

**PEMODELAN *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) DAN
CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) DI KRUENG ACEH
MENGUNAKAN MATLAB**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**AULIA TIRTANA PUTRI
NIM. 160702023
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2021 M / 1442 H**

LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PEMODELAN *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) DAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DI KRUENG ACEH MENGGUNAKAN MATLAB

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh

AULIA TIRTANA PUTRI

NIM. 160702023

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Prodi Teknik Lingkungan**

Disetujui oleh

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. Yeggi Darnas, M.T.
NIP. 19790620 2014032001


Hendri Ahmadian, M.IM
NIP. 1983042014031002

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
NIP. 197806162005012009

LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR

PEMODELAN *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) DAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DI KRUENG ACEH MENGGUNAKAN MATLAB

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/ Tanggal : Selasa / 27 Juli 2021
17 zulhijjah 1442

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,



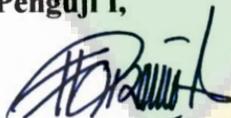
Ir. Yeggi Darnas, M.T.
NIP. 197906202014032001

Sekretaris,



Hendri Ahmadian, M.IM
NIP. 1983042014031002

Penguji I,



Rizna Rahmi, M.Sc
NIP.198410242014032002

Penguji II,



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIP. 19830202 2015031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Azhar Amsal, M.Pd
NIDN.2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aulia Tirtana Putri
NIM : 160702023
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemodelan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan
Chemical Oxygen Demand (COD) di Krueng Aceh
Menggunakan MATLAB

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 24 Agustus 2021
Yang Menyatakan,




Aulia Tirtana Putri
NIM. 160702023

ABSTRAK

Nama : Aulia Tirtana Putri
NIM : 160702023
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Modeling Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) in Krueng Aceh Using MATLAB
Tanggal Sidang : 27 Juli 2021
Jumlah Halaman : 60
Pembimbing I : Yeggi Darnas, M.T.
Pembimbing II : Hendri Ahmadian, M.IM..
Kata Kunci : BOD, COD, Krueng Aceh, Limbah Domestik, Matlab.

Krueng Aceh merupakan salah satu sungai besar yang digunakan sebagai sumber udara di sebagian Provinsi Aceh, sehingga kualitas air sungai harus dijaga. Limbah cair domestik yang dihasilkan oleh aktivitas rumah tangga di sekitar sungai mengandung senyawa organik yang dapat ditemukan di sungai. Indikator senyawa organik dalam air limbah domestik dapat dilihat dari konsentrasi *Biological Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Distribusi BOD dan COD dapat membantu dalam menganalisa Krueng Aceh. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak seperti MATLAB, dengan melakukan perhitungan matematis yaitu metode transportasi non-konservatif (Aini, 2003). Konsentrasi BOD dan COD di Krueng Aceh sudah memenuhi baku mutu air II dengan rata-rata 0,53 mg/l dan 1,22 mg/l dengan sebaran BOD dan COD di Krueng Aceh memiliki kurva ke bawah yaitu semakin mendekati hilir, maka semakin rendah BOD dan COD.

ABSTRACT

Nama : Aulia Tirtana Putri
NIM : 160702023
Program Studi : Environmental Engineering
Judul : Pemodelan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di Krueng Aceh Menggunakan MATLAB
Tanggal Sidang : 27 Juli 2021
Jumlah Halaman : 60
Pembimbing I : Yeggi Darnas, M.T.
Pembimbing II : Hendri Ahmadian, M.IM..
Kata Kunci : *BOD, COD, Krueng Aceh, Domestic Waste, Matlab.*

Krueng Aceh is one of the major rivers that used as a source of water in parts of Aceh Province, so the quality of the river water must be maintained. Domestic liquid waste generated by household activities around the river contains organic compounds that can pollute the river. Indicators of organic compounds in domestic wastewater can be seen from the concentration of Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD). The distribution of BOD and COD can assist in analyzing Krueng Aceh. Modeling is done using software such as MATLAB, by performing mathematical calculations. The non-conservative transport method can be used in MATLAB(Aini, 2003). The concentration of BOD and COD in Krueng Aceh has met the water quality standard II with an average of 0.53 mg/l and 1.22 mg/l with the distribution of BOD and COD in Krueng Aceh has a downward curve, which is getting closer to downstream, the lower the BOD and COD.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Pemodelan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di Krueng Aceh Menggunakan MATLAB” ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Shalawat dan salam kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa manusia dari dunia jahilyah menuju dunia dengan penuh ilmu pengetahuan.

Penyusunan proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada program strata-1 di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penu

lis menyadari bahwasanya pembuatan tugas akhir ini mendapatkan berbagai bantuan dari semua pihak dari segi penulisan maupun penyusunan. Untuk itu dengan segala ketulusan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Yeggi Darnas, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis terkait Tugas Akhir dari awal sampai akhir.
2. Bapak Hendri Ahmadian, S.Si., M.IM, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis terkait Tugas Akhir dari awal sampai akhir.
3. Ibu Rizna Rahmi, M.Sc., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan dukungan dan arahan kepada penulis sejak semester awal hingga akhir.
4. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si, selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Seluruh dosen bapak/ibu di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang telah

memberikan ilmu terkait teknik lingkungan serta motivasi yang bermanfaat kepada penulis.

6. Kak Nurul Huda dan Ida Royani, selaku staf Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
7. Seluruh Staf Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Kedua orang tua yang sangat saya sayangi, Ayahanda Tirmizi dan Ibunda Mariana yang telah memberikan restu dan do'a dalam setiap langkah kepada penulis.
9. Abang dan kakak saya tersayang, Arief Tirtana Putra dan Siti Cory Niken serta keponakan saya Siti Hanna Arifa dan Muhammad Arif Yusuf yang senantiasa mendukung saya selama penulisan.
10. Sanna Nadia Suhaimi dan Cut Zakia Putri Fandani, selaku sahabat seperjuangan yang senantiasa menjadi penghibur dalam berbagai hal hingga penelitian ini selesai.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan Ema Damayani, Raihan Rani, dan seluruh teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2016 yang telah memberi dukungan bagi penulis.
12. Semua pihak yang telah ikut berpartisipasi dan membantu dalam penyusunan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih memiliki banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan serta dapat dikembangkan secara lanjut.

Banda Aceh, 24 Agustus 2021

Penuilis,

Aulia Tirtana Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR... ..	iii
ABSTRAK... ..	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II LANDASAN TEORETIS	4
2.1 Limbah Cair.....	4
2.2 Sumber Limbah Cair	5
2.3 Karakteristik Limbah Cair	5
2.3.1 Karakteristik Biologi.....	6
2.3.2 Karakteristik Fisika.....	6
2.3.2 Karakteristik Kimia.....	8
2.4 Parameter Pengujian.....	9
2.5 Baku Mutu Air.....	11
2.6 Pemodelan dengan MATLAB	12
2.6.1 Program MATLAB.....	12
2.6.2 Regresi Linear Sederhana	13
2.7 Metode Non-Conservative Transport.....	15

BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.1.1. Tempat.....	21
3.1.2. Waktu	24
3.2. Metode Pengumpulan Data	24
3.2.1. Data Primer	24
3.2.2. Data Sekunder	24
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	24
3.4. Prosedur Kerja.....	24
3.4.1. Pengambilan Sampel.....	24
3.4.2. Pengujian Parameter.....	25
3.4.3. Penggunaan Program Matlab.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh	29
4.2. Penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh.....	33
4.2.1. Data yang digunakan.....	33
4.2.2. Hasil Analisis	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN 1 BAGAN ALIR PENELITIAN	47
LAMPIRAN 2 CODING MATLAB.....	48
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENELITIAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Garis Hubungan antar Variabel	14
Gambar 3.1	Titik Sampel Penelitian	23
Gambar 3.2	Tampilan Website <i>Mathworks.com</i>	26
Gambar 3.3	Tampilan Matlab ketika dijalankan di Window	26
Gambar 3.4	Tampilan Awal Matlab	27
Gambar 4.1	Grafik Konsentrasi BOD dan COD	29
Gambar 4.2	Titik Sampel 3	30
Gambar 4.3	Grafik Penyebaran BOD	33
Gambar 4.4	Grafik Penyebaran COD	34
Gambar 4.5	Grafik Hubungan waktu, BOD dan Panjang Sungai	34
Gambar 4.6	Grafik Hubungan waktu, COD dan Panjang Sungai	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kandungan BOD dan COD pada Krueng Aceh.....	2
Tabel 2.1 Baku mutu air kelas I dan II	11
Tabel 2.2 Nilai K	19
Tabel 3.1 Titik Sampel	23
Tabel 3.2 Pengujian parameter	26
Tabel 3.3 Data yang di <i>input</i>	27
Tabel 4.1 Hasil Uji BOD dan COD pada Krueng Aceh.....	29
Tabel 4.2 Hasil Uji BOD dan COD pada Anak Sungai.....	30
Tabel 4.3 Hasil Pengujian DO	33
Tabel 4.4 Pembagian pada Sungai.....	34
Tabel 4.5 Data yang digunakan pada Persamaan	34
Tabel 4.6 Perbandingan Kadar	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krueng Aceh merupakan salah satu sungai besar yang menjadi sumber air di sebagian Provinsi Aceh, sehingga kualitas air sungai tersebut harus diperhatikan. Baku mutu yang digunakan untuk mengetahui kualitas air sungai yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Umumnya sungai yang tercemar memiliki kualitas air yang rendah. Sungai yang tercemar dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan sekitar.

Pencemaran sungai dapat berdampak pada gangguan kesehatan, estetika, dan biota air. Air yang tercemar dapat menjadi sumber penyakit, secara langsung dengan cara dikonsumsi maupun tidak langsung. Contoh gangguan kesehatan yaitu terjadinya penyakit kulit seperti iritasi kulit (Ismi, 2012). Bau sungai yang menyengat dan warna yang pekat dapat mengganggu estetika sungai dan sekitarnya. Pencemaran tersebut juga menyebabkan penurunan kualitas air serta terganggunya ekosistem di sungai dan biota air di dalamnya (Anwariyani, 2019). Sumber pencemar sungai dapat berasal dari aktivitas-aktivitas manusia di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS), salah satunya yaitu aktivitas domestik pada rumah tangga.

Aktivitas rumah tangga seperti mencuci, mandi dan lainnya menghasilkan limbah cair domestik yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dilakukannya pembuangan. Namun, pada umumnya masyarakat Indonesia masih membuang limbah tersebut tanpa diolah terlebih dahulu (Nazir, 2016). Sehingga limbah yang tidak diolah tersebut mencemari sungai. Salah satu penyebabnya karena tidak tersedianya atau berfungsinya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di masyarakat, sehingga limbah langsung dialirkan ke saluran dan berakhir di sungai.

Limbah cair domestik yang dihasilkan oleh aktivitas rumah tangga tersebut mengandung senyawa organik yang dapat mencemari sungai. Indikator senyawa organik di dalam limbah cair domestik dapat dilihat dari konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Berdasarkan hasil penelitian Afwanudin (2019) yang berlokasi di hilir pada Maret 2019, Krueng Aceh memiliki kadar senyawa organik yang melewati baku mutu, sebagai ditunjukkan pada Tabel 1.1. Kadar BOD nya melebihi baku mutu air kelas I, sedangkan kadar COD melebihi baku mutu air kelas II.

Tabel 1.1. Kandungan BOD dan COD pada Krueng Aceh

No	Kandungan	Kadar (mg/l)	Baku mutu Air Kelas I (mg/l)*	Baku mutu Air Kelas II(mg/l)*
1	BOD	2,6	2	3
2	COD	37,6	10	25

Sumber: PP No 82 Tahun 2001*

Penyebaran BOD dan COD dapat membantu dalam melakukan analisis terhadap Krueng Aceh. Pemodelan dilakukan menggunakan *software* seperti MATLAB, dengan melakukan perhitungan matematis. Adapun metode yang digunakan untuk mencari penyebaran BOD dan COD yaitu metode *non-conservative transport* (Aini, 2003). Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui penyebaran zat non konservatif, yaitu zat yang dapat berubah zat-zat didalam air sungai yang dapat hilang pengendapan, diuraikan oleh mikroorganisme, penguapan dan dipengaruhi waktu seperti BOD dan COD (Asmodi, 2016). Hasil pemodelan tersebut berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara penyebaran BOD dan COD dengan panjang sungai.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan dengan mengetahui konsentrasi BOD dan COD yang terdapat di Krueng Aceh sehingga keberadaan pencemar organik dapat diperkirakan. Penelitian ini juga akan melakukan pemodelan untuk mempermudah menganalisis penyebaran pencemar organik yang masuk ke

dalam sungai tersebut, menggunakan parameter BOD dan COD sebagai indikatornya. Informasi tersebut dapat digunakan dalam mengetahui kondisi Krueng Aceh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh?
2. Bagaimana model penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh.
2. Untuk mengetahui model penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh menggunakan MATLAB.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui kondisi Krueng Aceh berdasarkan penyebaran BOD dan COD.
2. Memberikan informasi terkait BOD dan COD pada Krueng Aceh.
3. Sebagai bahan studi awal untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada Krueng Aceh di kawasan Kota Banda Aceh.
2. Penelitian tidak melihat morfologi sungai.
3. Parameter yang diuji yaitu BOD dan COD.
4. Parameter yang diuji sebagai data pendukung yaitu *Dissolved Oxygend*.

BAB II

LANDASAN TEORETIS

2.1 Limbah Cair

Limbah merupakan buangan tidak diinginkan yang berasal dari sisa-sisa kegiatan-kegiatan manusia dalam memenuhi kesehariannya. Limbah berdasarkan wujudnya dapat dibagi menjadi tiga, yaitu; padat, gas dan cair. Limbah cair adalah buangan berwujud cair yang bersumber dari kegiatan-kegiatan dari industri, pemukiman, perdagangan, perkantoran dan pemukiman. Limbah cair juga terbagi atas dua, yaitu (Sumantri, 2010):

- *Black Water*, yaitu air limbah yang berasal dari kloset seperti air tinja. Umumnya air limbah tersebut diolah pada *septic tank* yang disediakan secara individu maupun komunal.
- *Grey Water*, yaitu air limbah yang berasal dari kegiatan-kegiatan dalam rumah tangga seperti air sisa cucian dan memasak. Sehingga air limbah tersebut sebagian besarnya mengandung bahan organik yang dapat diurai. Umumnya di Indonesia tidak diolah dan langsung dibuang ke drainase atau selokan (Baiquni, 2011).

