sehingga mengakibatkan biomagnifikasi berupa gangguan kesehatan pada masyarakat umum yang tinggal disekitar TPA Ngipik (Pardosi & Nugroho, 2019).

Sebagai manusia sebaiknya dapat memberikan informasi jika akan terjadi kerusakan yang akan menimbulkan resiko kesehatan terhadap manusia lain. Hal ini sesuai pada firman Allah SWT sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

اِنْ اَحْسَنْتُمْ اَحْسَنْتُمْ لِاَنْفُسِكُمْۗ وَاِنْ اَسَاْتُمْ فَلَهَا فَاِذَا جَاۤءَ وَعْدُ الْاٰخِرَةِ لِيَسُۤوْا وُجُوْهَكُمْ وَلِيَدْخُلُوا الْمَسْجِدَ كَمَا دَخَلُوْهُ اَوَّلَ مَرَّةٍ وَّلِيُتَبِّرُوْا مَا عَلَوْا تَتْبِيْرًا

Artinya : Jika kamu berbuat baik berarti kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu bagi dirimu sendiri Apabila datang saat hukuman (kejahatan) yang kedua, (Kami bangkitkan musuhmu) untuk menyuramkan wajahmu lalu mereka masuk ke dalam masjid (Masjidil Aqsa), sebagaimana ketika mereka memasukinya pertama kali dan mereka membinasakan apa saja yang mereka kuasai (QS. Al-Isra':7).

Pemodelan untuk penyebaran lindi pada umumnya dibentuk dari model matematika yang dijalankan dengan metode numerik dan solusi analitik untuk menggambarkan kondisi permasalahan yang ada. Hasil pemodelan dapat dimanfaatkan untuk memprediksi dampak perubahan teknologi terhadap suatu lingkungan dan sebagai pemanfaatan manajemen sumber daya air (Arbi & Aidha, 2017). Pada penelitian ini menggunakan persamaan pembentuk aliran (*Governing*) dengan penyelesaian solusi analitik untuk membangun model perpindahan polutan. Pernyataan ini dibuktikan pada penelitian Pidriansy (2013) persamaan pembentuk aliran (*Governing*) dapat digunakan untuk menggambarkan proses perpindahan polutan utama tiap parameter pencemar dari sumber pencemar itu terjadi, hingga menuju daerah letak pencemaran yang akan dituju. Kontaminasi air tanah akibat lindi dapat dimodelkan menggunakan persamaan tersebut dengan penyelesaian solusi analitik model *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* untuk mengetahui pola penyebaran lindi dari TPA sampai dengan jarak beberapa meter sehingga dapat ditentukan daerah kualitas air tanah di sekitar TPA apakah tercemar akibat lindi TPA atau tidak (Pidriansy, 2013).

Persamaan pembentuk aliran (*Governing*) dapat dijadikan alat untuk penelitian terkait permasalahan diatas dengan membuat suatu pemodelan proses pergerakan penyebaran lindi dari TPA Ngipik sebagai informasi untuk masyarakat disekitarnya. Penelitian yang akan dilakukan ini juga untuk mengetahui betapa pentingnya mengelola lindi khususnya didaerah TPA

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sehingga dapat melakukan tindakan preventif terkait hal tersebut apabila benar terjadi dampak buruk yang dihasilkan oleh lindi.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang diatas adalah:

1. Kualitas air tanah pada kawasan sekitar TPA Ngipik Kabupaten Gresik
2. Karakteristik lindi yang dihasilkan dari TPA Ngipik Kabupaten Gresik
3. Pergerakan lindi pada TPA Ngipik Kabupaten Gresik

1.3 Rumusan Masalah

Identifikasi masalah diatas menjadi rujukan rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan identifikasi masalah diatas adalah:

1. Bagaimana kualitas air tanah sekitar TPA Ngipik Kabupaten Gresik serta dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021?
2. Bagaimana karakteristik lindi ditimbulkan dari TPA Ngipik serta dibandingkan dengan Permen LHK No.P.59 tahun 2016?
3. Bagaimana bentuk hasil pemodelan pergerakan lindi pada parameter BOD dan COD dengan solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* di TPA Ngipik Kabupaten Gresik?
4. Bagaimana hasil perbandingan validitas bentuk model solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* dengan hasil data lapangan?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dapat diambil berdasarkan identifikasi masalah diatas adalah:

1. Tempat penelitian ini adalah pemukiman warga sekitar TPA Ngipik dan TPA Ngipik di Kelurahan Roomo, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.
2. Objek penelitian berupa air lindi sampah dan air tanah.
3. Penyebaran lindi terjadi di dalam tanah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Penelitian dilakukan pada musim kemarau.
5. Durasi pencemaran (t) = 18 tahun
6. Teknik pengolahan data menggunakan solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*.
7. Hasil identifikasi berdasarkan simulasi dari model dengan software MATLAB.
8. Lindi dan air tanah yang diteliti berupa parameter DO, BOD, temperatur, COD dan pH.
9. Parameter lindi dan air tanah yang disimulasikan ke dalam model adalah BOD, dan COD.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dapat diambil berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kualitas air sumur sekitar TPA Ngipik Kabupaten Gresik serta dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021.
2. Mengetahui karakteristik lindi ditimbulkan dari TPA Ngipik serta dibandingkan dengan Permen LHK No.P.59 tahun 2016.
3. Memodelkan pergerakan lindi pada parameter BOD dan COD dengan solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* di TPA Ngipik Kabupaten Gresik.
4. Mengetahui hasil validitas bentuk model solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* dengan hasil data lapangan.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini bagi beberapa pihak dapat diuraikan sebagai berikut :

1.6.1 Manfaat Bagi Akademisi

1. Memberi kontribusi ilmiah pada kajian tentang pergerakan lindi pada TPA terlebih pada kawasan wilayah Kabupaten Gresik dan warga sekitarnya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Untuk rujukan ilmiah guna referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan pergerakan lindi di TPA

1.6.2 Manfaat Bagi Instansi Terkait

1. Memberikan suatu gambaran terkait proses pergerakan lindi di TPA Ngipik
2. Memberikan langkah alternatif proses pencegahan agar lindi yang dihasilkan TPA Ngipik tidak mencemari air tanah warga sekitar

1.6.3 Manfaat Bagi Masyarakat

1. Menambah pengetahuan dan wawasan kepada masyarakat terkait proses pergerakan lindi dari TPA Ngipik
2. Sebagai sarana informasi terkait bahaya yang ditimbulkan akibat lindi yang dihasilkan oleh TPA Ngipik bagi lingkungan sekitar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah memiliki tingkat kepentingan yang tinggi terhadap kelestarian lingkungan. Apalagi dalam tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan baik secara kualitas maupun kuantitas sampah. Sampah dapat diartikan sebagai buangan suatu benda padat yang biasanya dijuluki sebagai suatu polutan sehingga mengakibatkan turunnya nilai keindahan dari suatu lingkungan tertentu yang ditempatinya, menimbulkan beberapa penyakit yang menyertainya, menurunkan kualitas sumber daya alam, membuat saluran drainase menjadi terhambat dan berbagai efek buruk lainnya (Yedidia, 2016). Selain itu, pada arti lain sampah merupakan limbah yang umumnya terdiri dari baik zak organic atau an organic yang dianggap tidak difungsikan kembali sehingga harus dikelola sedemikian rupa dengan harapan agar tidak menimbulkan keadaan bahaya baik untuk lingkungan maupun makhluk hidup (Azizah, 2016).

2.2 Dampak Sampah Terhadap Lingkungan

Sampah memiliki akibat signifikan pada lingkungan diseitarnya khususnya daerah pemukiman TPA Ngipik. Dampak tersebut dibagi menjadi beberapa aspek yaitu diantaranya sebagai berikut (Azizah, 2016) :

A. Dampak Positif
   1. Jika diolah dengan baik maka mengakibatkan estetika lingkungan yang baik serta kegairahan hidup masyarakat
   2. Dapat digunakan sebagai pupuk organic
   3. Untuk menimbun lahan seperti dataran rendah atau rawa – rawa
   4. Hasil olahan sampah dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak
   5. Dapat menurunkan tingkat penularan penyakit yang erat dengan sampah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6. Hasil pengelolaan sampah menimbulkan berkurangnya tempat perkembangbiakan mikroorganis penggangu dan sejenisnya

B. Dampak Negatif

1. Estetika lingkungan menjadi berkurang.
2. Dapat menyebabkan bau yang tidak sedap.
3. Dapat menjadi sumber penyakit akibat gangguan kesehatan manusia karena biomagnifikasi.
4. Hasil kerusakan yang diakibatkan sampah membutuhkan biaya besar.
5. Mengakibatkan bencana alam berupa banjir karena pengelolaan sampah yang kurang terkendali.

2.3 Air Lindi

Air lindi adalah hasil proses degradasi atau dekomposisi biologi sampah dimana mengandung zat – zat tersuspensi dan unsur - unsur terlarut. Hal tersebut disebabkan akibat cairan yang keluar dari timbulan sampah di suatu daerah dimana waktu prosesnya berlangsung dalam jangka waktu tertentu sehingga merupakan suatu bentuk pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Sampah – sampah tersebut biasanya terdapat dalam TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). Pengertian *leachate* adalah sebuah cairan merembes dari hasil timbulan sampah yang membawa suatu materi zat tersuspensi atau terlarut terlebih pada hasil dekomposisi zat material didalam sampah. Selain itu air lindi adalah sutau limbah dengan bentuk cair yang ditimbulkan akibat dampak timbulan sampah yang sengaja atau tidak sengaja dimasuki oleh air eksternal, misalnya hujan dan lain sebagainya, hal itu juga termasuk materi organik hasil dekomposisi biologis (Wang dkk, 2018).

Air yang dihasilkan dari tumpukan sampah biasanya tercampur juga oleh air eksternal biasanya berupa air hujan yang sewaktu – waktu dapat terjadi. Jika air lindi keluar dari tumpukan sampah tak terkendali dan tidak menjadi perhatian khusus maka yang terjadi adalah terjadi rembesan vertikan ke dalam tanah sehingga menjadikan air lindi tercampur dengan air tanah dibawahnya. Kondisi ini sangat memprihatinkan jika tidak kunjung ditangani

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

secara tepat dan tanggap. Pada umumnya timbunan sampah di TPA memiliki kandungan beberapa zat berupa zat organic dengan beberapa kadar mineral tinggi lainnya. Untuk itu, jika terdapat lindi dalam timbulan tersebut maka secara tidak langusng memilik kandungan yang sama dengan sampah tersebut. Karakteristik lindi yang dihasilkan dari TPA sangat bergantung pada umur lokasi TPA. Pada fase awal TPA (<5 tahun), pH lindi bervariasi dari 4 hingga 6,5 terutama karena pembentukan asam karboksilat Lindi yang dihasilkan dari lokasi TPA dalam jangka waktu yang lama bersifat basa dengan nilai pH antara 8 hingga 8,5 (Ratna dkk, 2018). Lindi TPA mengandung konsentrasi tinggi senyawa organik dan amonium, dan adanya ion logam berat, yang telah dianggap sebagai air limbah tahan api . Karena konsentrasi polutan yang tinggi, biaya pengolahan lindi cukup tinggi (Ye dkk, 2017). Lindi biasanya mempunyai rasio pada parameter BOD atau COD sangat rendah yaitu <0,4. Hal ini menenadakan bahwa zat organik dalam lindi bersifat susah secara biologis untuk didegradasi (Zaman dkk, 2014)..

Dalam beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arsyadi (2017) terdapat beberapa karakteristik khusus dari air lindi. Air lindi memiliki karakteristik yang sangat bervariasi dan tergantung dengan tingkat pengelolaan di suatu tempat tertentu khususnya TPA, seperti proses dekomposisi biologi, kimia dan fisika baik secara aerob maupun anaerob dimana hal tersebut dilakukan oleh mikroorganisme pengurai. Air lindi terbentuk juga karena beberapa factor tertentu biasanya berupa jenis sampah, daerah kawasan TPA, system pengoperasian dan siklus hidrogeologi. Adapun ciri-ciri lindi dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut : (Arsyadi, 2017)

Tabel 2.1 Tipikal Karakteristik Air Lindi

No.	Parameter	Satuan	Rentang
1	COD	mg/liter	140-152.000
2	BOD_5	mg/liter	20-57.000
3	pH	-	4,5 -9

Sumber : Arsyadi, 2017

Adapun untuk baku mutu lindi bagi aktivitas di tempat pemrosesan akhir (TPA) adalah sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.2 Baku Mutu Lindi

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	COD	mg/liter	300
2	BOD	mg/liter	150
3	pH	-	6 -9

Sumber : Permen LHK No.P.59, 2016

2.4 TPA

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) memiliki arti yaitu sebuah tempat dimana sampah menuju proses terakhir pengelolaannya hingga mulai dihasilkan disumber serta pengangkutan, pemindahan, pengangkutan, pembuangan dan pembuangan sampah. Selain itu TPA juga menjadi tempat pengisolasian sampah secara terstruktur dan aman sehingga tidak mengakibatkan kerusakan terhadap lingkungan TPA di sekitarnya (Gaol, 2017). Pada fase pemrosesan akhir di TPA terdapat beberapa proses untuk pengolahan sampah langsung di TPA dengan metode- metode tertentu baik secara sederhana maupun dengan teknologi tingkat tinggi. Hal itu tergantung dengan letak wilayah dari suatu TPA dan badang yang menanuginya. Metode proses pemrosesan akhir terdiri dari berbagai macam proses diantaranya sebagai berikut : (Saputra & Mirwan, 2017)

1. Open dumping

   Open dumping dapat diartikan sebagai metode sederhana dimana sampah hanya ditumpuk di suatu tempat atau lokasi tertentu tanpa adanya proses yang menemaninya. Pada system ini juga sudah tidak ada proses pengolahan sampah secara signifikan karena sistemnya hanya sampah dibiarkan pada lahan terbuka sehingga banyak sekali efek yang didapatkan dari system ini terlebih lagi kontaminan air lindi oleh air tanah, pencemaran udara oleh bau yang tidak sedap serta bercecernya sampah yang tak terkendali.

2. Control landfill

   Control landfill adalah metode dimana terjadi peralihan antara metode *open dumping* dengan *sanitary landfill*. Metode ini dimaksudkan untuk menimbun sampah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lalu diratakan dengan menggunakan alat berat. Sebelum hal tersebut dilakukan, tempat yang akan digunakan utuk metode ini ditanam pipa – pipa khusus baik secara horizontal untuk tempat mengalirnya air lindi maupun secara vertical untuk tempat pengeluaran udara yang berupa gas metana ke udara luar. Dalam proses perataan tersebut dilakukan penutupan dengan menggunakan tanah dengan dibantul alat berat dan juga dipadatkan.

3. Sanitary Landfill

   Metode *sanitary landfill* dapat diartikan sebagai salah satu cara melakukan penimbunan sampah dengan tanah atau hamparan suatu lahan. Metode ini berbeda dengan metode *sanitary landfill* dimana proses ini memperhatikan kelestarian lingkungan disekitarnya serta terdapat proses tertentu. Proses yang terdapat didalam metode ini terdapat pengukuran ketebalan tanah yang dihamparkan serta timbunan dihitung secara terperinci hingga berseling – seling seperti tanah – sampah –tanah – sampah begitu seterusnya serta hamper sama dengan proses *control landfill*. Dari ketiga proses TPA yang telah disebutkan diatas, proses *sanitary landfill* yang terbaik karena konsekuensi berupa biaya yang relative besar. Selain itu juga, tempat yang dibutuhkan untuk realisasi proses ini adalah relative cukup luas dan membutuhkan alat berat untuk perealisasiannya.

TPA bukan sekedar terjadi salah satu proses yang telah disebutkan diatas , hanya saja terdapat beberapa proses tambahan yang mengiringi hal tersebut dan juga harus wajib terdapat minimal 4 aktifitas utama upaya pengelolaan sampah diantaranya yaitu : (Gaol, 2017)

1. Tempat pemilahan sampah, biasanya berupa pemilahan sampah organic, an organic dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Tempat daur ulang sampah, biasanya berupa daur ulang sampah an organic.
3. Tempat pengomposan sampah, umumnya dilakukan pengomposan sampah organic atau hayati
4. Tempat pengurugan atau penimbunan sampah (*landfill*)

2.5 Tanah

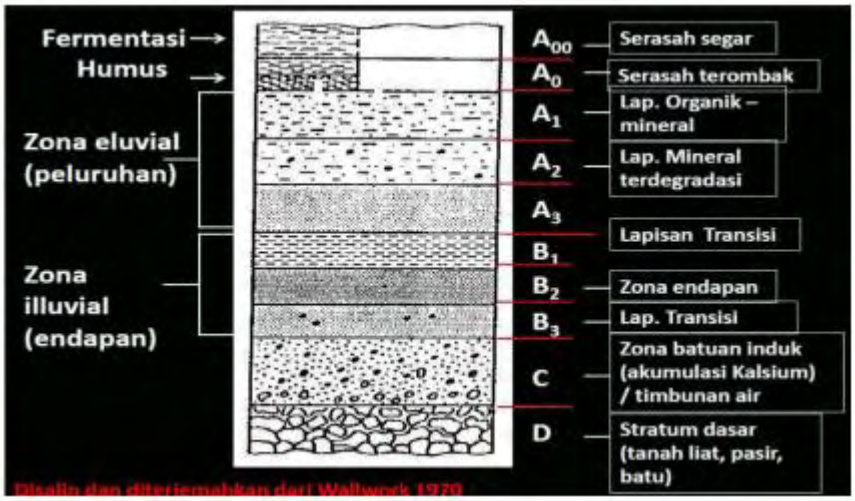
Tanah merupakan benda alam yang berada pada lapisan kulit bumi paling atas dan berisi tanah, butir, udara, air, sisa sisa tumbuhan dan hewan dimana juga salah satu tempat tumbuhnya makhluk hidup yaitu tanaman. Tanah juga salah satu penyusun bagia struktur kerak atau permukaan bumi. Tanah dalam proses pembentukannya melalui pelapukan dan penghancuran batua serta sisa-sisa organisme menjadi butiran-butiran yang sangat kecil dimana lama- kelamaan butiran tersebut akan bertambah sehingga terbentuklah tanah (Pare dkk, 2017).

Tanah memiliki beberapa komponen yang tersusun dalam satu system. Komponen ini terdiri dari 3 jenis yaitu, komponen gas, cair dan padat. Masing-masing komponen ini memiliki campuran dan struktur yang berbeda didalamnya. Komponen gas biasanya berupa udara yang mengisi celah-celah atau pori tanah baik udara di dalam tanah maupun udara bebas di udara. Gas tersebut bisa juga berasal dari proses biodegradasi zat organik yang berada di tanah. Komponen cair biasanya sebagai larutan tanah sehingga berbentuk air tanah atau air kapiler yang menempel pada partikel tanah. Kemudian komponen padat merupakan campuran baik mineral maupun bahan organik yang membentuk struktur tanah dan biasanya memiliki pori yang ditempati oleh komponen gas dan cair (Pidriansy, 2013).

Tanah di Indonesia memiliki jenis tanah yang berbeda-beda, misalnya tanah gambut, sawah, latosol, litosol, regosol, alluvial, andosol dan lain-lain. TPA Ngipik memiliki jenis tanah alluvial menurut RIPKA Gresik tahun 2013. Jenis tanah ini memiliki karakteristik bermacam-macam, misalnya termasuk tanah liat berpasir, tingkat permeabilitas rendah, pH yang beragam, berwarna coklat abu-abu, dan lain sebagainya. Struktur dan tekstur tanah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berkaitan erat dengan pori-pori tanah sehingga dapat mempengaruhi proses hidrologi air, laju infiltrasi air didalam tanah, khususnya lindi, kemampuan tanah dalam menampung air dan proses lainnya (Asdak, 1995).

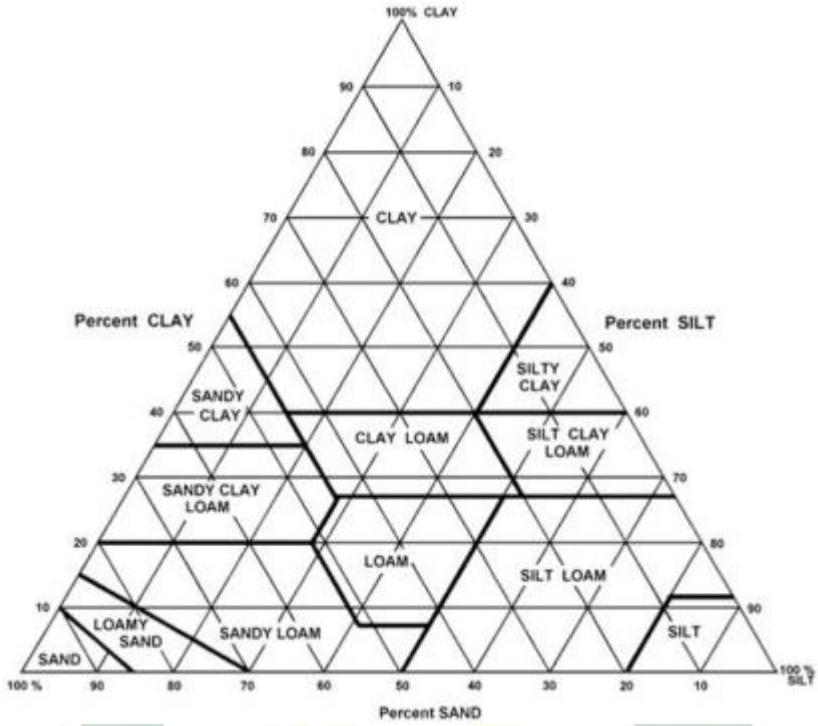


Gambar 2.1 Tipikal Tanah

(Sumber : Wallwork, 1970)

Gambar 2.1 diatas menunjukkan bahwa di zona eluvial memiliki karakteristik yaitu mengandung lapisan organik mineral terdegradasi dan transisi. Lapisan ini terjadi pergerakan air di dalam tanah sehingga ditahan oleh gaya kapiler pada pori-pori tanah. Jika kapasitas retensi dari pori-pori tanah rendah, maka air atau zat cair didalam tanah bergerak ke bawah menuju zona illuvial. Peristiwa ini sama halnya dengan lindi merembes ke dalam pori-pori tanah di sekitar TPA Ngipik (Wallwork, 1970).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah

(Sumber : USDA, 2014)

Tanah dapat diklasifikasi menurut tekstur tanah dengan beberapa komponen seperti pasir, liat dan lempung. Tekstur tanah ini dapat dikelompokkan dengan taksonomi tanah berbentuk segitiga dari USDA (2014) yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan uraian porositas serta konduktivitas hidrolis dapat dilihat pada Tabel 2.3. Hasil klasifikasi tanah ini dapat berfungsi sebagai penentuan karakteristik tanah, seperti konduktivitas hidrolik, kelembaban dan porositas tanah.

1. Porositas Tanah

   Tanah memiliki partikel yang cenderung saling bergabung sehingga membentuk agregat atau bongkahan disebabkan oleh berbagai macam proses seperti penyusutan atau mengembang akibat pengaruh biologis atau perubahan kadar air. Porositas tanah merupakan kapasitas volume kosong diantara komposisi padatan tanah. Komponen yang ada di dalam tanah terdiri dari komponen cair, padat dan gas (Pidriansy, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolis biasanya dilambangkan dengan (K) merupakan salah satu indikator kemampuan tanah dalam memobilisasi air dalam tanah (Bedient dkk, 1999). Menurut Notodarmojo (2005) konduktivitas hidrolis disebut sebagai kecepatan aliran melewati media berpori dengan setiap unit gradient hidrolis. Untuk konduktivitas hidrolis sesuai dengan porositas dan jenis tanah aluvial berurutan adalah 0,42-1,41 (nm/s) dan 0,37-0,49 (n).

3. Kelembaban (Kadar Air)

Air didalam tanah biasanya mengisi ruang berpori baik seluruh rongga tanah maupun sebagian rongga tanah. Air yang tersangkut didalam tanah atau yang mengisi tanah disebut sebagai kelembaban tanah. Jika air dapat memenuhi seluruh rongga tanah maka disebut sebagai jenuh, sedangkan jika air hanya memenuhi sebagian rongga tanah disebut sebagai tidak jenuh (Pidriansy, 2013).

Tabel 2.3 Tipikal Porositas dan Konduktivitas Hidrolik Tanah

Jenis Tanah	**Konduktivitas Hidrolik (μm/detik)**	**Porositas (n)**
Pasir	442,34-141,14	0,374-0,5
Lempung berliat	1,41-4,23	0,409-0,519
Debu	4,23-14,11	0,46
Lempung	4,23-14,11	0,375-0,551
Lempung Berdebu	4,23-14,11	0,42-0,582
Pasir Berlempung	42,34-141,14	0,363-0,506
Liat Berdebu	0,42-1,41	0,425-0,533
Lempung Berpasir	14,11-42,43	0,351-0,555
Silty Clay Loam	1,41-4,23	0,418-0,524
Sandy clay loam	1,41-4,23	0,332-0,464
Liat berpasir	0,42-1,41	0,37-0,49

Sumber : USDA, 2013

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6 Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber air pokok di suatu tempat tertentu. Sehingga banyak didaerah tertentu masih memanfaatkan air tanah sebagai kebutuhan pokok mereka khususnya untuk kebutuhan sehari – hari. Air tanah dapat diartikan sebagai air yang berada kurang lebih 10 meter dibawah permukaan tanah yang membentang di seluruh permukaan bumi di dunia. Air tanah dapat bersifat dinamis dan biasanya dipengaruhi oleh beberapa factor yang melinkupinya khususnya alam itu sendiri. Air tanah menempati posisi di celah – celah rongga tanah akibat dari proses infiltrasi dari permukaan tanah. Rongga tanah tersebut berbentuk pori – pori batuan biasanya batuan yang bernama akuifer. Pada lapisan akuifer ini sangat rentan sekali tercemari oleh air lindi akibat resapan dari TPA yang kurang dari pengelolaannya. Biasanya air lindi yang terserap kedalam lapisan tanah dibarengi oleh air hujan yang datang secara tiba – tiba sehingga mempermudah lahu pergerakan lindi untuk dapat mencapai lapisan akuifer tanah ini (Dzulfahmi dkk, 2019).

