

SKRIPSI

**PEMODELAN KUALITAS AIR SUNGAI PAMPANG DENGAN
METODE *NON-KONSERVATIF TRANSPORT*
MENGUNAKAN MATLAB**

Disusun dan diajukan oleh:

ANNISA MAHANI PUTRI

D131191057



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PEMODELAN KUALITAS AIR SUNGAI PAMPANG DENGAN
METODE NON KONSERVATIF TRANSPORT
MENGUNAKAN MATLAB**

Disusun dan diajukan oleh

**Annisa Mahani Putri
D131191057**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 24 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP 197506232015042001

Pembimbing Pendamping,

Nuriannah Oktorina, S.T., M.T.
NIP 199210242019016000

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM.
NIP 197204242000122001



TL-Ujhas: 24735/TTD.06/2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Annisa Mahani Putri
NIM : D131191057
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pemodelan Kualitas Air Sungai Pampang dengan Metode Non-Konservatif Transport
Menggunakan MATLAB

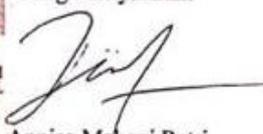
Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 07 November 2023

Yang Menyatakan

Annisa Mahani Putri



ABSTRAK

ANNISA MAHANI PUTRI. *Pemodelan Kualitas Air Sungai Pampang Dengan Metode Non-Konservatif Transport Menggunakan Matlab* (dibimbing oleh Roslinda Ibrahim dan Nurjannah Oktorina).

Peningkatan pembangunan diberbagai bidang dan pertumbuhan penduduk, secara langsung dan tidak langsung akan memberikan dampak terhadap penurunan kualitas air sungai. Apabila beban masukan bahan melampaui batas, sungai tersebut akan membersihkan diri dengan sendirinya dan akan menimbulkan pencemaran pada perairan. Sungai Pampang merupakan salah satu sungai kecil yang berada di Kota Makassar. Aliran Sungai Pampang melewati kawasan padat penduduk dan dua saluran pembuangan atau saluran kanal. Perlu adanya dilakukan penelitian mengenai kualitas air Sungai Pampang sehingga dapat memperkirakan tingkat pencemar yang ada. Pada penelitian ini akan melakukan pemodelan agar dapat mempermudah dalam menganalisis sebaran pencemar.

Analisis dilakukan dengan penggambaran grafik tingkat persebaran beban pencemar dengan menggunakan *software* Matlab. Metode model analisis menggunakan metode *Non-Konservatif Transport* yang dibuatkan dalam bentuk *syntax* pada Matlab. Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan dengan mengacu pada SNI 6989.57: 2008 di 6 titik sampel.

Kualitas air Sungai Pampang di 6 titik pemantauan setiap parameter memiliki hasil, yaitu pada parameter DO berkisar antara 4,5-7 mg/L; parameter BOD berkisar antara 15,87-19,97 mg/L; parameter COD berkisar antara 72-144 mg/L; parameter TSS berkisar antara 20-70 mg/L; parameter Nitrat berkisar antara 0,03-0,09 mg/L; dan parameter Fosfat berkisar antara 0,12-1,61 mg/L. Model persebaran terhadap jarak untuk parameter BOD, COD, TSS, Nitrat dan Fosfat memiliki grafik menurun. Kemudian, pada model persebaran terhadap waktu untuk parameter BOD, dan COD memiliki keterkaitan dimana grafik BOD dan COD memiliki grafik menurun yang dimana dengan nilai konsentrasi DO sempat memiliki penurunan nilai pada titik di segmen 2. Untuk parameter TSS, Nitrat, dan Fosfat memiliki grafik menurun seiring bertambahnya waktu.

Kata kunci: Kualitas air, *Non-Konservatif Transport*, Sungai



ABSTRACT

ANNISA MAHANI PUTRI. *Water Quality Modelling of Pampang River with Non-Conservative Transport Using Matlab* (guided by Roslinda Ibrahim and Nurjannah Oktorina).

Increased development in various fields and population growth, will directly and indirectly decrease river water quality. If the load of material input exceeds the load limit of the river, the river will clean itself and causing water pollution. Pampang River is one of the small rivers in Makassar City. The Pampang River flows through densely populated areas and through two sewers or canals. Therefore, it is necessary to conduct research of the water quality of the Pampang River to estimate the level of existing pollutants. In this study, modelling will be carried out to make it easier to analyze the spread of pollutants.

The analysis was performed by depicting a graph of the level of pollutant load distribution using MATLAB software. The analysis model uses the Non-Conservative Transport method, which is made in the form of syntax in MATLAB. Data collection was carried out directly in the field with reference to SNI 6989.57:2008 at six sample points.

Pampang River water quality at 6 monitoring points for each parameter has results, namely the DO parameter ranged from 4.5-7 mg/L; BOD parameters ranged from 15.87-19.97 mg/L; COD parameters ranged from 72-144 mg/L; TSS parameters ranged from 20-70 mg/L; Nitrate parameters ranged from 0.03-0.09 mg/L; and Phosphate parameters ranged from 0.12-1.61 mg/L. the dispersion model over distance for the BOD, COD, TSS, Nitrate and Phosphate parameters have a decreasing graph. In the time dispersion model for the BOD, COD parameter, there is a relationship where the BOD and COD graphs have a decreasing graph, followed by a decreasing DO concentrate ini one of point in second segmen. The TSS, Nitrate, and Phospate parameters decreased with increasing time.

Keywords: Water Quality, *Non-Conservative Transport*, River



DAFTAR ISI

LEMBAR HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sungai	6
2.2. Kualitas Air Sungai	6
2.3. Pencemaran Air Sungai	8
2.4. Parameter Pengujian	9
2.4.1. <i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	9
2.4.2. <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	10
2.4.3. <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	11
2.4.4. <i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	12
2.4.5. Nitrat (NO_3^-)	13
2.4.6. Fosfat	13
2.5. Pemodelan dengan MATLAB	14
2.6. Metode Non-Konservatif Transport	15
Validasi Model	19
Studi Penelitian Terdahulu	20
METODE PENELITIAN	23