Beberapa dampak buruk yang dapat ditimbulkan akibat limbah cair yang tidak diolah terlebih dahulu sebelum dilakukannya pembuangan, sehingga pencemar memasuki perairan. Tercemarnya perairan dapat menyebabkan gangguan kesehatan, estetik dan lingkungan. Air yang tercemar biasanya dapat ditandai dengan warna, bau dan rasa yang mengganggu estetika. Selain itu, gangguan kesehatan seperti terjadinya penyakit kulit, contohnya iritasi kulit ataupun keracunan apabila dikonsumsi langsung (Ismi, 2012). Sedangkan contoh dampak terhadap lingkungan seperti terjadinya penurunan kualitas air sungai yang dapat mengganggu biota air beserta estetika di sekitar sungai (Destari, 2019).

2.2 Sumber Limbah Cair

Umumnya limbah cair berasal dari kegiatan-kegiatan keseharian manusia dalam beraktivitas. Limbah Cair berdasarkan sumbernya dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a) Limbah cair domestik

Limbah cair domestik merupakan sisa buangan dari bangunan perdagangan, perkantoran, perumahan dan sejenisnya. Volume limbah cair tersebut bervariasi tergantung berdasarkan tipe rumah, berkisar Antara 200 sampai 400 liter per orang per hari. Umumnya pada rumah keluarga tunggal yang memiliki mesin cuci otomatis dan beberapa kamar mandi menghasilkan limbah cair yang lebih tinggi dari rumah lainnya. Komposisi limbah cair domestik terdapat senyawa mineral dan bahan organik yang bersumber dari urin, sabun, dan sisa makanan. Sebagian dari limbah dalam bentuk suspensi dan sisanya berbentuk bahan terlarut (Mulyana, 2015).

b) Limbah cair industri

Usaha industri biasanya menggunakan air dalam proses kegiatannya, menghasilkan limbah cair. Limbah cair industri merupakan sisa buangan dari kegiatan atau usaha industri dalam bentuk cair dan tidak memiliki nilai ekonomis sehingga tidak dapat dimanfaatkan lagi. Contoh limbah cairnya berupa sisa cucian buah, daging, dan sayur dari industri makanan, sisa pewarnaan dari industri tekstil dan sebagainya (Asmadi, 2012).

2.3 Karakteristik Limbah Cair

Berdasarkan Puspasari (2017), limbah cair perlu diketahui karakteristiknya guna mengetahui keadaan limbah sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam memperlakukan limbah tersebut serta mempermudah dalam menganalisis. Adapun berdasarkan sifatnya, karakteristik limbah cair dibagi menjadi tiga, yaitu karakteristik biologi, fisika dan kimia seperti berikut:

2.3.1 Karakteristik Biologi

Karakteristik secara biologi pada limbah cair dapat diketahui dari jumlah mikroorganisme yang berada didalamnya. Umumnya mikroorganisme tersebut berkonsentrasi diantara 10⁵ sampai 10⁸ organisme per milliliter dengan variasi yang berbeda. Sebagian besarnya merupakan sel tunggal yang mampu bermetabolisme, bereproduksi, tumbuh dan berkelompok. Organisme patogen yang ada pada limbah cair domestik yaitu virus, protozoa dan bakteri. Organisme tersebut sulit untuk diidentifikasi maupun diisolasi. Umumnya keberadaan mikroorganisme bisa menjadi indikator tercemarnya suatu perairan (Doraja, 2012).

2.3.2 Karakteristik Fisika

Karakteristik secara fisika pada limbah dapat dilihat secara mata kasat atau visual, pengecapan, maupun penciuman. Namun, pengujian di laboratorium perlu dilakukan untuk kepastiannya. Beberapa karakteristik fisika sebagai berikut:

a. Bau dan Rasa

Bau dan rasa pada limbah cair dapat bersumber dari penguraian bahan organik yang menghasilkan gas-gas seperti amoniak. Selain itu, bau dan rasa juga dapat dihasilkan dari percampuran sulfur, nitrogen dan fosfor akibat pembusukan protein. Bau yang terdapat pada limbah bisa menjadi indikator adanya proses ilmiah yang terjadi pada limbah. Karakteristik tersebut dapat mengganggu penciuman sehingga terganggunya estetika di pengairan. Bau dan rasa pada limbah cair juga dipengaruhi oleh kandungan pH yang tinggi ataupun rendah (Muzayana, 2019).

b. Suhu

Suhu pada air limbah dapat menjelaskan aktivitas biologis dan kimiawi yang terjadi, seperti pada kehidupan akuatik. Satuan yang digunakan yaitu °C dan °F. Apabila suhu pada air limbah lebih tinggi daripada suhu udara, maka diperkirakan biota yang berada pada air limbah terganggu. Adapun suhu yang rendah jarang adanya pembusukan, sedangkan pada suhu yang tinggi memiliki

tingkat oksidasi besar serta reaksi kimia yang terjadi juga semakin tinggi. Suhu dapat berdampak terhadap reaksi kimia yang terjadi pada lingkungan luar ataupun pada makhluk hidup didalamnya seperti ikan (Rosyida, 2016).

c. Warna

Warna dapat dibedakan menjadi warna semua dan warna sejati. Warna semua atau *apparent color* merupakan warna yang berasal dari materi tersuspensi, seperti pewarna, *red clay soil* dan sebagainya. Sedangkan warna sejati atau *true color*, merupakan warna yang berasal dari penguraian zat organik akibat material koloid seperti asam organik dan zat humus. Warna pada air limbah dapat dikaitkan dengan kekeruhan. Warna gelap pada air dapat menandakan adanya kekeruhan yang dapat disebabkan oleh tanaman, plankton, humus, ion-ion logam dan lainnya. Warna air limbah dapat berubah dari abu-abu menjadi hitam, menandakan nilai oksigen terlarut mendekati nol dan terjadinya dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Selain itu, warna air juga dapat mengganggu estetika sekitar (Novitasari, 2018).

d. Padatan

Umumnya zat padat dapat digolongkan menjadi dua, yaitu padatan terlarut atau TDS (*Total Dissolved Solid*) dan padatan tersuspensi atau TSS (*Total Suspended Solid*). TDS merupakan banyaknya zat organik dan anorganik yang terlarut pada air, Sumber utama TDS berasal dari kegiatan domestik, pertanian dan industri. TDS dapat berpengaruh pada salinitas, yaitu banyaknya kadar garam pada air. Perubahan salinitas dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan pada biota air (Rinawati, 2016). TSS merupakan bahan maupun materi tersuspensi yang berdiameter lebih dari 1 μm atau lebih besar dari partikel koloid (0.45 μm). TSS umumnya terdiri dari pasir halus dan lumpur yang berasal dari erosi maupun kikisan tanah yang masuk ke air. TSS dapat berpengaruh terhadap biota di pengairan. Kadar TSS yang tinggi dapat menyebabkan kekeruhan air sehingga menyebabkan sulitnya masuk sinar

matahari ke dalam air dan menurunkan laju fotosintesis fitoplankton serta terganggunya aktivitas biota air (Rani, 2019).

e. Kekeruhan

Kekeruhan adalah keadaan ketika air yang terdapat bahan tersuspensi yang menyebabkan terganggunya jarak pandang akibat sulitnya sinar matahari masuk ke air. Contoh materi tersuspensi yang dapat mengakibatkan pertumbuhan alga yaitu nitrogen dan fosfor. Peningkatan alga dan bakteri dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dan meningkatkan kekeruhan (Suganda, 2018).

2.3.3. Karakteristik Kimia

Umumnya karakteristik kimia pada limbah cair dapat terbagi menjadi sebagai berikut:

a) Bahan Anorganik

Bahan anorganik merupakan kombinasi elemen-elemen yang bukan berupa karbon organik. Bahan tersebut tidak dapat diurai oleh mikroorganisme. Contohnya logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kalium (K) dan sebagainya. Logam berat yang terkandung pada air limbah bersifat sangat beracun. Sedangkan unsur kimia seperti *hydrogen sulfida* menyebabkan korosi pada pipa bila terendam air limbah dalam waktu lama serta menghasilkan bau yang menyengat (Titiresmi, 2011).

b) Gas

Komponen-komponen penting didalam zat organik dalam pengawasan limbah cair yaitu nitrogen, fosfor, H^2O dan logam berat, contohnya Cd, Hg, Pb dan sebagainya. Gas oksigen (O^2), karbon dioksida (CO^2) dan nitrogen (N^2) pada limbah cair bersumber dari udara yang larut pada air. Sedangkan gas metana (CH^4), amoniak (NH^3) dan *dinitrogen sulfite* (N^2S) bersumber dari proses dekomposisi limbah cair (Rahmat, 2018).

c) Derajat Keasaman (pH)

Power of hydrogen (pH) atau derajat keasaman merupakan merupakan penunjuk kadar basa dan asam pada suatu larutan. Apabila larutan memiliki pH sama dengan 7, maka larutan dikatakan netral. Sedangkan diatas 7 bersifat basa dan dibawah 7 bersifat asam. Umumnya limbah ditambahkan larutan buffer yang menetralkan. Limbah cair dapat berbahaya ketika pH naik (alkali) ataupun pH turun (asam) yang dapat mengganggu ekosistem air. Indikator warna dan ektrometrik dapat digunakan untuk menentukan pH (Sulistia, 2019).

d) **Bahan Organik**

Bahan organik merupakan kombinasi karbon dengan elemen-elemen lainnya, seperti oksigen, nitrogen, fosfor dan hidrogen. Bahan organik pada limbah cair bersumber dari tumbuhan, aktivitas manusia serta hewan, seperti nitrogen organik, fosfor organik, karbohidrat, minyak, pestisida, fenol, lemak dan protein. Contohnya berasal dari limbah cair industri, domestik, komersil dan pertanian. Bahan tersebut dapat diurai oleh mikroorganismenya (Dewi, 2009). Kandungan fosfor atau nitrogen yang tinggi pada air dapat mengakibatkan *blooming*, yaitu pertumbuhan pesat tanaman air. Hal ini dapat mengganggu ekosistem. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan zat organik yaitu BOD (Rustadi, 2009).

2.4 Parameter Pengujian

Pencemar organik merupakan pencemar yang berasal dari bahan organik dan umumnya bersumber dari limbah cair domestik. Parameter pengujian yang digunakan yaitu senyawa organik yang dapat menjadi indikator dari keberadaan pencemar organik. Adapun berdasarkan Yulis (2018), indikator senyawa organik pada air yaitu BOD dan COD. Sehingga parameter yang diuji adalah sebagai berikut:

a. **BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

Biological Oxygen Demand atau BOD adalah banyaknya kandungan oksigen yang diperlukan dalam proses penguraian bahan organik *biodegradable*, yaitu

dapat diurai oleh bakteri. Satuan BOD yang biasanya digunakan yaitu milligram per liter atau mg/ltd dan ppm. Apabila jumlah oksigen terlarut lebih kecil dari pada banyaknya kandungan oksigen yang diperlukan dalam penguraian, maka air menjadi tercemar oleh bahan organik (Berutu, 2016). Adapun BOD tergolong kedalam zat non konservatif, yaitu zat-zat didalam air sungai yang dapat hilang maupun rusak (Aini, 2003).

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah banyaknya total oksigen yang diperlukan dalam mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Umumnya satuan yang digunakan dalam COD yaitu milligram per liter atau mg/ltd dan ppm. Sama seperti BOD, COD tergolong kedalam zat non konservatif Bahan organik yang dioksidasi dapat bersifat *biodegradable*, maupun *non biodegradable*. Bahan organik *non biodegradable* tidak bisa didekomposisi secara biologis. Perbedaan antara BOD dan COD dapat menggambarkan banyaknya bahan organik yang sulit diurai pada perairan, sehingga BOD bisa sama dengan COD namun tidak lebih dari COD (Atima, 2015).

c. DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved Oxygen atau DO adalah banyaknya oksigen yang terkandung dalam perairan. Satuan yang digunakan dalam DO yaitu milligram per liter atau mg/ltd dan ppm. Semakin tingginya DO menandakan kondisi air yang baik. Kadar DO berbanding terbalik dengan aktivitas mikroorganisme dalam mengubah zat organik menjadi zat anorganik. Hal ini disebabkan oleh penggunaan DO dalam penguraian zat organik. Sehingga DO yang tinggi juga dapat menandakan bahwasanya kadar BOD dan COD rendah pada air (patty, 2019). Standar kebutuhan DO untuk kehidupan ikan adalah 5ppm atau mg/l. Ketika kandungan DO dibawah itu, maka akan mengganggu keberlangsungan hidup biota air. DO didalam air bersumber dari atmosfer yang masuk ke air dan hasil dari fotosintesis tumbuhan air. Meskipun ikan dan biota lainnya dapat bernafas

didalam air, namun mereka memerlukan kandungan DO didalam air (Berutu, 2016).

2.5 Baku Mutu Air

Sungai merupakan sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Pemanfaatan tersebut dipengaruhi oleh kualitas air sungai, semakin bagus kualitas air sungai, maka semakin banyak pemanfaatan yang dapat dilakukan. Kualitas air sungai dapat dilihat berdasarkan standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Kualitas Air. Umumnya kualitas air yang digunakan pada PDAM sebagai baku mutu yaitu air kelas 1. Adapun baku mutu air dapat dilihat pada Tabel 2.2 seperti di bawah ini:

Tabel 2.1 Baku mutu air kelas I dan II

Parameter	Satuan	Kelas I	Kelas II
BOD	mg/lt	2	3
COD	mg/lt	10	25

Sumber: PP No 82 Tahun 2001

Kriteria dan klasifikasi air dapat digolongkan menjadi empat, berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Pasal 8 tentang Pengolahan Lingkungan Hidup, yaitu sebagai berikut:

- a) Golongan I, adalah golongan air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk keperluan rumah tangga serta diolah menjadi air minum dan sebagainya dengan manfaat yang sama.
- b) Golongan II, adalah golongan air yang dapat digunakan untuk rekreasi, kebutuhan perikanan, peternakan, pertanian dan sebagainya dengan manfaat yang sama.
- c) Golongan III, adalah golongan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan perikanan, peternakan, pertanian dan sebagainya dengan manfaat yang sama.

- d) Golongan IV, adalah golongan air yang dapat digunakan untuk pertanian dan sebagainya dengan manfaat yang sama.