Air tanah memiliki pergerakan di dalam tanah dalam proses infiltrasi. Pergerakan air tanah memungkinkan sangat lambat daripada pergerakan air permukaan. Pada umumnya pergerakan air tanah berkisar 1,5 m/tahun serta sangat dipengaruhi oleh bentuk topografi dan geologi wilayah pada suatu wilayah tertentu. Air tanah bergerak atau mengalir dari permukaan tinggi menuju permukaan rendah baik pada kondisi tertekan maupun tidak tertekan. Pergerakan air tanah pada kondisi konstan dapat digambarkan menggunakan persamaan *Darcy* (Konig dkk, 2009) sebagai berikut :

$$\frac{Q}{A} = q = -K(\emptyset)\frac{\partial h}{\partial z} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

Q : debit aliran air (m^3/detik)

A : Luas penampang permukaan (m^2)

q : fluks air (m^3/m^2/detik)

K (∅) : Konduktivitas hidrolis (m/hari)

$\frac{\partial h}{\partial z}$: Gradien hidrolis (m/m)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.7 Karakteristik Lindi

Pencemaran air tanah dapat merujuk sebagai fenomena alam yang dapat membahayakan system ekosistem dan keadaan normal dimana kondisi keberadaan dan perkembangan manusia atau makhluk hidup dalam beberapa kandungan zat tertentu didalam air melebihi standar baku mutu yang ditentukan pemerintah setempat. Parameter yang digunakan untuk monitoring kualitas air biasanya berupa COD, temperatur, tingkatan BOD, dan pH. Nilai rasio BOD dan COD ketika di dalam air sama dengan atau lebih tinggi dari 0,8 maka air itu dapat disebut sebagai air tercemar atau tinggi akan polusinya (Royani dkk, 2021). Parameter – parameter tersebut digunakan untuk melihat kandungan pada lindi dan air tanah. Berikut parameter air dengan tingkat kesehatan sesuai dengan baku mutu pada Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Nasional

No	Parameter	Unit	Baku Mutu			
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9
2	BOD	mg / L	2	3	6	12
3	COD	mg / L	10	25	40	80
4	Suhu	^{0}C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3

Sumber : PP RI No.12, 2021

2.7.1 pH

Nilai derajat keasaman atau bisa disebut sebagai pH merupakan parameter kegiatan ion hydrogen dimana menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion tersebut dalam air sehingga dapat memberikan informasi bahwa perairan tersebut bersifat basa atau asam. Air limbah dalam kondisi tidak netral akan menyebabkan proses biologis sehingga menimbulkan nilai derajat keasaman perairan tersebut berfluktuasi disebabkan oleh aktivitas respirasi organisme akuatik, fotosintesis, suhu dan keberadaan ion lain. Nilai pH lindi pada TPA sekitar antara 1,5 – 9,5 (Yatim & Mukhlis, 2013). Pada lindi juga terdapat aktivitas mikroorganisme yaitu menghasilkan metana (CH_4) karena hasil proses degradasi zat organik sehingga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menimbulkan penurunan nilai COD sampai >70% dimana akan terhambat jika pH antara 6,5- 7,2 (Rahajeng dkk, 2015).

2.7.2 Oksigen Terlarut (DO)

DO (Oksigen teralrut) adalah salah satu faktor perubahan biologis akibat mikroorganisme anaerobik dan aerobik melakukan reaksi oksidasi untuk mereduksi garam anorganik. Oksigen terlarut dalam air menjadi penentu kualitas air sehingga sangat mempengaruhi kesehatan mikroorganisme didalamnya (Sawyer dkk. 2003).

2.7.3 Suhu

Suhu sangat dipengaruhi oleh sirkulasi udara , musim, waktu dalam hari dan posisi lintang. Suhu adalah salah satu parameter penting dalam penentuan karakteristik air karena dapat memberikan perubahan zat pada air. Fluktuasi pada suhu juga berpengaruh pada proses biologi, fisika dan kimia pada air. Hal ini juga dapat menimbulkan penurunan atau kenaikan kelarutan gas dalam air misalnya oksigen nitrogen dan sebagainya. Suhu dapat diukur menggunakan alat yaitu thermometer dimana mempunyai prinsip kerja dengan memfungsikan sifat zat didalam alat sehingga dapat berubah sesuai perubahan suhu yang ada (Effendi, 2003).

2.7.4 BOD

BOD *(Biochemical oxygen demand)* atau dapat diartikan sebagai suatu fitur untuk menunjukkan jumlah oksigen terlarut untuk kebutuhan mikroba (umumnya bakteri) terurai atau menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Atima, 2015). Hasil BOD biasanya tidak menunjukkan berapa jumlah zat organik yang sebenarnya, tetapi untuk mengukur berapa jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan bahan organik tersebut dalam perairan (Andika dkk, 2018). Proses penguraian ini bakteri mendapatkan energi dari kegiatan oksidasi sambil memakan bahan organik yang ada di perairan tersebut. Hal ini dapat berfungsi untuk mendapatkan berita tentang kadar jumlah beban pencemar BOD pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

suatu perairan akibat air limbah yang mencemarinya (Daroini & Arisandi, 2020).

2.7.5 COD

Kebutuhan oksigen kimia atau biasa disebut dengan COD (*Chemical Oxygen Demand)* kebutuhan jumlah oksigen yang dibutuhkan guna mengoksidasi zat organik dalam air secara kimiawi (Andika dkk, 2015). Parameter ini biasanya digunakan sebagai penentuan tingkat pencemaran senyawa organik dari suatu limbah industri atau domestik. Pencemaran akibat senyawa organik menajdi salah satu masalah serius dalam penelitian pencemaran air, hal ini karena banyak industri menggunakan zat organik untuk bahan baku pembuatan produknya, sehingga ketika terlalu lama dibiarkan di lingkungan maka senyawa organik tersebut akan teroksidasi dan larut dalam air tanah (Domenico dkk, 1998).

2.8 Transpor Kontaminan dalam tanah

Kontaminan dapat mengalir masuk ke akuifer jika dałam jumlah yang relatif besar dan sifat fisika-kimianya memungkinkan mengalir secara gravitasi atau bantuan air hujan yang membantu mendorong zat tersebut ke bawah. Kontaminan yang berada dałam tanah selalu dałam kondisi dinamis, yaitu berinteraksi dengan partikel tanah atau mengalami transformasi sampai terjadi. Dałam transport kontaminan, penambahan konsentrasi diakibatkan karena adanya penambahan sumber pencemar secara terus menerus dan terjadinya proses difusi dałam tanah. Fenomena penting yang dałam proses transport kontamninan adalah adveksi. Transport karena adveksi merupakan proses fisik dimana air sebagai medium bergerak sambil membawa kontaminan yang berada di dalammnya (Deardo, 2014).

2.8.1 Adveksi-Difusi

Proses transport kontaminan terlarut yang diakibatkan oleh perpindahan medium dimana kontaminan berada disebut transport akibat adveksi (Notodarmojo, 2005). Adveksi adalah proses dimana air tanah yang mengalir mengangkut zat-zat terlarut. Adveksi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menunjukkan pergerakan dari kontaminan dengan aliran air tanah menurut kecepatan dalam pori (Bedient, 1999). Kecepatan perpindahan massa solute akibat adveksi sama dengan kecepatan aliran air tanah. Kecepatan aliran air tanah dapat diperoleh dari Hukum Darcy (Notodarmojo, 2005).

$$v = (\frac{K}{n_{eff}})\frac{\partial h}{\partial L} = \frac{q}{n_{eff}} \ldots\ldots\ldots\ldots(2.2)$$

Dimana :

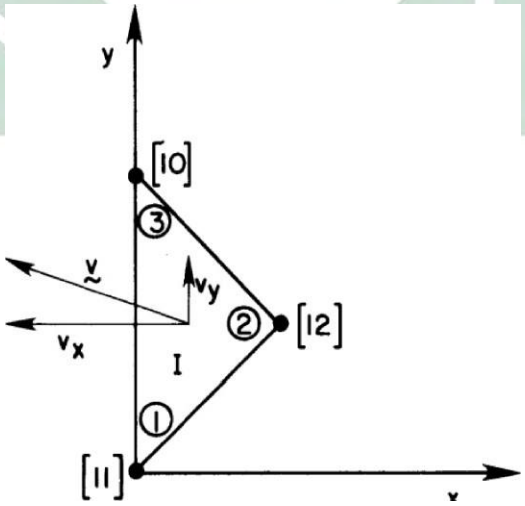
K = gradien hidrolis $\frac{\partial h}{\partial L}$ (m/m)

J = konduktivitas hidrolis (m/s)

V = kecepatan linier rata-rata (m/s)

n_{eff} = porositas efektif

Dalam menginvestigasi transport kontaminan pada air tanah dibutuhkan perhitungan komponen kecepatan yang diperoleh dari perhitungan gradient hidroilis (H). Yang jadi permasalahan adalah ketika perhitungan gradient hidrolis terletak pada lokasi yang acak (randomly located). Maka dalam menentukannya perlu dilakukan pendeskripsian segitiga berdasarkan koordinat lokasi seperti berikut (Pinder, 1981):



Gambar 2.3 Deskripsi Segitiga Lokasi

(Sumber : Pinder, 1981)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Maka kecepatan aliran dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Pinder, 1981) :

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} = -\frac{1}{\theta}\begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} \\ K_{yx} & K_{yy} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial y} \end{bmatrix} \text{.....(2.3)}$$

Untuk kecepatan resultannya adalah (Pidriansy, 2013) :

$$v_r = \sqrt{v_x + v_y} \text{.....(2.4)}$$

Difusi merupakan proses transport suatu zat dari suatu system ke bagian sistem lain sebagai hasil dari pergerakan bidang molekul acak atau sembarang. Di sisi lain, masing-masing zat ini bergerak dalam pergerakan bidang difusi. Untuk difusi juga dapat diartikan sebagai proses transport berupa aliran seperti sungai atau system lainnya yang dapat digerakkan oleh gaya gravitasi bumi atau tekanan dan berbentuk horizontal. Difusi adalah Proses dimana ion atau molekul bergerak'pindah clari konsentrasi yang tinggi menuju konsentrasi yang rendah (Bedient, 1999). Difusi terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi dalam larutan. Ion atau molekul yang larut dalam air mempunyai kecenderungan untuk menyamakan konsentrasi dalam sistem, sehingga akan bergerak dari daerah yang berkonsentrasi tinggi menuju daerah dengan konsentrasi rendah (Notodarmojo, 2005). Difusi akan terus terjadi sampai gradient konsentrasi menjadi nol atau tidak ada perbedaan konsentrasi dalam system, walaupun tidak ada gerakan air atau fluida dimana kontaminan itu tersebut berada (Pidriansy, 2013). Proses difusi akan mengikuti kaidah Fick pertama, yang untuk pergerakan I dimensi dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$F = -D_d \frac{dC}{dx} \qquad (2.5)$$

Dimana :

F = Fluks massa dari kontaminan (g/m^2/detik)

D_d = Koefisien difusi (m^2/detik)

V = Konsentrasi kontaminan (g/m^3)

dc/dx = Gradien konsentrasi ($g/m^3/m$)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8.2 Dispersi Mekanis

Dispersi adalah proses penyebaran kontaminan akibatadanya gradient kecepatan dalam pori-pori tanah (Toha, 2003). Dispersi hidrodinamis merupakan gabungan antara proses difusi dan dispersi mekanis (Notodarmojo, 2005). Air tanah bergerak dengan kecepatan yang tidak seragam karena dipengaruhi oleh 3 fenomena penting, yaitu: variasi ukuran pori, lintasan yang berliku, dan variasi distribusi kecepatan dalam pori (Notodarmojo, 2005). Dispersi mekanis adalah hasil dari berbagai variasi kecepatan yang ada pada satu medium pori (Toha, 2003).

Dispersi mekanis dibagi menjadi 2, yaitu dispersi longitudinal (x) dan dispersi transversal (y) (Bedient, 1999). Jika dispersit ersebut terjadi dalam arah memanjang atau searah dengan gerakan air, maka disebut dispersi mekanis longitudinal. Sedangkan bila terjadi pada arah tegak lurus aliran, maka disebut dispersi mekanis transversal.

2.9 Pemodelan Air Tanah

Untuk menggambarkan pola persebaran lindi di dalam tanah perlu adanya rumus pembangun sebagai berikut :

2.9.1 Solusi Analitik *Ogata - Banks*

Solusi Ogata-Banks adalah solusi satu dimensi untuk menggambarkan dan memperkirakan sejauh mana dan kapan sebuah kontaminan akan sampai pada titik yang dipantau dari sumber titik yang kontinyu. Beberapa solusi analitik telah dikembangkan sangat penting bagi perkembangan persamaan transport pencemar dalam media tanah. Salah satu solusi yang menjadi rujukan yaitu solusi Ogata-Bank (1961) untuk persamaan satu dimensi. Solusi 1 dimensi ini banyak digunakan sebagai model analitik persebaran kontaminan pada media tanah. Solusi ini menyatakan bahwa bila nilai porositas (n) besar, maka solusi Ogata-Banks akan menghasilkan error yang besar. Error akan terjadi jika nilai D (dispersivitas) bernilai besar dan jarak (x) yang kecil.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kondisi yang menggambarkan adveksi dan dipersi longitudinal digambarkan dalam model 1 dimensi yang digunakan .Kondisi batas menunjukkan bahwa asumsi yang digunakan adalah konsentrasi awal pada lapangan adalah nol (0).Ogata-Banks juga memiliki solusi yang mampu untuk menggambarkan persebaran kontaminan organik sehingga memiliki laju peluruhan akibat dekomposisi yaitu dapat dilihat pada persamaan 2.7.

$$C_{(x,t)} = \frac{C_0}{2}\left\{\left[erfc\left(\frac{Rx-v_x t}{2\sqrt{RD_x t}}\right)\right] + \left(exp\left(\frac{v_x x}{D_x}\right) * erfc\left(\frac{RX+v_x t}{2\sqrt{RD_x t}}\right)\right)\right\} \text{.....(2.7)}$$

Dimana :

C = Konsentrasi pencemar pada titik x dan waktu t (mg/L)

C_0 = Konsentarsi pencemar pada titik sumber (mg/L)

x = Jarak dari sumber pencemar terhadap titik x (cm)

V_x = Kecepatan air tanah / kecepatan pencemar (cm/jam)

t = waktu (jam)

D_x = Konstanta dispersi (cm^2/jam)

2.9.2 Solusi Analitik *Domenico-Robbins*

Solusi Domenico banyak digunakan dalam beberapa model analitik untuk mensimulasikan skenario transportasi kontaminan air tanah. Salah satu solusi analitik paling populer yang digunakan untuk memodelkan plume kontaminan air tanah adalah solusi Domenico (1987).Solusi Domenico adalah solusi perkiraan yang menggambarkan pengangkutan gumpalan kontaminan yang berkembang dari sumber secara terbatas (Srinivasan, 2007). Persebaran yang berada dalam air tanah akan selalu dengan lingkungan sekitar dan dapat bergerak sesuai dengan pergerakan massa air (Purba, 2014). Adapun model Domenico-Robbins dapat dihitung dengan rumus 2.8 berikut :

$$C_{(x,y,z)} = \left(\frac{C_0}{8}\right) exp\left\{\left(\frac{x}{2a_x}\right)\left[1 - \left(1 + \frac{4\lambda a_x}{v}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$erfc\left[\frac{Rx - vt\left(1 + \frac{4\lambda a_x}{v}\right)^{\frac{1}{2}}}{2(Ra_x vt)^{\frac{1}{2}}}\right]$$

$$\left\{erf\left[\frac{\left(y + \frac{Y}{2}\right)}{2\left(a_y x\right)^{\frac{1}{2}}}\right] - erf\left[\frac{\left(y - \frac{Y}{2}\right)}{2\left(a_y x\right)^{\frac{1}{2}}}\right]\right\}\left\{erf\left[\frac{\left(z + \frac{z}{2}\right)}{2(a_z x)^{\frac{1}{2}}}\right] - erf\left[\frac{\left(z - \frac{z}{2}\right)}{2(a_z x)^{\frac{1}{2}}}\right]\right\} \quad (2.8)$$

Dimana :

C = konsentrasi.kontaminan

x = jarak.dari sumber.kontaminan

y = jarak.dari titik.tengah sumber.kontaminan

z = jarak. vertikal

v = kecepatan.air tanah.

t = waktu (jam)

λ = laju.peluruhan (jam^{-1})

Y = panjang daerah.sumber (cm)

Z = tebal.air tanah (cm)

αx = dispersitivitas x (cm)

αy = dispersitivitas y (cm)

αz = dispersitivitas z (cm)

2.10 Integrasi Keislaman

Penelitian ini memiliki integrasi keislaman dalam Al – Qur'an surat Yunus (10) ayat 5 berikut :

هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ ٱلشَّمْسَ ضِيَآءً وَٱلْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُۥ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا۟ عَدَدَ ٱلسِّنِينَ وَٱلْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ ٱللَّهُ ذَٰلِكَ إِلَّا بِٱلْحَقِّ ۚ يُفَصِّلُ ٱلْءَايَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

Artinya : Dia yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya tempat-tempat bagi perjalanan bulan itu, agar kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.

Ayat 5 dari surat Yunus diatas menjelaskan bahwasanya matahari dan bulan diciptakan oleh Allah sesuai dengan ukurannya serta sudah ditetapkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pula untuk tempat berjalan bagi matahari dan bulan atau sudah ditentukan garis orbit pada ruang angkasa baik untuk mengelilingi planet ataupun dikelilingi planet lain. Selain itu, matahari dan bulan dalam perjalanannya tersebut juga mengindikasikan kita agar menghitung bilangan waktu yang dibutuhkan untuk kedua benda tersebut berjalan. Dalam hal ini, sama halnya dengan tingkat pencemaran dalam suatu sumber pencemaran juga perlu diperhitungkan sedemikian rupa agar manusia dapat memperkirakan titik dimana pencemaran tersebut akan terjadi serta pada waktu berapa pencemaran itu berlangsung. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil ayat ini agar masing-masing dari kita mengetahui pola penyebaran lindi khususnya di TPA Ngipik Kabupaten Gresik ini dengan bantuan model sehingga dapat diperkirakan penyebaran lindi sampai mana dalam waktu berapa untuk mencapai suatu titik tertentu.

2.11 Referensi Penelitian Terdahulu

Studi literatur dalam penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
1.	Chounlamany dkk (2019)	Water Quality And Pollution Loading Of A River Segment Affected By Landfill Leachate And Domestic Waste	Sungai Marikina di Filipina telah tercemar oleh lindi TPA Payatas, serta limbah domestik dan pertanian. Ditemukan bahwa lindi Payatas memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar DO dan COD serta parameter kualitas air lainnya. Beban polusi per kapita untuk Kota Quezon ditemukan lebih rendah daripada Eropa dan Jepang. Pengaruh lindi lebih nyata pada musim kemarau.
2.	Ahmad Arsyadi (2017)	Identifikasi Persebaran Air Lindi Di Tpa Ngipik Kabupaten Gresik Dengan Menggunakan Metode Resistivitas 2d Konfigurasi Wenner-Schlumberger	Pergerakan lindi mempunyai beberapa pola yang mengikuti kontur tanah atau elevasi muka air sumur sehingga menunjukkan kualitas lindi
3.	Siti Nur Azizah (2016)	Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner–	TPA yang menggunakan metode *control landfill* masih belum efektif karena pengelolaan lindi yang kurang sehingga berpotensi terjadi penyebaran yang signifikan di daerah sekitar TPA

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
		Schlumberger Di Tpa Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara	
4.	Arbi Y dkk (2018)	Kajian Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang.	Kandungan air tanah mengalami pencemaran berupa kadar Fe dan Pb yang tinggi di suatu daerah yang dekat dengan TPA sehingga bukan akibat dari lindi yang mencemarinya
5.	Pidriansy & Kamil (2015)	Assesment Of Groundwater Contamination And Human Risk Assessment By Leachate From Landfill (Case Study : Burangkeng Landfill,Bekasi)	Terdapat suatu daerah dimana air tanag telah tercemari lindi. Kualitas air tanah mengandung Ph, konsentrasi COD dan daya hantar listrik yang tinggi. Itu artinya kandungan air tanah tersebut telah melebihi standar baku mutu air baku. Selain itu dibuktikan juga hasil dimana konsentrasi COD, Pb dan Cd semakin kecil dengan seiringnya pertambahan jarak sumur ke TPA terkait.
6.	Dzulfahmi dkk (2019)	Monitoring Pergerakan Lindi Menggunakan Metode Geolistrik Time-Lapse di Sekitar Pemukiman Tempat Pembuangan Akhir Batu Layang Pontianak	Pergerakan lindi terjadi karena waktu ke waktu menuju lapisan berpori sehingga mampu meresap secara alami dan menampung juga dimana dalam pergerakannya juga baik secara vertical maupun horizontal
7.	Ramadhan dkk (2019)	Pendugaan Distribusi Air Lindi dengan Geolistrik Metode ERT.	Pergerakan lindi di TPA Piyungan diprediksi dapat mencapai 5 – 20 m dibawah tanah sehingga menimbulkan air tanah menjadi tercemar dengan resistivitas 1-3 ohm meter
8.	Putri dkk (2018)	Numerical simulation of advection-diffusion on flow in waste stabilization ponds (1-dimension) with finite difference method forward time central space scheme	Menyajikan simulasi numerik mekanisme adveksi-difusi konsentrasi BOD yang digunakan sebagai indikator limbah hanya dalam satu arah aliran kolam stabilisasi limbah (1-dimensi (1-D). Hasil simulasi yang diperoleh akan dibandingkan dengan data observasi lapangan sebagai model validasi. Pengumpulan data lapangan dilakukan di Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon, Bantul, DI Yogyakarta. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa mekanisme adveksi-difusi berlangsung terus menerus dari waktu ke waktu. Kemudian validasi model menyatakan bahwa terdapat selisih antara hasil perhitungan dengan data lapangan, dengan nilai korelasi sebesar 0,998.
9.	Saputra & Mirwan (2017)	Evaluasi Pencemaran Lindi Pada Air Sumur Sekitar Tpa Jabon (Sidoarjo)	Hasil penelitian kadar air sumur di sekitar TPA Jabon dengan kondiri konsentrasi BOD dan COD melebihi baku mutu menurut PP no.82

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
			2001 sehingga dikategorikan sebagai sumur yang tercemar
10.	Koda dkk (2017)	Levels of Organic Pollution Indicators in Groundwater at the Old Landfill and Waste Management Site	Hasil pemantauan airtanahbeberapa telah disediakanpeta sebaran wilayah COD, BOD dan TOC. asio BOD/COD maksimum diamati pada level 1,561 sebelum penutupan penghalang vertikal, sedangkan saat ini, nilai rata-rata rasio ini di bawah 0,18. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan kualitas air tanah di lokasi TPA setelah penutupan penghalang vertikal. Secara khusus mengacu pada nilai BOD yang turun bahkan 160 kali lipat pada periode pemantauan 1998–2016.
11.	Mishra & Tiwary (2018)	Leachate characterisation and evaluation of leachate pollution potential of urban municipal landfill sites	Konsentrasi kontaminan yang ada pada lindi di TPA Karsara relatif lebih besar dari TPA Ramna yang menunjukkan bahwa TPA Karsara lebih tercemar daripada TPA Ramna. Dua belas parameter yang paling signifikan seperti pH, TDS, BOD_5, COD, arsenik, klorida, kromium, tembaga, timah besi, nikel, dan seng dianggap untuk memperkirakan potensi pencemaran lindi. TPA Karsara ditemukan nilai LPI tertinggi (16,81) dibandingkan dengan TPA Ramna (12,40). Nilai LPI menunjukkan bahwa lindi yang dihasilkan dari kedua lokasi TPA tersebut berbahaya. Oleh karena itu pemantauan pasca-penutupan aktif diperlukan sampai produksi lindi stabil.
12.	Vaccari dkk (2019)	Characteristics of leachate from landfills and dumpsites in Asia, Africa and Latin America: an overview	Perbedaan tingkat polutan lindi antara tempat pembuangan sampah dan tempat pembuangan di Afrika, Asia dan Amerika. iklim dan usia situs umumnya tidak memiliki dampak signifikan secara statistik pada tingkat polutan. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi polutan dari lokasi di tiga benua mungkin lebih dipengaruhi oleh kondisi lokal, pola konsumsi dan kebiasaan pengelolaan sampah individu. Implikasi untuk pemerintahan dibahas.