3.1. Rancangan Penelitian.....	23
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.2.1. Waktu Penelitian.....	23
3.2.2. Lokasi Penelitian.....	23
3.3. Bahan dan Alat.....	24
3.4. Populasi dan Sampel.....	24
3.5. Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.6. Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.7. Teknik Analisis.....	36
3.8. Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Analisis Kualitas Air Sungai Pampang.....	44
4.2. Pemodelan Kualitas Air Sungai Pampang.....	55
4.2.1. Analisis Kondisi Hidrolik Sungai Pampang.....	55
4.2.2. Data yang Digunakan.....	59
4.2.3. Hasil Simulasi Model.....	60
4.2.4. Hasil Validasi Model.....	72
4.2.5. Peta Persebaran Parameter.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	86



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Sumber Pencemar Air.....	9
Tabel 2. Laju Reaksi Konstan (k)	18
Tabel 3. Jurnal Terdahulu	20
Tabel 4. Alat dan Bahan Pengambilan Sampel.....	24
Tabel 5. Pembagian Segmen Sungai Pampang.....	25
Tabel 6. Penentuan Jumlah Titik Sampel dengan Debit Rata-Rata	26
Tabel 7. Koordinat dan Wilayah Titik Pengambilan Sampel	27
Tabel 8. Data <i>Input</i>	37
Tabel 9. Data pH Sampel Sungai Pampang	44
Tabel 10. Data DO Sampel Sungai Pampang	46
Tabel 11. Data BOD Sampel Sungai Pampang.....	47
Tabel 12. Data COD Sampel Sungai Pampang.....	49
Tabel 13. Data TSS Sampel Sungai Pampang	51
Tabel 14. Data Nitrat Sampel Sungai Pampang.....	53
Tabel 15. Data Fosfat Sampel Sungai Pampang	54
Tabel 16. Data Kondisi Hidrolik Sungai Pampang.....	56
Tabel 17. Data Debit Aliran Sungai Pampang	58
Tabel 18. Nilai Konsentrasi.....	59
Tabel 19. Data yang digunakan pada Persamaan.....	60
Tabel 20. Hasil validasi data BOD.....	73
Tabel 21. Hasil validasi data COD.....	74
Tabel 22. Hasil validasi data TSS	74
Tabel 23. Hasil validasi data Nitrat.....	75
Tabel 24. Hasil validasi data Fosfat	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Penelitian pada Aliran Sungai Pampang Kota Makassar	24
Gambar 2 Lokasi Titik Pengambilan Sampel	28
Gambar 3 Letak Pengambilan Sampel Air.....	28
Gambar 4 Halaman Utama <i>Software</i> MATLAB.....	37
Gambar 5 Tampilan MATLAB Ketika Dijalankan	39
Gambar 6 Tampilan Halaman Utama MATLAB.....	39
Gambar 7 Tampilan <i>New Script</i>	40
Gambar 8 Contoh <i>Script</i> di Kolom <i>Editor</i>	40
Gambar 9 Tampilan Kolom <i>Command Window</i>	41
Gambar 10 Grafik Hasil <i>Running</i> Program Model	41
Gambar 11 Tahapan Analisis Data Menggunakan MATLAB.....	42
Gambar 12 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 13 Grafik Konsentrasi pH	45
Gambar 14 Grafik Konsentrasi DO	47
Gambar 15 Grafik Konsentrasi BOD.....	49
Gambar 16 Grafik Konsentrasi COD	51
Gambar 17 Grafik Konsentrasi TSS	52
Gambar 18 Grafik Konsentrasi Nitrat	54
Gambar 19 Grafik Konsentrasi Fosfat	55
Gambar 20 Grafik Data Hidrolik Sungai Pampang	57
Gambar 21 Grafik Data Debit Aliran Sungai Pampang.....	59
Gambar 22 Grafik Penyebaran Konsentrasi BOD Terhadap Jarak.....	62
Gambar 23 Grafik Penyebaran Konsentrasi COD Terhadap Jarak.....	63
Gambar 24 Grafik Penyebaran Konsentrasi TSS Terhadap Jarak	64
Gambar 25 Grafik Penyebaran Konsentrasi Nitrat Terhadap Jarak	65
Gambar 26 Grafik Penyebaran Konsentrasi Fosfat Terhadap Jarak	66
Gambar 27 Grafik Penyebaran Konsentrasi BOD Terhadap Waktu.....	68
Gambar 28 Grafik Penyebaran Konsentrasi COD Terhadap Waktu.....	68
Gambar 29 Grafik Penyebaran Konsentrasi TSS Terhadap Waktu	70
Gambar 30 Grafik Penyebaran Konsentrasi Nitrat Terhadap Waktu.....	71



Gambar 31 Grafik Penyebaran Konsentrasi Fosfat Terhadap Waktu	71
Gambar 32 Grafik Hubungan aktual dan model BOD	73
Gambar 33 Grafik Hubungan aktual dan model COD	74
Gambar 34 Grafik Hubungan aktual dan model TSS	75
Gambar 35 Grafik Hubungan aktual dan model Nitrat	76
Gambar 36 Grafik Hubungan aktual dan model Fosfat	76
Gambar 37 Peta Analisis Penyebaran	77



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Baku Mutu Air Sungai.....	87
Lampiran 2. Laporan Hasil Pengujian Nitrat	89
Lampiran 3. Coding MATLAB	93
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan	95



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul “Pemodelan Kualitas Air Sungai Pampang Dengan Metode *Non-Konservatif Transport* Menggunakan Matlab”. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang terang benderang. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada jenjang Strata-1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan bimbingan, nasehat dan doa dari segala pihak, membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua penulis yakni Ibu Kartini, S. E. Ak., M. Si dan Ayah Sri Mahatma Adji, S. E yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral serta materi sejak dulu yang tidak pernah berubah sedikit pun dan sebagainya yang tidak bisa penulis ungkapkan semuanya. Penulis sangat berterima kasih pada kedua orang tua penulis atas jasanya dan segala kerja keras penulis, penulis sampaikan terima kasih kepada orang tua penulis.

Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Kartini, S. E. Ak., M. Si, selaku ibu penulis, sosok yang paling penulis sayangi. Sosok ibu yang selalu ada disaat senang maupun susah. Sigap menemani anaknya kemanapun dengan motor honda kesayangannya mampu mengantarkan penulis mulai dari Sekolah Dasar hingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan perkuliahan. Selalu mendukung kegiatan dibidang akademik non akademik dan mendukung segala keinginan penulis dari penulis masih sangat kecil sampai dewasa ini. Tidak pernah lelah untuk merawat, menyayangi, dan memberi semangat kepada penulis.
2. Fatimah Mahani Putri, selaku saudari/adek penulis yang telah sabar dan memberi dukungan kepada penulis walaupun sering bertengkar.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S. P., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Ibu Nurjannah Oktorina, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan penulis pada penyelesaian tugas akhir.
7. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah berikan ilmu selama menempuh perkuliahan.