2.6 Pemodelan dengan MATLAB

2.6.1 Program MATLAB

Matlab atau kepanjangannya *Matrix Laboratory*, merupakan suatu pemrograman matematika lanjutan yang telah tersebar sejak tahun 1970 oleh University of New Mexico dan University of Stanford. *Matrix Laboratory* dapat dianggap sebagai kalkulator yang lebih canggih karena terdapat fungsi-fungsi trigonometri, akar kuadrat, logaritma, dan bilangan kompleks. Awalnya *software* ini hanya bisa digunakan untuk kebutuhan teori tentang matriks, aljabar linier, dan analisis numerik. Namun semakin lama fitur Matlab semakin berkembang (Kadir, 2019). Kini beberapa hal yang dapat dilakukan dengan Matlab adalah sebagai berikut:

- Perhitungan matematika
- Pengembangan aplikasi
- Analisis data
- Visualisasi data
- Komputasi numerik
- Pembuatan grafik untuk keperluan sains dan teknik
- Pemodelan

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. Menurut (Johan, 2018), model dapat dinyatakan baik apabila memenuhi beberapa hal berikut ini:

- Memiliki identifikasi tinggi, yaitu menggunakan nilai-nilai yang sesuai atau parameter yang sesuai.
- Model didukung oleh teori yang berkaitan.

- Mengetahui bahwa suatu model tidak sempurna atau tidak akan persis sama dengan realitas, sehingga perlu dilakukan penyederhanaan dalam penciptaan model.
- Model membutuhkan keselarasan, yaitu dilakukan analisis regresi agar mengetahui sebanyak mungkin informasi terkait variabel. Sehingga suatu model dapat dikatakan baik apabila nilai *adjusted* (R^2) yang mendekati 1, karena menunjukkan model mendekati aktual. Sehingga pencarian nilai ini penting dalam pemodelan.

2.6.2 Regresi Linear Sederhana

Menurut (Johan, 2018), garis regresi merupakan garis lurus yang berada diantara titik yang berada pada diagram tebar yang menampilkan hubungan linear antara dua variabel. Garis ini juga dapat dibidang sebagai *line of best* atau garis dengan kesesuaian terbaik untuk seluruh titik-titik pada diagram tebar tersebut. Pada model regresi, variabel terikat dijelaskan oleh variabel bebas. Regresi linear sederhana atau SLR (*Simple Liner Regression*) merupakan metode statik yang digunakan untuk memodelkan kaitan variabel terikat dengan variabel bebas. Adapun dirumuskan sebagai berikut pada persamaan (2.1):

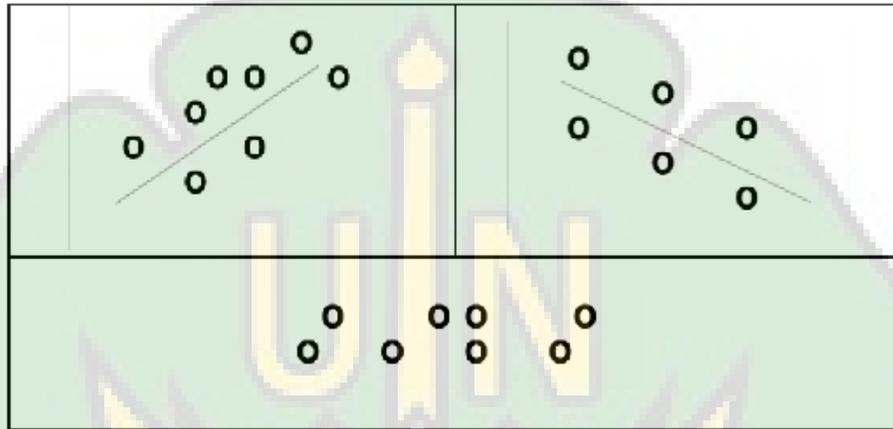
$$Y = bX + a \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- a = Konstanta
 b = Koefisien regresi (kemiringan)
 Y = Variabel terikat (*dependent*)
 X = Variabel bebas (*independent*)

Manfaat dari analisis regresi sederhana yaitu mengetahui hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lainnya, besarnya dampak perubahan X terhadap Y, negative atau positif sehingga dapat diprediksi variable terikat ketika variabel bebas

mengalami perubahan berupa penurunan maupun kenaikan. Kaitan antara variabel pada analisis regresi sederhana juga bersifat linear, karena perubahan pada variabel bebas akan berbanding lurus dengan variabel terikat, yaitu secara tetap. Sedangkan apabila non linear, perubahan tidak berbanding lurus antara keduanya.



Gambar 2.1 Garis Hubungan antar Variabel
(Sumber: Johan, 2018)

Garis regresi dapat menggambarkan tipe hubungan antar variabel seperti pada Gambar 2.1 Gambar kiri atas menunjukkan hubungan positif, kanan atas menunjukkan hubungan negatif dan gambar bawah menunjukkan tanpa hubungan. Hal ini membantu dalam melakukan analisis dan pengambilan kesimpulan, adapun hubungan antar variabel yaitu:

- Tanpa hubungan: penambahan pada nilai X (sumbu horizontal atau variabel bebas) tidak memberikan efek pada nilai Y (sumbu vertikal atau variabel tetap).
- Hubungan positif (garis dari kiri ke kanan semakin ke atas): penambahan pada nilai X (sumbu horizontal atau variabel bebas) umumnya memberikan efek penambahan pada nilai Y (sumbu vertikal atau variabel tetap).
- Hubungan negatif (garis dari kiri ke kanan semakin ke bawah): penambahan pada nilai X (sumbu horizontal atau variabel bebas) umumnya memberikan efek pengurangan pada nilai Y (sumbu vertikal atau variabel tetap).

2.7 Metode Non-Conservative Transport

Berdasarkan hasil penelitian Aini (2003), metode *non-conservative transport* merupakan metode yang dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi penyebaran polutan pada sepanjang aliran sungai. Namun, metode ini dikhususkan pada zat non konservatif. Zat non konservatif merupakan zat yang dapat mengalami perubahan, seperti dapat hilang karena pengendapan, diuraikan oleh mikroorganisme, penguapan dan aktivitas lainnya. Contoh dari zat ini seperti zat organik. Sedangkan zat konservatif merupakan sebaliknya, yaitu zat yang tidak dapat dihilangkan dengan pengendapan dan konsentrasinya tidak dipengaruhi waktu, contoh zat ini yaitu logam (Asmodi, 2016).

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 (2.2) berikut:

$$L = QC - DA \frac{\partial C}{\partial x} \dots \dots \dots (2.2)$$

- Keterangan :
- L = Laju material yang dibawa sungai (g/s)
 - Q = Debit Aliran Sungai (m³/s)
 - C = Konsentrasi (g/m³)
 - D = Koefisien penyebaran (m³/s)
 - A = Luas penampang sungai (m²)

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \text{Perubahan konsentrasi terhadap jarak}$$

Penyebaran dengan metode *non-conservative transport* menggunakan konsep dasar dengan memisahkan sungai menjadi beberapa bagian dengan interval waktu pendek tanpa batas (∂t) dan panjang terkecil (∂x), kemudian dikalikan ∂t dengan laju material yang dibawa sungai (L). R merupakan rata-rata input atau output pada reaksi per volume air. Apabila R positif, maka nilai yang masuk dan bila negatif, maka nilai yang keluar. Penyebaran ini menggunakan persamaan (2.3) seperti berikut:

$$A \frac{\partial C}{\partial t} = - \frac{\partial L}{\partial x} + qC_1 + RA \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan : $\frac{\partial C}{\partial t}$ = Perubahan konsentrasi terhadap waktu

$\frac{\partial L}{\partial x}$ = Perubahan konsentrasi terhadap jarak

q = Debit Aliran Sungai (m^3/s)

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

A = Luas penampang sungai (m^2)

Kemudian persamaan (2.1) di subsitusikan ke persamaan (2.4) sehingga menghasilkan persamaan (2.3) berikut ini:

$$A \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (DA \frac{\partial C}{\partial x} +) - \frac{\partial(QC)}{\partial x} + qC_1 + RAC \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan : A = Luas penampang sungai (m^2)

D = Koefisien penyebaran (m^3/s)

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

q = Debit sungai (m^3/s)

$\frac{\partial C}{\partial t}$ = Perubahan konsentrasi terhadap waktu

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

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 (2.5) berikut:

$$\frac{\partial(QC)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 QC}{\partial x^2} - v \frac{\partial QC}{\partial x} + vqC_1 + KqC \dots \dots \dots (2.5)$$

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 = Debit sungai (m^3/s)

$\frac{\partial C}{\partial t}$ = 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

Berikutnya apabila diperkirakan aliran dalam keadaan tenang dan konsentrasi dipengaruhi oleh perubahan berdasarkan jarak (x) bukan waktu (t). Maka didapatkan persamaan untuk penyebaran polutan non konservatif yaitu persamaan (2.6), sebagai berikut:

$$C = \frac{(V*Q1*C1)/K}{q} + \left(\frac{Q0*Co}{q} - \frac{(V*Q1*\frac{C1}{k})/K}{q} \right) * E^{(F)} \dots \dots \dots (2.6)$$

Apabila $D=0$, maka $F = -k/v$

Apabila $D \neq 0$, maka $F = \left(\frac{V(V^2+4*K*D)}{2} \right) / D$

Sehingga persamaan menjadi sebagai berikut (pers.2.7):

$$C = \frac{(V \cdot Q_1 \cdot C_1)/K}{Q} + \left(\frac{Q_0 \cdot C_0}{Q} - \frac{V \cdot Q_1 \cdot \frac{C_1}{K}}{Q} \right) * E^{\left(\frac{V(V^2 + 4 \cdot K \cdot D)}{2} \right) / D} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi (g/m^3)
 V = Kecepatan sungai (m/s)
 Q_1 = Debit cabang samping (m^3/s)
 C_1 = Konsentrasi zat dari cabang samping (m^3/s)
 Q = 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

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

a) Debit

Debit merupakan Jumlah air yang mengalir per satuan waktu. Adapun pengukuran debit aliran sungai dapat menggunakan SNI 8066:2015 tentang tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka. Debit dapat didapatkan menggunakan bantuan *current meter*. Secara umum, nilai debit dapat dicari menggunakan rumus Bernoulli (Asdak, 2007), yaitu persamaan (2.8):

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

A= Luas penampang sungai (m^2)

Q = Debit Aliran Sungai (m^3/s)

V = Kecepatan sungai (m/s)

Berdasarkan persamaan *non conservative transport*, debit sebaran dicari menggunakan persamaan (2.9):

$$Q = (Q_0 + X) \times Q_i$$

Keterangan:

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

Q_i = Debit cabang samping (g/m^3)

X = Panjang per bagian dikurang Jarak awal (m)

b) Laju Reaksi Konstan (K)

Laju reaksi konstan yaitu laju dari terjadinya suatu reaksi, dan umumnya dilambangkan dengan K. Nilai K juga berbanding lurus dengan perubahan suhu. Sehingga semakin tinggi nilai K, maka semakin cepat reaksi terjadi dan semakin tinggi suhu reaksi (Iswanto, 2007). Laju reaksi konstanta dari BOD dan COD yaitu seperti pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Nilai Laju Reaksi Konstan (K)

No	Singkatan	Nilai*	Keterangan
1	K_{bod}	$8,58 e^{-6}S^{-1}$	Nilai K dari BOD
2	K_{cod}	$8,19 e^{-6}S^{-1}$	Nilai K dari COD

* Iswanto, 2007

c) Koefisien Penyebaran (D)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), dispersi merupakan pergerakan dari perpindahan individual atau dapat disebut penyebaran. Koefisien dispersi disini berupa pergerakan polutan di aliran sungai. Menurut Ani (2009), koefisien dispersi dapat di estimasi menggunakan rumus Fitcher (pers.2.10) dan 2.11) sebagai berikut:

$$D = 0,011 \frac{B^2 V^2}{H U} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$U = \sqrt{g H s} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

B = Lebar rata-rata sungai (m)

D = Koefisien Penyebaran (m^2/s)

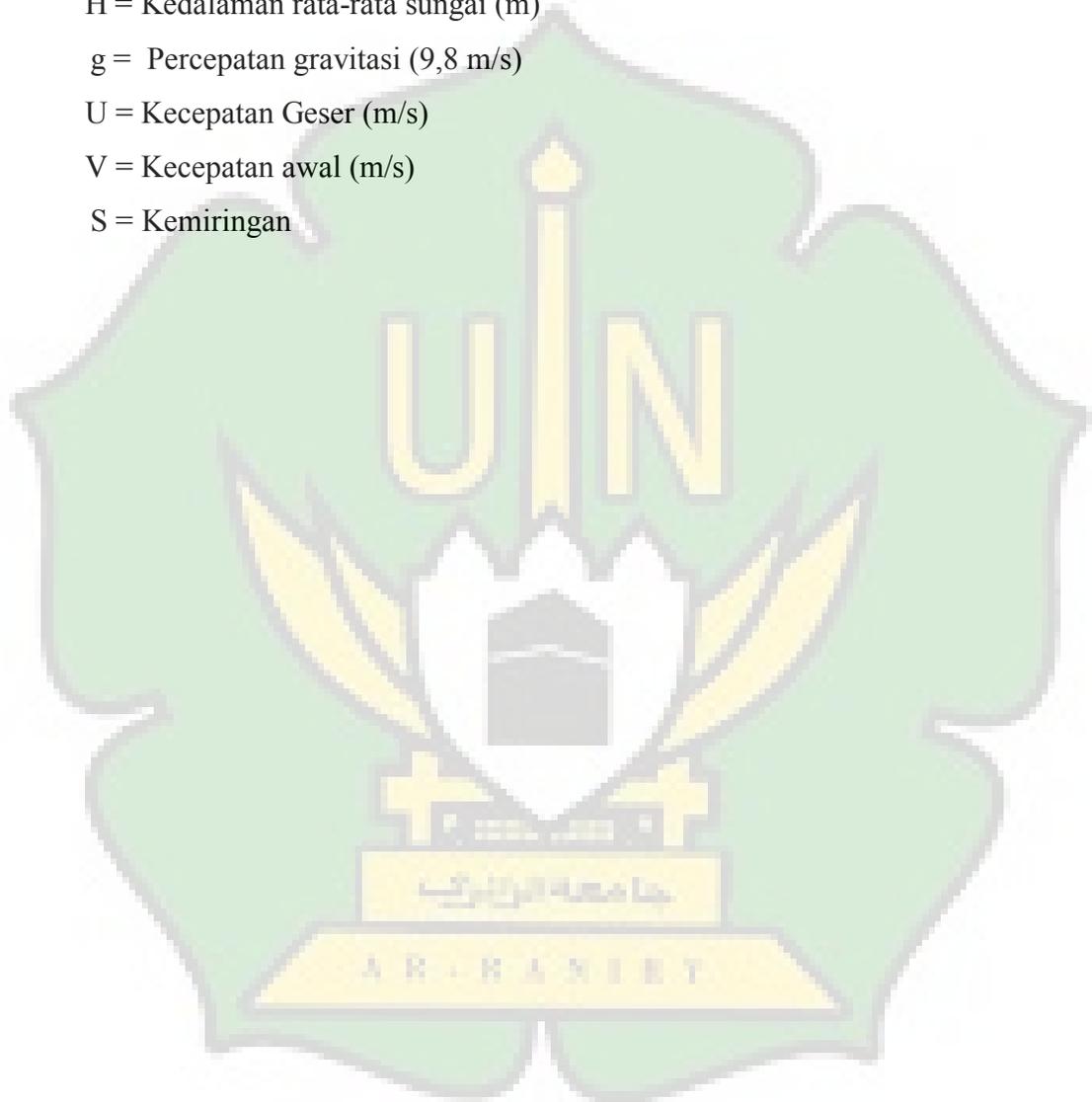
H = Kedalaman rata-rata sungai (m)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