Sumber : Diambil dari berbagai sumber, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

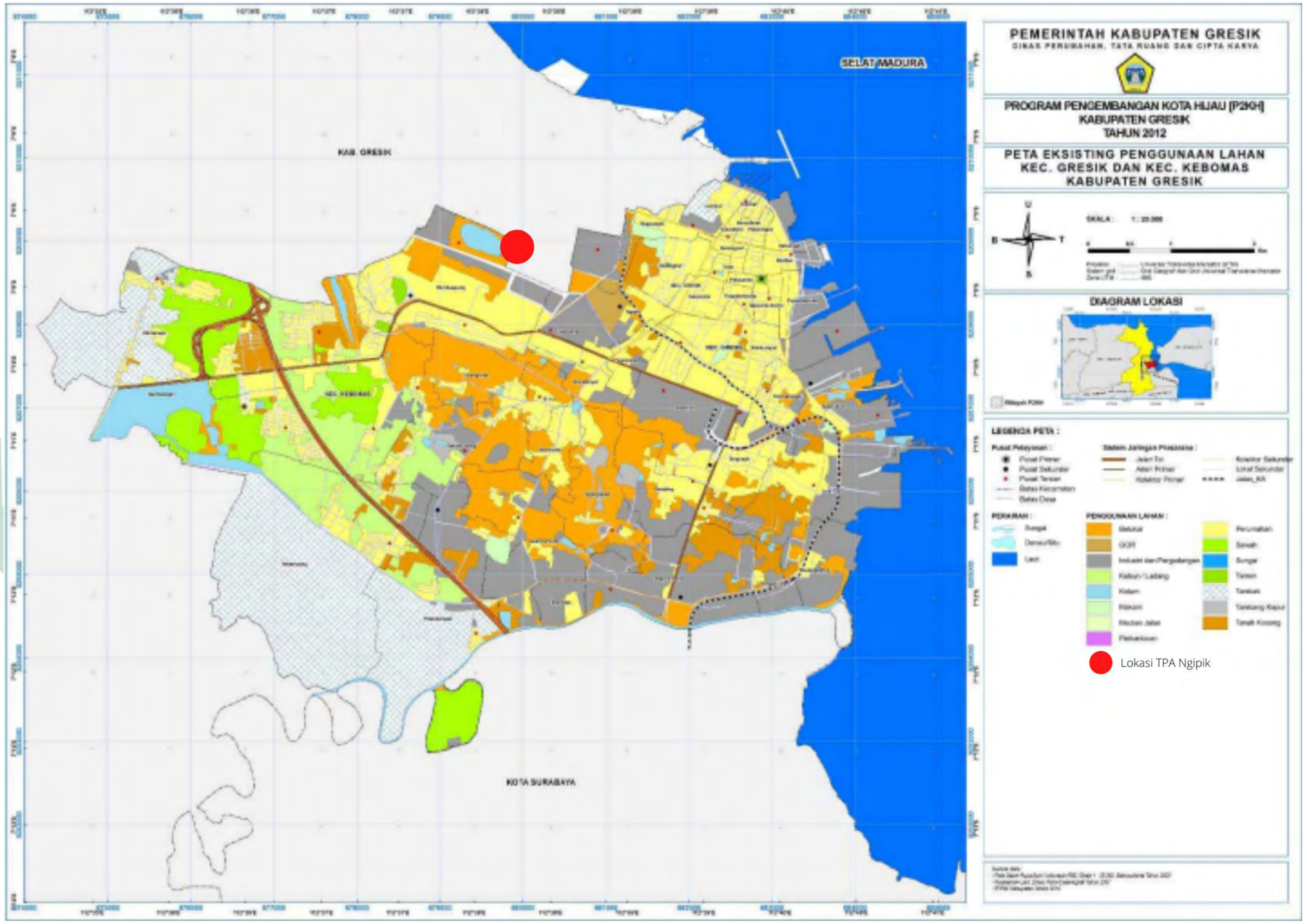
Penelitian ini dilakukan pada TPA Ngipik Kabupaten Gresik terletak pada koordinat -7.152346 dan 112.632551 di Jl. Prof. Dr. Moh. Yamin No. 017 Sekarsore, Roomo, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. TPA ini berdiri di lahan perusahaan PT. Semen Indonesia Tbk bukan lahan asli pemerintah daerah Kabupaten Gresik. TPA Ngipik awalnya memiliki sistem penimbunan sampah terkendali dengan luas 6 hektar dimana 4 ha sebagai lahan landfill pembuangan sampah dan 2 ha sebagai sarana dan prasarana pendukung. Selain itu, TPA Ngipik juga direncanakan memiliki sistem *sanitary landfill* namun realisasinya masih menggunakan sistem *open dumping*. TPA Ngipik memiliki Yaitu 1 unit dump truck, 11 unit arm roll truk, 1 unit arm roll mini dan 1 forklift. Total volume timbulan sampah yang berada di TPA Ngipik sebesar 582,11 m^3/hari. Volume sampah ini dihasilkan dari jumlah truk sampah yang masuk setiap harinya ke TPA. Sampah- sampah ini juga diperoleh dari TPS Kabupaten Gresik kemudian diangkut menuju TPA Ngipik (SPKP Kab. Gresik, 2020).

Lokasi Penelitian terkait kegiatan laboratorium berada di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) jalan Sidoluhur No.12, Kemayoran, Kecamatan Krembangan, Surabaya Jawa Timur.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 3.1 Peta Kecamatan Gresik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.2 Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Gresik

(Sumber : P2KH Kab.Gresik, 2012)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan dan hasil analisis penelitian ini direncanakan dimulai pada bulan September 2021 sampai dengan bulan Oktober 2021 di area pemukiman warga sekitar TPA Ngipik dan TPA Ngipik di Roomo, Sekarsore, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

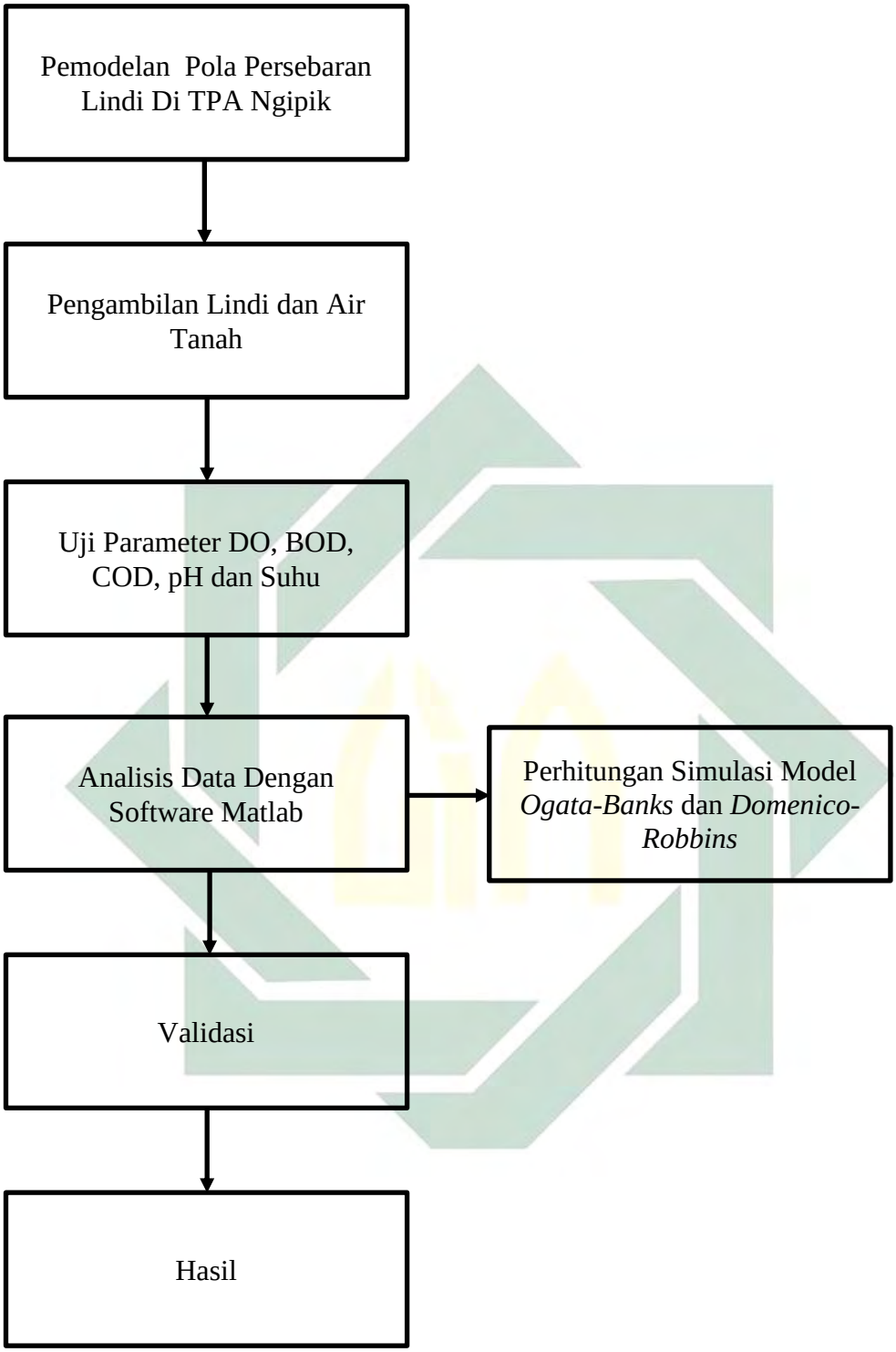
3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

3.3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian dapat dikategorikan sebagai suatu alur yang bersifat sistematis dengan tujuan agar mendapatkan hasil penelitian yang baik dan optimal sehingga sesuai dengan tujuan dari penelitian itu sendiri dapat dilihat pada Gambar 3.3. Penelitian ini Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perjalanan lindi dari TPA Ngipik sehingga berpotensi beresiko bagi kualitas air tanah di pemukiman di sekitarnya yang kemudian dianalisa dan dibahas berdasarkan studi literatur. Selanjutnya dari kajian dan pembahasan itu dapat menghasilkan kesimpulan dan saran untuk pedoman penelitian yang akan datang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



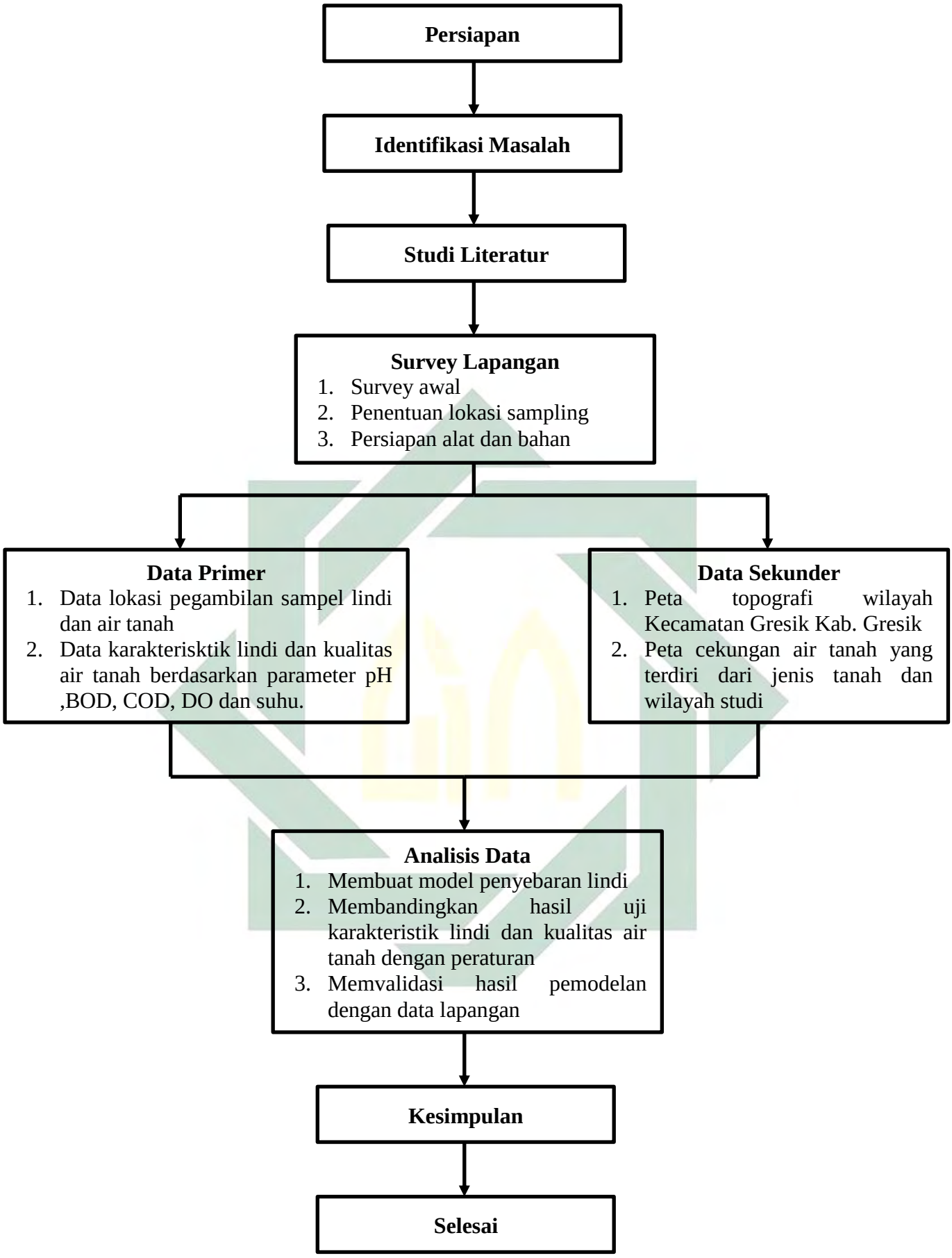
Gambar 3.3 Kerangka Pikir Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu sebagi berikut ide penelitian, studi literatur, penyiapan alat dan bahan, pelaksanaan, analisis, pembahasan, dan penyusunan laporan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.4 Diagram Alir Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Langkah Kerja Penelitian

Pada penelitian pemodelan persebaran lindi perlu dilakukan penentuan kualitas lindi TPA Ngipik, Gresik dan kualitas air tanah di area sekitar TPA Ngipik dengan variasi jarak yang berbeda dari sumber lindi dihasilkan. Penentuan tersebut akan diuji sesuai parameter fisik dan kimia. Pengujian sampel lindi dan air tanah akan dilakukan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya. Adapun langkah kerja pada penelitian ini sebagai berikut :

3.4.1 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui masalah yang benar terjadi akibat keberadaan TPA pada lokasi penelitian. Identifikasi ini difokuskan pada aspek pencemaran air tanah akibat lindi.

3.4.2 Studi Literatur

Mendapatkan informasi terkait kondisi geologi TPA dan penelitian terdahulu tentang TPA dengan pemodelan persamaan pembentuk aliran (*Governing*) serta solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*. Informasi tersebut digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian dan pemilihan metode sehingga terbukti dapat memberikan pola penyebaran lindi khususnya TPA.

3.4.3 Survey Lapangan

Pada tahap awal dilakukan survey awal untuk mengetahui seberapa dekat TPA dengan lokasi pemukiman warga dan industri. Pada tahap ini juga dilakukan penentuan penentuan titik sampling air tanah dan lindi.

1. Pengumpulan Data
   a. Data Primer

      Pada penelitian ini akan digunakan data primer berupa data di lapangan sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Data lokasi pengambilan sampel lindi dan air tanah .
2. Data kualitas lindi dan air tanah TPA Ngipik, Gresik berdasarkan parameter kimia dan fisik. Parameter kimia berupa pH , DO, BOD dan COD. Untuk parameter fisik yaitu suhu.

b. Data Sekunder

Data pendukung penelitian yang didapat dari instansi tertentu sesuai dengan data yang dibutuhkan. Berikut data-data yang dibutuhkan :

1. Peta topografi wilayah Roomo, Sekarsore, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik.
2. Peta cekungan air tanah yang terdiri dari properties,jenis tanah, dan wilayah studi penelitian. Adapun pengumpulan data penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengumpulan Data

No.	**Data yang diperoleh**	**Metode Pengumpulan Data**
Data Primer		
1.	Titik Lokasi Pengambilan Sampel	SNI 6989:2008
2.	DO	SNI 06.6989.72.2004
3.	pH	SNI 06.6989.11.2004
4.	COD	SNI 06.6989.2.2004
5.	BOD	SNI 06.6989.72.2004
6.	Suhu	SNI 06-6989.23.2005
Data Sekunder		
1.	Peta Jenis Tanah	DLHK Gresik 2020
2.	Peta Lokasi Penelitian	Google Maps (GPS)

Sumber : Hasil Analisa, 2021

2. Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan guna menunjang baik pengambilan data maupun pengujian sampel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Adapun rincinan kebutuhan alat dan bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

No	Rincian Alat dan Bahan	Fungsi
1.	Botol *Winkler*	Untuk menyimpang sampel agar tidak terkontaminasi
2.	Meteran	Untuk mengukur kedalaman sumur
3.	DO meter	Untuk pengukuran kadar O2
4.	GPS (*Global Positioning System*)	Untuk menentukan koordinat titik loaksi pengambilan sampel
5.	Thermometer	Sebagai pengukur suhu
6.	pH meter	Sebagai pengukur nilai kadarkeasaman
7.	Jerigen	Sebagai wadah atau tempat penyimpanan sampel air
8.	Meteran	Sebagai pengukuran panjang, lebar dan kedalaman sumur
9.	*Cool Box*	Sebagai tempat penyimpan sampel air
10.	*Water Sampler*	Sebagai alat pengambilan sampel air
11.	Aquades	Untuk mengkalibrasi alat
12.	Sampel lindi dan air tanah	Sebagai sampel penguji penelitian

Sumber : Hasil Analisa, 2021

3. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel

Penelitian ini pada penentuan titik lokasi samplel air tanah dan lindi menggunakan metode survey atau "*sample survey method"*, dimana merupakan metode penentuan pengambilan sampel dengan pembagian wilayah populasi penelitian sesuai dengan jenisnya sehingga dapat mewakili seluruh populasi tersebut. Selain itu, penentuan titik sampling ini juga berdasarkan kemudahan mobilitas, waktu dan biaya penelitian (Williams, 2014). Adapun gambar penentuan lokasi titik sampling dapat dilihat pada Gambar 3.5:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

PETA LOKASI TITIK SAMPLING
SKALA 1:2000

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

JUDUL GAMBAR

PETA LOKASI TITIK SAMPLING

SKALA

1:2000

Keterangan

T1	= Sampel Lindi
S1	= Sampel Air Tanah 1
S2	= Sampel Air Tanah 2
S3	= Sampel Air Tanah 3
A	= TPA Ngipik

Nama Mahasiswa

ABDILLAH AKMAL KARAMI
H05218001

Gambar 3.5 Peta Lokasi Pengambilan Titik Sampel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada pengambilan sampel lindi dengan kode T1 dilakukan pada koordinat 7° 9'9.31"S, 112°37'53.65"E. Untuk sampel air tanah dilakukan pada jarak yang bervariasi yaitu dibedakan menjadi 3 titik. Masing-masing titik didasarkan pada perwakilan populasi menurut Pidriansy (2013) yaitu titik 1 (S1) dengan koordinat 7° 9'8.10"S, 112°37'56.34"E di wilayah terdekat TPA Ngipik. Titik 2 (S2) dengan koordinat 7°9'04.47"S, 112°37'57.09"E di wilayah industri. Titik 3 (S3) dengan koordinat 7° 09'08.15"S, 112°38'0.83"E di wilayah pemukiman pemulung. Jarak dari ketiga titik sampling tersebut berturut-turut dari S1, S2, dan S3 adalah 96 m, 183 m, dan 225 m.

4. Penentuan dan pengamatan karakteristik sampel

   Pengamatan karakteristik sampel dilakukan untuk mengetahui luas penampang pada setiap sumur baik lebar sumur maupun kedalaman sumur dengan menggunakan alat meteran. Selain itu juga, melakukan pengamatan area sekitar sumur pengamatan terkait hal-hal yang dapat menyebabkan sumur tersebut tercemar seperti parit, *septic tank*, dan lain sebagainya.

5. Pengambilan Sampel

   Pengambilan sampel air tanah pada setiap titik mengacu pada SNI 6989.58:2008 tentang metode pengambilan air tanah serta untuk pengambilan sampel lindi mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Sampel-sampel tersebut dilakukan pengambilan sebanyak 2 kali pengulangan atau *duplo* serta menggunakan metode *grab sampling*. Berikut langkah-langkah untuk masing-masing pengambilan sampel :

   a. Sampel Air Tanah
      i. Pencatatan lingkungan, jenis, dan lokasi sekitar sumur
      ii. Pembersihan alat untuk pengambilan sampel dengan cara dikalibrasi dan dibersihkan juga dengan aquades.
      iii. Sampel air diambil dengan menggunakan alat yaitu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

water sampler hingga penuh dan terisi oleh air.

iv. Pengambilan sampel air diambil sebanyak 3 liter pada setiap titik sampling.

v. Sampel dituangkan ke dalam jerigen atau wadah khusus.

vi. Pengujian parameter air yang bisa dilakukan di lapangan dengan segera serta dilakukan pencatatan di buku.

vii. Sampel dimasukkan ke dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium guna pengujian parameter lebih lanjut.

b. Sampel Lindi

i. Pembersihan alat untuk pengambilan sampel dengan cara dikalibrasi dan dibersihkan juga dengan aquades.

ii. Sampel air diambil dengan menggunakan alat yaitu *water sampler* hingga penuh dan terisi oleh lindi.

iii. Pengambilan sampel lindi diambil sebanyak 3 liter.

iv. Sampel dituangkan ke dalam jerigen atau wadah khusus.

v. Pengujian parameter yang bisa dilakukan di lapangan dengan segera serta dilakukan pencatatan di buku.

vi. Sampel dimasukkan ke dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium guna pengujian parameter lebih lanjut.

3.4.4 Pengolahan Data

A. Pengujian sampel langsung di lapangan

Pada pengujian langsung di lapangan parameter yang digunakan yaitu DO, suhu dan pH. Untuk pengujian pH pada sampel air tanah dan lindi mengacu pada SNI 06.6989.11.2004 serta untuk suhu mengacu pada SNI 06-6989.23.2005. Adapun langkah-langkah pengujian parameter sebagai berikut :

a. Pengujian pH

1. Menyiapkan alat dan bahan yaitu pH meter dan aquades.
2. Mengkalibrasi pH meter dengan aquades.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Memasukkan pH meter ke dalam sampel hingga angka dalam alat berhenti.
4. Mencatat hasil keluaran angka dari alat di buku khusus dan membersihkan alat kembali dengan aquades.

b. Pengujian suhu

1. Menyiapakan alat dan bahan yaitu thermometer air raksa dan aquades.
2. Memasukkan thermometer ke dalam sampel.
3. Membiarkan thermometer beberapa saat selama 2-5 menit hingga thermometer stabil.
4. Mencatat hasil keluaran skala thermometer tanpa mengeluarkannya dari sampel.