8. Bapak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang telah membantu penulis selama penelitian di laboratorium.
9. Seluruh staff administrasi Departemen Teknik Lingkungan yang telah membantu penulis dalam proses administrasi selama perkuliahan.
10. Kepada Pak Aziz pemilik perahu, Aisyah dan Bintang yang telah membantu penulis dalam mengambil sampel selama dua minggu dipanas teriknya matahari Kota Makassar.
11. Kepada Enjel, Widiya, Kevina, Dhea Aprilianti Inu, Vivi, Danti Oho, Lala, Nuaz, Nisaf, Danti Nur, Prasil, Inzar, Azhima, Hana, Izzah, Risma, Thalia, Nuzul, Atika, Egi, Didik, Cesha, Nispul, Syauqi, Fadil, Arya, Bagas, dan Lingga, kawan Lingkungan E yang telah sama-sama berjuang selama perkuliahan berlangsung dan tidak pernah menyerah disegala banyaknya rintangan selama perkuliahan mulai dari praktikum, tugas besar, hingga capstone.
12. Kepada teman-teman asisten laboratorium penulis yang telah membantu penulis selama memasuki laboratorium kualitas air.
13. Kepada teman sesama mahasiswa laboratorium riset kualitas air yang telah sama-sama berjuang untuk tugas akhir di lab riset air. Yang selalu semangat dengan hari Selasa.
14. Teman-teman Lingkungan 2019 yang telah kebersamai masa perkuliahan sejak menjadi mahasiswa baru hingga masing-masing menyelesaikan studinya.
15. Teruntuk member SEVENTEEN, ENHYPEN, TREASURE terutama Min Yoongi, Jeon Wonwoo, Kim Mingyu, Park Jong Seong atau Jay, Lee Heesung, Park Jeongwoo, Watanabe Haruto, dan Hamada Asahi yang menjadi penyemangat penulis ketika berada dikesedihan dengan hiburan dan karya-karyanya yang mampu menyemangati penulis untuk terus bekerja keras.
16. Dan yang paling terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri penulis sendiri untuk tidak pernah menyerah untuk melewati segala rintangan yang ada setiap harinya. Selalu berusaha untuk tidak mengeluh. Makasih untuk tetap kuat, dan semoga masih akan tetap kuat untuk menjalani segala fase hidup yang akan terjadi setelah dunia perkuliahan s1 ini selesai.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis, bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi lingkungan akademis Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan.

Makassar, September 2023

Penulis





Optimized using
trial version
www.balesio.com



Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan senyawa kimia yang memiliki fungsi penting bagi makhluk hidup terutama bagi kehidupan manusia. Air menjadi komponen penting dalam lingkungan hidup yang apabila kualitas air itu buruk, akan dengan mudah memengaruhi kondisi lingkungan tersebut menjadi buruk juga dan akan berakibat pada kondisi kesehatan makhluk hidup. Sumber daya air bersumber dari air permukaan dan air tanah, contohnya yaitu air sungai.

Sungai merupakan saluran alamiah bumi yang dapat menampung dan menyalurkan air dari daerah ke daerah lainnya yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan manusia sehari-hari. Sungai menjadi sumber daya air yang banyak dimanfaatkan oleh manusia. Fungsi dari setiap sungai berbeda-beda, antara lain menyediakan bahan baku air minum (PDAM) bagi masyarakat, drainase kota, kegiatan perikanan, peternakan, mengaliri tanaman serta pariwisata (Sabrina, 2017).

Peningkatan pembangunan diberbagai bidang dan pertumbuhan penduduk, secara langsung dan tidak langsung akan memberikan dampak terhadap penurunan kualitas air sungai. Apabila beban masukan bahan melampaui batas beban sungai, sungai tersebut akan membersihkan diri dengan sendirinya, maka nantinya akan menimbulkan pencemaran pada perairan. Jika air sungai mengalami pencemaran akan memberikan dampak negatif terhadap biota perairan dan kesehatan penduduk. Tak hanya itu, penurunan kualitas air sungai akan menurunkan daya guna, hasil guna, produktivitas masyarakat, daya dukung, dan daya tampung sungai itu sendiri. Jika kondisi air sungai menurun akan sulit dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat.



Salah satu masalah yang sering terjadi adalah rendahnya kualitas air. Rendahnya kualitas air akan mengakibatkan tercemarnya badan air yang berdampak ke lingkungan sekitar dan biota yang ada di badan perairan tersebut. Air yang tercemar

menjadi sumber penyakit. Bau sungai yang menyengat dan perubahan warna sungai yang menjadi pekat dapat menurunkan nilai estetika sungai. Pencemaran juga menyebabkan penurunan kualitas air dan terganggunya ekosistem di sungai dan biota air yang ada didalamnya. Sumber pencemar sungai dapat berasal dari aktivitas manusia (Putri, 2021). Pinggiran sungai akan terlihat dengan jelas drainase pembuangan baik dari drainase buangan masyarakat hingga buangan limbah industri, seperti industri rumahan, pabrik, *laundry*, hingga rumah makan. *Outlet* drainase buangan tersebut dapat menjadi faktor penurunan kualitas air yang cukup tinggi pada badan sungai.