U = Kecepatan Geser (m/s)

V = Kecepatan awal (m/s)

S = Kemiringan



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian berupa pemodelan dengan pendekatan numerik. Pemodelan dilakukan menggunakan Matlab dan data-data yang diperlukan didapatkan dari studi literatur. Penelitian ini meliputi 5 tahap, yaitu: studi literatur, pengumpulan data, sampling, pengujian di laboratorium, dan analisa data menggunakan Matlab.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

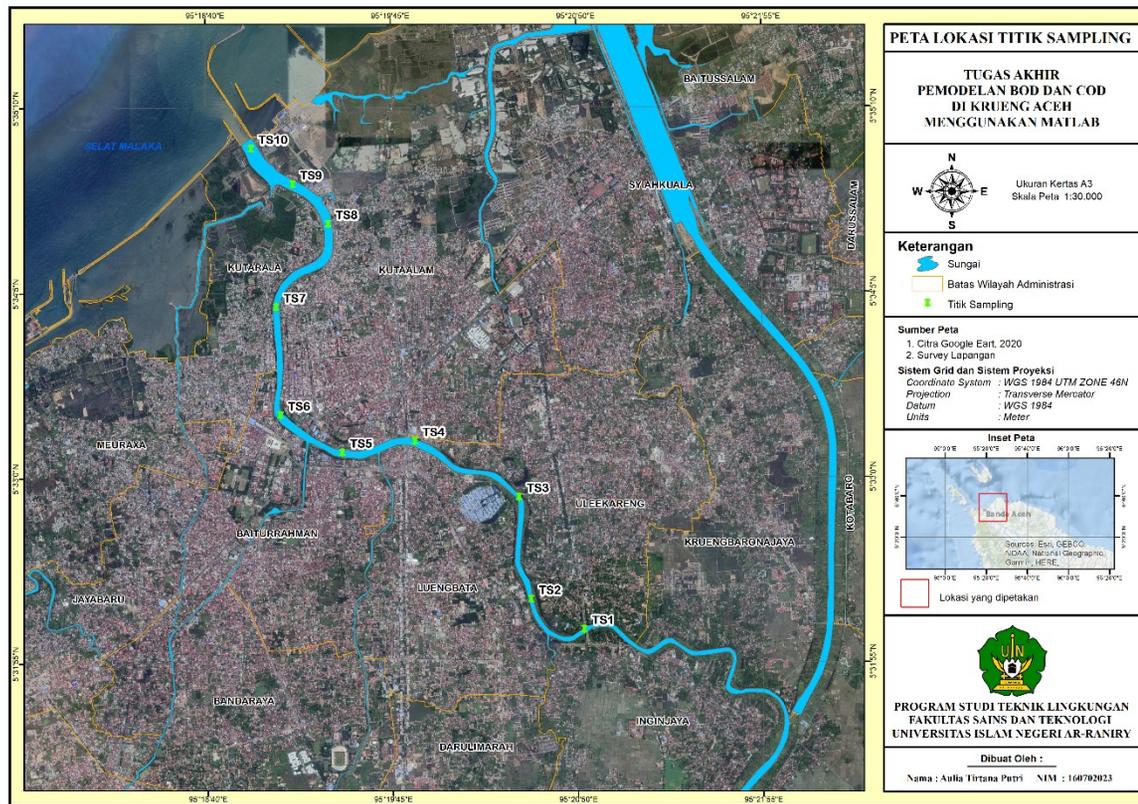
3.1.1. Tempat

Penelitian dilakukan pada Krueng Aceh di kawasan Kota Banda Aceh dengan panjang sungai sebesar 8,37 km (*Google Earth*). Titik sampel ditentukan dengan metode sampel survei, yaitu dilaksanakan dengan membagi lokasi menjadi titik atau segmen yang diperkirakan dapat mewakili populasi penelitian (Pohan, 2016). Sungai di bagi menjadi 4 segmen berdasarkan batas administrasi wilayah seperti pada Tabel 3.1. Jumlah titik sampel di setiap segmen berdasarkan debit aliran dari anak sungai yang masuk ke Krueng Aceh (SNI 6989.57:2008). Satu titik di hilir sungai, satu titik di hulu sungai, lima titik sebagai titik utama, dan tiga titik sebagai titik control seperti pada Gambar 3.1. Pengujian pada empat anak sungai juga dilakukan sebagai data pendukung. Pengujian parameter dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Tabel 3.1 Titik Sampel

Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	Koordinat Titik Pengambilan Sampel		Keterangan
		°LS N	°BT E	
Ulee Kareng - Ingin Jaya	TS 1	5°32'2.87"	95°20'47.94"	Dekat jembatan di Pango

Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	Koordinat Titik Pengambilan Sampel		Keterangan
		°LS N	°BT E	
Ulee Kareng - Lueng Bata	TS 2	5°32'16.31"	95°20'33.21"	Daerah sungai dekat SPBU Lueng Bata
	TS 3	5°32'46.04"	95°20'29.47"	Dekat Komplek Tzu Chi
	TS 4	5°33'11.99"	95°19'52.03"	Sebelum Jembatan Beurawe
Kuta Alam - Baiturrahman	TS 5	5°33'7.64"	95°19'28.59"	Sebelum jembatan Simpang Lima
	TS 6	5°33'22.70"	95°19'3.83"	Setelah Jembatan Simpang Lima
Kuta Alam - Kuta raja	TS 7	5°33'47.05"	95°19'4.57"	
	TS 8	5°34'24.84"	95°19'22.08"	
	TS 9	5°34'44.69"	95°19'4.07"	Sebelum TPA Gampung Jawa
	TS 10	5°34'55.48"	95°18'53.52"	Hilir sungai



Gambar 3.1 Titik Sampel Penelitian.

3.1.2. Waktu

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 28 Desember 2020 dan penelitian dilaksanakan dari bulan September 2020 sampai dengan Maret 2021.

3.2. Metode Pengumpulan Data

3.2.1. Data Primer

Pengumpulan data primer diperoleh melalui observasi dan uji kualitas air di laboratorium. Observasi dilakukan secara tidak langsung menggunakan *google earth* dan secara langsung ke lokasi. Kualitas air yang diuji berupa konsentrasi BOD dan COD. Adapun data tambahan yaitu debit, kadar BOD dan COD. pada anak sungai dan pengujian Dissolved Oxygen (DO).

3.2.2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh melalui studi literatur seperti buku, jurnal, artikel dan data dari dinas atau instansi terkait objek penelitian. Data tersebut digunakan sebagai pendukung data primer untuk digunakan dalam analisis dan pemodelan menggunakan Matlab. Data geometri yang diperlukan berupa kedalaman, lebar, debit dan kemiringan Krueng Aceh.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang dipakai dalam penelitian ini berupa *software* Matlab untuk menganalisis penyebaran BOD dan COD, program Microsoft Excel, Microsoft Word, Qgis, *Google Earth*, alat dan bahan untuk pengambilan sampel, serta data hasil pengujian di laboratorium.

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan untuk menguji parameter di laboratorium, guna memperoleh data yang diperlukan untuk pemodelan. Penyimpanan dan transportasi sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989 Tahun 2008 tentang Air dan Air Limbah bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Alat yang

digunakan dalam pengambilan sampel air sungai yaitu *Water Sampler Vertical*, dengan pengambilan titik sampel minimal enam karena debit sungai melebihi 150 m³/detik.

3.4.2. Pengujian Parameter

Pengujian BOD dan COD dilakukan pada Krueng Aceh dan anak sungai. Pengujian tambahan yaitu Dissolved Oxygen (DO) juga dilakukan pada sampel Krueng Aceh. Sampel dianalisis sesuai dengan parameter yang diuji, seperti pada Tabel 3.2. Berikut ini:

Tabel 3.2. Pengujian parameter

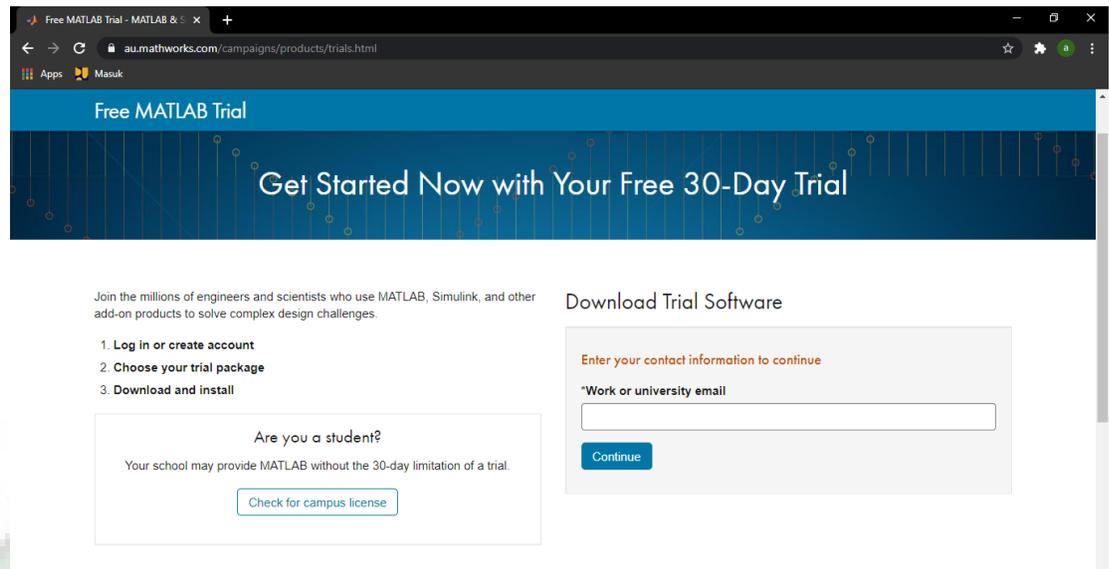
No	Parameter	Rujukan
1	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	SNI 06-6989.15- 2004
2	<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	SNI 6989.72-2009
3	Dissolved Oxygen (DO)	SNI 06-6989.14-2004

3.4.3. Penggunaan Program Matlab

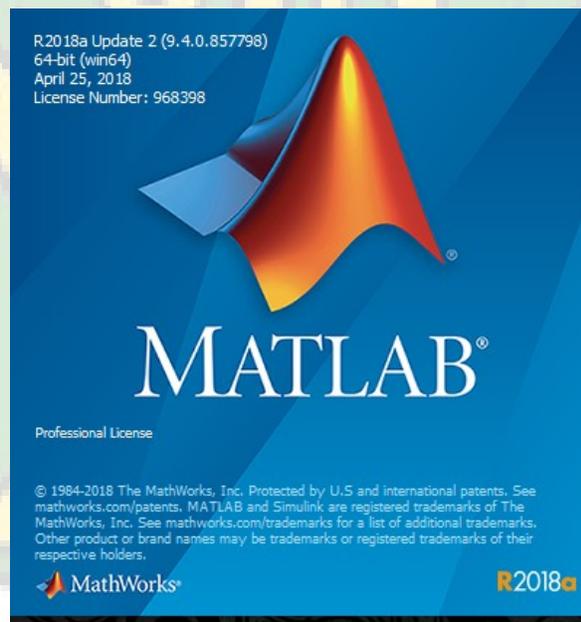
Program yang digunakan dalam penelitian ini berupa Matlab R2018a. Pemodelan dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

a) *Install* Matlab

Program Matlab dapat di *download* secara berbayar di *Mathworks.com*, ataupun secara gratis selama 30 hari seperti pada Gambar 3.2. Setelah itu Matlab muncul dalam bentuk *Winzip*, kemudian di *unzip* sehingga Matlab dapat di *Install*. Ketika program dijalankan, akan muncul tampilan seperti Gambar 3.3.