B. Pengujian sampel di laboratorium

Pengujian sampel baik air tanah maupun lindi akan dilakukan tahap selanjutnya di laboratorium dengan parameter BOD dengan mengacu pada SNI 6989.72.2009, dan parameter COD dengan mengacu pada SNI 06.6989.2.2004. Adapun langkah-langkah pengujian sampel sebagai berikut :

a. Pengujian BOD

1. Menyiapkan bahan berupa aquades dan sampel serta alat berupa aerator, gelas beker, DO meter, botol winkler, dan alat pendingin.
2. Memasukkan masing-masing sampel ke dalam botol winkler sebanyak 75 ml dengan label A dan B
3. Mengencerkan sampel ke dalam masing-masing botol winkler dengan menambahkan aquades sebanyak 300 ml.
4. Mengukur DO awal dengan DO meter pada botol winkler B sebagai DO_0.
5. Melakukan ingkubasi botol winkler A di dalam alat pendingin bersuhu 20^0C selama 5 hari.
6. Mengukur DO_5 pada botol winkler A dengan DO meter setelah 5 hari berlangsung.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7. Menghitung hasil BOD dengan rumus berikut :

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(C1-C2)-(\frac{D1-D2}{VD})(VE)}{P}$$

Dimana :

C1 : Hasil DO_0 sampel sebelum inkubasi (mg/L)

C2 : Hasil DO_5 sampel setelah inkubasi (mg/L)

D1 : Hasil DO_0 blanko sebelum inkubasi (mg/L)

D2 : Hasil DO_5 blanko setelah inkubasi (mg/L)

VD : Volume blanko dalam botol winkler (ml)

VE : Volume sampel dalam botol winkler (ml)

P : Perbandingan volume sampel (V1) per volume total (V2)

b. COD

1. Menyiapkan bahan berupa $HgSO_4$ (merkuri sulfat), $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N (Kalium dikromat), asam sulfat-perak sulfat, aquades, sampel, ferroin, dan FAS serta alat berupa erlenmayer, pipet, pemanas listrik, biuret, statif, dan gelas beker.
2. Memasukkan sampel kedalam erlenmayer sebanyak 25 ml.
3. Melakukan penambahan kalium dikromat sebanyak 5 ml.
4. Melakukan penambahan asam sulfat- perak sulfat sebanyak 15 ml.
5. Melakukan pemanasan sampel diatas pemanasan listrik selama 2 jam lalu didinginkan sesuai suhu ruang.
6. Melakukan penambahan ferroin 3 tetes.
7. Melakukan titrasi dengan FAS lalu dihitung dengan rumus berikut :

$$COD \text{ (mg/L)} = \frac{(C-D)\ x\ N\ x\ 8000}{V}$$

Dimana :

C : Volume FAS blanko (ml)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

D : Volume FAS sampel (ml)

N : Normalitas FAS

Untuk normalitas FAS dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{FAS} = \frac{(V1)(N1)}{V2}$$

V1 : Volume kalium dikromat (ml)

V2 : Volume FAS (ml)

N1 : Normalitas kalium dikromat

3.4.5 Analisis Data

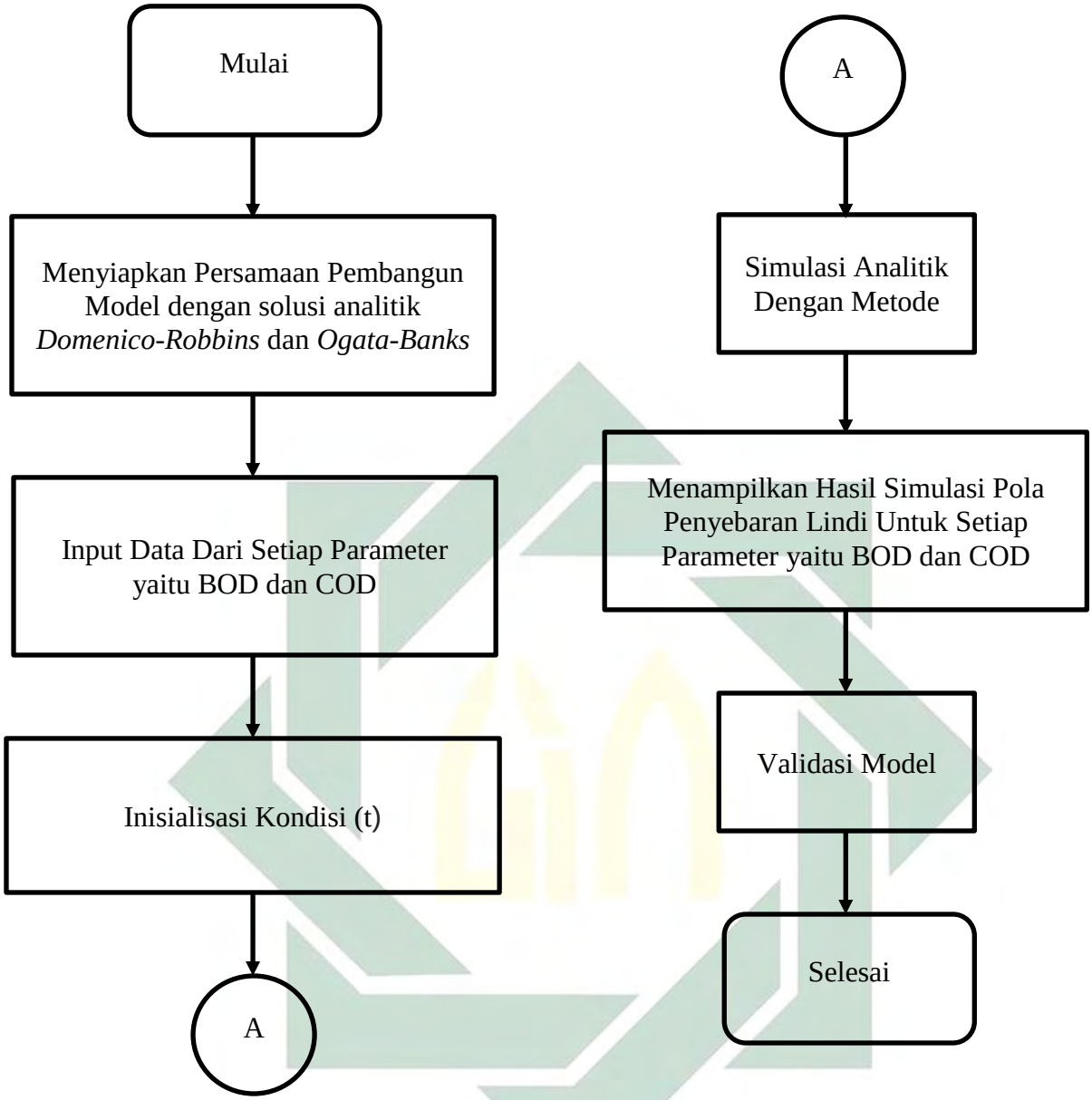
a. Model Analitik

Pada model analitik dilakukan dengan pengembangan rancang model analitik untuk mengetahui pergerakan lindi. Hal-hal yang mempengaruhi proses transpor kontaminan adalah adveksi dan reaksi dengan senyawa lain. Sebelum menggunakan model analitik untuk penentuan penyebaran kontaminan lindi terhadap air tanah dilakukan asumsi model. Asumsi dilakukan untuk menentukan beberapa parameter dalam model yang juga melalui proses analisis terlebih dahulu. Asumsi yang digunakan adalah:

1. Konsentrasi kontaminan awal dari data kualitas lindi TPA Ngipik yaitu BOD dan COD.
2. Lintasan yang dilalui kontaminan menjadi tercemar akibat lindi.
3. Jenis tanah dan muka air tanah dianggap sama.
4. Jarak pola penyebaran lindi mengikuti durasi pencemaran.
5. Kecepatan penyebaran lindi dianggap linear.
6. Retardasi setiap kontaminan berbeda.

Persamaan yang digunakan untuk analisis data serta mengetahui pola penyebaran lindi adalah dengan rumus (1) dan (2) . Polutan yang akan dimodelkan dalam model transport ini adalah BOD, dan COD.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Data

b. Simulasi Model dengan Matlab

Di dalam proses perjalanan kehidupan, kita tidak luput dengan adanya sebuah pencemaran. Kita terkadang terbersit di dalam hati kenapa sesuatu hal termasuk dalam kategori pencemaran. Hal tersebut banyak terbersit juga oleh para peneliti dalam beberapa karya ilmiahnya. Salah satu contohnya yaitu pencemaran air tanah oleh air lindi dalam suatu TPA yang kurang dalam pengelolaan sampahnya. Kita tidak bisa semata – mata membuat suatu keputusan bahwa di suatu hal tersebut terjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pencemaran yang signifikan tanpa adanya dasar dan penelitian lebih lanjut terkait hal tersebut. Oleh karena itu, peneliti biasanya menggunakan landasan tersebut berupa pemodelan dengan menggunakan beberapa software tertentu guna membuat suatu gambaran yang terstruktur dan sesuai dengan real di lapangan salah satunya yaitu aplikasi matlab.

Aplikasi matlab dikategorikan sebagai salah satu model matematika yang sering digunakan dalam kehidupan sehari – hari unutk memodelkan berbagai permasalahan dari peristiwa fenomenal real. Dalam perumusannya sebuah model matematika ini berupa rumus – rumus fungsi yang nantinya akan menghasilkan suatu gambar area bentuk pencemaran yang terjadi di suatu tempat tertentu. Dalam rumus tersebut biasanya dijuluki sebagai metode analitik dan umunya juga tidak mudah untuk dapat diprogramkan didalam matlab itu sendiri. Dalam penggunaan metode analitik juga berkaitan langsung dengan metode numerik. Metode numerik merupakan pencampuran formulasi dari operasi perhitungan matematika berupa aritmatika sehingga bisa dipecahkan dan biasanya menggunakan symbol tambah, kurang, kali dan bagi. Pada dasarnya, metode numerik ini tidak dianjurkan dapat memperoleh jawaban yang tepat tetapi dilain sisi mengusahakan agar dalam perumusan metode tersebut mengalami pendekatan yang signifikan dari metode yang digunakan tersebut sehingga cukup memberikan beberapa solusi konkrit dari suatu permasalahan tertentu (Said, 2015).

Bentuk realisasi dari aplikasi matlab tersebut dapat diaplikasikan dalam pencemaran air tanah oleh air lindi dimana pada lingkungan sekitar khususnya tanah dan air tanah proses transport yang dikategorikan utama meliputi disperse, adveksi, adsorbs dan difusi. Model matematika dalam aplikasi matlab juga berguna untuk memanajemen kualitas air baik di sungai maupun di air tanah. Selain itu, pemanfaatan metode ini juga merujuk pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

keberagaman fungsi berupa manajemen dan pemantauan tata kelola kualitas lingkungan. Kemudian mereduksi model pembuangan dari sumber – sumber tertentu, memprediksi dampak akibat perubahan suatu teknolosi tertentu terhadap perubahan lingkungan dan proses pengembangan fasilitas dan metode berbasis literasi teknologi berkaitan tentang pencemaran (Arbi dkk, 2018).

c. Prediksi

Model sesuai dengan kondisi lapangan menggunakan parameter yang sudah ditentukan dengan prosedur sebelumnya, sehingga model tersebut akan digunakan sebagai prediksi pola pencemaran polutan yang diteliti dengan menggunakan jangka waktu yang telah ditentukan.

d. Validasi Model

Pada validasi model dilakukan untuk membandingkan data lapangan dan hasil simulasi yang kemudian dilihat perbandingannya. Tujuan dari validasi model adalah menguji hasil simulasi dari model analitik apakah sudah sesuai dengan kondisi lapangan, hal ini menyangkut hubungan komponen yang digunakan. Hasil plot ini kemudian akan digunakan sebagai baseline selama proses penyusunan model berlangsung. Validasi model dilakukan dengan menggunakan pengujian RMSE (Root Mean Square error). Uji Root Mean Square Error dilakukan dengan menggunakan rumus (Putri dkk, 2017):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{Jumlah\ Data}\left(\frac{Data\ Asli - Data\ Hasil\ Model}{n}\right)^2} \quad \text{.....(3.2)}$$

Selain itu, validasi model juga dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dari 2 model yaitu solusi analitik *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks*.

e. Membandingkan 2 Model

Proses perbandingan antara 2 model yaitu solusi analitik *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks* dengan menggunakan hasil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

validasi model (RMSE) agar dapat menentukan dari kedua model tersebut mana yang lebih akurat dalam memprediksi pola persebaran lindi di TPA Ngipik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Instansi

Gambaran umum intansi terkait dengan penelitian ini digunakan agar lebih mengenal profil umum dari TPA Ngipik. Untuk itu dapat diuraikan sebagai berikut :

4.1.1 Sejarah Umum

Kabupaten Gresik memiliki 1 (satu) tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah yaitu TPA Ngipik yang beroperasi sejak tahun 2002. Luas lahan TPA Ngipik sebesar 6 ha dengan daya tampung awal sebesar 400 m3/hari. Dengan semakin meningkatnya timbulan sampah di Kabupaten Gresik dan semakin diperluasnya area pelayanan persampahan, maka timbulan sampah yang masuk ke TPA Ngipik juga semakin bertambah. Timbulan sampah masuk TPA Ngipik pada tahun 2002 sebesar 400 m3 dan mengalami kenaikan tiap tahunnya (sebagai akibat peningkatan pelayanan persampahan) dan pada tahun 2018 ini mencapai 800 m3/hari. Umur TPA saat ini tinggal 23 bulan 17 hari terhitung pada bulan November 2017 sehingga perlu penyiapan lahan baru. Namun hal ini terkendala dengan penolakan dari warga yang daerahnya akan dibangun TPA.

Jumlah sampah di landfill pada sel pasif (usia sampah 17 tahun) sebesar 229.010 ton dan komposisi sampah terbesar di TPA Ngipik adalah sampah plastik, sebesar 52,2%. Sampah plastik merupakan sampah yang sulit terurai, membutuhkan waktu 50-2000 tahun untuk terurai sempurna. Sampah plastik memiliki nilai kalor yang tinggi, yaitu berkisar 42.600 – 46.800 KJ/kg , akan tetapi nilai kalor plastik yang telah tertimbun di landfill memiliki nilai kalor yang jauh lebih tinggi akibat adanya proses degradasi oleh mikroba (Tchobanoglous dkk, 1993). Dengan demikian sampah plastik yang ada dalam landfill berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar namun membutuhkan titik bakar yang tinggi seperti klien pabrik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

semen. Salah satu perusahaan semen ada di Gresik, yaitu PT. Semen Indonesia Tbk.

Penanganan sampah di TPA Ngipik yaitu dengan melakukan inovasi SABER TPA (SAmpah diolah menjadi Berkah dan Pembelajaran di Tempat Pemrosesan Akhir sampah), yaitu TPA yang biasanya hanya sebagai tempat pembuangan sampah diubah menjadi tempat pengolahan sampah, yang mana semua sampah yang masuk TPA diproses mulai dari pengomposan, pemanenan gas metan, hingga penambangan sampah di landfill TPA, dengan kata lain menggunakan sampah masuk TPA sebagai salah satu sumber daya untuk mengoptimalkan pelayanan sampah di TPA. Penambangan sampah di TPA Ngipik yang dilakukan bekerja sama dengan pihak Semen Indonesia Tbk. Kerjasama ini dilakukan dengan pembangunan sarana penambang landfill dibiayai oleh Semen Indonesia dan Pemerintah Kabupaten Gresik melalui UPT TPA DLH Gresik berperan pada operasional penambangan menggunakan alat berat milik pemerintah daerah.

TPA juga dijadikan tempat pembelajaran pengelolaan sampah dan lingkungan hidup. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai pengelolaan sampah, khususnya di TPA, dan lingkungan hidup. Selain itu juga untuk merubah paradigma masyarakat mengenai TPA, yang mana warga selalu menolak bila daerahnya ditempati TPA. Kegiatan pembelajaran ini didukung dengan adanya taman edukasi. Apabila TPA dikelola sedemikian menarik, berpotensi ekonomi dari segi pengolahan sampahnya maupun dari segi pemanfaatan sebagai taman edukasi, maka diharapkan masyarakat akan tertarik berkunjung ke TPA dan juga tidak berkeberatan bila daerahnya ditempati TPA maupun tempat pengolahan sampah lainnya.

4.1.2 Lokasi Instansi

TPA Ngipik terletak pada koordinat -7.152346 dan 112.632551 di Jl. Prof. Dr. Moh. Yamin No. 017 Sekarsore, Roomo,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. TPA Ngipik berjarak kurang lebih 3,7 km dari pusat kota Gresik. Secara administrative, TPA Ngipik dibatasi oleh :

1. Sebelah Selatan : Desa Tlogopatut dan Desa Sidokumpul, Kecamatan Gresik.
2. Sebelah Utara : Desa Yosowilangun, Kecamatan Manyar.
3. Sebelah Barat : Desa Randuagung, Kecamatan Kebomas.
4. Sebelah Timur : Desa Tlogopojok, Desa Karangturi, dan Desa Sukorame, Kecamatan Gresik.

Lokasi TPA Ngipik dapat dilihat pada Gambar 3.1 . Lahan TPA Ngipik merupakan lahan milik PT Semen Indonesia Tbk sehingga menyebabkan bantuan dan investasi terkait pengelolaan sampah sulit masuk. Luas area TPA Ngipik adalah kurang lebih 6 ha dimana 4 ha untuk lahan landfill dan 2 ha untuk infrastruktur dimana kondisinya sudah mulai penuh (SPKP Kab.Gresik, 2020).

4.1.3 Sarana dan Prasarana Instansi

TPA Ngipik memilik sarana dan prasarana guna menunjang kegiatan pengelolaan sampah sehari-hari. Untuk itu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jenis Sarana dan Prasarana TPA Ngipik

No.	Jenis Sarana dan Prasarana	Jumlah
1.	Kantor TPA	1
2.	Pos Jaga	1
3.	Jembatan Timbang	1
4.	Gerobak Motor Sampah	1
5.	Truk Tangki	1
6.	Dump Truk	1
7.	Begho Loader	1 (Rusak)
8.	Buldozer	3, (2 baik, 1 rusak)
9.	Pengolah sampah plastic jadi BBM	7

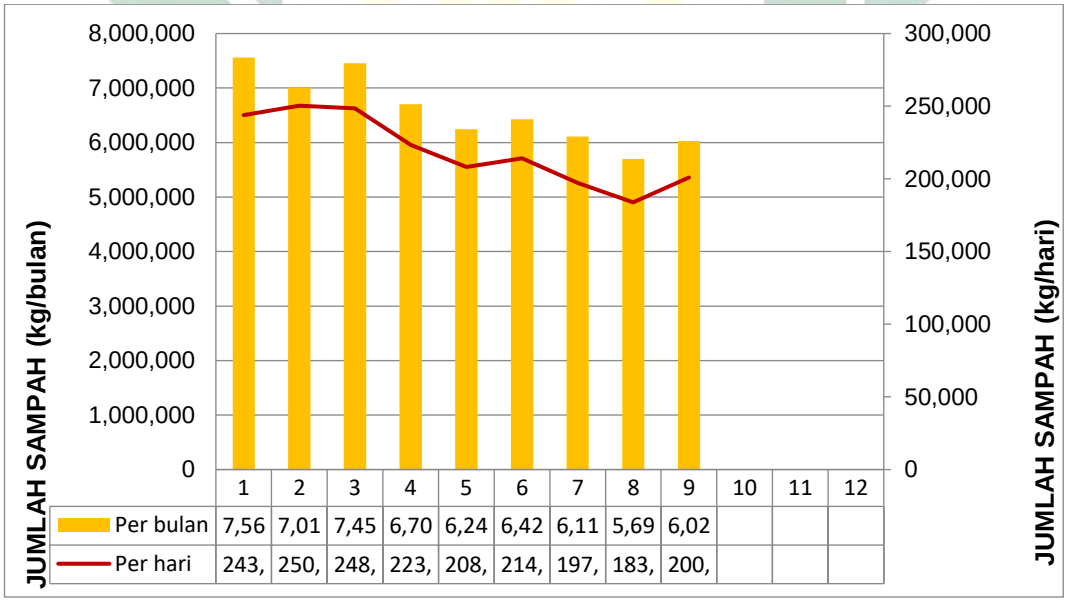
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Jenis Sarana dan Prasarana	Jumlah
10.	Bengkel	1
11.	IPAL	1
12.	Greenhouse	1
13.	Incinerator	1
14.	Mesin Pencacah Kompos	2
15.	Excavator	4, (2 baik, 2 rusak)

Sumber :Profil TPA Ngipik, 2020

4.1.4 Sumber dan Timbulan Sampah

Kabupaten Gresik menghasilkan sampah yang berasal dari kegiatan non domestik dan domestik. Sampah non domestik berasal dari non pemukiman dan sampah domestik berasal dari limbah rumah tangga. Adapun jumlah sampah pada tahun 2021 mulai bulan Januari sampai dengan Bulan September dapat dilihat pada Gambar 4.1. .Jumlah sampah yang masuk ke TPA Ngipik rata-rata sebesar 6.577 Kg/bulan.



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Sampah Masuk TPA Ngipik

Sumber : Profil TPA Ngipik, 2021

4.2 Penentuan Lokasi Sampling

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengambilan sampel dilakukan di lokasi TPA Ngipik dan pemukiman pemulung disekitar TPA Ngipik di Kelurahan Ngipik, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik Jawa Timur. Lokasi sampling ditentukan pada kondisi topografi lokasi studi dimana menggunakan asumsi aliran air tanah mengalir dari titik topografi tinggi menuju topografi rendah. Adapun peta lokasi penentuan lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Sampel terbagi menjadi 2 jenis, yaitu lindi dan air tanah. Pengambilan sampel lindi dilakukan pada sumber lindi dari tumpukan sampah (landfill) di TPA Ngipik. Sedangkan lokasi pengambilan air tanah diambil dari sumur yang terletak dekat dengan pemukiman pemulung di sekitar TPA Ngipik. Pengambilan sampel air tanah dilakukan pada 3 titik lokasi sampling dengan jarak masing-masing 96 m, 183 m, dan 225 m dari sumber lindi TPA Ngipik Peneliti mengambil masing-masing sampel air tanah dan lindi dengan cara duplo atau dua kali pengulangan karena analisis (kuantitatif) yang dilakukan satu kali pengukuran, dua kali, dan tiga kali pengukuran untuk sampel yang sama. Biasanya analisis kuantitatif dilakukan secara triplo, minimal duplo. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan keyakinan hasil analisis. Apabila dua pengukuran menghasilkan data yang jauh berbeda, maka akan sulit hasil analisis yang mana yang benar. Jika demikian maka harus dilakukan pengukuran ulang. Jika dua pengukuran menghasilkan data yang hampir sama, hasil analisis yang dilakukan dapat diyakini dan kedua data itu dapat dirata-rata sebagai hasil analisis.

Pengambilan sampel dilakukan pada waktu pagi hari pukul 09:00-11:00 tanggal 5 Oktober 2021. Masing-masing sampel diambil sebanyak 5 liter.

4.3 Pengamatan Sumur Gali

Sumur gali pada penelitian terdiri dari 3 sumur yaitu sebagai berikut :

1. Sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 96 m dari sumber lindi dengan koordinat 7° 9'8.10"S, 112°37'56.34"E di wilayah terdekat TPA Ngipik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Sumur 2 (S2) yang berjarak sekitar 183 m dari sumber lindi dengan koordinat 7°9'04.47"S, 112°37'57.09"E di wilayah industri.
3. Sumur 3 (S3) yang berjarak sekitar 225 m dari sumber lindi dengan koordinat 7° 09'08.15"S, 112°38'0.83"E di wilayah pemukiman pemulung.

Pengukuran sumur gali pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat meteran yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.

Gambar 4.2 Pengukuran Tinggi Sumur

Gambar 4.3 Pengukuran Diameter Sumur

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.4 Keadaan Sumur Pantau TPA Ngipik

Gambar 4.4 adalah salah satu sumur pantau yang terletak di TPA Ngipik. Sumur pantau ini digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air tanah di TPA Ngipik akibat lindi yang belum terolah dari IPAL TPA Ngipik. Pada pengambilan sampel air tanah perlu diakukan pengukuran sumur mulai dari tahun pembuatan sumur, pemilik sumur, kedalaman sumur, tinggi sumur, diameter sumur dan tinggi muka air tanah yang diukur dari bawah permukaan air sumur (SNI 6989 : 2008). Adapun karakteristik masing-masing sumur pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik Sumur TPA Ngipik

No.	**Tahun Pembuatan Sumur**	**Karakteristik Sumur (m)**			
		Kedalaman Sumur (H)	**Tinggi Sumur (h)**	**Muka Air Tanah (p)**	**Diameter (D)**
1.	2002	7	0,13	0,4	0,97
2.	2002	10	1,78	0,96	1,12
3.	2005	6	1,48	1,1	0,94

Sumber : Hasil Analisa, 2021

4.4 Hasil Pengukuran Kualitas Air Tanah Sumur Gali

Air tanah dapat diartikan sebagai air yang berada kurang lebih 10 meter dibawah permukaan tanah yang membentang di seluruh permukaan bumi di dunia. Air tanah dapat bersifat dinamis dan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor yang melingkupinya khususnya alam itu sendiri (Dzulfahmi dkk, 2019). Air tanah dikawasan sekitar TPA memiliki kemungkinan besar terkena kontaminasi pencemar air tanah akibat lindi (Arbain dkk, 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Penduduk di sekitar TPA Ngipik beberapa masih menggunakan air tanah guna mencukupi kebutuhan sehari-hari khususnya para pemulung. Ada juga sebagian warga lain menggunakan air yang didistribusikan dalam bentuk truk air. Air tanah yang digunakan terdiri atas 2 bagian yaitu air tanah dalam dan air tanah dangkal. Penelitian ini didasarkan pada lapisan air tanah dangkal dengan kedalaman kurang dari 40 meter. Hasil kualitas air tanah berdasarkan sampling sumur S1, S2, dan S3 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

No.	Parameter	Hasil Uji Sampel			Unit	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Sumber
		S1	S2	S3			
1.	Suhu	31,8	29,8	30,1	^{0}C	22 s.d 28	Data Lapangan
2.	pH	5,8	6,4	5,7	-	6 s.d 9	Data Lapangan
3.	DO	5,3	8	4,6	mg/L	6	Data Lapangan
4.	COD	140,5	41	36,5	mg/L	10 s.d 80	BBTKLPP (2021)
5.	BOD	40,35	13,8	12,1	mg/L	2 s.d 12	BBTKLPP (2021)

Sumber : Hasil Analisa, 2021

4.4.1 Analisis Parameter Fisik Kualitas Air Tanah

Pengukuran di lapangan dengan pengujian parameter fisik kualitas air tanah dilakukan di area TPA Ngipik di Kelurahan Ngipik, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik. Hasil pengujian sampel air tanah dangkal mengacu pada PP RI No.22 Tahun 2021 mengenai Standar Baku Mutu Air Nasional terkait parameter suhu.