Sungai Pampang merupakan salah satu sungai kecil yang berada di Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Sungai Pampang melintasi beberapa Kawasan padat dan bermuara di Sungai Tallo. Aliran Sungai Pampang melewati kawasan padat penduduk, yaitu Kecamatan Manggala, Kecamatan Panakkukang, dan Kecamatan Tallo. Limbah yang masuk dalam hal ini adalah perairan Sungai Pampang berdampak ke perubahan kondisi perairan dan kemudian hari menyebabkan terjadinya pencemaran diperairan. Terlebih lagi dua saluran pembuangan yaitu Saluran Pembuangan Antang dan Saluran Pembuangan Gowa dan juga satu kanal yaitu Kanal Sinrijala yang mengalir dan bermuara di Sungai Pampang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wasir (2013) dan Armis (2017), Sungai Pampang tergolong dalam tercemar ringan hingga tercemar berat. Pada *down stream* Sungai Pampang memiliki konsentrasi Timbal (Pb) sebesar 0,5357 mg/l; COD sebesar 96,38 mg/l; dan kadar salinitas terbesar yaitu sebesar 29,667%. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Nurhikmah (2021), kualitas air pada parameter COD, BOD, dan TSS pada titik 3E Sungai Tallo yang tepat di hilir Sungai Pampang memiliki nilai masing-masing 136 mg/l; 6,9 mg/l; dan 25 mg/l. Yang dimana nilai tersebut melebihi baku mutu air kelas II yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Rencanakan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hal ini dapat saja terjadi karena pencampuran antara limbah-limbah yang mengalir ke badan sungai hingga ke sungai. Kegiatan penyebab limbah diantaranya adalah buangan dari



rumah tangga dari saluran pembuangan yang langsung dialirkan ke badan sungai, kemudian limbah rumah makan, limbah rumah sakit, limbah *laundry*, dan berbagai macam jenis limbah lainnya yang saluran pembuangannya langsung tertuju ke badan sungai. Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dilakukan penelitian mengenai kualitas air Sungai Pampang berdasarkan pada beberapa konsentrasi parameter yang terdapat di Sungai Pampang sehingga dapat memperkirakan tingkat pencemar yang ada. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan agar dapat mempermudah dalam menganalisis sebaran pencemar dengan menggunakan Metode *Non-Konservatif Transport*. Untuk itu, dilakukan penelitian dengan judul **“Pemodelan Kualitas Air Sungai Pampang dengan Metode *Non-Konservatif Transport* Menggunakan MATLAB”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air Sungai Pampang ditinjau dari parameter DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat?
2. Bagaimana model sebaran pencemaran DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat pada perairan Sungai Pampang Kota Makassar?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah.

1. Menganalisis dan membandingkan kualitas air Sungai Pampang ditinjau dari parameter DO DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat.
2. Mengetahui model persebaran pencemaran DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat pada perairan Sungai Pampang Kota Makassar dengan menggunakan MATLAB.



1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Akademik

Penelitian ini membahas model penyebaran kualitas air pada air yang tercemar disekitar perairan Sungai Pampang dan sebagai salah satu penunjang untuk menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Lingkungan Unhas, sehingga dengan melakukan penelitian ini, penulis dapat lebih memahaminya.

2. Bagi Departemen Teknik Lingkungan Unhas

Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya terkait bidang riset kualitas air khususnya mengenai model penyebaran kualitas air terkhusus bahan organik yang ada disekitar perairan sungai.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat memberikan pengetahuan kepada masyarakat bahwa pentingnya menjaga kebersihan lingkungan sekitar sungai dan kualitas air sungai dan juga bagi pelaku usaha dan industri agar dapat memperhatikan dan mengolah air buangnya agar dapat menjaga kualitas air sungai sehingga dapat sadar akan pentingnya menjaga kebersihan dan pengolahan air buangan.

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan secara langsung baik di lapangan maupun di laboratorium.
2. Parameter pencemaran yang diukur adalah nilai kadar DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat.
3. Pengambilan sampel data dilakukan di beberapa titik Sungai Pampang dengan menggunakan SNI 6989.57: 2008 tentang Metode Pengambilan

Contoh Air Permukaan.



4. Analisis model sebaran pencemar DO, BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat dengan *Software* MATLAB menggunakan Metode *Non-Konservatif Transport*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sungai

Menurut Peraturan Menteri PUPR RI Nomor 21 tahun 2020 Tentang Pengalihan Alur Sungai, sungai adalah alur atau wadah air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Keberadaan sungai dapat memberikan manfaat baik pada kehidupan manusia maupun pada alam.

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, daerah aliran sungai yang selanjutnya disingkat DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sungai merupakan salah satu komponen yang penting dalam keberlangsungan hidup manusia. Sungai juga merupakan tempat yang mudah dalam membuang limbah dari hasil kegiatan rumah tangga, industri, dan usaha lainnya. Membuang berbagai jenis limbah di badan air dapat meningkatkan beban sungai (Lestari, 2022).

2.2. Kualitas Air Sungai

Sungai adalah salah satu komponen penting dari air permukaan yang dibutuhkan oleh proses industri, proses pertanian, dan pembangkit listrik tenaga air. Dengan pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya penggunaan air, air permukaan menjadi

minasi dan menurunkan kualitas air dan berakibat menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia. Aliran dan sungai membawa beban limbah karena umis alamiahnya. Beberapa penyebab utama terjadinya polusi pada air



adalah aktivitas manusia yang menghasilkan limbah, limbah industri, dan air limbah yang berasal dari perkotaan atau domestik (Alqahtani, *et al.*, 2022)

Kualitas air sungai merupakan kondisi yang dapat diukur dengan beberapa parameter tertentu dan menggunakan metode pengukuran tertentu yang telah sesuai dengan peraturan perundang-undangan pemerintah. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter fisika hingga parameter kimia yang dapat menggambarkan kondisi kualitas air tersebut (Linting, 2022).

Menurut Denus, (2019) dalam Linting, (2022) berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah akan sangat mempengaruhi peningkatan konsentrasi zat pencemar yang dapat melampaui batas maksimum yang telah ditetapkan. Konsentrasi zat pencemar yang melampaui ambang batas akan mengakibatkan dampak negatif pada kualitas air seperti timbulnya penyakit bagi manusia dan dapat merusak ekosistem perairan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air yang ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai sumber air baku dan air minum serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya digunakan sebagai sarana/prasarana air rekreasi, peternakan, air yang mengairi tanaman, pembudidayaan ikan tawar, serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya digunakan untuk pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air yang mengairi tanaman, serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya digunakan untuk mengairi tanaman serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sesuai dengan kegunaannya.



2.3. Pencemaran Air Sungai

Dalam Aliffia (2018), klasifikasi sumber pencemar air dibedakan menjadi 2 sumber, yaitu:

1. Sumber Tertentu

Sumber-sumber pencemar air dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang terbuang dapat ditentukan dengan pengukuran langsung dan pengukuran lainnya. Sumber pencemar air yang berasal dari sumber tertentu antara lain seperti kegiatan industri dan limbah buangan domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu dapat diperoleh dari informasi yang dikumpulkang secara langsung melalui efluen dan perpindahan untuk memperkirakan besar pencemaran tersebut. Data yang dibutuhkan untuk mengetahui sumber tertentu, yaitu:

- a. Mengklasifikasi jenis penghasil limbah, seperti kategori jenis usaha atau kegiatan.
- b. Data pencemar spesifik yang dibuang, seperti jumlah beban pencemar yang terukur yang dibuang kedalam air dalam satuan massa per unit waktu.
- c. Mendapatkan informasi lokasi dan jenis pencemar khusus yang dibuang, seperti jenis industri tertentu di suatu daerah yang dapat menghasilkan beberapa jenis pencemar.