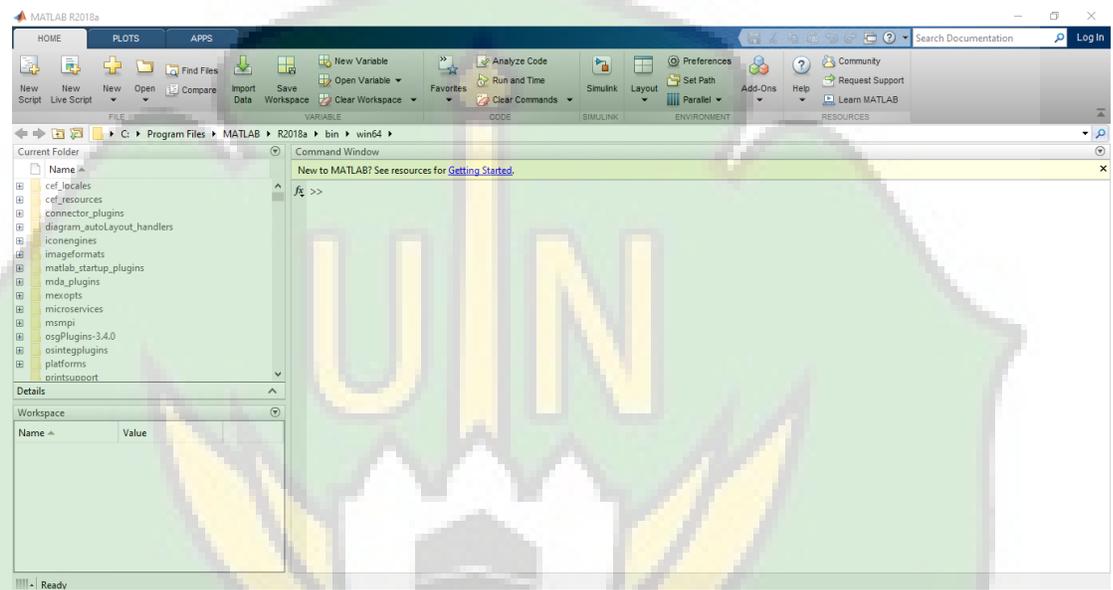
Gambar 3.2. Tampilan Website *Mathworks.com*



Gambar 3.3. Tampilan Matlab ketika dijalankan di Window

b) *Running Program*

Setelah di *Install*, program akan muncul dekat folder Matlab dalam bentuk *Winzip* dan *shortcut* program di desktop secara otomatis. Untuk memulai menggunakan, klik 'new scrip' yang berada pada kiri atas sehingga muncul seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Tampilan Awal Matlab

c) *Verifikasi Matlab*

Kegiatan ini dilakukan dengan menjalankan Matlab yang telah sesuai dengan data yang terbaru. Model dapat dikatakan sesuai apabila hasil model mendekati dengan kondisi yang sebenarnya. Persamaan sederhana dimasukkan pada Matlab untuk verifikasi, kemudian tekan 'run'. Apabila jawabannya sesuai, maka Matlab telah sesuai.

d) *Input Data*

Kegiatan ini dilakukan dengan cara memasukkan data-data yang telah didapat kedalam model Matlab dan menggunakan perhitungan matematis yaitu persamaan metode *non-conservative transport*. Adapun data yang di perlukan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Data yang di *input*

No	Lambang	Satuan	Keterangan
1	C	g/m^3	Konsentrasi
2	V	m/s	Kecepatan sungai
3	Q_1	g/m^3	Debit cabang samping
4	C_1	m^3/s	Konsentrasi zat dari cabang samping
5	Q	m^3/s	Debit sungai
6	Q_0	m^3/s	Debit awal sungai
7	C_0	g/m^3	Konsentrasi zat di sungai
8	K	s^{-1}	Laju reaksi konstan
9	D	m^3/s	Koefisien penyebaran

e) Pembuatan Grafik

Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan hasil dari perhitungan matematis, kemudian membentuk grafik berupa penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh. Grafik tersebut akan digunakan dalam membantu analisis data.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh

Pengujian BOD dan COD dilakukan pada 10 titik di Krueng Aceh dan 4 titik pada cabang masuk (anak sungai) seperti pada Tabel 4.1. Pengujian dilakukan pada 28 Desember 2020, pukul 10 sampai dengan selesai, dengan memastikan kondisi air sungai yang normal dan tidak terjadinya hujan selama 2 hari untuk menurunkan kemungkinan kesalahan dalam hasil dengan kondisi pengujian dilakukan pada musim hujan. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Kualitas Air.

Tabel 4.1 Hasil Uji BOD dan COD pada Krueng Aceh

No	Sampel	Baku Mutu*		Hasil Uji	
		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
1	TS1	2	10	0,65	1,6
2	TS2			0,4	1,4
3	TS3			1,38	3,2
4	TS4			0,65	0,8
5	TS5			0,48	1,2
6	TS6			0,32	0,8
7	TS7			0,36	0,8
8	TS8			0,4	0,8
9	TS9			0,33	0,8
10	TS10			0,36	0,8
Nilai rata-rata				0,53	1,22

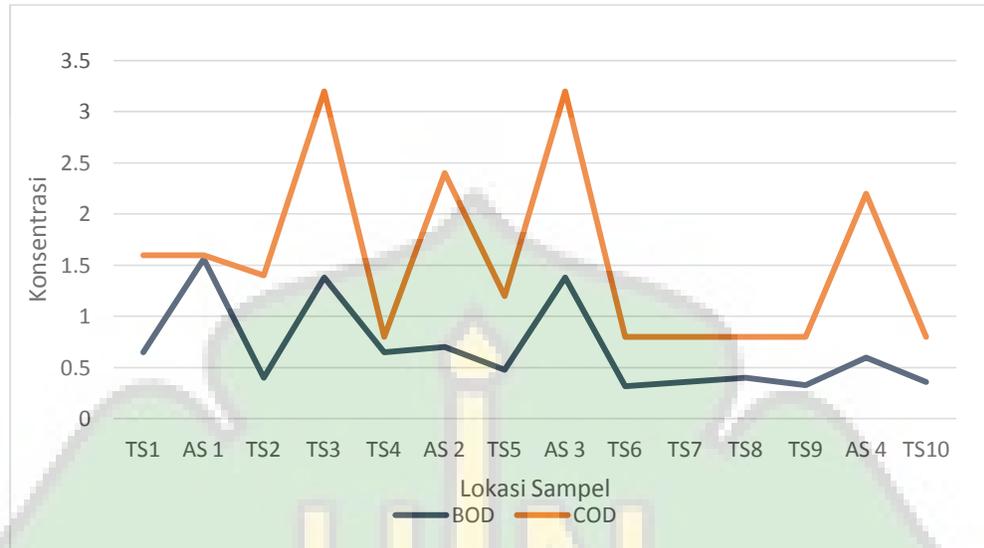
*PP No 82 Tahun 2001

Tabel 4.2 Hasil Uji BOD dan COD pada Anak Sungai

No	Sampel	Baku Mutu*		Hasil Uji	
		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
1	AS 1	2	10	1,56	1,6
2	AS 2			0,7	2,4
3	AS 3			1,38	3,2
4	AS 4			0,6	2,2

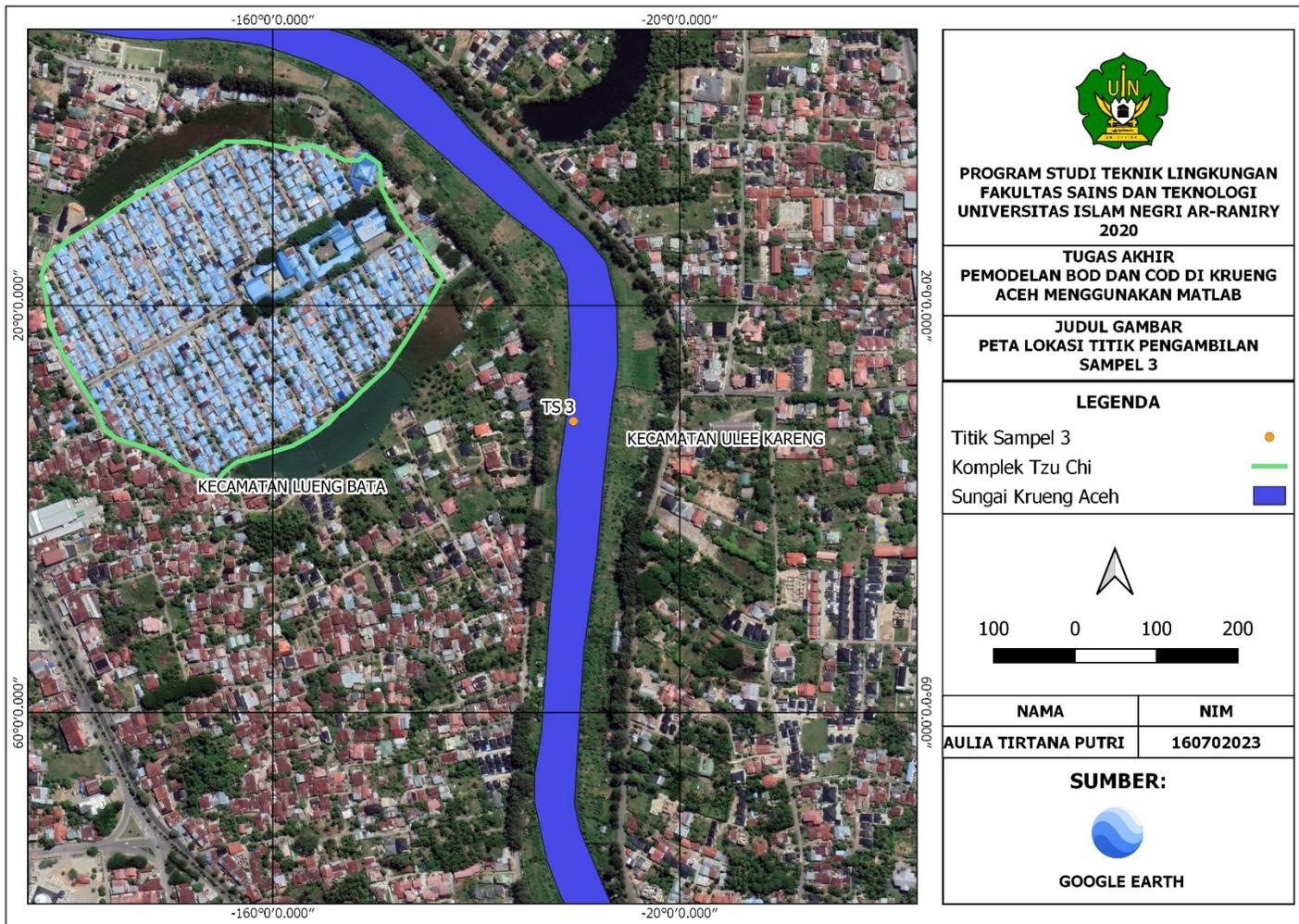
*PP No 82 Tahun 2001

Berdasarkan hasil uji BOD dan COD pada sampel, maka semua berada di golongan air 1, yaitu air yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk diolah menjadi air minum. Rata-rata konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh daerah Banda Aceh, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.1, sebesar 0,53 dan 1,22 mg/l. Konsentrasi BOD dan COD tertinggi pada anak sungai, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.2, berada pada anak sungai 1 (AS 1) dan anak sungai 3 (AS3) yaitu sebesar 1,56 dan 3,2 mg/l. Konsentrasi tertinggi BOD dan COD pada Krueng Aceh terjadi pada titik yang sama, yaitu sampel ke 3 (TS3), seperti pada Gambar 4.1, dengan nilai sebesar 1,38 dan 3,2 mg/l.



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi BOD dan COD pada sampel

Titik sampel 3 (TS3) berlokasi di sungai yang berada diantara Kecamatan Ulee Kareng dan Lueng Bata, seperti pada Gambar 4.2. Berdasarkan hasil observasi, DAS (Daerah Aliran Sungai) di TS 3 terdapat perumahan penduduk, yaitu komplek perumahan Tzu Chi. Berdasarkan Rahayu (2018), limbah cair domestik dari sekitar sungai dapat menaikkan kadar BOD dan COD pada air sungai. Oleh karena itu, berdasarkan lokasi, kenaikan pada TS 3 disebabkan oleh komplek perumahan Tzu Chi.



Gambar 4.2 Titik Pengambilan Sampel 3
(Sumber: *Google Earth*)

Pengujian DO (*Dissolved Oxygen*) terhadap sampel dilakukan untuk menguatkan hasil BOD dan COD. Adapun pengujian dilakukan pada titik sampel yang mewakili sampel lainnya yaitu 3, 4, 6, 7, dan 9, seperti pada Tabel 4.3. Berdasarkan baku mutu, kandungan DO pada semua sampel kecuali TS3 memenuhi air kualitas 2, yaitu air yang dapat digunakan untuk rekreasi dan sebagainya.

Tabel 4.3 Hasil pengujian DO

No	Sampel	Baku Mutu Air*		Hasil Uji DO (mg/l)
		Kelas 1	kelas 2	
1	TS 3	6	4	3,2
2	TS 4			5
3	TS 6			4,8
4	TS 7			4,8
5	TS 9			5,2

*PP No 82 Tahun 2001

Berdasarkan tabel diatas, TS 3 memiliki kandungan BOD dan COD yang paling tinggi, namun memiliki hasil DO yang paling rendah. Hal ini membuktikan bahwasanya hasil BOD dan COD pada sampel telah sesuai, karena ketika DO tinggi maka BOD dan COD rendah. Ketika BOD dan COD rendah maka kebutuhan oksigen yang diperlukan rendah, sehingga kandungan oksigen di air lebih tinggi (Prodjosantoso, 2011).

4.2. Penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh

4.2.1. Data yang digunakan

Berdasarkan peta (Gambar 3.1), terdapat 5 cabang atau anak sungai yang masuk. Namun, satu cabang yang berada diantara TS5 dan TS6 tidak terdapat debit sehingga diabaikan (lampiran A). Satu persamaan hanya boleh dimasukkan satu debit atau satu anak sungai, sehingga digunakan persamaan ini sebanyak tiga kali. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan adanya kesalahan selama pemodelan (Aini, 2003). Sungai dibagi menjadi empat bagian berdasarkan anak sungai yang

masuk, seperti pada Tabel 4.4. Data dari anak sungai juga digunakan dalam pemodelan.

Tabel 4.4. Pembagian pada Sungai

Bagian	Cabang Masuk	Panjang (m)	Debit (m^3/s)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	Sampel Sungai	Nilai Rata-Rata	
							BOD (mg/l)	COD (mg/l)
1	Anak sungai 1	2.709	5,9	0,56	1,6	TS1, TS2, TS3	0,81	2,07
2	Anak sungai 2	2.035	7,4	0,73	2,4	TS3, TS4, TS 5	0,84	1,73
3	Anak sungai 3	1.988	7,3	0,62	2,2	TS5, TS 6, TS7	0,39	0,93
4	Anak sungai 4	2,272	2,2	1,38	3,2	TS 7, TS8, TS9, TS10	0,36	0,8

Data yang digunakan pada pemodelan dapat dilihat pada Tabel 4.5. Data tersebut berupa data tetap yang akan diinput menggunakan persamaan saat menggunakan Matlab. Adapun data yang berubah pada persamaan hanyalah data debit cabang masuk, kadar BOD dan COD. Hasil dari keempat persamaan tersebut digabungkan sehingga menghasilkan sebuah grafik penyebaran.