Pengujian sampel air tanah dangkal pada parameter suhu menggunakan thermometer dapat dilihat pada Gambar 4.5.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.5 Pengukuran Suhu dengan Alat Thermometer

Gambar 4.5 merupakan pengukuran pengukuran suhu kualitas air tanah dangkal yang diperoleh dari pengambilan sampel secara langsung di lapangan dengan mengacu pada SNI 06-6989 23-2005. Hasil pengukuran kualitas air tanah pada lokasi sampling pada parameter fisik yaitu suhu dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Parameter Fisik Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

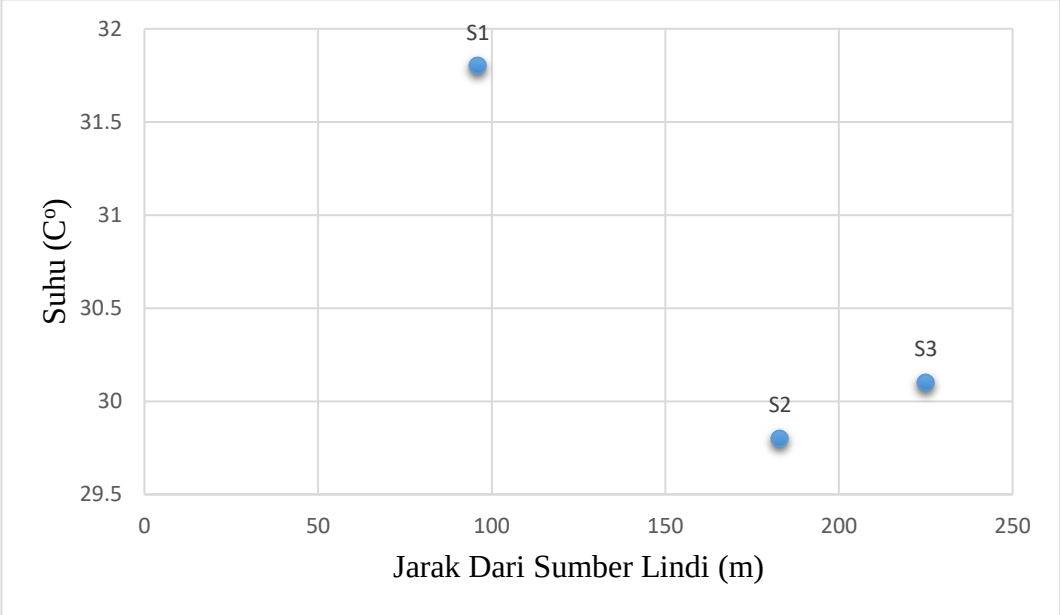
No	Tempat Sampling	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Unit	Keterangan
1.	S1	30,8	31,8	22 s.d 28	^{0}C	Melebihi Baku Mutu
		32,8				
2.	S2	30,1	29,8			
		29,5				
3.	S3	29,2	30,1			
		30,9				

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwasanya nilai rata-rata analisis kualitas air tanah dangkal pada parameter suhu air di area TPA Ngipik yaitu titik sampel sumur S1 sebesar 31,8^{o}C, titik sampel sumur S2 sebesar 29,8^{o}C, dan titik sampel sumur S3 sebesar 30,1^{o}C. Hasil pengukuran dari setiap sampel air tanah rata-rata menyatakan bahwa belum sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No.22

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tahun 2021 dengan hasil melebihi angka 28ºC. Hal ini dapat dilihat secara rinci perbandingan hasil pengukuran suhu antara ketiga titik sampel pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram Hasil Pengukuran Parameter Suhu Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

Berdasarkan Gambar 4.6 sampel air sumur S1, S2, dan S3 memiliki nilai rata-rata parameter suhu melebihi baku mutu yaitu lebih dari 28ºC dengan deviasi lebih dari 3ºC sesuai PP RI No.22 Tahun 2021. Hal ini disebabkan karena pengujian sampel dilakukan secara langsung dilapangan pada siang hari sehingga dapat mempengaruhi suhu di sekitar lokasi sampling. Suhu sangat dipengaruhi oleh sirkulasi udara , musim, waktu dalam hari dan posisi lintang. Suhu adalah salah satu parameter penting dalam penentuan karakteristik air karena dapat memberikan perubahan zat pada air. Fluktuasi pada suhu juga berpengaruh pada proses biologi, fisika dan kimia pada air. Hal ini juga dapat menimbulkan penurunan atau kenaikan kelarutan gas dalam air misalnya oksigen nitrogen dan sebagainya (Effendi, 2003). Suhu pada air juga dapat berpengaruh pada kelarutan oksigen. Ketika suhu tinggi maka kelarutan oksigen mengalami penurunan konsentrasi. Selain itu, kenaikan suhu dapat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berakibat terjadinya peningkatan proses dekomposisi bahan organik (Masykur, 2018).

4.4.2 Analisis Parameter Kimia Kualitas Air Tanah

Pengukuran parameter kimia pada kualitas air tanah dilakukan di area TPA Ngipik. Parameter kimia yang diteliti berupa pH , oksigen terlarut, COD, dan BOD. Untuk parameter pH dan oksigen terlarut dilakukan secara langsung di lapangan. Kemudian untuk parameter COD dan BOD dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) jalan Sidoluhur No.12, Kemayoran, Kecamatan Krembangan, Surabaya Jawa Timur.

Adapun hasil dan pembahasan pengukuran kualitas air tanah pada parameter kimia kualitas air tanah TPA Ngipik dapat diuraikan sebagai berikut :

a. pH (Derajat Keasaman)

Nilai derajat keasaman atau bisa disebut sebagai pH merupakan parameter kegiatan ion hydrogen dimana menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion tersebut dalam air sehingga dapat memberikan informasi bahwa perairan tersebut bersifat basa atau asam (Yatim & Mukhlis, 2013). Pengujian pengukuran parameter derajat keasaman atau pH dengan menggunakan alat pH meter dapat dilihat pada Gambar 4.7.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.7 Pengukuran pH dengan Alat pH Meter

Gambar 4.7 merupakan pengukuran pH kualitas air tanah dangkal yang diperoleh dari pengambilan sampel secara lansung di lapangan dengan mengacu pada SNI 06-6989.11-2004. Hasil pengukuran parameter pH kualitas air tanah area TPA Ngipik dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Parameter pH Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

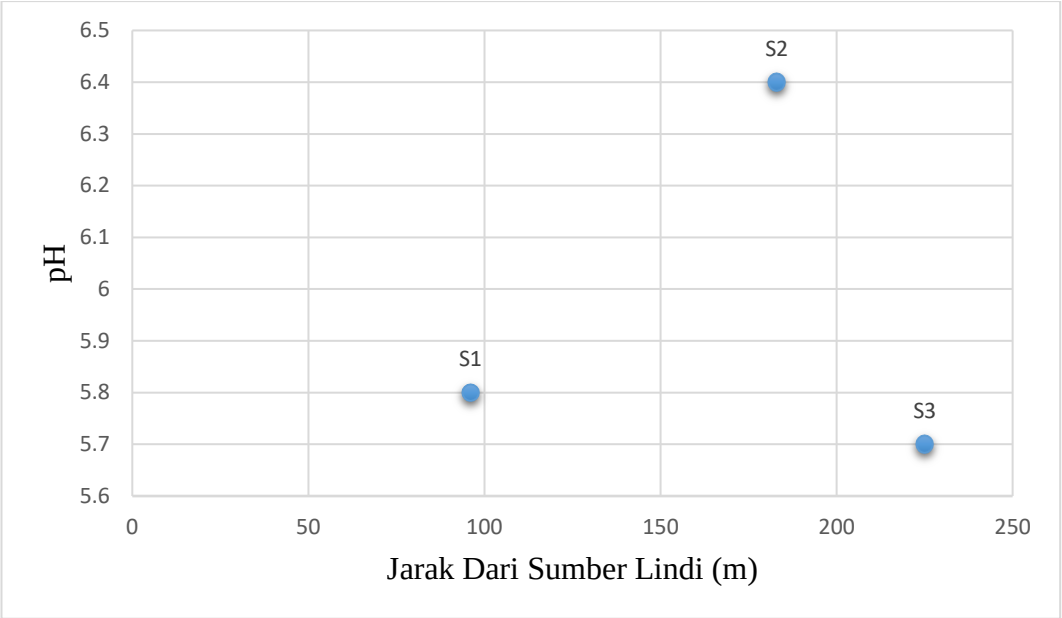
No	Tempat Sampling	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Unit	Keterangan
1.	S1	5,7	5,8	6-9	-	Dibawah Baku Mutu
		5,9				
2.	S2	6,2	6,4			
		6,6				Sesuai Baku Mutu
3.	S3	5,8	5,7			Dibawah Baku Mutu
		5,6				

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwasanya nilai rata-rata analisis kualitas air tanah dangkal pada parameter pH air di area TPA Ngipik yaitu titik sampel sumur S1 sebesar 5,8, titik sampel sumur S2 sebesar 6,4, dan titik sampel sumur S3 sebesar 5,7. Hasil pengukuran dari setiap sampel air tanah rata-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

rata menyatakan bahwa titik sampel sumur S2 sesuai dengan baku mutu serta titik sampel sumur S1 dan S3 belum sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No.22 Tahun 2021 dengan hasil kurang dari angka 6-8. Hal ini dapat dilihat secara rinci perbandingan hasil pengukuran pH antara ketiga titik sampel pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram Hasil Pengukuran Parameter pH Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

Berdasarkan Gambar 4.8 terdapat 2 sampel yang dibawah baku mutu yaitu S1 dan S3 dan hanya 1 sampel yaitu S2 yang sesuai dengan baku mutu PP RI No.22 Tahun 2021. Untuk sampel S1 terletak pada lokasi terdekat TPA yaitu kurang lebih 96 meter dari lokasi sumber lindi atau landfill TPA Ngipik. Sedangkan S2 terletak pada jarak 183 meter dari landfill TPA. Kemudian S3 terletak pada jarak 225 meter dari lokasi sumber lindi, tetapi dekat dengan lokasi landfill TPA yang sudah tereklamasi sehingga memungkinkan lindi dari landfill lama ini mencemari sumur S3. Hal ini disebabkan oleh air limbah atau lindi dalam kondisi tidak netral akan menyebabkan proses biologis sehingga menimbulkan nilai derajat keasaman perairan tersebut berfluktuasi disebabkan oleh aktivitas respirasi organisme akuatik, fotosintesis, suhu dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

keberadaan ion lain. Nilai pH lindi pada TPA sekitar antara 1,5 – 9,5 (Yatim & Mukhlis, 2013).

b. Oksigen Terlarut (DO)

DO (Oksigen teralrut) adalah salah satu faktor perubahan biologis akibat mikroorganisme anaerobik dan aerobik melakukan reaksi oksidasi untuk mereduksi garam anorganik (Sawyer dkk. 2003). Selanjutnya peneliti melakukan pengukuran parameter oksigen terlarut atau DO secara langsung di lapangan dengan mengacu pada SNI 06-6989.14-2004 sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Gambar 4.9 Pengukuran Oksigen Terlarut dengan Alat DO Meter

Hasil pengukuran parameter oksigen terlarut kualitas air tanah area TPA Ngipik dapat dilihat pada Tabel 4.6.

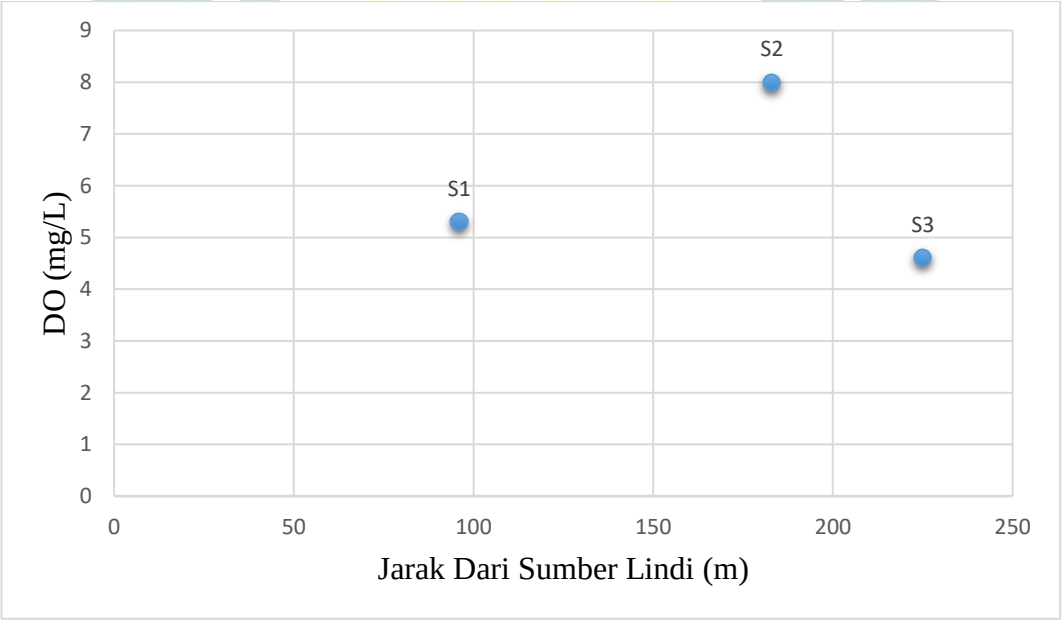
Tabel 4.6 Hasil Parameter Oksigen Terlarut Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

No	Tempat Sampling	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Unit	Keterangan
1.	S1	5,4	5,3	6 (Batas Minimal)	mg/L	Melebihi Baku Mutu
		5,2				
2.	S2	7,8	8			Sesuai Baku Mutu
		8,2				
3.	S3	4,4	4,6			Melebihi Baku Mutu
		4,8				

Sumber : Hasil Analisa, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwasanya nilai rata-rata analisis kualitas air tanah dangkal pada parameter oksigen terlarut air di area TPA Ngipik yaitu titik sampel sumur S1 sebesar 5,3 mg/L, titik sampel sumur S2 sebesar 8 mg/L, dan titik sampel sumur S3 sebesar 4,6 mg/L. Hasil pengukuran dari setiap sampel air tanah rata-rata menyatakan bahwa titik sampel sumur S1 dan S3 tidak sesuai dengan baku mutu karena S1 terletak pada lokasi terdekat dengan landfill TPA yang sedang digunakan sedangkan S2 terletak pada lokasi yang dekat dengan landfill sampah lama yang sudah tidak digunakan kembali. Sedangkan titik sampel sumur S2 sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No.22 Tahun 2021 dengan minimal angka 6 mg/L karena lokasi S2 jaraknya agak jauh dengan landfill sampah sekitar 183 meter. Hal ini dapat dilihat secara rinci perbandingan hasil pengukuran oksigen terlarut antara ketiga titik sampel pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram Hasil Pengukuran Parameter Oksigen Terlarut Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

Berdasarkan Gambar 4.10 terdapat 2 sampel yang melebihi baku mutu yaitu titik S1 dan S3. Hal ini disebabkan oleh oksigen terlarut dalam air menjadi penentu kualitas air sehingga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sangat mempengaruhi kesehatan mikroorganisme didalamnya (Sawyer dkk, 2003). DO memberikan gambaran kandungan oksigen dalam air dengan semakin tinggi niali DO pada air maka air tersebut memiliki kualitas bagus, tetapi sebaliknya jika nilai DO semakin rendah maka dapat dikategorikan sebagai air dalam kondisi tercemar (Deardo, 2014).

c. COD

Kebutuhan oksigen kimia atau biasa disebut dengan COD (*Biochemical Oxygen Demand)* kebutuhan jumlah oksigen yang dibutuhkan guna mengoksidasi zat organik dalam air secara kimiawi (Andika dkk, 2015). Hasil pengukuran parameter oksigen terlarut kualitas air tanah area TPA Ngipik dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Parameter COD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

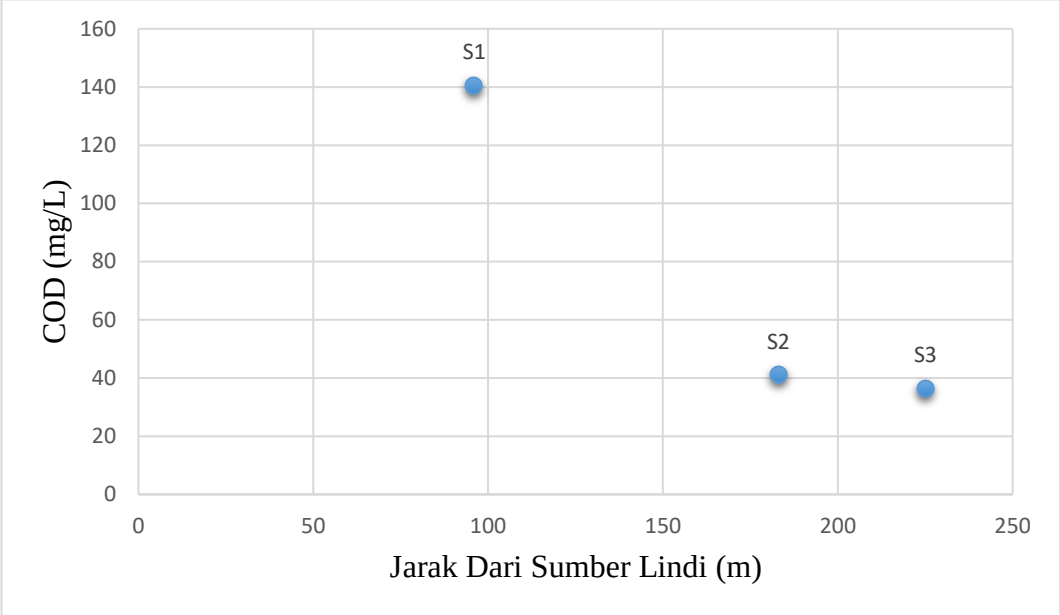
No	Tempat Sampling	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Unit	Keterangan
1.	S1	142,255	140,5	10 s.d 80	mg/L	Melebihi Baku Mutu
		138,716				
2.	S2	35,955	41			Sesuai Baku Mutu
		45,903				
3.	S3	34,071	36,5			Sesuai Baku Mutu
		38,888				

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwasanya nilai rata-rata analisis kualitas air tanah dangkal pada parameter COD air di area TPA Ngipik yaitu titik sampel sumur S1 sebesar 140,5 mg/L, titik sampel sumur S2 sebesar 41 mg/L, dan titik sampel sumur S3 sebesar 36,5 mg/L. Hasil pengukuran dari setiap sampel air tanah rata-rata menyatakan bahwa titik sampel sumur S2 dan S3 sesuai dengan baku mutu. Sedangkan titik sampel sumur S1 belum sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.22 Tahun 2021 dengan melebihi dari angka 10-80 mg/L. Hal ini dapat dilihat secara rinci perbandingan hasil pengukuran COD antara ketiga titik sampel pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Hasil Pengukuran Parameter COD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

Berdasarkan Gambar 4.11 terdapat 1 sampel yang melebihi baku mutu yaitu S1 dan 2 sampel S2 dan S3 yang sesuai dengan baku mutu PP RI No.22 Tahun 2021. Hal ini disebabkan oleh jarak sumur S1 yang paling dekat dengan TPA daripada S2 dan S3. Parameter ini biasanya digunakan sebagai penentuan tingkat pencemaran senyawa organik dari suatu limbah industri atau domestik. Pencemaran akibat senyawa organik menajdi salah satu masalah serius dalam penelitian pencemaran air, hal ini karena banyak industri menggunakan zat organik untuk bahan baku pembuatan produknya, sehingga ketika terlalu lama dibiarkan di lingkungan maka senyawa organik tersebut akan teroksidasi dan larut dalam air tanah (Domenico dkk, 1998). Tinggi nilai COD juga dapat berakibat berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Nilai COD dan BOD akan lebih tinggi COD disebabkan oleh bahan stabil terhadap reaksi biologi mikroorganisme sehingga dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Akibat kandungan COD berlebihan maka akan berpengaruh dengan penurunan kesehatan kualitas air tanah (Achmad, 2004).

d. BOD

BOD *(Biochemical oxygen demand)* atau dapat diartikan sebagai suatu fitur untu menunjukkan jumlah oksigen terlarut untuk kebutuhan mikroba (umumnya bakteri) terurai atau menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Atima, 2015). Hasil pengukuran parameter BOD kualitas air tanah area TPA Ngipik dapat dilihat pada Tabel 4.8.

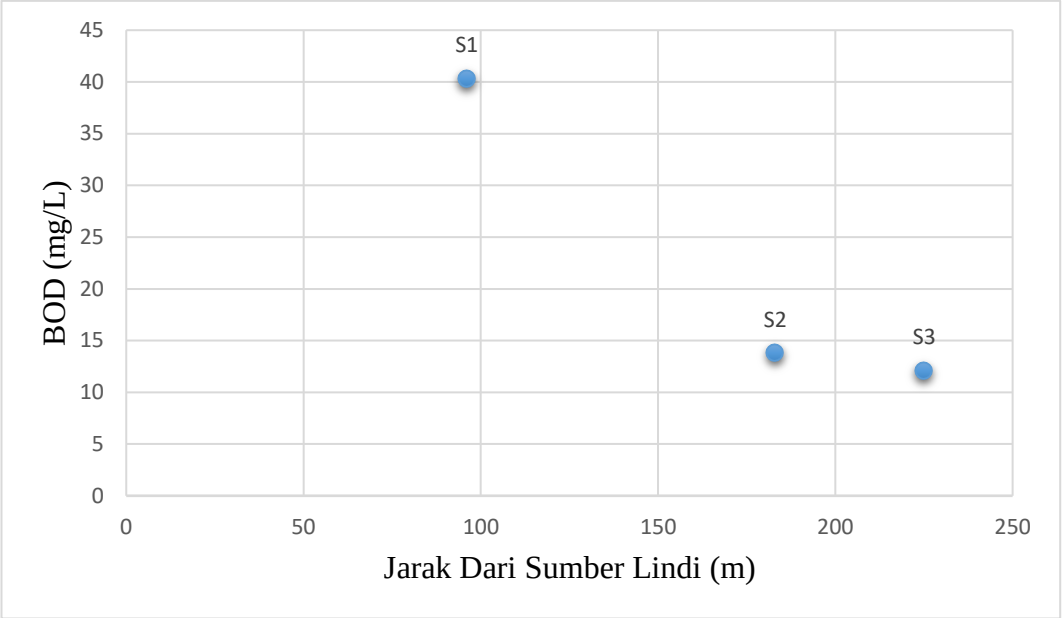
Tabel 4.8 Hasil Parameter BOD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

No	Tempat Sampling	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (PP RI No.22 Tahun 2021)	Unit	Keterangan
1.	S1	39,22	40,35	2 s.d 12	mg/L	Melebihi Baku Mutu
		41,47				
2.	S2	13,47	13,8			
		14,05				
3.	S3	12,34	12,1			
		11,88				

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwasanya nilai rata-rata analisis kualitas air tanah dangkal pada parameter BOD air di area TPA Ngipik yaitu titik sampel sumur S1 sebesar 40,35 mg/L, titik sampel sumur S2 sebesar 13,8 mg/L, dan titik sampel sumur S3 sebesar 12,1^{o}C. Hasil pengukuran dari setiap sampel air tanah rata-rata menyatakan bahwa pada semua titik sampling, masih belum sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No.22 Tahun 2021 dengan hasil melebihi angka 2-12 mg/L. Hal ini dapat dilihat secara rinci perbandingan hasil pengukuran BOD antara ketiga titik sampel pada Gambar 4.12.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.12 Diagram Hasil Pengukuran Parameter BOD Kualitas Air Tanah TPA Ngipik

Berdasarkan Gambar 4.12 sampel air sumur S1, S2, dan S3 memiliki nilai rata-rata parameter BOD melebihi baku mutu yaitu lebih dari 2-12 mg/L sesuai PP RI No.22 Tahun 2021 Hal ini disebabkan oleh area sekitar TPA memungkinkan sudah tercemar oleh lindi TPA karena lokasi S1,S2 dan S3 yang dekat dengan TPA. Hasil BOD biasanya tidak menunjukkan berapa jumlah zat organik yang sebenarnya, tetapi untuk mengukur berapa jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan bahan organik tersebut dalam perairan (Andika dkk, 2018). Proses penguraian ini bakteri mendapatkan energi dari kegiatan oksidasi sambil memakan bahan organik yang ada di perairan tersebut. Hal ini dapat berfungsi untuk mendapatkan berita tentang kadar jumlah beban pencemar BOD pada suatu perairan akibat air limbah yang mencemarinya (Daroini & Arisandi, 2020).

4.5 Hasil Pengukuran Karakteristik Lindi TPA Ngipik

Data hasil pengukuran lindi adalah salah satu informasi penting dalam tahap analisis data, dimana karakteristik lindi diasumsikan sebagai konsentrasi awal atau C_o pada proses pembuatan model. TPA Ngipik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

memiliki IPAL dengan pengolahan berbasis daya gravitasi bumi melalui saluran drainase yang dihubungkan langsung dari landfill. Pengambilan sampel lindi dilakukan pada pagi hari pada tanggal 05 Oktober 2021 di lokasi sumber lindi itu berada sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.13 untuk proses pengukuran karakteristik lindi parameter suhu, pH, dan DO.

Gambar 4.13 Pengukuran Karakteristik Lindi TPA Ngipik

Gambar 4.13 merupakan lokasi pengambilan sampel lindi ini didasarkan pada inlet saluran drainase menuju IPAL, dimana tidak ada lapisan apapun dan langsung berbatasan dengan permukaan tanah. Hal ini dapat diasumsikan bahwa lindi secara langsung meresap ke tanah atau terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga menuju aliran air tanah dangkal. Hasil uji karakteristik lindi baik parameter fisik maupun kimia dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Parameter Karateristik Lindi TPA Ngipik

No.	Parameter	Unit	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (Permen LHK No.P.59 tahun 2016)	Keterangan
1.	Suhu	^{o}C	31,9	32,1	-	-
			32,1			
2.	pH	-	6,5	6,7	6-9	Sesuai Baku Mutu
			6,9			
3.	DO	mg/L	2,9	3,2	-	-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Parameter	Unit	Hasil Pengujian	Rata-Rata	Baku Mutu (Permen LHK No.P.59 tahun 2016)	Keterangan
			3,5			
4.	BOD	mg/L	268,14	260,7	150	Melebihi Baku Mutu
			253,2			
5.	COD	mg/L	891,14	860,5	300	Melebihi Baku Mutu
			829,802			

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Koordinat lokasi pengambilan sampel lindi terletak pada 7° 9'9.31"S, 112°37'53.65"E . Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwasanya semua parameter kecuali parameter COD dan BOD telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan sesuai Permen LHK No.P.59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Lindi di TPA. Pengukuran suhu pada lindi menunjukkan bahwa lindi TPA Ngipik memiliki suhu cukup tinggi yaitu sebesar 32,1^{0}C. Kondisi ini akan berakibat pada keseimbangan oksigen terlarut, dimana semakin tingginya suhu maka akan mempengaruhi penurunan jumlah oksigen terlarut (Deardo, 2014). Derajat keasaman atau pH bernilai 6,7 yang mana menunjukkan bahwa lindi TPA Ngipik bersifat asam. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat aktivitas mikroorganisme yaitu menghasilkan metana (CH_4) karena hasil proses degradasi zat organik sehingga menimbulkan penurunan nilai COD sampai >70% dimana akan terhambat jika pH antara 6,5- 7,2 (Rahajeng dkk, 2015). Oksigen terlarut hasil pengkuran dilapangan memiliki nilai 3,2 mg/L. Oksigen terlarut dalam air menjadi penentu kualitas air sehingga sangat mempengaruhi kesehatan mikroorganisme didalamnya (Sawyer dkk, 2003). Tinggi nilai COD juga dapat berakibat berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Achmad, 2004).