2. Sumber Tak Tertentu

Sumber pencemar yang tidak dapat ditentukan secara tepat biasanya terdiri dari sejumlah besar individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, permukiman, dan transportasi. Dalam menentukan jumlah limbah yang dibuang dan tidak dapat ditentukan secara langsung, namun hanya menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah. Sumber pencemar tak tentu atau *diffuse sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, kegiatan industri kecil menengah, dan penggunaan

barang konsumsi. Sumber pencemar air umumnya terdiri dari golongan
 ongan kegiatan kecil atau individu yang berpotensi menghasilkan limbah



yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu.

Adapun tabel klasifikasi sumber pencemar air dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Sumber Pencemar Air

Karakteristik Limbah	Sumber Tertentu (<i>Point Sources</i>)	Sumber Tak Tertentu (<i>Diffuse Sources</i>)
Limbah Domestik	Aliran limbah urban dalam saluran dan sistem pembuangan limbah domestik terpadu	Aliran limbah daerah permukiman di Indonesia
Limbah Non-Domestik	Aliran limbah industri pertambangan	Aliran limbah pertanian, peternakan, dan kegiatan usaha kecil-menengah

Sumber: Aliffa, 2018

2.4. Parameter Pengujian

2.4.1. *Dissolved Oxygen (DO)*

Menurut Ramadhani, dkk (2013) dalam Rizki (2019), oksigen terlarut atau *dissolved oxygen (DO)* adalah kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah dan bergantung pada cukup atau tidaknya kadar oksigen terlarut. Adanya oksigen yang terlarut dalam air berasal dari udara dan proses fotosintesa tumbuhan air. Kemudian, oksigen terlarut dipengaruhi oleh proses aerasi, fotosintesa, respirasi, dan oksidasi.

Oksigen memiliki peranan penting dalam indikator kualitas perairan, dikarenakan oksigen terlarut memiliki peran dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Pada kondisi aerobik, oksigen akan berperan dalam mengoksidasi bahan organik dan anorganik yang menghasilkan *nutrient* yang dapat meningkatkan kesuburan perairan. Dalam keadaan anaerobik, oksigen yang ada akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk *nutrient* dan gas. Terjadinya proses oksidasi dan reduksi, oksigen memiliki peran penting dalam mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami (Safitri,



dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen yang terlarut dalam

air memiliki peran yang penting bagi organisme perairan untuk respirasi dan metabolisme sehingga oksigen dalam air yang larut dapat dijadikan ukuran dalam penentuan mutu air. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh bakteri untuk membantu proses penguraian beban yang berupa bahan organik. Semakin tinggi bahan organik yang ada maka akan semakin tinggi kebutuhan oksigen terlarut dalam proses dekomposisi oleh bakteri (Asrori, 2021).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman yang tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu 1°C akan meningkatkan konsumsi kadar oksigen sebesar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (Effendi, 2003 dalam Aliffia, 2018).

2.4.2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD atau kebutuhan oksigen biokimia adalah ukuran kandungan bahan organik dalam limbah cair. BOD ditentukan dengan mengukur seberapa banyak oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu, yang biasanya diuji selama 5 hari. Nilai BOD₅ digunakan dalam menentukan beban pencemaran organik akibat dari air limbah domestik atau industri (Santoso, 2014 dalam Asadiya, 2018).

Nilai BOD merupakan jumlah oksigen yang digunakan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air limbah. Penurunan nilai BOD terjadi karena adanya penurunan jumlah bahan organik dan jumlah bakteri yang menguraikan bahan organik dalam limbah menjadi CO dan ammonia karena kekurangan bahan organik. Nilai BOD dapat turun karena terjadinya proses dekomposisi bahan organik yang terkandung dalam air limbah domestik yang berlangsung secara terus menerus (Asadiya, 2018).

Dalam Tarigan (2019), adanya bahan organik yang tinggi akan ditunjukkan dari BOD dan COD, yang menyebabkan mikroba menjadi aktif dalam menguraikan bahan organik secara biologis oleh senyawa asam organik. Penguraian panjang saluran secara aerob dan anaerob. Menghasilkan gas CH₄, NH₃, dan H₂S. Penguraian zat organik adalah peristiwa alami, jika suatu badan air



tercemar oleh zat organik maka bakteri akan menghabiskan oksigen yang terlarut dalam air dan akan menimbulkan bau busuk pada air.

Menurut Ayuningtyas (2009) dalam Aliffia (2018), uji BOD didasarkan atas reaksi oksidasi yang terjadi pada zat organik dengan adanya bantuan bakteri dalam air. Limbah yang mengandung zat organik dapat dilihat dari jumlah oksigen yang dibutuhkan. Kebutuhan oksigen ini bertujuan untuk menguraikan komponen organik menjadi komponen yang bersifat stabil.

2.4.3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia untuk menguraikan unsur pencemar yang ada. Kebutuhan oksigen kimia atau COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Nilai COD digunakan secara luas sebagai suatu ukuran bagi pencemaran, baik limbah cair domestik maupun industri (Santoso, 2014 dalam Asadiya, 2018).

Bahan organik yang ada diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat seperti kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang dapat dengan mudah diurai maupun kompleks dan sulit urai akan dapat teroksidasi. Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Prinsipnya pengukuran COD adalah adanya penambahan sejumlah kalium bikromat sebagai oksidator yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, yang kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Adanya kelebihan pada kalium bikromat ini selanjutnya dititrasi. Dengan demikian, kalium bikromat yang terpakai sebagai bahan oksidator bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD ditentukan (Santoso, 2018).



reaksi pengoksidasian zat organik menjadi CO_2 dan H_2O , hampir semua dapat teroksidasi dalam suasana asam. Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat organik untuk mengoksidasi senyawa organik dalam

air dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. Beberapa bahan yang tidak dapat terdegradasi secara biologi akan didegradasi secara kimia melalui proses oksidasi. Kadar COD dalam air berkurang seiring berkurangnya konsentrasi yang ada di air, konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat direduksi dengan metode pengolahan yang konvensional (Tarigan, 2019).