Tabel 4.5. Data yang digunakan pada Persamaan

No.	Nama	Nilai	Satuan
1	Kecepatan sungai (V)	0,37	m/s
3	Debit awal sungai (Q_0)	24,13	m^3/s
4	Laju reaksi konstan (K) BOD	8,58	s^{-1}
5	Laju reaksi konstan (K) COD	8,19	s^{-1}
6	Koefisien penyebaran (D)	60,9	m^3/s

Penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh menggunakan persamaan pada metode *non-conservative transport*. Adapun koefisien penyebaran (D) ditentukan terlebih dahulu untuk mengetahui F yang akan digunakan. Data yang digunakan pada persamaan yaitu debit Krueng Aceh sebesar $24,13 m^3/s$, lebar sungai rata-rata (B) sebesar 60 m, kecepatan awal (V) sebesar 0,37 m/s, kedalaman rata-rata sungai (H)

sebesar 1,28 m dan kemiringan (*slope*) sungai sebesar 0,00052. Sehingga didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{gHs} \\ &= \sqrt{9,8 \times 1,28 \times 0,00052} \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 0,011 \frac{B^2 V^2}{H U} \\ &= 0,011 \frac{(60^2) \times (0,37^2)}{1,28 \times 0,08} \\ &= 60,9 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Didapatkan hasil $D > 0$, maka $F = \left(\frac{V(V^2 + 4 \times K \times D)^2}{2} \right) / D$

Sehingga persamaan menjadi sebagai berikut:

$$C = \frac{(VxQ1xC1)/K}{Q} + \left(\frac{QoxCo}{Q} - \frac{VxQ1x \frac{C1}{k}}{Q} / K \right) \times E^{\left(\frac{V(V^2 + 4xKxD)^2}{2} \right) / D}$$

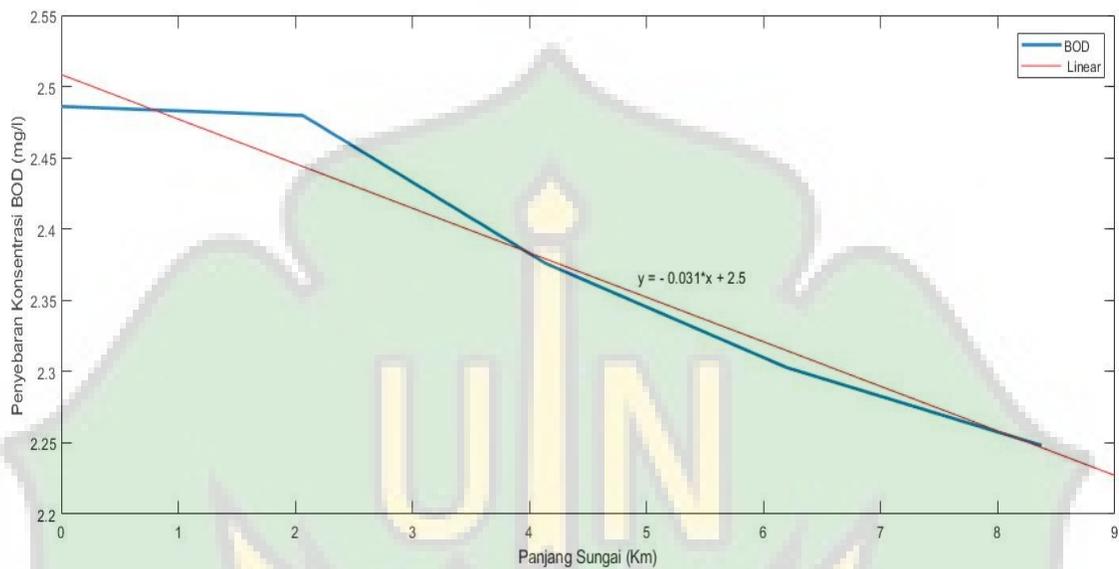
Adapun contoh perhitungan secara manual untuk persamaan diatas pada penyebaran konsentrasi BOD sungai bagian satu menggunakan data pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} C &= \frac{(0,37 \times 5,9 \times 0,56) / 8,58}{24,13} + \left(\frac{24,13 \times 0,81}{36,396} - \frac{0,37 \times 5,9 \times \frac{0,56}{8,58}}{36,396} / 8,58 \right) \times E^{\left(\frac{0,37(0,37^2 + 4 \times 8,58 \times 60,9)^2}{2} \right) / 60,9} \\ &= 2,486 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

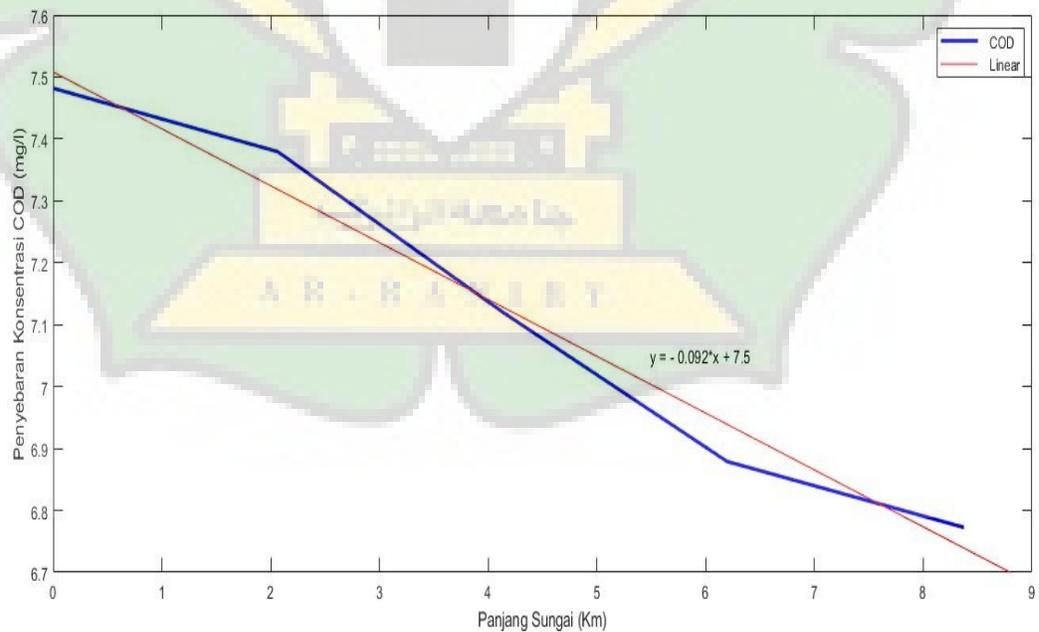
4.2.2. Hasil Analisis

Hasil dari pemodelan menggunakan matlab yaitu grafik penyebaran BOD dan COD seperti pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 dengan penulisan coding dapat dilihat pada (Lampiran 2). Kurva BOD dan COD mengalami penurunan ke arah kanan, menunjukkan bahwa konsentrasi BOD dan COD berbanding lurus

dengan jarak. Sehingga konsentrasi BOD dan COD semakin rendah seiring mendekati hilir Krueng Aceh.



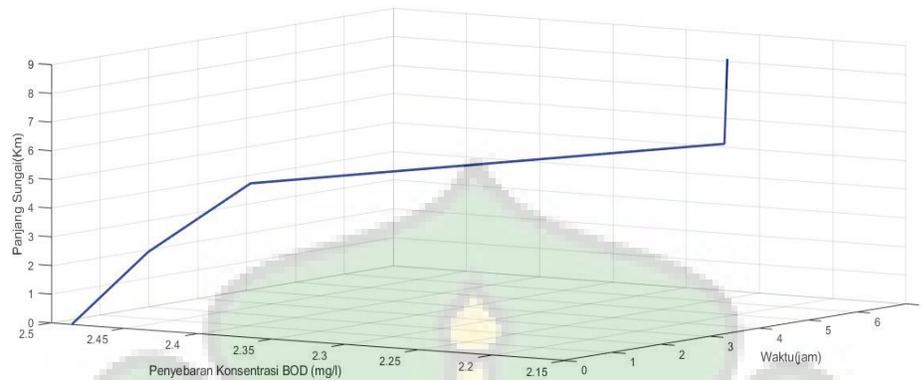
Gambar 4.3 Grafik Penyebaran BOD



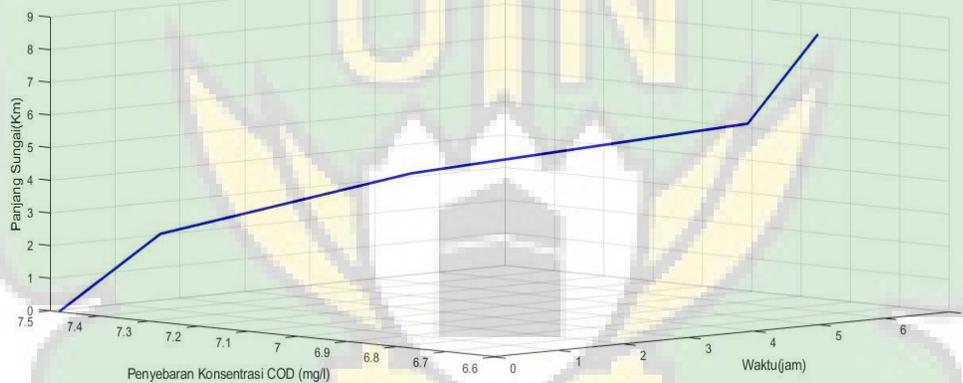
Gambar 4.4 Grafik Penyebaran COD

Garis regresi yang digunakan yaitu linear, kesesuaian ini dicari menggunakan *Regression Learner* pada Matlab, yaitu dapat dilihat pada Lampiran 3. Persamaan regresi linear dan nilai *adjusted* (r^2) dicari guna mengetahui kesesuaian model. Apabila nilai *adjusted* (r^2) tersebut mendekati 1, maka semakin baik karena sesuai dengan lokasi penelitian. Dalam persamaan ini, variabel terikat (X), yaitu penyebaran BOD serta COD dan variabel tetap (Y) yaitu panjang sungai. Nilai regresi pada penyebaran BOD dan COD dapat dilihat pada Gambar diatas.

Nilai *adjusted* pada masing-masing penyebaran BOD dan COD dicari menggunakan Matlab (lampiran 3), yaitu sebesar 0,708 dan 0,844. Kedua nilai tersebut mendekati 1 sehingga dapat dikatakan bahwa pemodelan ini sudah sesuai. Selain itu, garis regresi yang negatif menunjukkan garis menurun dari arah kiri ke kanan. Hal ini menjelaskan bahwa hubungan variabel terikat (X), terhadap variabel tetap (Y) negatif, yaitu konsentrasi BOD dan COD semakin rendah seiring mendekat ke hilir. Penurunan tersebut juga dipengaruhi waktu, karena seiring berjalannya waktu dan mendekati hilir, terjadi penguraian zat organik yang menurunkan kadar BOD dan COD, sehingga kurva naik seperti pada Gambar 4.5. dan 4.6. Zat organik tersebut diuraikan oleh organisme air (Rochmad, 2011).



Gambar 4.5. Grafik Hubungan waktu, BOD dan Panjang Sungai



Gambar 4.6. Grafik Hubungan waktu, COD dan Panjang Sungai

Hasil pengujian BOD dan COD yang didapatkan pada Desember 2020 lebih rendah dibandingkan hasil penelitian yang dilakukan Afwanudin pada tahun 2019, seperti pada Tabel 4.6. Pengujian dilakukan di lokasi yang sama yaitu hilir Krueng Aceh. Terlihat perbedaan yang signifikan antara BOD dan COD berkurang pesat. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal ini yaitu kondisi hulu dan penataan kanal banjir.

Tabel 4.6 Perbandingan konsentrasi

Parameter (mg/l)	Tahun	
	2019*	2020
BOD	2,6	0,36
COD	37,6	0,8

*Afwanudin, 2019

Hulu Krueng Aceh terletak di Jantho, Aceh Besar. Berdasarkan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), hasil analisis curah hujan menunjukkan bahwa pada Desember 2020, sebagian wilayah aceh tergolong dalam kategori cuaca hujan tinggi (300-400 mm/bulan). Sedangkan pada daerah Jantho tergolong pada curah hujan menengah, dengan kisaran 200-300 mm/bulan, mendekati curah hujan kategori tinggi. Air yang tidak tergolong pada air limbah seperti air hujan dapat mengencerkan bahan organik (Rahayu, 2018) dan dapat menaikkan volume air sungai serta pemurnian alami (Susilowati, 2018), sehingga konsentrasi BOD dan COD dipengaruhi oleh kondisi hulu yang mengalirkan air hujan.

Berdasarkan hasil penelitian Muchtar (2007) yang menyatakan kondisi di hilir sungai dapat dipengaruhi oleh kondisi hulu sungai seperti terjadinya hujan di hulu. Debit yang tinggi pada musim hujan juga menyebabkan rendahnya konsentrasi polutan BOD dan COD. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kemampuan air untuk mengencerkan dan berdampak pada tingginya oksigen yang terlarut didalam sungai (Pertiwi, 2018).

Situs resmi Balai Wilayah Sungai Sumatera I Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR (sda.pu.go.id), menyatakan bahwa kanal banjir di sepanjang DAS Krueng Aceh wilayah Aceh Besar dan Banda Aceh telah dibangun sejak tahun 1993. Namun, berdasarkan kajian tahun 2019, pemanfaatan sempadan sungai menyebabkan penurunan fungsi kanal banjir sejak pasca tsunami.

Sempadan sungai dimanfaatkan untuk beternak, mendirikan warung dan usaha-usaha lainnya. Sedangkan Qanun Banda Aceh Nomor 2 Tahun 2018 menyatakan bahwa sempadan sungai merupakan daerah yang tidak boleh didirikan bangunan. Sehingga diterbitkannya Surat Keputusan Gubernur Aceh Nomor: 362/1337/2020 tanggal 4 Juli 2020 tentang Pembentukan Tim Terpadu Penataan Kawasan Kanal Banjir Krueng Aceh. Oleh karena itu, tahun 2020 mulai dilakukannya penataan kanal dan DAS Krueng Aceh wilayah Banda Aceh tergolong kedalamnya. Pada Januari 2021, dinyatakan bahwa penataan tersebut sudah selesai. Penataan tersebut menyebabkan berkurangnya kegiatan disekitar DAS Krueng Aceh, sehingga berkurangnya limbah cair domestik yang masuk ke sungai. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi BOD dan COD pada sungai lebih menurun dibandingkan tahun 2019.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Konsentrasi BOD dan COD pada Krueng Aceh sudah memenuhi baku mutu kualitas air II dengan rata-rata sebesar 0,53 mg/l dan 1,22 mg/l.
2. Penyebaran BOD dan COD pada Krueng Aceh memiliki kurva menurun, yaitu semakin mendekati hilir, BOD dan COD semakin rendah.