Hasil analisis sampel di laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya Jawa Timur menunjukkan bahwa parameter BOD dan COD melebihi baku mutu yang digunakan yaitu berturut-turut sebesar 150 mg/L dan 300 mg/L. Hasil analisis laboratorium parameter BOD dan COD berturut-turut sebesar 260,7 mg/L dan 860,5 mg/L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tingginya BOD dan COD menunjukkan tingginya konsentrasi materi organik didalam lindi , sehingga membutuhkan oksigen dengan jumlah besar untuk proses dekomposisi biologi oleh mikroorganisme serta reaksi oksidasi materi organik dengan cara kimiawi (Arbain dkk, 2009). Rasio BOD/COD sebesar 0,3 menunjukkan bahwa materi organik dalam lindi masih mampu untuk didekomposisi oleh mikroorganisme secara alami atau dapat terdegradasi secara biologis (Samudro dkk, 2010). Rasio BOD/COD jika lebih besar dari 0,57 menunjukkan bahwa usia landfill di TPA masuk kategori masih muda sehingga masih terjadi peningkatan konsentrasi BOD dan COD. Seiring dengan pertambahan usia landfill pada TPA maka akan terjadi proses stabilisasi sampah sehingga akan menurunkan rasio dari BOD/COD. Rasio BOD/COD TPA Ngipik masih dalam kondisi pertengahan atau peralihan sehingga TPA ngipik sedang menuju proses stabilisasi. Rasio BOD/COD yang memiliki rasio lebih kecil dari 0,57 sedang mengalami peristiwa peralihan dan TPA yang memiliki kondisi stabil memiliki rasio BOD/COD kurang dari 0,1 (Baig dkk, 2012).

4.6 Aplikasi Model

Analisis pola persebaran lindi dilakukan dengan bantuan persamaan matematis berdasarkan solusi analitik. Solusi analitik yang digunakan adalah *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*. Kedua model ini mampu menggambarkan persebaran lindi dalam air tanah. Parameter yang digunkaan dalam pemodelan pola persebaran lindi yaitu karakteristik BOD dan COD. Pengukuran BOD dan COD dapat memperlihatkan jumlah oksigen yang dibutuhkan guna mengoksidasi zat pencemar pada lindi. Jika jumlah kebutuhan oksigen tinggi maka semakin kecil sisa oksigen terlarut dimana bakteri juga membutuhkan oksigen yang tinggi untuk mendegradasi zat pencemar tersebut (Arbain dkk, 2009).

Data yang perlu disiapkan sebelum melakukan simulasi model pada parameter BOD dan COD berupa data primer dan studi literatur. Data ini terlebih dahulu dibuat asumsi-asumsi dasar untuk digunakan dalam simulasi model solusi analitik. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.10 Data dan Asumsi yang Digunakan dalam Simulasi Model

No	Parameter	Unit	Nilai	Sumber Data
1.	Konsentrasi Pencemar (C0)			
	BOD	mg/L	268,14	Analisis Laboratorium
	COD	mg/L	891,8	Analisis Laboratorium
2.	Dispersivitas Universal (a_z)	m	0,056*ax	Tong dkk (2013)
3.	Dispersivitas Transversal (a_y)	m	0,33*ax	Tong dkk (2013)
4.	Dispersivitas Longitudinal (a_x)	m	0,1*x	Tong dkk (2013)
5.	Koefisien Distribusi (K_d)			
	COD	L/kg	0,136	USDA
	BOD	L/kg	0,114	USDA
6.	Konduktivitas Hidrolik (K)	m/hari	0,42	USDA
7.	Porositas (n)	-	0,37	USDA
8.	Kedalaman Sumber (m)	m	4	Data Lapangan
9.	Lebar Sumber (m)	m	351,22	Data Lapangan
10.	Waktu (t)	Tahun	18	Data Lapangan

Sumber : Diambil dari berbagai sumber, 2021

Kedalaman sumber sesuai dengan data lapangan kedalaman air tanah disekitar wilayah TPA ± 4 meter. Nilai konduktivitas hidrolis diambil berdasarkan analisis karakteristik tanah yang dilakukan, dan dengan pencocokan dengan literatur, sehingga dipilih 0,42 m/hari (USDA, 2013). Koefisien distribusi yang digunakan untuk COD adalah koefisien distribusi senyawa methylene chloride. Domenico & Schwartz (1990) mengatakan bahwa methylene chloride adalah senyawa organik yang menempati posisi ketiga dari lima belas senyawa organik yang sering ditemukan pada lindi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dari TPA. Methylene chloride dipilih karena toksisitasnya dan persistensinya di lingkungan. Notodarmojo (2005) menunjukkan bahwa dispersivitas cenderung proporsional dengan jarak yang ditempuh oleh molekul atau ion, dan dapat diperkirakan secara kasar sebagai 0,1 kali jarak tempuh ion atau molekul. Berdasarkan penjelasan di atas, maka dipilih dispersivitas menurut Tong dkk (2013), di mana nilai dispersivitas longitudinal (ax) adalah 0,1*X, dispersivitas transfersal (ay) adalah 0,33*ax dan dispersivitas universal (az) adalah 0,056*ax. Semua satuan dispersivitas dalam meter, di mana X adalah jarak sumur pantau dengan TPA.

Asumsi dilakukan untuk menentukan beberapa parameter dalam model yang juga melalui proses analisis terlebih dahulu. Asumsi yang digunakan adalah:

1. Konsentrasi kontaminan awal dari data kualitas lindi TPA Ngipik yaitu BOD dan COD berurutan sebesar 260,7 mg/L dan 860,5 mg/L.
2. Lintasan yang dilalui kontaminan menjadi tercemar akibat lindi.
3. Jenis tanah dan muka air tanah dianggap sama yaitu jenis tanah alluvial dengan jenis liat berpasir.
4. Jarak pola penyebaran lindi mengikuti durasi pencemaran.
5. Kecepatan penyebaran lindi dianggap linear.
6. Retardasi setiap kontaminan berbeda. Untuk COD sebesar 0,146 L/kg dan BOD sebesar 0,114 L/kg (USDA, 2013).

4.7 Aplikasi Model Persebaran COD Pada Lindi

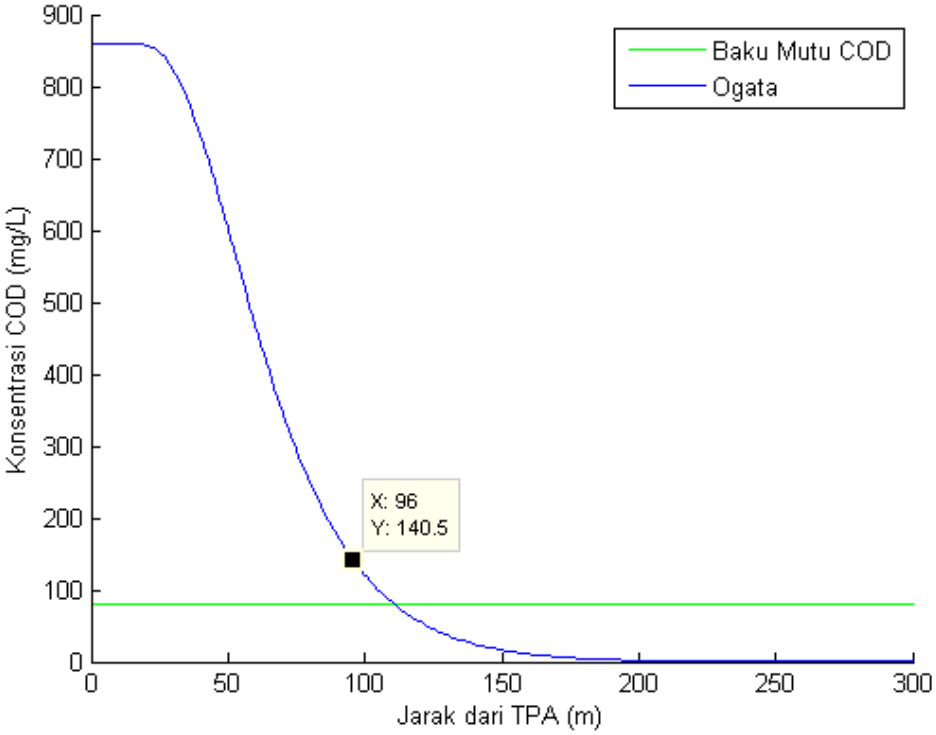
Model pola persebaran lindi pada kandungan COD dengan menggunakan software MATLAB yang dikembangkan oleh *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* sehingga dapat diuraikan sebagai berikut :

4.7.1 Hasil Simulasi

Simulasi model dilakukan setelah melakukan pengukuran sampel parameter COD di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya. Simulasi model ini mengggunakan bantuan software Matlab dengan memasukkan rumus solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*. Simulasi model

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

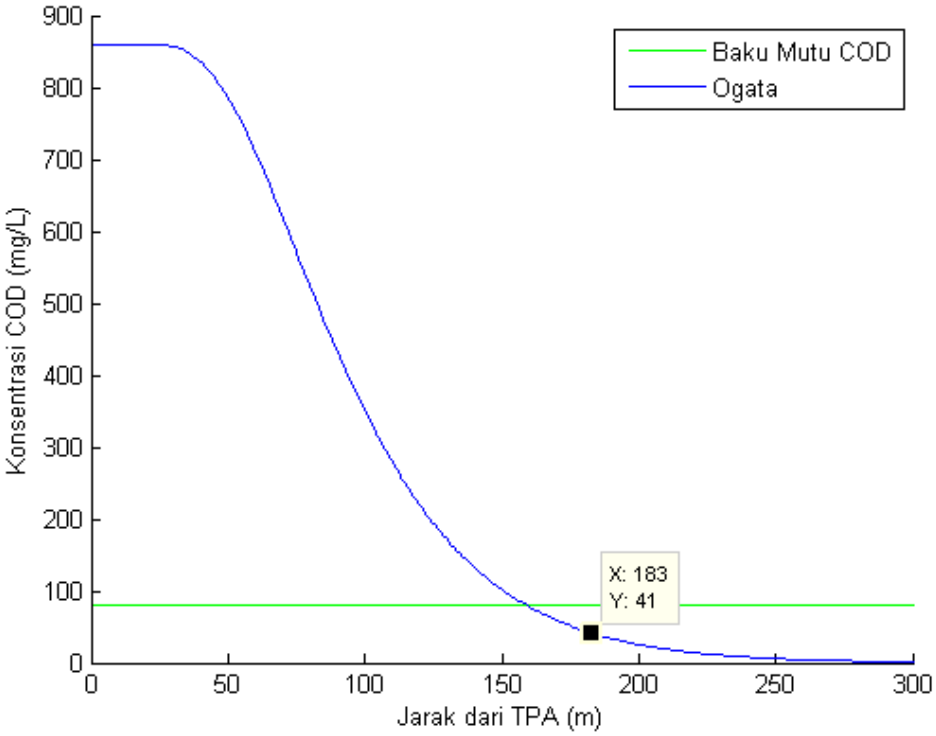
ini berfungsi untuk mengetahui pola pergerakan pencemar yaitu lindi pada koordinat x dan y setelah mengetahui konsentrasi COD baik dalam lindi maupun kualitas sumur 1,2 dan 3. Simulasi model ini menggunakan model 1 dimensi dari *Ogata-Banks* dapat dilihat pada Gambar 4.14, 4.15 dan 4.16 serta 2 dimensi dari *Domenico-Robbins* dapat dilihat pada Gambar 4.17, 4.18 dan 4.19.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 1 (t =3,5155 tahun)

Gambar 4.14 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 1 dimensi menuju sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 96 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 1 pada jarak 96 m dalam waktu t = 3,5155 tahun. Kualitas air sumur 1 (S1) memiliki konsentrasi COD sebesar 140,5 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.14 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 140,4975 mg/L.

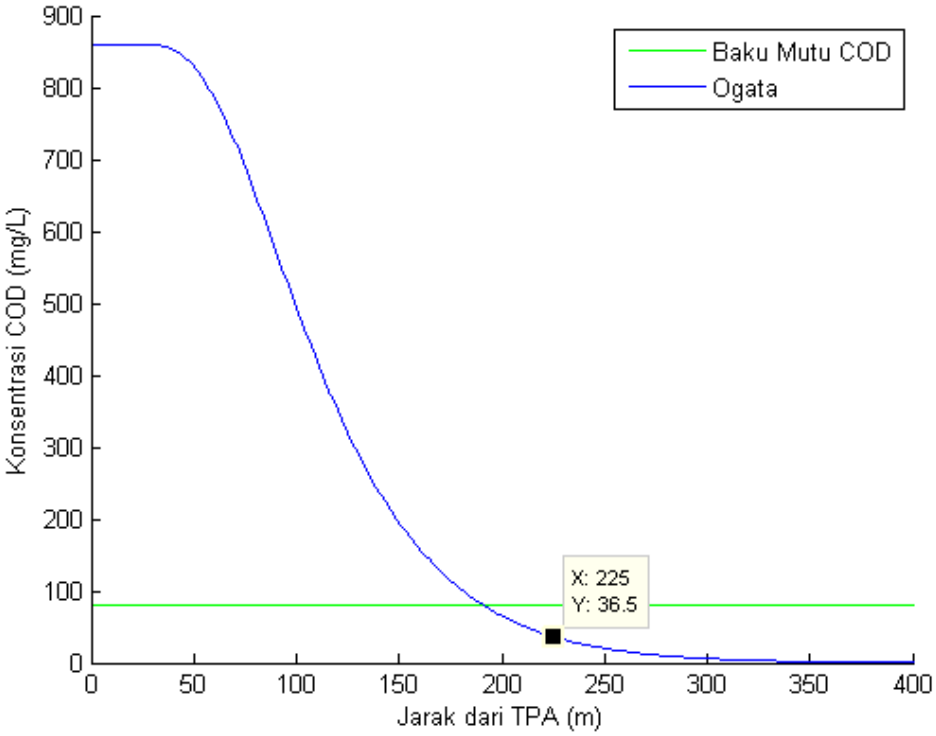
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.15 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 2 (t =5,0441 tahun)

Gambar 4.15 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 1 dimensi menuju sumur 2 (S2) yang berjarak sekitar 183 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 2 pada jarak 183 m dalam waktu t = 5,0441 tahun. Kualitas air sumur 2 (S2) memiliki konsentrasi COD sebesar 41 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.15 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 40,9988 mg/L.

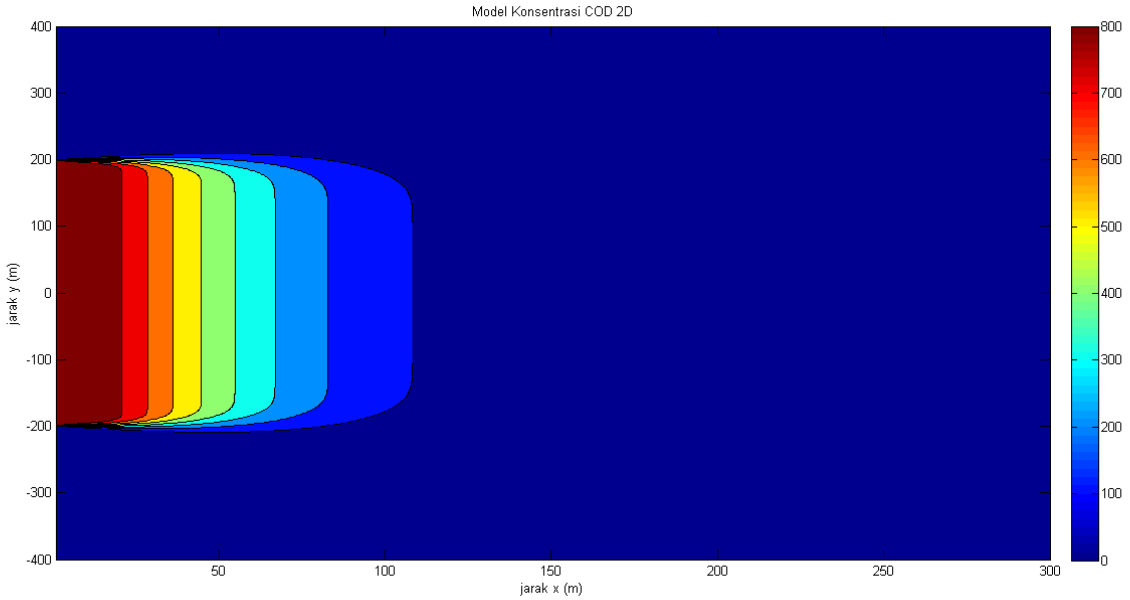
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.16 Hasil Simulasi COD 1 Dimensi Sumur 3 (t =6,0652 tahun)

Gambar 4.16 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 1 dimensi menuju sumur 3 (S3) yang berjarak sekitar 225 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 3 pada jarak 225 m dalam waktu t = 6,0652 tahun. Kualitas air sumur 3 (S3) memiliki konsentrasi COD sebesar 36,5 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.16 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 36,4951 mg/L.

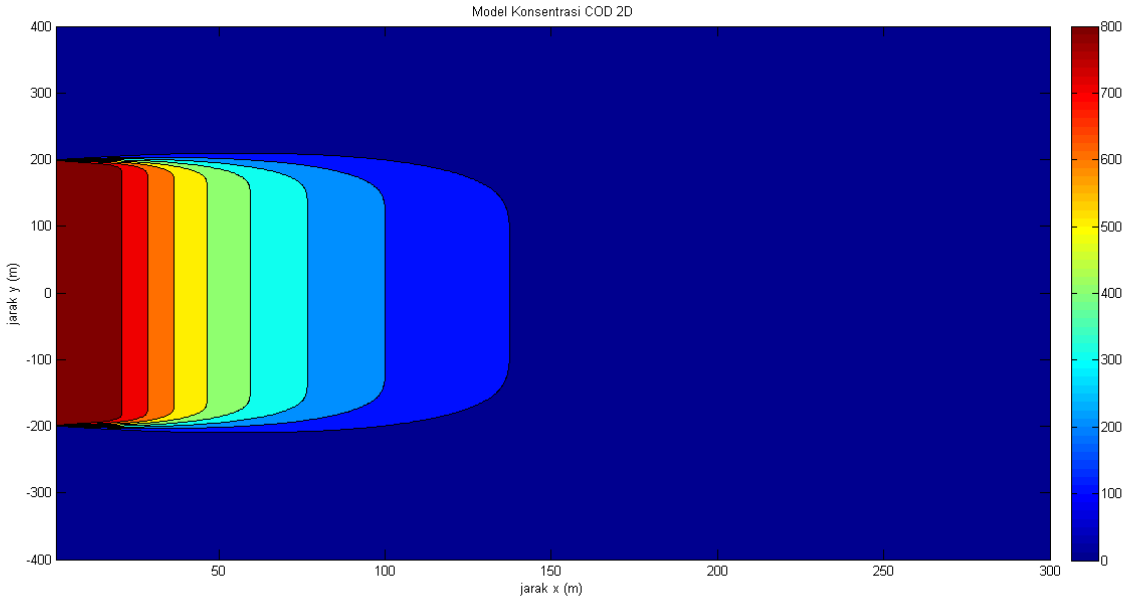
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.17 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 1 (t =4,005 tahun)

Gambar 4.17 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 96 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 1 pada jarak 96 m dalam waktu t = 4,005 tahun. Kualitas air sumur 1 (S1) memiliki konsentrasi COD sebesar 140,5 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.17 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 140,5001 mg/L.

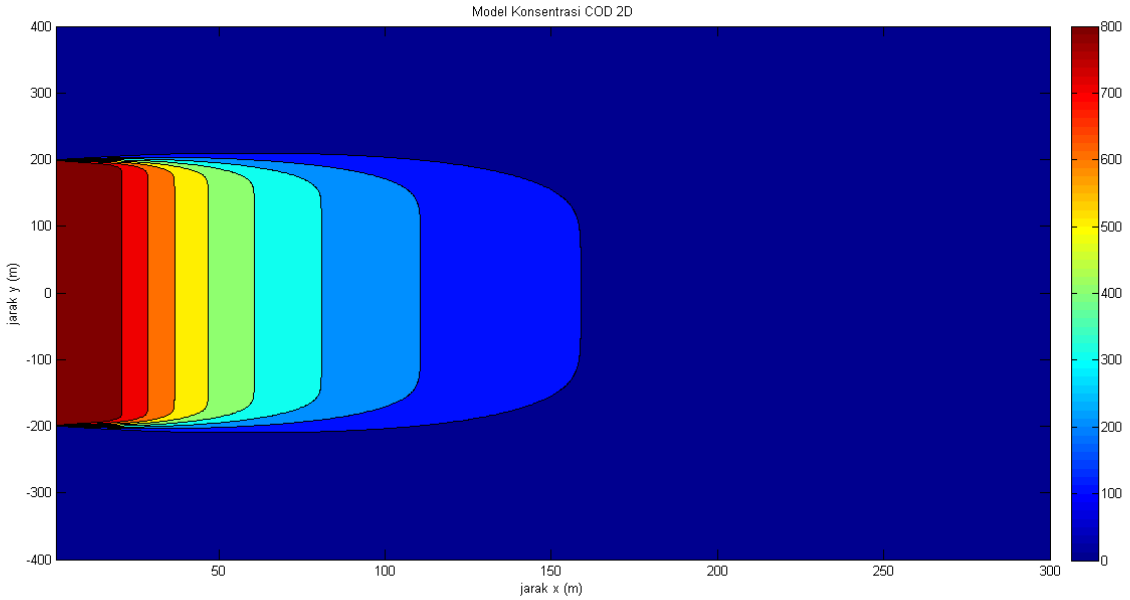
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.18 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 2 (t =5,76 tahun)

Gambar 4.18 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 2 (S2) yang berjarak sekitar 183 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 2 pada jarak 183 m dalam waktu 5,76 tahun. Kualitas air sumur 2 (S2) memiliki konsentrasi COD sebesar 41 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.18 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 41.0037 mg/L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



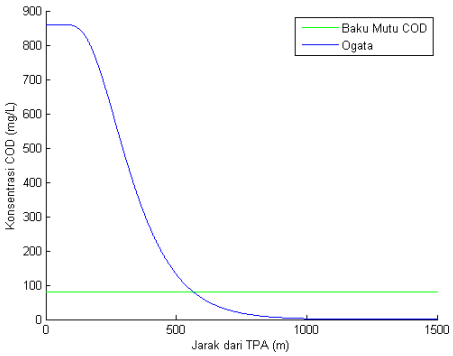
Gambar 4.19 Hasil Simulasi COD 2 Dimensi Sumur 3 (t =7,33 tahun)

Gambar 4.19 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 225 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 3 pada jarak 225 m dalam waktu t = 7,33 tahun. Kualitas air sumur 3 (S3) memiliki konsentrasi COD sebesar 36,5 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.19 menunjukkan bahwa konsentrasi COD sebesar 36,501 mg/L.

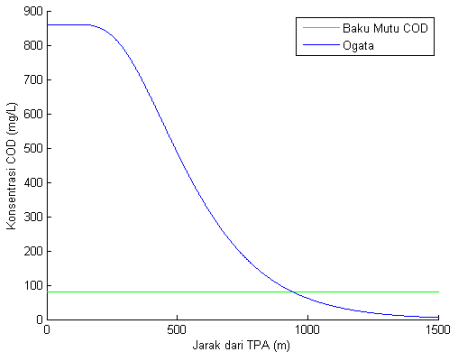
4.7.2 Prediksi

Prediksi merupakan salah satu lanngkah analisis data dari hasil simulasi model yang telah dihitung sebelumnya. Prediksi berfungsi untuk mengetahui kondisi lingkungan akibat parameter pencemar lindi yaitu COD akibat keberadaan TPA Ngipik. Hasil simulasi model yang telah dibuat berfungsi untuk memperhitugkan kondisi tahun berikutnya serta bagaimana pola persebaran lindi khususnya parameter COD pada waktu tertentu. Gambar 4.20 menunjukkan hasil prediksi COD dalam bentuk 1 dimensi dan Gambar 4.21 menunjukkan hasil prediksi pencemar COD dalam bentuk 2 dimensi.

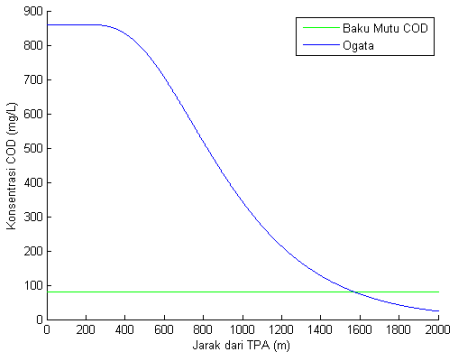
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



(a) 18 Tahun



(b) 30 Tahun

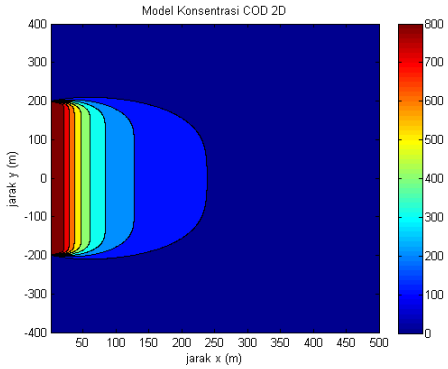


(c) 50 Tahun

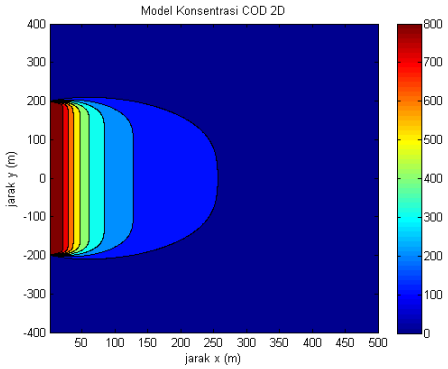
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Prediksi COD 1 Dimensi Lindi

Gambar 4.20 merupakan informasi terkait pola penyebaran lindi pada t=18 tahun dengan model 1 dimensi. Informasi tersebut berupa konsentrasi pencemar lindi khususnya pada parameter COD telah terdispersi dan sesuai baku mutu pada jarak ±568 m dari TPA. Untuk jarak 68 m parameter COD sudah mulai terdispersi akibat infiltrasi tanah sehingga lama kelamaan konsentrasi COD akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari TPA menuju lokasi yang tercemar. Sedangkan Gambar 4.21 menggambarkan pola penyebaran lindi dengan model 2 dimensi. Pada model 2 dimensi dapat menentukan pola penyebaran secara merata terkait pencemar COD di dalam tanah yang diangkut langsung oleh air tanah menjauh dari TPA Ngipik dimana telah terdispersi dan sesuai baku mutu pada jarak ±278m dari TPA dengan t=18 tahun.