2.4.4. *Total Suspended Solids (TSS)*

TSS atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan ini terdiri dari partikel yang berukuran dan memiliki berat lebih kecil dari sedimen, contohnya seperti bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Semakin banyak bahan organik yang terurai oleh aktivitas bakteri, maka kualitas limbah cair akan semakin baik (Asadiya, 2018).

Total Suspended Solid (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal $2\mu\text{m}$ atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Pengukuran TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori $0,45\mu\text{m}$ (Andini, 2015). Tinggi rendahnya konsentrasi TSS pada badan air akan memengaruhi penetrasi cahaya matahari yang masuk dalam air sehingga nantinya dapat memengaruhi proses fotosintesis menjadi tidak sempurna. Sebaran TSS dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat akibat curah hujan dan perpindahakan resuspensi endapan akibat adanya pengikisan (Santoso, 2023).

Beberapa sungai dan wilayah aliran sungai selalu membawa endapan yang ditimbulkan oleh erosi alamiah. Akan tetapi, kandungan sedimen yang terlarut dari seluruh sungai hampir semua lama-kelamaan akan menjadi tinggi dan berasal dari erosi tanah pertanian, konstruksi, dan pembangunan. Partikel yang tersuspensi akan
 bkan kekeruhan pada air, sebagai akibatnya dapat mengurangi
 ian organisme air lainnya untuk memperoleh makanan dan menghambat
 air dalam melakukan proses fotosintesis (Mayada, 2020).



2.4.5. Nitrat (NO_3^-)

Salah satu parameter kimia yang berpengaruh pada kualitas air adalah parameter nitrat. Nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk nitrogen yang paling utama yang berada di perairan. Nitrat berasal dari ammonium yang masuk ke badan air melalui limbah. Kadar nitrat dapat berubah atau menurun dikarenakan terjadinya aktifitas mikroorganisme dalam air. Mikroorganisme akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit dan bakteri akan berubah menjadi nitrat. Dimana dari proses pengoksidasian tersebut dapat menyebabkan menurunnya konsentrasi oksigen terlarut dalam badan air. Terlebih lagi, nitrat merupakan nutrisi yang paling utama bagi tumbuhan. Jika kadar nitrat yang ada dalam air berlebih maka dapat mempercepat eutrofikasi dan menyebabkan peningkatan pertumbuhan tanaman air (Patricia, dkk, 2018).

Nitrogen dalam limbah domestik, pertanian, dan industri dapat ditemukan dalam bentuk senyawa nitrat. Jika konsentrasi nitrat tinggi dapat menyebabkan terjadinya pertumbuhan alga secara *abnormal*. Dimana hal ini akan menyebabkan kurangnya pasokan oksigen terlarut dalam air (Awalunikmah, 2017). Nitrat merupakan makro nutrien yang mengontrol produktivitas di daerah eufotik. Sumber utama nitrat berasal dari buangan rumah tangga dan pertanian termasuk kotoran hewan dan manusia. Salah satu faktor yang memengaruhi adalah sumber nitrat itu sendiri. Nitrat yang berada di badan air dapat berasal dari proses difusi oleh atmosfer, hasil degradasi bahan organik serta buangan limbah organik akibat aktifitas manusia (Putri, dkk, 2019).

2.4.6. Fosfat

Di perairan, fosfor tidak ditemukan dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut dan senyawa organik. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan, sehingga dapat menjadi faktor yang dapat memengaruhi produktivitas perairan. Fosfat yang bersumber dari air buangan penduduk atau rumah tangga biasanya berasal dari deterjen, residu hasil pertanian, limbah dan hancuran bahan organik dan mineral fosfat (Purnamasari, 2017).



Keberadaan fosfor dalam badan air sangat penting karena dapat berfungsi sebagai pembentukan protein dan metabolisme bagi organisme. Fosfor berguna di dalam transfer energi di dalam sel (Awalunikmah, 2017). Fosfat dapat ditemukan di dalam air sebagai ion bebas. Faktor yang menyebabkan tingginya kadar fosfat dalam suatu perairan karena adanya limbah domestik yang mengandung deterjen tinggi, yang dimana ion fosfat adalah salah satu komposisi dari pembuatan deterjen. Kenaikan konsentrasi fosfat dikarenakan adanya zat pencemar akibat dari masukan limbah organik. Dimana konsentrasi fosfat yang ada di perairan sungai biasanya berasal dari buangan manusia (Selvianti, 2022).

Kandungan fosfat umumnya berasal dari kadar sabun. Penggunaan sabun dalam rumah tangga menjadi penyumbang yang signifikan terhadap konsentrasi fosfat yang ada di perairan. Jumlah kadar fosfat yang tinggi membuat pertumbuhan alga menjadi meningkat yang menyebabkan kurangnya sinar matahari yang masuk ke dalam perairan (Hidayat, 2021).

2.5. Pemodelan dengan MATLAB

MATLAB yang memiliki kepanjangan *Matrix Laboratory*, merupakan suatu pemrograman matematika lanjutan yang telah tersebar sejak tahun 1970 oleh *University of New Mexico* dan *University of Stanford*. MATLAB dapat dianggap sebagai kalkulator yang lebih canggih karena terdapat fungsi-fungsi trigonometri, akar kuadrat, logaritma, dan bilangan kompleks. Keunggulan MATLAB dibandingkan program lain yaitu kemudahan dalam menyesuaikan perhitungan dan struktur matriks sesuai dengan kebutuhan, *script* yang dapat diubah sesuai keinginan, fasilitas plot struktur gambar yang mudah, serta dilengkapi *Stateflow*, *Simulink*, *Fortran* dan sebagainya (Putri, 2021).

MATLAB adalah sistem interaktif perangkat lunak dengan elemen dasar basis data array yang dimensinya tidak perlu dinyatakan secara khusus. Hal ini memungkinkan kita untuk memecahkan banyak masalah perhitungan teknik, a yang melibatkan matriks dan *vector*. Matematika adalah bahasa umum u pengetahuan dan teknik. Matriks, persamaan differensial, *array* data,



grafik adalah basis matematika yang membuat matlab mudah digunakan namun tetap berkemampuan tinggi (Aini, 2003).