5.2. Saran

Adapun saran yang semoga dapat bermanfaat untuk peneliti selanjutnya adalah:

1. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penelitian pada dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan agar meningkatkan ketepatan data.
2. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penelitian pada Krueng Aceh dari hulu hingga hilir agar ruang lingkup lebih luas.
3. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan pengujian dengan mempertimbangkan morfologi sungai agar mendapatkan informasi baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Kadir. 2019. **Dasar Pemrograman Matlab**. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Afwanudin, A., Sarong, M., Efendi, R., Deli, A., & Irham, M. 2019. The community structure of Gastropods as bioindicators of water quality in Krueng Aceh, Banda Aceh.
- Aini, Zahratul Lale. 2003. Simulasi Pengujian Kualitas Air Sungai dengan Metode *Non-Koneservative Transport*. Tugas Akhir. Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ani, E. C. 2009. Modelling of Pollutant Transport in Rivers : Process Engineering Approach. Cluj-NapocaRomania: Babes-Bolyai University.
- Anwariani, Destari. 2019. Pengaruh Air Limbah Domestik terhadap Kualitas Sungai. *Jurnal Prosiding Teknik Lingkungan*. Universitas Trisakti, Jakarta.
- Arif, Sumantri. 2010. **Kesehatan Lingkungan**. Penerbit Kencana, Jakarta.
- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Asmadi, Sugiharto. 2012. **Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air limbah**. Gosyen Publishing. Yogyakarta.
- Atima, Wa. 2015. Bod dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science And Education*. Vol 4 No:1, Juni 2015 p: 83-35.
- Ayuningtyas, Ratna Dewi 2009. Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Laporan. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Badan Standar Nasional. 2015. SNI 8066-2015. Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka. Serpong: BSN.
- Badan Standar Nasional. 2008. SNI 6989.57-2008. Air dan Air Limbah- bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Serpong: BSN.

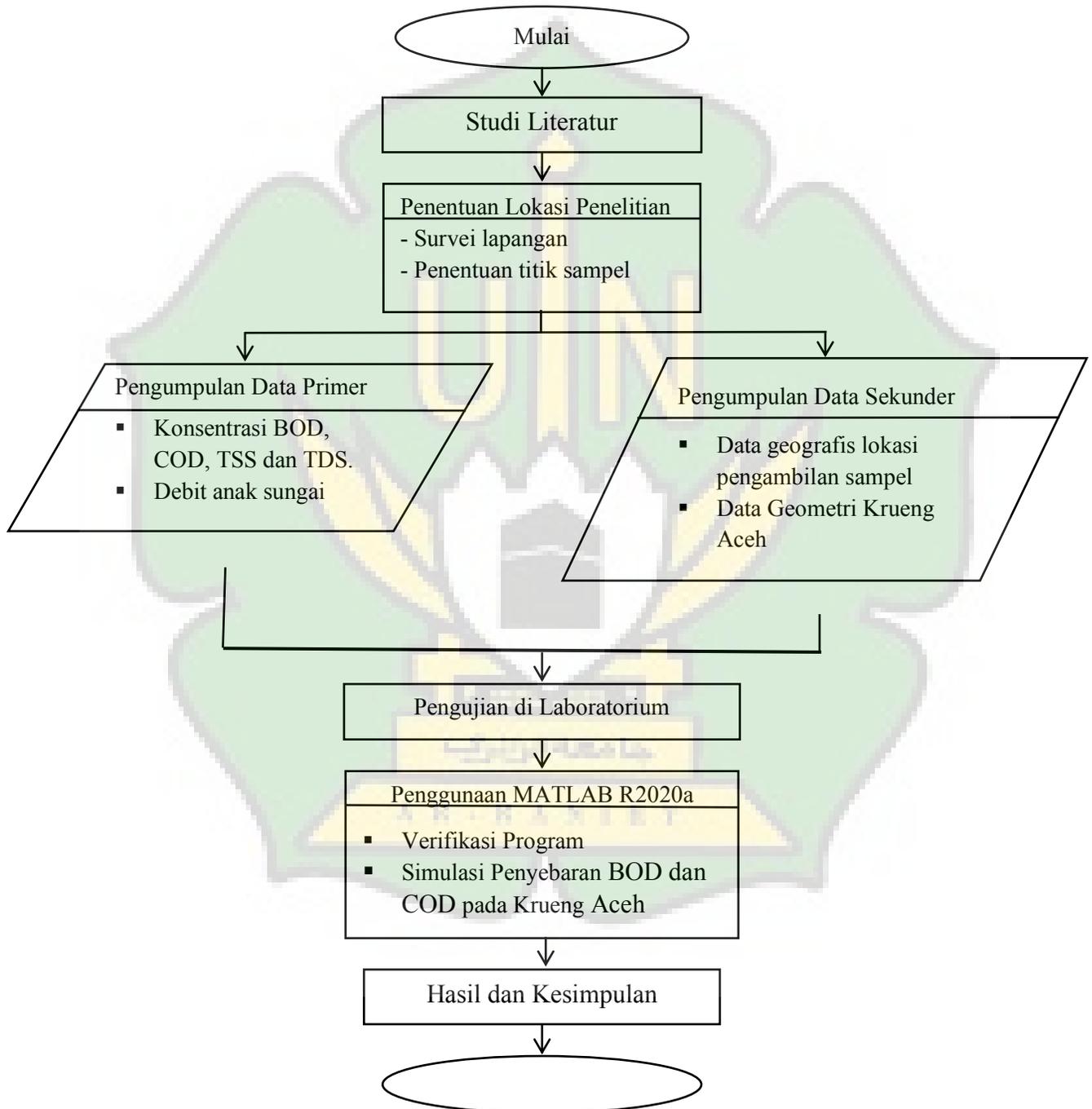
- Badan Standar Nasional 2004. SNI 06-6989.15- 2004. Air dan air limbah – Bagian 15: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka Dengan Refluks Terbuka secara Titrimetric. Serpong: BSN.
- Badan Standar Nasional. 2009. SNI 6989.72-2009. Air dan Air Limbah- bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biological Oxygen Demand/BOD*). Serpong: BSN.
- Badan Standar Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004. Air dan Air Limbah- Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara Gravimetri. Serpong: BSN.
- Badan Standar Nasional. 2005. SNI 6989.27-2005. Air dan Air Limbah- bagian 27: Cara Uji Kadar Padatan Terlarut Total secara Gravimetri. Serpong: BSN.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2021. Analisis Hujan Desember 2020 dan Prakiraan Hujan Februari, Maret dan April 2021.
- Berutu, Rinaldo. 2016. Analisis Dissolved Oxygen (DO) dan Biological Oxygen Demand (BOD) pada Air Limbah Industri menggunakan Metode Winkler. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Doraja, P.H., Sovitri, Maya., & Kuswytasari, N.D. 2012. Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol 1 No:1, p: 44–46.
- Harlan, Johan. 2018. **Analisis Regresi Linelar**. Penerbit Gunadarma. Depok.
- Hidayat, Diky., Supriato, R., & Dewi, Putri Sari. 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid). *Analytical and Environmental Chemistry*. Vol 1 No:1.
- Ismay, Fadillah., Ashar, Taufiq., & Dharma, Surya. 2013. Analisis Kualitas Air dan Keluhan Gangguan Kulit pada Masyarakat Pengguna Air Sungai di Pelabuhan Sungai Duku Kelurahan Tanjung RHU Kecamatan Lima Puluh Kota Pekanbaru Tahun 2012. *Jurnal Lingkungan dan Keselamatan Kerja*. Vol 2 No:3.
- Iswanto, Bambang., Astono, Widyo., & Sunaryati. (2007). Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau Dari Perubahan Senyawa Organik

- Dan Nitrogen Dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 4 No:1, Juni 2007 p: 24-26.
- Kementerian lingkungan hidup nomor 115 tahun 2003.
- Muchtar, Asikin & Abdullah, Nurdin. 2007. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. Vol 2 No:1, p: 174–187.
- Mukarromah, Rosyida. 2016. Analisis Sifat Fisis dalam Studi Kualitas Air di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Multazam, Muhammad & Mulia, Perwira Ahmad. 2014. Studi Muatan Sedimen Di Muara Sungai Krueng Aceh. Skripsi. Vol 4 No: 4.
- Mulyana, Yunita., Purnaini, Rizki., & Sitorus, berlian. 2015. Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang. *Jurusan Teknik Lingkungan*.
- Muzayana, Fatimatul Umi & Hariani, Silvi. 2019. Analisis Warna, Bau dan pH Disekitar Tempat Pembuangan Akhir II Karya Jaya Musi 2 Palembang. *Jurnal Kimia dan Terapan*. Vol 3 No:1, P: 16-18.
- M Agus, Umar., M Baiquni, Ritohardoyo, Su., & Yukita, Fione. 2011. Peran Masyarakat dan Pemerintah dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik di Wilayah Ternate Tengah. Penerbit Jtec. Vol 25 No:1, p: 42–54.
- Nadeak, Rani. 2019. Penentuan Kadar Total Suspended Solid (TSS), Total Dissolve Solid (TDS), dan Klor Bebas pada Air Limbah di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLPP). Tugas Akhir.
- Nazir, E. 2016. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas yang Berada di Tengerang Selatan. *Jurnal Ecolab*.
- Nofitasari, Veny. 2018. Analisis Perubahan Warna, TSS, pH, dan COD Limbah Cair Industri Lurik dengan Metode Elektrooksidasi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- Patty, Simon I., Ibrahim, Putri Sapira., Yalindua, & Fione Yukita. 2018. Oksigen Terlarut Dan Apparent Oxygen Utilization Di Perairan Waigeo Barat, Raja Ampat. Penerbit Jtec. Vol 7 No:2, p: 52–57.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pertiwi, Annisa dan Siregar, P.M. 2018. Analisis Kualitas Air Sungai berdasarkan Aspek Meteorologi, Studi Kasus DAS Batang Arau Kota Padang. Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Pohan, Saleh, Anwar, Dedy., Budiyo, & Syafrudin, Yunita. 2016. Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau dari Aspek Lingkungan. *Jurusan Teknik Lingkungan*.
- Pratiwi, Ariane. 2019. Bioindikator Kualitas Perairan Sungai. *Journal Of Chemical Information and Modeling*.
- Prodjosantoso, Tutik, & Regina. 2011. **Kimia Lingkungan**. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Puspasari, Dwi, & Destik. 2017. Studi Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Universitas Sebelas Maret Kawasan Jebres Surakarta.
- Qanun Banda Aceh Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banda Aceh Tahun 2009-2029
- Rahayu, Yushi., Juwana, Iwan., & Marganingrum, Dyah. 2018. Kajian Perhitungan Bebas Pencemaran Air Sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari Sektor Domestik. *Jurnal Rekayasa Hijau*. Vol 1 No: 2.
- Rahmat & Mallongi, Anwar. 2018. Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Janeponto. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*. Vol 1.
- Rochmad, Subardan., Soenhadji, Soejono & Utomo, Suyud Warno. 2011. **Pencemaran Lingkungan**. Penerbit Universitas Terbuka, Tangeang Selatan.

- Rustadi. 2009. Eutrofikasi Nitrogen dan Fosfor serta Pengendaliannya dengan Perikanan di Waduk Sermo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol 16 No:3, P: 176-186.
- Rustini, Hadiid Agita., Syawal, M Suhaemi, Kurniawan, Riky., Isti, & Yovita Lambang. 2020. *Warta Limnologi*. Penerbit Pusat Penelitian Limnologi-Lipi, Bogor.
- Sulistia, Susi., & Septisya, Alifya Cahaya. 2019. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol 12 No:1, P: 41-57.
- Susilowati, Sutrisno, Joko., Masykuri, Muhammad., & Maridi. 2018. Dynamics and Factors that Affect DO-BOD Concentrations of Madiun River. AIP Publishing.
- Titiresmi. 2011. Penurunan Bahan Organik Air Limbah Industri Permen dengan Menggunakan Reaktor Packed Bed berdasarkan Variasi Waktu Tinggal . *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 12 No:3, P: 283-290.
- Yulis, Rahma., Desti., Febliza, & Asyti. 2018. Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin.

LAMPIRAN 1
BAGAN ALIR PENELITIAN



LAMPIRAN 2

CODING MATLAB

1. Pemodelan penyebaran BOD dan COD

```

clc
clear all
global X Q C Qi Ci L Co V Qo D K Xi
Xo = 0;
X = [2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan m
Co = [0.81 0.84 0.39 0.36];%kadar BOD sungai
Qi = [5.9 7.4 7.3 2.2] ;%Debit cabang samping
Ci = [0.56 0.73 0.62 1.38];%kadar BOD cabang samping
V = 0.37;%Kecepatan sungai
Qo = 24.13;%Debit awal sungai
D = 60.9;%Koefisien penyebaran
K = 8.58*exp(-6);%Reaksi rata-rata

Q=Qo+(X-Xo).*Qi
A=(V-sqrt(V^2+4*K*D))/2/D;
C=V*Qi.*Ci/K/Q+(Qo*Co./Q-(V*Qi.*Ci./K)*K/Q.*exp(A*(X-Xo)))

x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)]
y = C;
xwant = smooth(x);
ywant = smooth(y);
figure(1);
plot(xwant,ywant)
xlabel('Panjang Sungai (Km)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi BOD (mg/l)')

clc
clear all
global X Q C Qi Ci L Co V Qo D K Xi
Xo = 0;
X = [2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan m
Co = [2.07 1.73 0.93 0.8];%kadar COD sungai
Qi = [5.9 7.4 7.3 2.2] ;%Debit cabang samping
Ci = [1.6 2.4 2.2 3.2];%kadar COD cabang samping
V = 0.37;%Kecepatan sungai
Qo = 24.13;%Debit awal sungai
D = 60.9;%Koefisien penyebaran
K = 8.58*exp(-6);%Reaksi rata-rata

```

```

Q=Qo+(X-Xo).*Qi
A=(V-sqrt(V^2+4*K*D))/2/D;
C=V*Qi.*Ci/K/Q+(Qo*Co./Q-(V*Qi.*Ci./K)*K/Q.*exp(A*(X-Xo)))

```

```

x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)]
y = C;
xwant = smooth(x);
ywant = smooth(y);
figure(2);
plot(xwant,ywant)
xlabel('Panjang Sungai (Km)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi COD (mg/l)')

```

2. Pemodelan grafik 2D penyebaran BOD dan COD

```

X = [0 2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan km
C = [2.486 2.486 2.4670 2.1933 2.2482]%Konsentrasi BOD
x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)
X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)]%Panjang sungai per segmen
y = C;
xwant = smooth(x);
ywant = smooth(y);
figure(1);
plot(xwant,ywant)
xlabel('Panjang Sungai (Km)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi BOD (mg/l)')

```

```

X = [0 2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan km
C = [7.4818 7.4818 7.1746 6.6900 6.7726]%Konsentrasi COD
x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)
X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)]%Panjang sungai per segmen
y = C;
xwant = smooth(x);
ywant = smooth(y);
figure(2);
plot(xwant,ywant)
xlabel('Panjang Sungai (Km)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi COD (mg/l)')
xlabel('Panjang Sungai (Km)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi COD (mg/l)')

```

3. Pembuatan Grafik 3D Penyebaran BOD dan COD

```

clc
clear all

```

```

X = [0 2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan km
C = [2.486 2.486 2.4670 2.1933 2.2482]
x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)
X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)]
y = C;
t = [((1000*X)/0.37)/3600]
z= [t(1) t(1)+t(2) t(1)+t(2)+t(3) t(1)+t(2)+t(3)+t(4) t(1)+t(2)+t(3)+t(4)+t(5)]
%xwant = smooth(x);
%ywant = smooth(y);
figure(1);
plot3(z,y,x)
xlabel('Waktu(jam)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi BOD (mg/l)')
zlabel('Panjang Sungai(Km)')