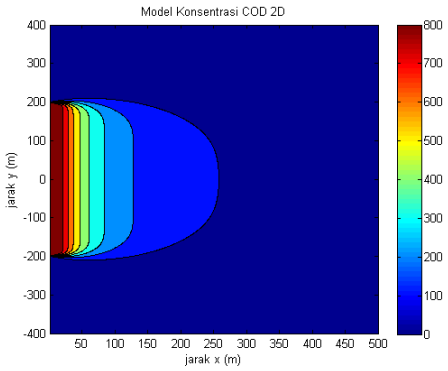
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



(a) 18 Tahun



(b) 30 Tahun



(c) 50 Tahun

Gambar 4.21 Hasil Simulasi Prediksi COD 2 Dimensi Lindi

Hasil prediksi sebaran COD dari jarak TPA menuju air tanah berdasarkan Gambar 4.20 dan 4.21 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

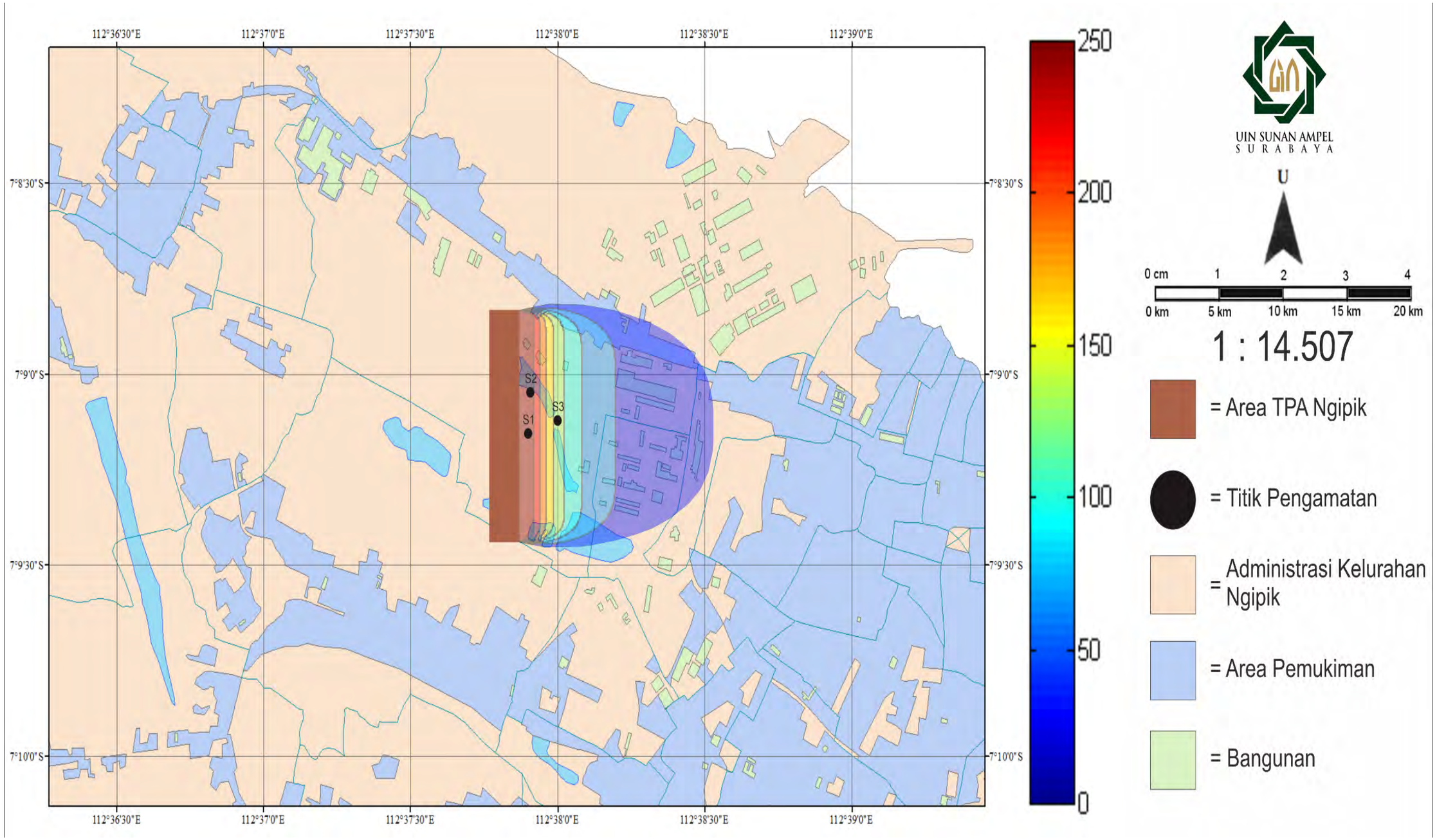
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Prediksi Model Parameter COD

No	t (Tahun)	Ogata-Banks	Domenico-Robbins
1.	18	568 m	278 m
2.	30	946 m	313 m
3.	50	1576 m	319 m

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.11 bahwa COD mengalami proses dispersi seiring bertambahnya jarak dari TPA menuju sumur atau air tanah sekitar TPA Ngipik. Jarak yang dihasilkan bervariasi tergantung model yang digunakan dimana semakin jauh jarak dari TPA maka waktu yang dibutuhkan juga lama. Gambar 4.22. menunjukkan prediksi untuk COD bila umur TPA mencapai 50 tahun. Dapat dilihat bahwa sumur warga terdekat pada semua usia TPA akan tetap melampaui baku mutu COD.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.22 Peta Sebaran Hasil Simulasi Prediksi COD 2 Dimensi Lindi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.7.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model

Pola penyebaran lindi pada tahun ke-t dengan model 1 atau 2 dimensi. Kedua parameter tersebut dapat divariasikan secara sendiri-sendiri atau salah satu saja, atau ketiganya sekaligus (Notodarmojo, 2005). Hasil kalibrasi harus dievaluasi terhadap hasil analisis lapangan. Tidak ada standar yang digunakan dalam mengevaluasi kalibrasi model, namun salah satunya adalah menggunakan metode kuantitatif, yaitu menggunakan RMSE. Kalibrasi dinyatakan sesuai dengan data lapangan bila nilai error yang didapatkan kecil. Semakin kecil error yang dihasilkan, memberikan informasi bahwa model yang dimiliki tidak mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap kondisi lapangan. Hasil perhitungan RMSE pada kedua model khusus parameter COD dapat dilihat untuk *Ogata-Banks* pada Tabel 4.12 dan *Domenico-Robbins* pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan RMSE Model *Ogata-Banks* 1 Dimensi Parameter COD

No.	**Data Lapangan (mg/L)**	**Data Hasil Model (mg/L)**	**Eror**	**(Eror)^2**
1	140.5	140.4975	0.0025	0.0000062
2	41	40.9988	0.0012	0.0000014
3	36.5	36,4951	0.0049	0.000024
			Total	0.0000317
			RMSE	0.00325

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan RMSE Model *Domenico-Robbins* Parameter COD

No.	**Data Lapangan (mg/L)**	**Data Hasil Model (mg/L)**	**Eror**	**(Eror)^2**
1	140.5	140.50001	-0.0001	0.00000001
2	41	41.0037	-0.0037	0.000014

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Data Lapangan (mg/L)	Data Hasil Model (mg/L)	Eror	$(Eror)^2$
3	36.5	36,501	-0.001	0.000001
			Total	0.0000147
			RMSE	0.00221

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.12 dan 4.13 dapat dilihat bahwa hasil simulasi dari kedua model dan data lapangan dilakukan perhitungan galat dengan menggunakan rumus RMSE. Hasil ini menunjukkan bahwa solusi analitik dari *Ogata-Banks* memiliki nilai galat sebesar 0,00325 dan *Domenico-Robbins* memiliki nilai galat sebesar 0,00221. Berdasarkan hasil galat tersebut bahwa solusi analitik *Ogata-Banks* memiliki nilai galat lebih besar daripada solusi analitik *Domenico-Robbins*. Hal ini menunjukkan bahwa solusi analitik *Domenico-Robbins* lebih cocok untuk digunakan pemodelan COD daripada solusi analitik *Ogata-Banks*.

4.8 Aplikasi Model Persebaran BOD Pada Lindi

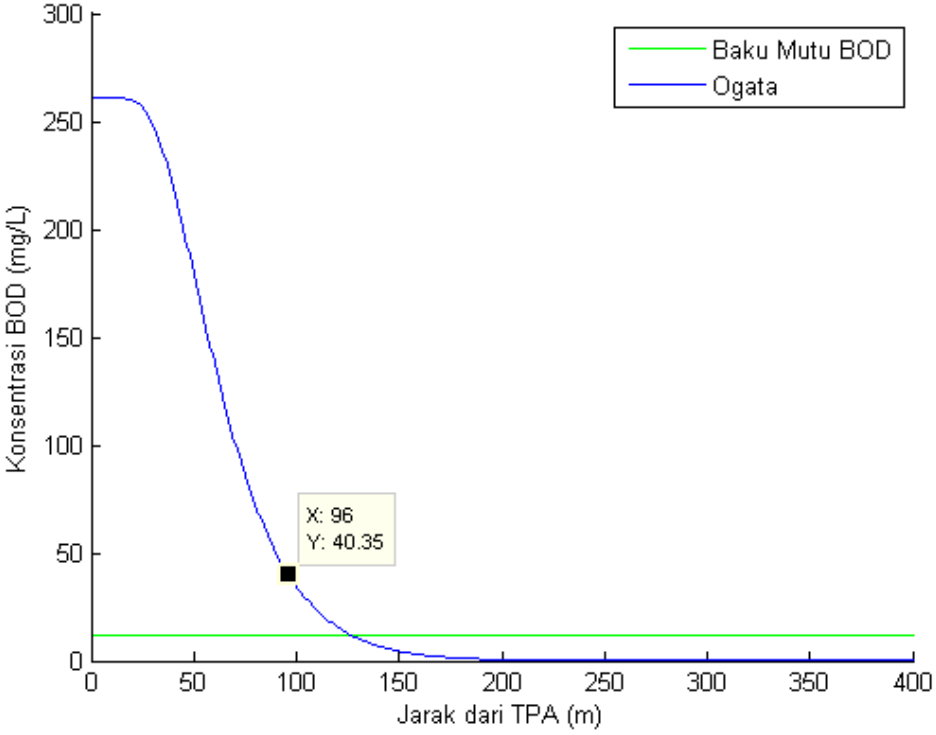
Model pola persebaran lindi pada kandungan BOD dengan menggunakan software MATLAB yang dikembangkan oleh *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* sehingga dapat diuraikann sebagai berikut :

4.8.1 Hasil Simulasi

Simulasi model dilakukan setelah melakukan pengukuran sampel parameter BOD di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya. Simulasi model ini mengggunakan bantuan software Matlab dengan memasukkan rumus solusi analitik *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks*. Simulasi model ini berfungsi untuk mengetahui pola pergerakan pencemar yaitu lindi pada koordinat x dan y setelah mengetahui konsentrasi BOD baik dalam lindi maupun kualitas sumur 1,2 dan 3. Simulasi model ini menggunakan model 1 dimensi dari *Ogata-Banks* dapat dilihat pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

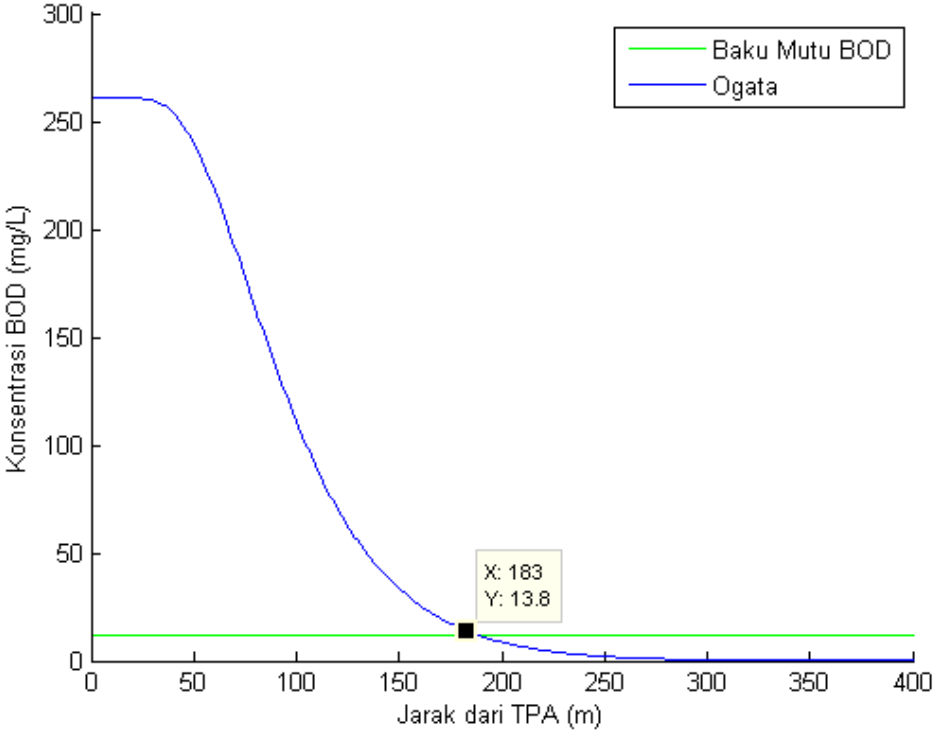
Gambar 4.23, 4.24 dan 4.25 serta 2 dimensi dari *Domenico-Robbins* dapat dilihat pada Gambar 4.26, 4.27 dan 4.28.



Gambar 4.23 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =3,0876 tahun)

Gambar 4.23 menggambarkan pola persebaran lindi menuju sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 96 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 1 pada jarak 96 m dalam waktu t = 3,0876 tahun. Kualitas air sumur 1 (S1) memiliki konsentrasi BOD sebesar 40,35 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.23 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 40,345 mg/L.

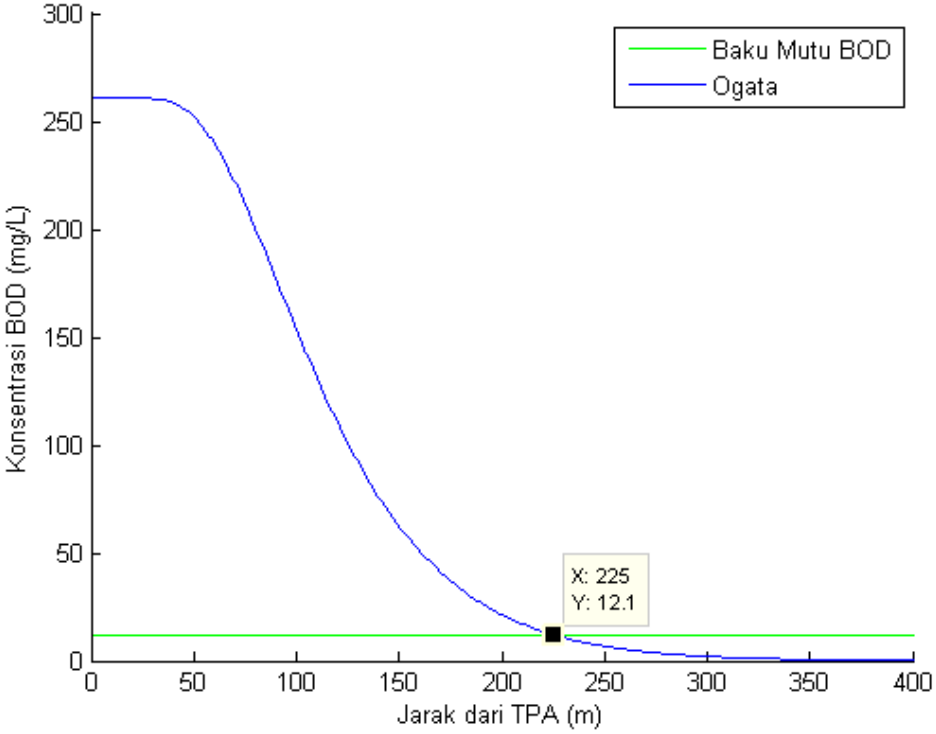
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.24 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =4,59 tahun)

Gambar 4.24 menggambarkan pola persebaran lindi menuju sumur 2 (S2) yang berjarak sekitar 183 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 2 pada jarak 183 m dalam waktu t = 4,59 tahun. Kualitas air sumur 2 (S2) memiliki konsentrasi COD sebesar 13,8 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.24 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 13,7963 mg/L.

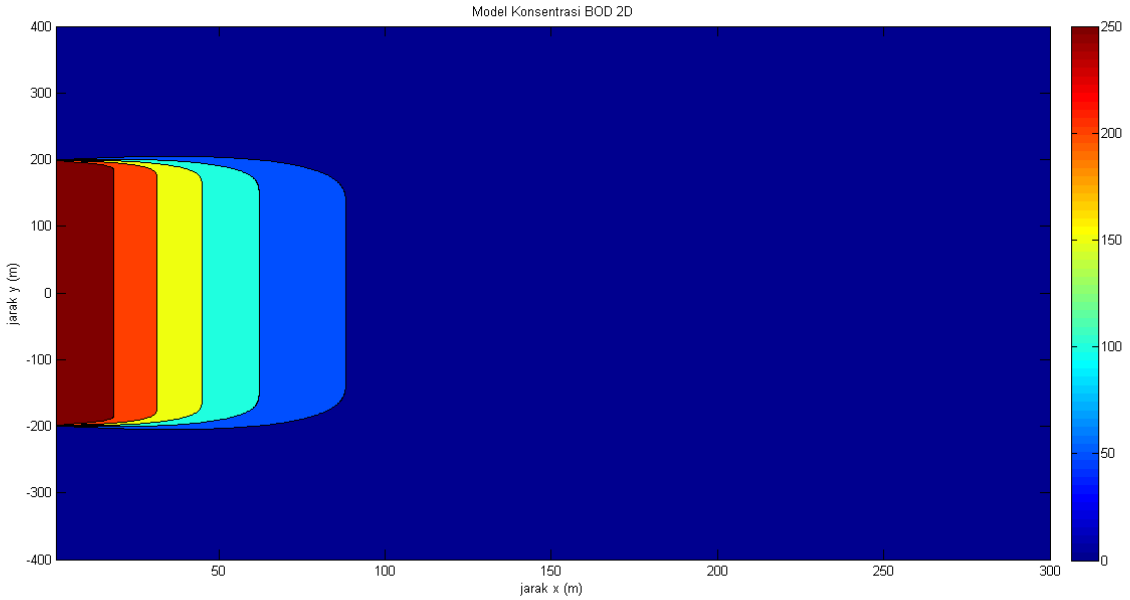
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.25 Hasil Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi (t =5,5 tahun)

Gambar 4.25 menggambarkan pola persebaran lindi menuju sumur 3 (S3) yang berjarak sekitar 225 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 3 pada jarak 225 m dalam waktu 5,5 tahun. Kualitas air sumur 3 (S3) memiliki konsentrasi BOD sebesar 12,1 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.25 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 12,0962 mg/L.

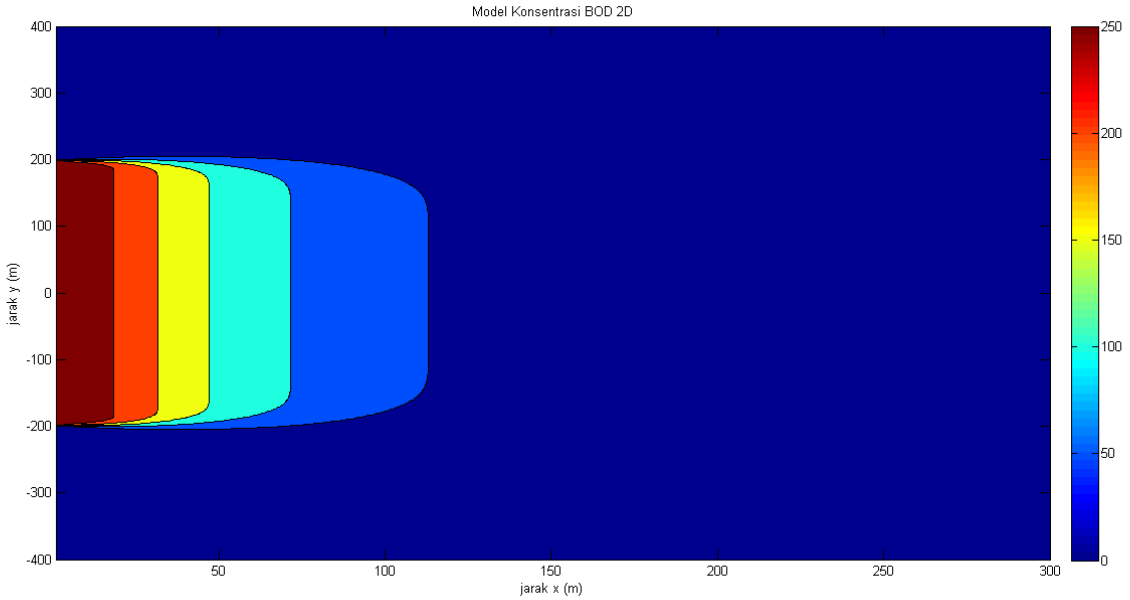
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.26 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =3,665 tahun)

Gambar 4.26 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 1 (S1) yang berjarak sekitar 96 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 1 pada jarak 96 m dalam waktu t = 3,665 tahun. Kualitas air sumur 1 (S1) memiliki konsentrasi BOD sebesar 40,35 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.26 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 40,3506 mg/L.

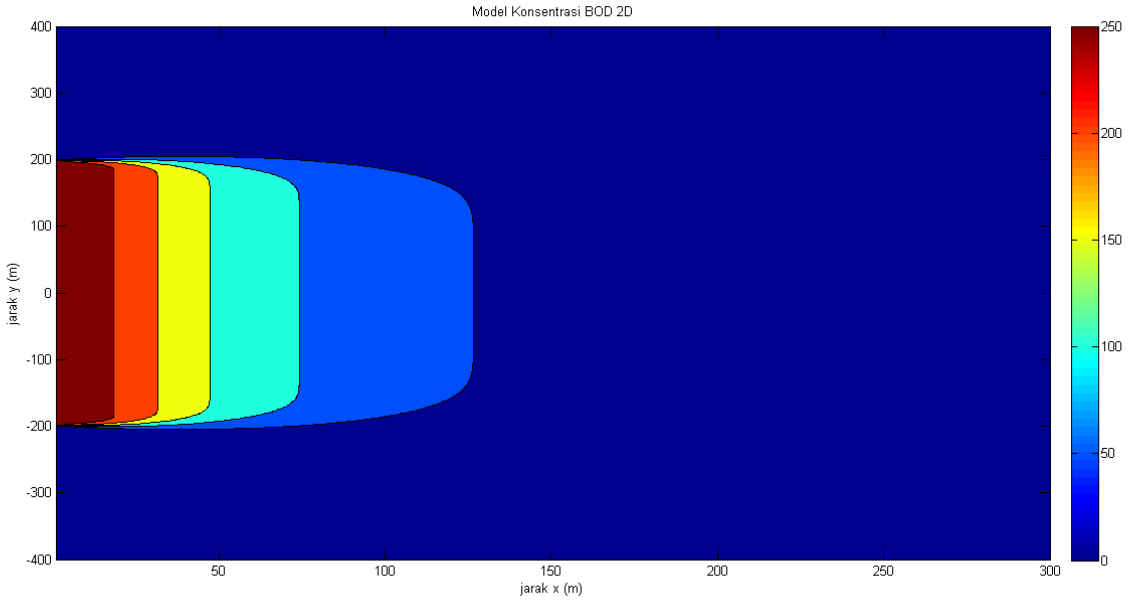
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.27 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =5,66 tahun)

Gambar 4.27 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 2 (S2) yang berjarak sekitar 183 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 2 pada jarak 183 m dalam waktu t = 5,66 tahun. Kualitas air sumur 2 (S2) memiliki konsentrasi BOD sebesar 13,8 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.27 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 13,8001 mg/L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



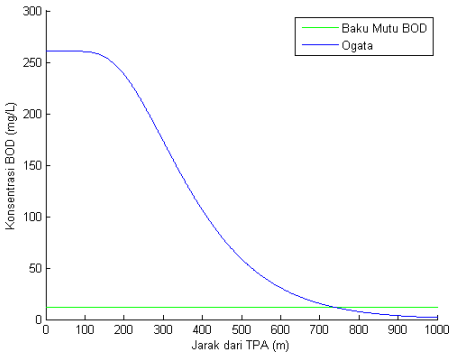
Gambar 4.28 Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =7,18 tahun)

Gambar 4.28 menggambarkan pola persebaran lindi dalam 2 dimensi menuju sumur 3 (S3) yang berjarak sekitar 225 m dari sumber lindi muncul. Hal ini menunjukkan bahwa lindi berhasil mencapai sumur 3 pada jarak 225 m dalam waktu 7,18 tahun. Kualitas air sumur 3 (S3) memiliki konsentrasi BOD sebesar 12,1 mg/L sedangkan untuk hasil model Gambar 4.28 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD sebesar 12,1007 mg/L.