2.6. Metode Non-Konservatif Transport

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Putri (2021) dan Aini (2003), metode Non-Konservatif Transport adalah metode untuk menghitung penyebaran polutan pada sepanjang aliran sungai, namun hanya saja metode ini dikhususkan pada zat non konservatif. Zat non konservatif sendiri adalah zat yang mengalami perubahan, seperti hilang karena pengendapan, penguraian mikroorganisme, penguapan, dan aktivitas lainnya.

Menurut Aini (2003), dasar dari persamaan ini berupa persamaan keseimbangan massa, yaitu mengetahui tentang material yang dimasukkan ataupun disimpan di tempat tertentu di sungai. Jumlah tertentu bagi material yang terlarut didalam air tenang atau massa terlarut per volume air dituliskan dengan lambang C . Massa pengangkutan (*transport*) yaitu jumlah material yang mengikuti arus per waktu (g/m) dan dituliskan dengan lambang L . $\frac{\partial c}{\partial x}$ merupakan perubahan konsentrasi (C) terhadap jarak (x) sepanjang aliran. C juga berupa fungsi untuk waktu dimana C dapat berubah terhadap jarak (x) ataupun waktu (t). Sehingga beban dapat dituliskan sebagai persamaan (2) berikut:

$$L = Q.C - D.A.\frac{\partial c}{\partial x} \quad (2)$$

Keterangan:

L = laju material yang dibawa sungai (g/s)

Q = debit aliran sungai (m^3/s)

C = konsentrasi (g/m^3)

D = koefisien penyebaran (m^2/s)

A = luas penampang sungai (m^2)

$\frac{\partial c}{\partial x}$ = perubahan konsentrasi terhadap jarak



penyebaran dengan metode *non-conservative transport* menggunakan konsep dengan memisahkan sungai menjadi beberapa bagian dengan interval waktu tanpa batas (∂t) dan panjang terkecil (∂x), kemudian dikalikan dengan laju

material yang dibawa sungai (L). Metode ini menggunakan sebuah persamaan yang sulit digunakan pada sungai yang memiliki debit dan luas yang berubah-ubah, namun hal ini dapat diatasi dengan membagikan segmen-segmen pada sungai. Perhitungan persamaan tersebut dimasukkan pada *software* MATLAB sehingga menghasilkan sebuah grafik berupa penyebaran pada sungai. Walaupun debit dan luas tidak konstan, namun rata-rata kecepatan konstan, maka didapatkan persamaan (3) berikut:

$$\frac{\partial Qc}{\partial t} = D \frac{\partial^2 Qc}{\partial x^2} - v \frac{\partial Qc}{\partial x} + v \cdot Q \cdot C_1 + K \cdot Q \cdot C \quad (3)$$

Keterangan:

C_1 = konsentrasi zat dari cabang samping (m^3/s)

C = konsentrasi (g/m^3)

D = koefisien penyebaran (m^2/s)

V = kecepatan sungai (m/s)

Q = debit sungai (m^3/s)

K = laju reaksi konstan (s^{-1})

$\frac{\partial c}{\partial t}$ = perubahan konsentrasi terhadap waktu

$\frac{\partial(Qc)}{\partial x}$ = perubahan debit dengan konsentrasi tertentu terhadap jarak

$\frac{\partial(Qc)}{\partial t}$ = perubahan debit dengan konsentrasi tertentu terhadap waktu

Apabila diperkirakan aliran dalam keadaan tenang. Maka didapatkan persamaan untuk penyebaran polutan non konservatif yaitu persamaan (4), sebagai berikut:

$$C = \frac{V \cdot Q_1 \cdot C_1}{Q} + \left(\frac{Q_0 \cdot C_0}{Q} - \frac{V \cdot Q_1 \cdot (\frac{C_1}{K})}{Q} \right) \cdot E^{\left(\frac{V(V^2 + 4K \cdot D)}{2} \right)} \quad (4)$$

Keterangan:

C = konsentrasi (g/m^3)

V = kecepatan sungai (m/s)

debit cabang samping (m^3/s)

konentrasi zat dari cabang samping (g/m^3)

debit sebaran (m^3/s)



- Q_0 = debit awal sungai (m^3/s)
 C_0 = konsentrasi zat di sungai (g/m^3)
 K = laju reaksi konstan (s^{-1})
 D = koefisien penyebaran (m^2/s)
 E = eksponen

Laju reaksi konstan merupakan nilai laju reaksi suatu parameter yang dilambangkan dengan K . Nilai laju reaksi konstan yang akan digunakan untuk beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 2. Koefisien penyebaran adalah nilai koefisien untuk suatu pergerakan atau perpindahan sebuah polutan. Untuk rumus perhitungan koefisien persebaran dapat menggunakan rumus pada Persamaan (7) dan Persamaan (8).

Cabang samping merupakan aliran yang masuk ke sungai, seperti anak sungai atau percabangan. Data cabang samping digunakan sebagai data pendukung pada persamaan. Adapun beberapa data memerlukan perhitungan untuk mendapatkan nilainya, seperti berikut:

1. Debit

Debit merupakan jumlah air yang mengalir per satuan waktu. Pengukuran debit aliran sungai bisa dengan menggunakan metode SNI 8066: 2015 tentang cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka. Pengukuran debit dapat menggunakan bantuan alat current meter. Secara umum, nilai debit dapat dicari menggunakan rumus:

$$Q = A \cdot V \quad (5)$$

Keterangan:

Q = debit aliran sungai (m^3/s)

A = luas penampang sungai (m^2)

V = kecepatan sungai (m/s)

Untuk persamaan non-konservatif transport, debit sebaran terhadap jarak sungai dicari dapat menggunakan persamaan:



$$Q = Q_0 + X * Q_i \quad (6)$$

Keterangan:

Q_0 = debit awal sungai (m^3/s)

Q_i = debit cabang samping (m^3/s)

X = panjang per bagian dikurang jarak awal (m)

2. Laju Reaksi Konstan (K)

Laju reaksi konstan adalah laju dari terjadinya suatu reaksi yang umumnya dilambangkan dengan K. Laju reaksi konstanta dari BOD, COD, TSS, Nitrat, dan Fosfat adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Laju Reaksi Konstan (k)