```

```

X = [0 2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan km
C = [7.4818 7.4818 7.1746 6.6900 6.7726]%Konsentrasi COD
x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)
X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)]%Panjang sungai per segmen
y = C;
%xwant = smooth(x);
%ywant = smooth(y);
figure(2);
plot3(z,y,x)
xlabel('Waktu(jam)')
ylabel('Penyebaran Konsentrasi COD (mg/l)')
zlabel('Panjang Sungai(Km)')

```

4. Mencari Nilai *adjusted* (r^2)

```

clc
clear all
X = [0 2.079 2.035 1.988 2.272] ;%Jarak awal dengan satuan km
C = [2.486 2.486 2.4670 2.1933 2.2482]
x = [X(1) X(1)+X(2) X(1)+X(2)+X(3) X(1)+X(2)+X(3)+X(4)
X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)]
y = C;
mdl=fitlm(x,y);

```

LAMPIRAN 3
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Titik Sampel 1



Gambar 2. Titik Sampel 2



Gambar 3. Titik Sampel 3



Gambar 4. Titik Sampel 4



Gambar 5. Titik Sampel 5



Gambar 6. Titik Sampel 6



Gambar 7. Titik Sampel 7



Gambar 8. Titik Sampel 8



Gambar 9. Titik Sampel 9



Gambar 10. Titik Sampel 10



Gambar 11. Anak Sungai 1



Gambar 12. Anak Sungai 2



Gabar 13. Anak sungai 3



Gambar 14. Anak Sungai 4



Gambar 15. Anak sungai 5



Gambar 16. Wadah Sampel



Gambar 17. Alat Pengambilan Sampel



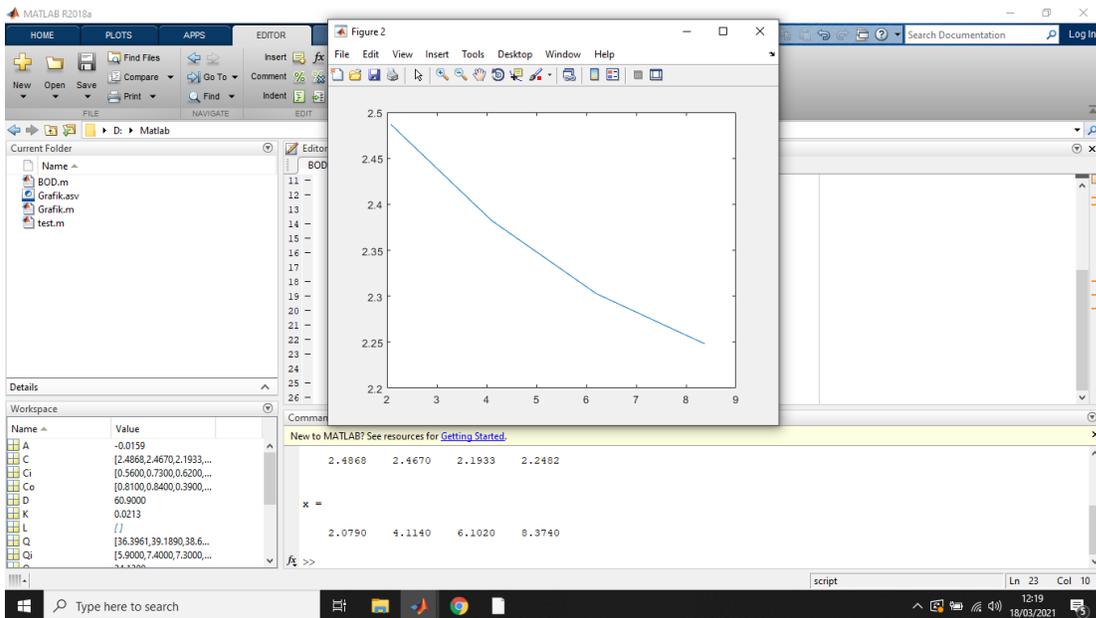
Gambar 18. Pemindahan air sampel ke wadah



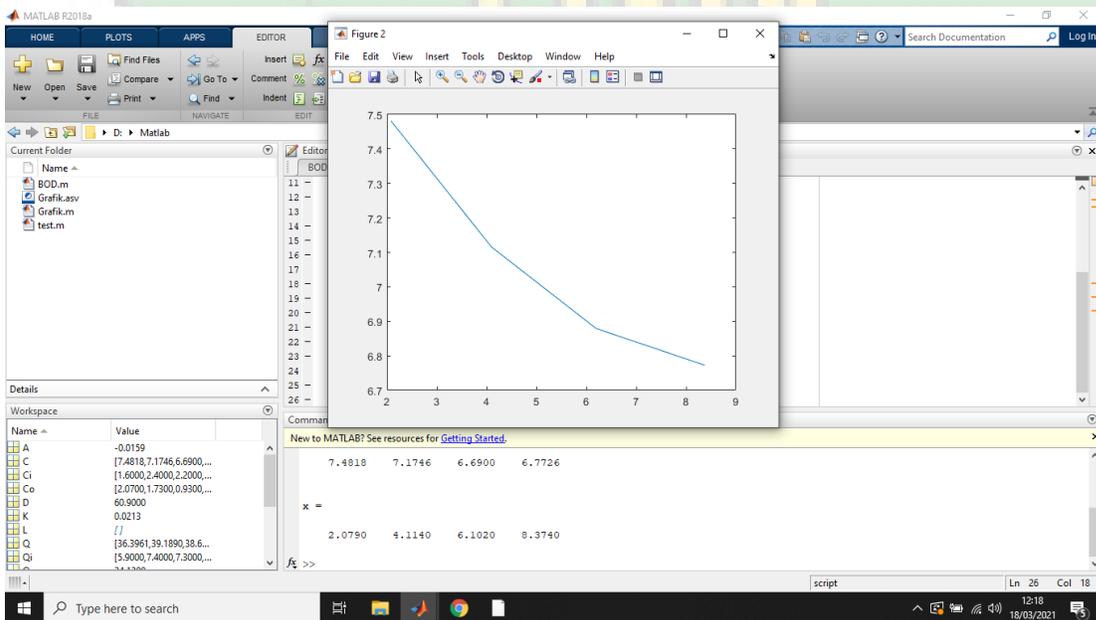
Gambar 19. Sampel Uji DO



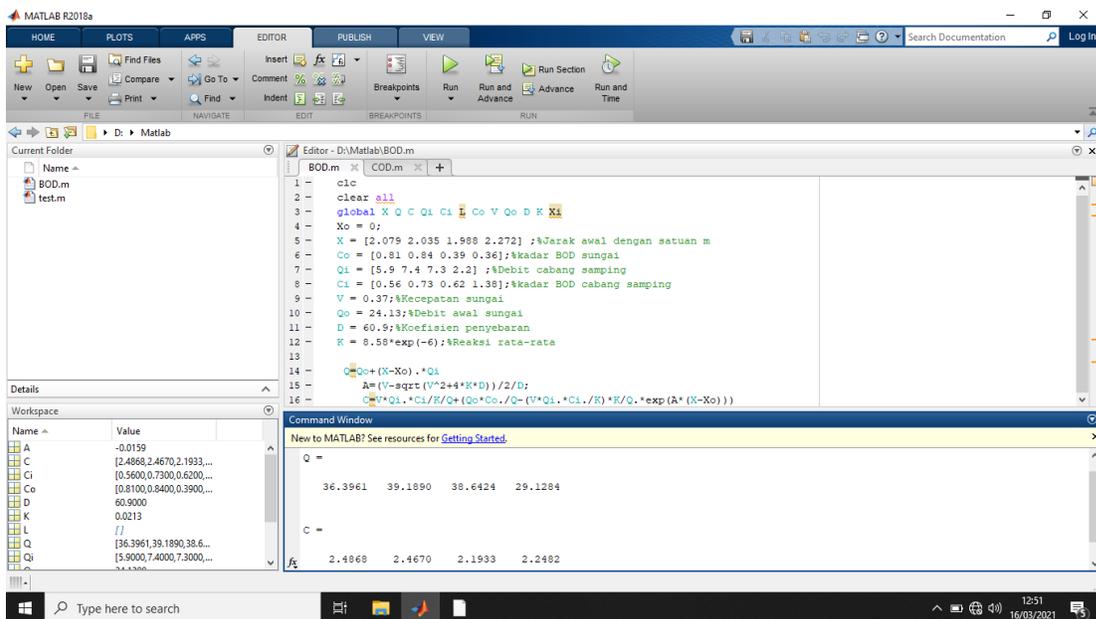
Gambar 20. Uji DO



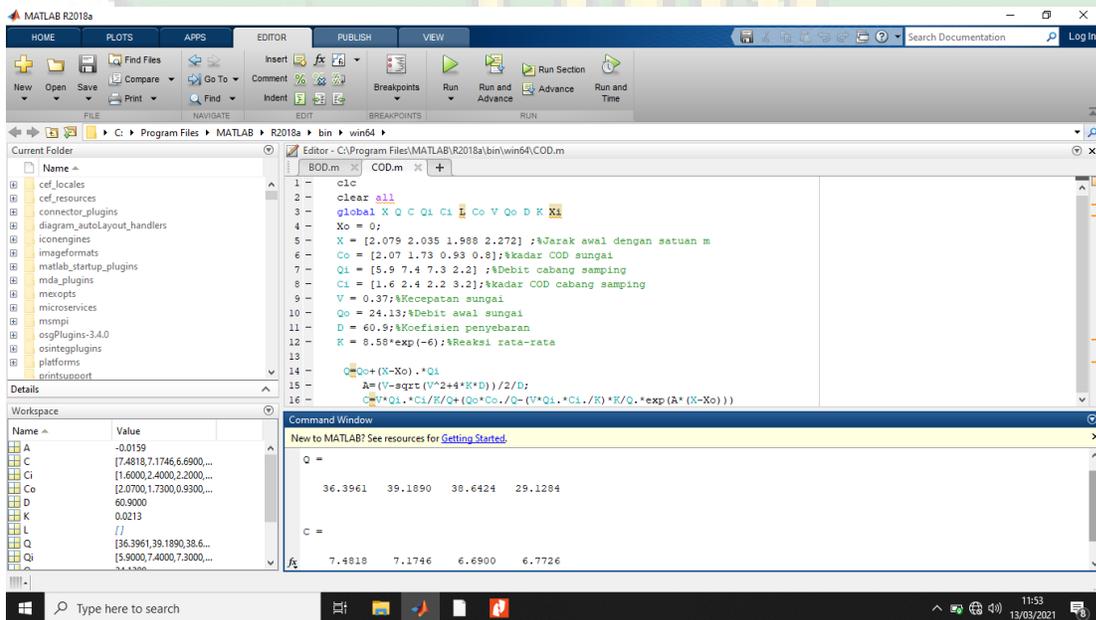
Gambar 21. Pembuatan Grafik BO



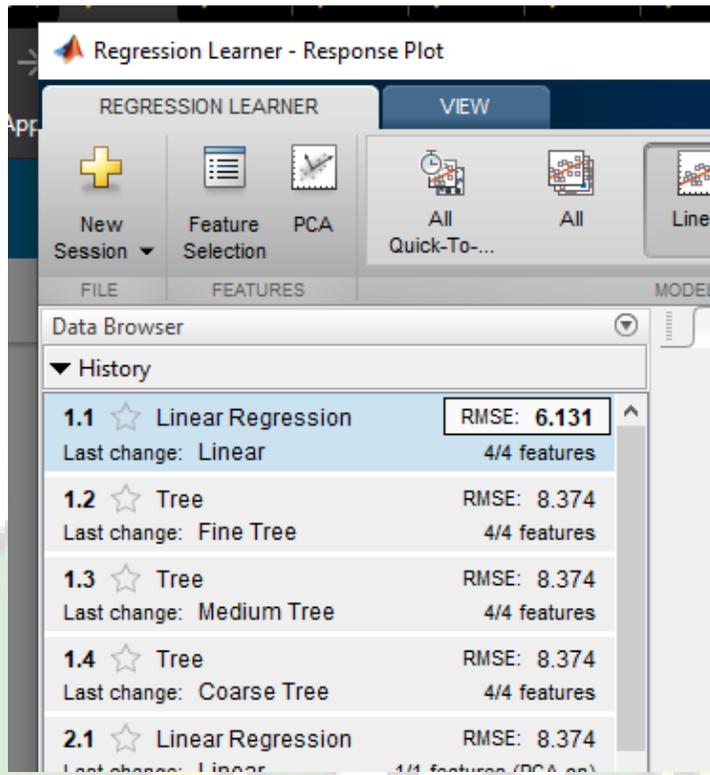
Gambar 22. Pembuatan Grafik COD



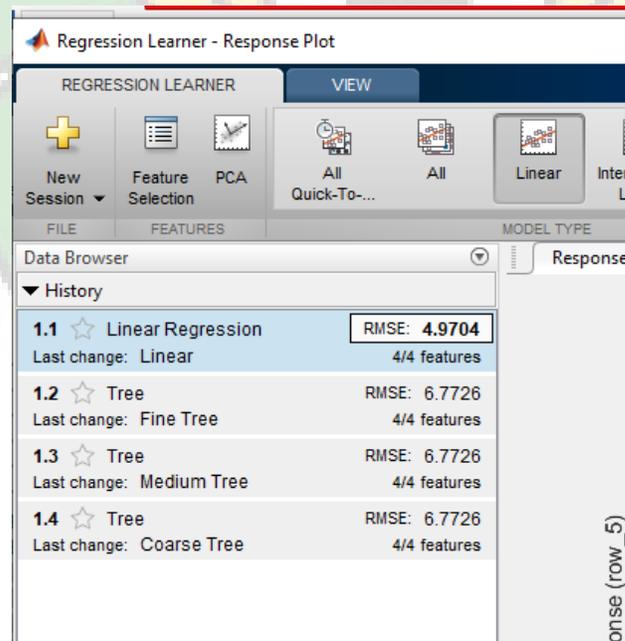
Gambar 23. Input Data untuk Penyebaran *Biological Oxygen Demand* (BOD)



Gambar 24. Input Data untuk Penyebaran *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar 25. Mencari kesesuaian yang digunakan pada Penyebaran konsentrasi BOD



Gambar 26. Mencari kesesuaian yang digunakan pada Penyebaran konsentrasi COD