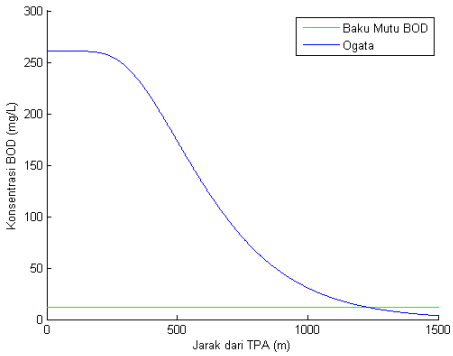
4.8.2 Prediksi

Hasil simulasi model yang telah dibuat berfungsi untuk memperhitugkan kondisi tahun berikutnya serta bagaimana pola persebaran lindi khususnya parameter BOD pada waktu tertentu. Gambar 4.29 menunjukkan hasil prediksi BOD dalam bentuk 1 dimensi dan Gambar 4.30 menunjukkan hasil prediksi pencemar BOD dalam bentuk 2 dimensi.

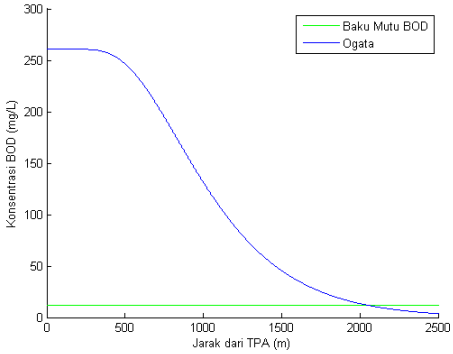
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



(a) 18 Tahun



(b) 30 Tahun

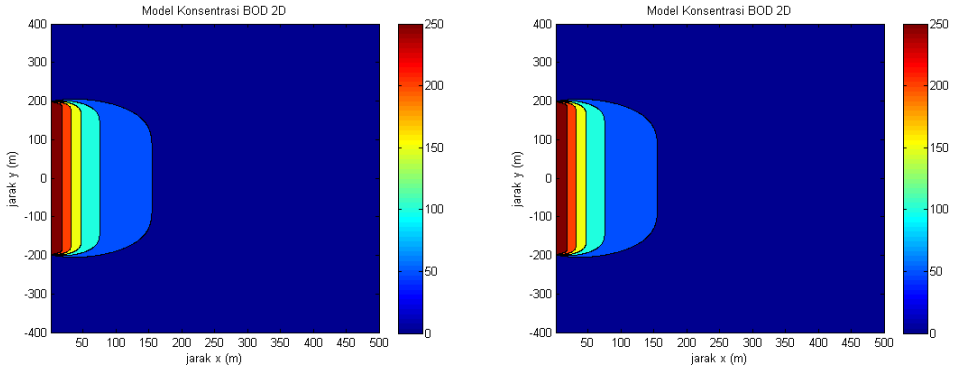


(c) 50 Tahun

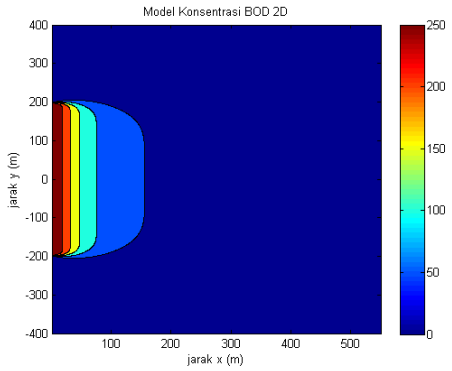
Gambar 4.29 Hasil Prediksi Simulasi BOD 1 Dimensi Lindi

Gambar 4.29 merupakan informasi terkait pola penyebaran lindi pada t=18 tahun dengan model 1 dimensi. Informasi tersebut berupa konsentrasi pencemar lindi khususnya pada parameter BOD telah terdispersi dan sesuai baku mutu pada jarak ±738 m dari TPA. Untuk jarak ±85 m parameter BOD sudah mulai terdispersi akibat infiltrasi tanah sehingga lama kelamaan konsentrasi BOD akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari TPA menuju lokasi yang tercemar. Sedangkan Gambar 4.30 menggambarkan pola penyebaran lindi dengan model 2 dimensi didapatkan informasi berupa parameter BOD telah terdispersi dan sesuai baku mutu pada jarak ±401 m dari TPA. Pada model 2 dimensi dapat menentukan pola penyebaran secara merata terkait pencemar BOD di dalam tanah yang diangkut langsung oleh air tanah menjauh dari TPA Ngipik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



(a) 18 Tahun (b) 30 Tahun



Gambar 4.30 Hasil Prediksi Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi

Hasil prediksi sebaran BOD dari jarak TPA menuju air tanah berdasarkan Gambar 4.29 dan 4.30 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Prediksi Model Parameter COD

No	t (Tahun)	Ogata-Banks	Domenico-Robbins
1.	18	738 m	401 m
2.	30	1230 m	495 m
3.	50	2049 m	545 m

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.14 bahwa BOD mengalami proses dispersi seiring bertambahnya jarak dari TPA menuju sumur atau air tanah sekitar TPA Ngipik. Jarak yang dihasilkan bervariasi tergantung model yang digunakan dimana semakin jauh jarak dari TPA maka waktu yang dibutuhkan juga lama. Gambar 4.31 menunjukkan prediksi untuk BOD bila umur TPA mencapai 50 tahun. Dapat dilihat bahwa sumur warga terdekat pada semua usia TPA akan tetap melampaui baku mutu BOD. Berdasarkan gambar tersebut didapatkan informasi bahwa baik sumur terdekat warga

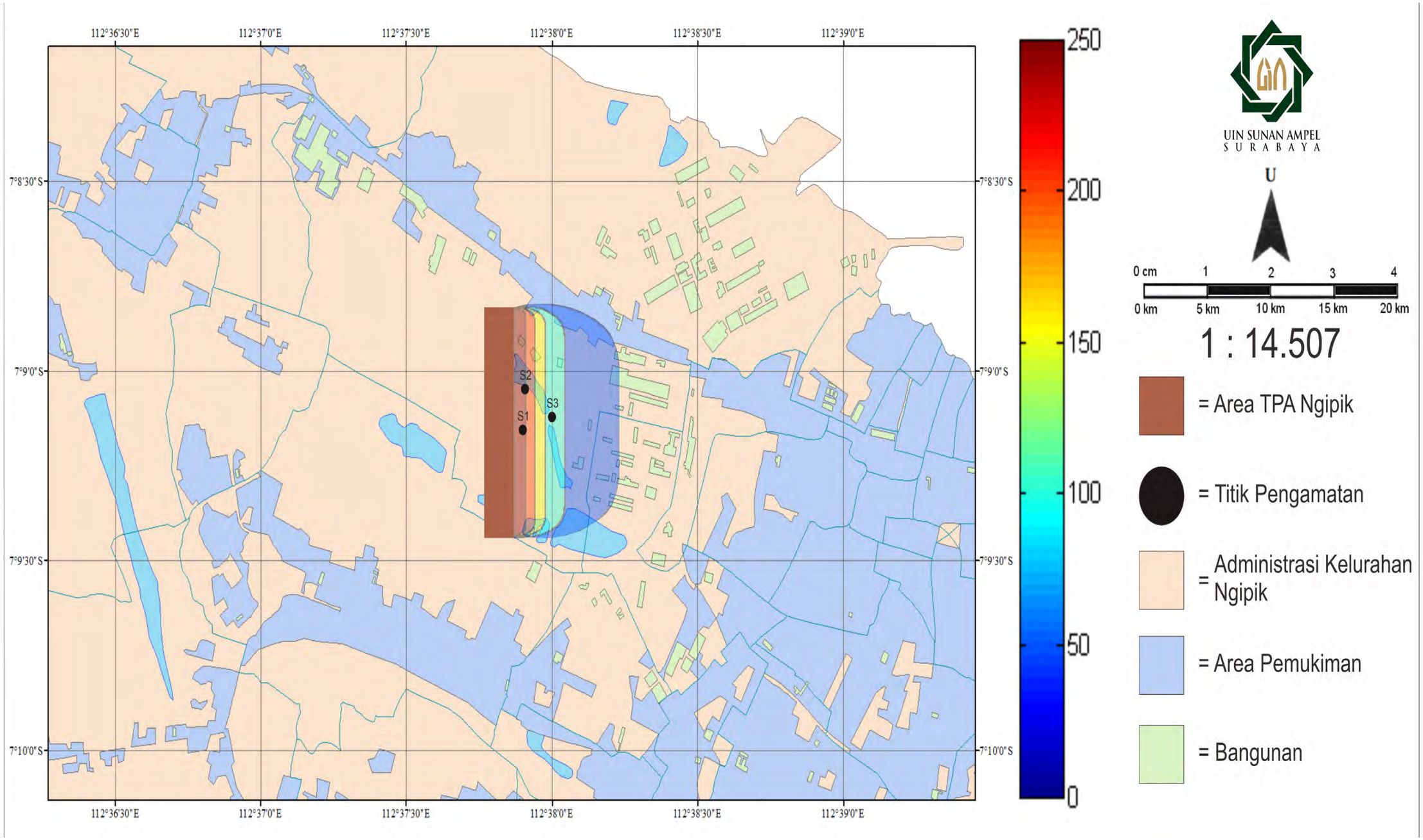
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ataupun sumur terjauh warga tetap dalam kondisi di bawah baku mutu. Namun tidak dapat dikatakan bahwa sumur ini layak dijadikan sumber air bersih warga sebab tentunya masih ada parameter lain yang melebihi baku mutu.

Berdasarkan pembahasan diatas didapatkan bahwa TPA Ngipik berpotensi dapat menimbulkan dampak berupa pencemaran tanah dan air tanah. Hal ini dapat menyebabkan masyarakat sekitar TPA akan terserang penyakit melalui air tanah yang tercemar lindi TPA lewat infiltrasi tanah. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana Dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, TPA dengan metode open dumping harus ditutup dan diganti dengan metode yang ramah lingkungan, yakni dengan metode lahan urug saniter/sanitary landfill untuk kota besar dan kota metropolitan, dan metode lahan urug terkendali/controlled landfill untuk kota sedang dan kota kecil.

TPA Ngipik menggunakan sistem *Controlled Landfill* tapi pada prakteknya masih menggunakan sistem *open dumping*. Rekomendasi terbaik untuk saat ini menurut Manurung & Santoso (2019) TPA Ngipik sebaiknya melakukan peralihan sistem, dari yang awalnya *open dumping* menjadi *Sanitary landfill* modern. *Sanitary landfill* yang dikenal umum adalah sampah dimasukkan ke dalam lubang, lalu bagian atas sampah ditimbun tanah dan selanjutnya bagian atas timbunan tanah tersebut ditimbun lagi dengan sampah dan ditutup lagi oleh tanah dan seterusnya. sanitary landfill dengan modifikasi, yakni dengan melakukan penimbunan area landfill yang berada di atas tanah dengan sampah untuk dibuat kompos . Dengan cara demikian, areal tanah akan lebih efisien karena biogas akan dihasilkan dari landfill yang berada di bawah tanah serta kompos dari landfill yang berada di permukaan tanah. Biogas yang dihasilkan nantinya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghidupkan listrik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.31 Peta Sebaran Hasil Simulasi BOD 2 Dimensi Lindi (t =18 tahun)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.8.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model

Proses kalibrasi dilakukan agar model yang dihasilkan sesuai dengan data lapangan. Proses kalibrasi dilakukan setelah diketahui parameter model yang memiliki pengaruh yang besar terhadap model. Kalibrasi dinyatakan sesuai bila nilai error yang didapatkan berdasarkan rumus Root Mean Square Error (RMSE) bernilai kecil. Hasil perhitungan RMSE pada kedua model khusus parameter BOD dapat dilihat untuk Ogata-Banks pada Tabel 4.15 dan untuk *Domenico-Robbins* pada Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan RMSE Model Ogata-Banks 1 Dimensi Parameter BOD

No.	**Data Lapangan**	**Data Hasil Model**	**Eror**	**(Eror)^2**
1	40,35	40,345	0.005	0.000025
2	13,8	13,7963	0.0037	0.00001369
3	12,1	12,0962	0.0038	0.0000144
			Total	0.0000531
			RMSE	0.0042083

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan RMSE Model *Domenico-Robbins* Parameter BOD

No.	**Data Lapangan**	**Data Hasil Model**	**Eror**	**(Eror)^2**
1	40.35	40.3506	0.0006	0.00000036
2	13.8	13.8001	-1.00E-04	0.00000001
3	12.1	12.1007	-0.0007	0.0000005
			Total	0.00000086
			RMSE	0.0005354

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan Tabel 4.15 dan 4.16 dapat dilihat bahwa hasil simulasi dari kedua model dan data lapangan dilakukan perhitungan galat dengan menggunakan rumus RMSE. Hasil ini menunjukkan bahwa solusi analitik dari *Ogata-Banks* memiliki nilai galat sebesar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

0,0042083 dan *Domenico-Robbins* memiliki nilai galat sebesar 0,0005354. Berdasarkan hasil galat tersebut bahwa solusi analitik *Ogata-Banks* memiliki nilai galat lebih besar daripada solusi analitik *Domenico-Robbins*. Hal ini menunjukkan bahwa solusi analitik *Domenico-Robbins* lebih cocok untuk digunakan pemodelan BOD daripada solusi analitik *Ogata-Banks*. Menurut Rosidi (2019) bahwa solusi metode analitik dapat berbentuk fungsi matematik yang selanjutnya dapat dievaluasi untuk menghasilkan nilai dalam bentuk angka. metode analitik berupa solusi sejati. Kondisi ini berakibat pada nilai error metode analitik adalah 0.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat menagmbil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil kualitas air tanah sekitar TPA Ngipik yang masih memenuhi baku mutu dengan PP No. 22 Tahun 2021 adalah Sumur 2 pada parameter COD (41 mg/L) dan pH (6,4) dan Sumur 3 pada parameter COD (36,5 mg/L). Sumur 1,2 dan 3 untuk parameter DO,BOD,COD,suhu dan pH belum memenuhi baku mutu.
2. Hasil karakteristik lindi TPA Ngipik belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Permen LHK No.P.59 tahun 2016 pada parameter DO,BOD,COD dan suhu kecuali parameter pH (6,7), telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.
3. Hasil pemodelan pergerakan lindi pada parameter BOD dan COD dengan *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks* di TPA Ngipik Kabupaten Gresik adalah pada rentan waktu t = 18 tahun, lindi hampir sesuai baku mutu pada jarak ± 278 m pada parameter COD dan ±401 m pada parameter BOD.
4. Hasil perbandingan validitas bentuk model solusi analitik *Ogata-Banks* (0.0042083) memiliki nilai galat lebih besar daripada solusi analitik *Domenico-Robbin* (0,0000147). Hal ini menunjukkan bahwa solusi analitik *Domenico-Robbins* lebih cocok digunakan untuk pemodelan COD dan BOD daripada solusi analitik *Ogata-Banks*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan untuk rekomendasi penelitian selanjutnya mengenai pola penyebaran lindi di TPA adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya perlu penambahan parameter berupa logam berat atau parameter lain secara spesifik guna mengetahui hasil kualitas air tanah terhadap pencemar lindi khususnya di daerah sekitar TPA.
2. Diharapkan menggunakan solusi analitik atau numerik lainnya untuk bisa mengetahui model yang lebih efektif khususnya untuk pola penyebaran lindi di TPA.
3. Sebaiknya solusi analitik *Domenico-Robbins* cocok untuk digunakan pemodelan kontaminan COD karena memiliki nilai galat yang kecil.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Andi Yogya. Jakarta

Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *2*(1), 14-22.

AR, N. J., & Wiyanti, R. I. (2018). The Test Ability Of Fish Tawes To Leachate Garbage Dump (TPA) Benowo. In *Journal Of Physics: Conference Series* (Vol. 953, No. 1, P. 012223). IOP Publishing.

Arbain, M. N., & Sudana, I. B. (2009). Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya Di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar.*Ecotrophic 3(2) : 55-60*

Arbi, Y., Siregar, R., & Damanhuri, T. (2018). Kajian Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Sains Dan Teknologi* , 1-6, 18(1).

Arbi, Y., & Aidha, E. R. (2017). Simulation Of Mercury Transport From Gold Mining Activities In Pelawan River , Sarolangun (Vol. 4, Pp. 567±571).

Arsyadi, A. (2017). Identifikasi Persebaran Air Lindi Di Tpa Ngipik Kabupaten Gresik Dengan Menggunakan Metode Resistivitas 2d Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Tugas Akhir Departemen Teknik Geofisika FTSP ITS* , 1-114.

Asdak, C. 1995. Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Atima, W. (2015). BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah. *Biosel: Biology Science And Education*, *4*(1), 83-93.

Azizah, S. (2016). Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner–Schlumberger Di Tpa Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara . *Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan IPA Universitas Negeri Semarang*, 1-63.

Baig, S., E. Thieblin, F. Zuliani, R. Jenny, C. Coste. 2012. Landfill Leachate Treatment: Case Studies.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

http://www.ozonia.com/media/pdf/app/leachatee.pdf.Diakses tanggal 14 November 2021.

Bedient, Philip. B., Hanadi S. Rifai, Dan Charles J. Newell. 1999. Ground Water Contamination: Transport And Remediation. USA: Prentice Hall.

Chounlamany, V., Tanchuling, M. A., & Inoue, T. (2019). Water Quality And Pollution Loading Of A River Segment Affected By Landfill Leachate And Domestic Waste. *International Journal Of Environmental Studies*, *76*(3), 379-395.

Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, *1*(4), 558-566.

Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). *Physical And Chemical Hydrogeology* (Vol. 506). New York: Wiley.

Domenico, P.A., and G.A. Robbins. 1985. A new method of contaminant plume analysis. Ground Water 23, no. 4: 476–485.

Dzulfahmi, Ivansyah, O., & Zulfian. (2019). Monitoring Pergerakan Lindi Menggunakan Metode Geolistrik Time-Lapse Di Sekitar Pemukiman Tempat Pembuangan Akhir Batu Layang Pontianak. *Prisma Fisika*, 251-258, 7(3).

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Air Dan Lingkungan. Kanisius. Yogyakarta.

Gaol, M. (2017). Life Cycle Assessment (Lca) Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah (Studi Kasus: Tpa Jabon, Kabupaten Sidoarjo). *Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya*, 1-176.

Gaol, M., & Warmadewanthi, I. (2017). Prediksi Dampak Lingkungan Pengelolaan Sampah Di TPA Jabon, Kabupaten Sidoarjo. *JURNAL TEKNIK ITS* , Vol.6 No.2 462-468.

Jaya, I. W. A. E. S., I W. Suarna, Dan I W. R. Aryanta. 2016. Studi Kualitas Air Tanah Dangkal Dan Pendapat Masyarakat Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Suwung Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar. ECOTROPHIC, 10(1):62-67

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Konig, Luka. Weiss, Jonas. 2009. Groundwater: Modeling, Management, And Contamination. Nova Science Publisher: New York

Koda, E., Miszkowska, A., & Sieczka, A. (2017). Levels Of Organic Pollution Indicators In Groundwater At The Old Landfill And Waste Management Site. *Applied Sciences*, *7*(6), 638.

Manurung, D. W., & Santoso, E. B. (2020). Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah yang Ramah Lingkungan di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Teknik ITS*, *8*(2), C123-C130.

Mishra, S., Tiwary, D., Ohri, A., & Agnihotri, A. K. (2019). Impact Of Municipal Solid Waste Landfill Leachate On Groundwater Quality In Varanasi, India. *Groundwater For Sustainable Development*, *9*, 100230.

Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah Dan Air Tanah. Bandung: Penerbit ITB

Pardosi, I., & Nugroho, R. (2019). Pengelolaan Sampah Melalui Recycle Untuk Kemandirian Masyarakat Di Kelurahan Sekardangan Kebupaten Sidoarjo . *Jurnalpendidikan Untuk Semua*, 1-9.

Pare, R. N., & Yulianti, S. (2017). Peningkatan Pemahaman Proses Pembentukan Tanah Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Make A Match. *Didaktika Dwija Indria*, *5*(2).

Pidriansy, Q., & Kamil, I. (2015). Assesment Of Groundwater Contamination And Human Risk Assessment By Leachate From Landfill (Case Study : Burangkeng Landfill,Bekasi). *Publikasi FTSL ITB*, 1-10.

Pinder, George. F. , Celia, Michael. Gray, William G. 1981. Velocity Calculation From Randomly Located Hydraulic Heads. Journal Of Groundwater Vol. 19 P 262-264

Purba, Deardo CV. (2014). Analisis Pola Penyebaran Kontaminan Pada Airtanah Dangkal Akibat Lindi Dl Tempat Pengelolaan Akhir (Tpa) Jatibarang, Semarang. *Tesis Program Studi Teknik Lingkungan ITB*, 1-117.

Purba, D., & Kamil, I. (2015). Analysis Of Heavy Metal Distribution In Unsaturated Zone Due To Leachate Around Jatibarang Landfill, Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 149-158.

Puspitasari, R. Y. Analisis Numerik Model Transfer Polutan Di Sungai Dengan Metode Forward Time Center Space.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Putri, G. A., Sunarsih, S., & Hariyanto, S. (2018). Numerical Simulation Of Advection-Diffusion On Flow In Waste Stabilization Ponds (1-Dimension) With Finite Difference Method Forward Time Central Space Scheme. *Environmental Engineering Research*, *23*(4), 442-448.

Rahajeng, E. M., Sumiyati, S., & Samudro, G. (2015). Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Ph Terhadap Kinerja Granular Activated Carbon Dual Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-Dcmfcs). *Jurnal Teknik Lingkungan*, *4*(2), 1-8.

Ramadhan, F., Prasasti, F., Firizqy, F., & Adji, T. (2019). Pendugaan Distribusi Air Lindi Dengan Geolistrik Metode ERT. *Majalah Geografi Indonesia*, 1-8,33(1).

Rana, R., Ganguly, R., & Gupta, A. K. (2018). Indexing Method For Assessment Of Pollution Potential Of Leachate From Non-Engineered Landfill Sites And Its Effect On Ground Water Quality. *Environmental Monitoring And Assessment*, *190*(1), 46.

Rosidi, M. 2019. Metode Numerik Menggunakan R Untuk Teknik Lingkungan. PIKTOCHART : Bandung.

Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian Cod Dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, *13*(1), 40-49.

Said, L. (2015). Implementasi Program Software Matlab Dalam Memecahkan Kasus Fisika: Dinamika Sistem Massa Dan Pegas (Prinsip Nilai Dan Vektor Eigen) . *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (Jspf)*, 251-274, 11(3).

Saputra, A., & Mirwan, M. (2017). Evaluasi Pencemaran Lindi Pada Air Sumur Sekitar Tpa Jabon (Sidoarjo) . *Jurnal Envirotek*, 1-5,10(2).

Sawyer, C. N, Mccarty, P. L, & Parkin, G. F. (2003). Chemistry Environmental Engineering Of Science. Mcgraw-Hill Companies

Srinivasan, V., Clement, and Lee K. K.. (2007). Domenico Solution—Is It Valid? Ground Water, Vol. 45, No. 2.

Standart Nasional Indonesia 6989.59. 2008. (2008). Tentang Air Dan Air Limbah Bagian 59 : Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Standart Nasional Indonesia 06-6989.11. 2004. (2004). Tentang Air Dan Air Limbah Bagian 59 : Cara Uji Derajat Keasaman (Ph) Dengan Menggunakan Alat Ph Meter.

Standart Nasional Indonesia 06-6989.23. 2005. (2005). Tentang Air Dan Air Limbah Bagian 23 : Cara Uji Suhu Dengan Thermometer.

Standart Nasional Indonesia 6989.57:2008. (2008). Tentang Teknik Pnegambilan Sampel Air

Standart Nasional Indonesia 6989.72:2009. (2009). Tentang Pengujian BOD (Biological Oxygen Demand)

Standart Nasional Indonesia 6989.2:2009. (2009). Tentang Pengujian COD (Chemical Oxygen Demand)

Samudro, G., S. Mangkoedihardjo. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio: A Triangle Zone For Toxic, Biodegradable and Stable Levels. International Journal of Academic Research Vol 2 No.4.

Vaccari, M., Tudor, T., & Vinti, G. (2019). Characteristics Of Leachate From Landfills And Dumpsites In Asia, Africa And Latin America: An Overview. *Waste Management*, *95*, 416-431.

Wang, K., Li, L., Tan, F., & Wu, D. (2018). Treatment Of Landfill Leachate Using Activated Sludge Technology: A Review. *Archaea*, *2018*.

Williams, R.L. (2014). *Encyclopedia Of Health Economics || Survey Sampling And Weighting. , (), 371–374.* Doi:10.1016/B978-0-12-375678-7.00703-3

Widiyanti, A., Naja, M., & Wibisono, C. (2019). Pengaruh Media Tanam Terhadap Pengolahan Lindi Tpa Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Typha Latifolia. *Jurnal Teknik Waktu*, 1-5.

Yatim, E. M. Dan Mukhlis. 2013. Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 7(2):54-59

Ye, Z. L., Hong, Y., Pan, S., Huang, Z., Chen, S., & Wang, W. (2017). Full-Scale Treatment Of Landfill Leachate By Using The Mechanical Vapor Recompression Combined With Coagulation Pretreatment. *Waste Management*, *66*, 88-96.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Yedidia, D. (2016). Penentuan Alternatif Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Di Kabupaten Sidoarjo . *Tugas Akhir (Rp14-1501) Jurusan Pwk Ftsp Its Surabaya* , 1-196.

Zaman, B., & Istirokhatun, T. (2014). Penyisihan Bod Dan Cod Dalam Lindi Pada Constructed Wetland Menggunakan Typha Angsutifolia Dengan Pengaruh Debit Dan Jumlah Tumbuhan Yang Berbeda (Studi Kasus: Tempat Pembuangan Sampah Kawasan Industri Terboyo, Semarang, Jawa Tengah) (Doctoral Dissertation, Diponegoro University).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id