No	Singkatan	Nilai	Satuan
1	K_{BOD}	0,00000858*	S^{-1}
2	K_{COD}	0,00000819*	S^{-1}
3	K_{TSS}	0,0000150**	S^{-1}
4	K_{Nitrat}	0,0001167***	S^{-1}
5	K_{Fosfat}	0,0000475***	S^{-1}

Sumber: *Iswanto (2007)

**Fachria, dkk (2019)

***Erwanto, dkk (2020)

***Pungut, dkk (2021)

3. Koefisien Pesebaran (D)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), dispersi merupakan pergerakan dari perpindahan individual atau dapat disebut penyebaran. Rumus perhitungan koefisien pesebaran (D) dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (7) dan (8).

$$D = 0,011 \frac{B^2 V^2}{H.U} \quad (7)$$

$$U = \sqrt{g.H.s} \quad (8)$$

Keterangan:

B = lebar rata-rata sungai (m)

koefisien pesebaran (m^3/s)

kedalaman rata-rata sungai (m)

kecepatan geser (m/s)



- V = kecepatan awal (m/s)
 s = kemiringan (m)
 g = percepatan gravitasi (9,8 m/s)

2.7. Validasi Model

Validasi model bertujuan untuk mengukur nilai error pada suatu model dengan nilai aktual dari hasil pengukuran. Salah satu metode dalam validasi model yaitu *Root Mean Square Percent Error* (RMSPE). RMSPE adalah persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung nilai error model dengan presentase dibawah 50% yang diperbolehkan atau dengan kata lain model dapat diterima dan digunakan (Rahmi, 2022). Adapun persamaan dari metode RMSPE dapat dilihat pada persamaan (9).

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^n \frac{S-A}{A} \right]} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

- S = Nilai simulasi
 A = Nilai aktual
 n = Jumlah pengamatan



2.8. Studi Penelitian Terdahulu

Tabel 3. Jurnal Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Aulia Tirtana Putri, 2021	Pemodelan <i>Biological oxygen Demand</i> (BOD) dan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) di Krueng Aceh Menggunakan MATLAB	Konsentrasi BOD dan COD yang ada di Krueng Aceh telah memenuhi baku mutu kualitas air kelas II dengan rata-rata sebesar 0,53 mg/l dan 1,22 mg/l. kemudian penyebaran BOD dan COD cenderung memiliki kurva menurun, yaitu semakin mendekati hilir, konsentrasi menjadi semakin rendah.
2	Aswin Armis, 2017	Analisis Salinitas Air Pada <i>Down Stream</i> dan <i>Middle Stream</i> Sungai Pampang Makassar	Sebaran salinitas daerah <i>down stream</i> saat pasang berkisar 25-30% dan saat surut berkisar 1-4%. Kemudian pada daerah <i>middle stream</i> berkisar 0% karena tidak terjadi instruksi air laut ke dalam sungai. Air sungai yang berada di <i>middle stream</i> dikategorikan menjadi air tawar <i>fresh water</i> sehingga dapat dijadikan sebagai sumber air baku.
3	Nizar Fahmi Wasir, 2013	Gambaran Kualitas Air Sungai Tallo di Kota Makassar Ditinjau dari Parameter Kadar Timbal (Pb), BOD, dan COD Tahun 2012	Kualitas air di daerah titik sampel II yaitu Pampang ditinjau parameter Timbal (Pb) tidak memenuhi syarat yaitu sebesar 0,5357 mg/L dan pada parameter COD juga tidak memenuhi syarat yaitu memiliki kadar sebesar 96,38 mg/L.
4	Mukesh Kumar Gupta, Rahul Kumar, M. K. Arjee, Naveen Kumar Gupta, Tabish Khan, Sayed M. Eldin, Ali Mohd Yawar Ali Khan, 2022	<i>Assessment of Chambal River Water Quality Parameters: A MATLAB Simulation Analysis</i>	Dari hasil pemodelan dan simulasi kualitas air sungai yang mengalir dapat berkurang selama terjadinya defisit oksigen dalam waktu yang cukup singkat.



No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
5	Bambang Iswanto, Widyono Astono, dan Sunaryati, 2007	Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik dan Nitrogen dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium	Perhitungan konstanta laju reaksi dekomposisi untuk BOD sebesar 0,7414; COD sebesar 0,7076; dan total nitrogen sebesar 0,5148.
6	Firdha Nurhikmah, 2021	Analisis Tingkat Penyebaran Pencemaran Sungai Tallo Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)	Tingkat BOD dan COD pada titik 3E yang terletak di muara Sungai Pampang dengan Sungai Tallo memiliki kadar sebesar 6,90 mg/L dan 136 mg/L. Yang dimana hal ini tidak memenuhi kriteria baku mutu air kelas II.
7	Zeth Arthur Leleury dan Berny Pebo Tomasouw, 2019	Simulasi Model Matematika Dispersi Larutan Limbah Pada Saluran Air	Semakin besar laju perubahan konsentrasi atau nilai k maka akan semakin tinggi konsentrasi COD sepanjang saluran air.
8	Erick Samuel Frederico Hasibuan, Endang Supriyantini, dan Sunaryo, 2021	Pengukuran Parameter Bahan Organik Di Perairan Sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati	Bahan organik berasal dari perairan melalui proses buangan limbah, seperti limbah domestik, industri, pertanian dan limbah peternakan yang dimana berupa sisa pakan yang terdapat bakteri terurai menjadi zat hara.
9	A Krutov, B Norkulov, and D Mavlyanova, 2020	Simulation of Spreading of Non-Conservative Passive Substances in Water Bodies	Persamaan yang memungkinkan pada simulasi numerik salah satunya yaitu adanya perubahan aliran kecil yang terjadi. Jika zat berinteraksi, maka ada persamaan distribusi melalui ciri transportasi dan reaksi dekomposisi. Contoh zat pasif lainnya adalah berbagai kontaminan terlarut dan tersuspensi senyawa fosfor



No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
10	Elsa Try Julita Sembiring dan Indris M. Kamil, 2013	Pencemaran Sungai Oleh Lindi Berdasarkan Parameter Pencemar COD dan kromium Dengan Pemodelan matematis (Studi Kasus: Bekas TPA Cicabe, Bandung)	Penyebaran polutan cenderung konstan jika tidak terdapat data input lainnya. Saat pemberian data terbaru berupa nilai laju reaksi COD atau kCOD yang kecil menunjukkan tingkat degradasi yang sedikit per hari dan model menjadi kurang stabil.

