

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK
DENGAN ADSORPSI MENGGUNAKAN MAGNETIT (Fe_3O_4)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**WILDA NUR FAJRI
NIM. 170702031
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN
ADSORPSI MENGGUNAKAN MAGNETIT (Fe_3O_4)**

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

Diajukan Oleh:

**WILDA NUR FAJRI
NIM. 170702031**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**

Banda Aceh, 31 Juli 2021
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901


Rizna Rahmi, M.Sc.
NIDN. 2024108402

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
NIDN. 2016067801

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN
ADSORPSI MENGGUNAKAN MAGNETIT (Fe₃O₄)**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

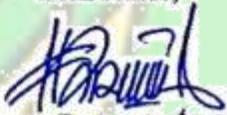
Pada Hari/Tanggal : Sabtu, 31 Juli 2021
21 Dzulhijjah 1442

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Dr. Abd Muahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901


Rizna Rahmi, M.Sc.
NIDN. 2024108402

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Irhamni, M.T.
NIDN. 0102107101


Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202

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 : Wilda Nur Fajri
NIM : 170702031
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Adsorpsi Menggunakan Magnetit (Fe_3O_4)

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, 31 Juli 2021

Yang Menyatakan,

Wilda Nur Fajri

NIM. 170702031

ABSTRAK

Nama : Wilda Nur Fajri
NIM : 170702031
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Adsorpsi Menggunakan Magnetit (Fe_3O_4)
Tanggal Sidang : 31 Juli 2021
Jumlah Halaman : 67
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Rizna Rahmi, M.Sc.
Kata Kunci : Magnetit, limbah cair domestik, adsorpsi

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia akan menyebabkan meningkatnya aktivitas domestik yang menjadi sumber pencemaran lingkungan. Limbah cair domestik di Jalan T. Iskandar, Desa Lamglumpang, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh mengandung parameter pencemar yang melebihi standar baku mutu berdasarkan parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan. Magnetit berpotensi dijadikan sebagai adsorben dalam pengolahan limbah cair domestik. Selain jumlahnya melimpah di alam, magnetit juga tidak menimbulkan dampak samping terhadap lingkungan. Namun, magnetit belum pernah diuji untuk pengolahan limbah cair domestik untuk menurunkan kadar COD, TSS, pH dan kekeruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben magnetit. Eksperimen adsorpsi dilakukan dengan variasi massa magnetit 1, 3 dan 5 gr dan waktu kontak adsorpsi 6, 8 dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa adsorben, waktu kontak dan kecepatan putar mempengaruhi efektivitas adsorpsi. Efektivitas magnetit dalam menurunkan kadar COD mencapai 90,96% pada variasi massa 5 gram dengan waktu kontak 8 jam dengan kecepatan putar 150 rpm, TSS mencapai 94,51% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm, pH mencapai 30,88% pada variasi massa 3 gram dengan 5 gram dan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm dan kekeruhan mencapai 90,39% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm. Hasil ini menunjukkan magnetit potensial digunakan dalam pengolahan limbah cair domestik.

ABSTRACT

Name : Wilda Nur Fajri
NIM : 170702031
Department : Environmental Engineering
Title : Effectiveness of Domestic Wastewater Treatment with Magnetite (Fe_3O_4) Adsorption
Date of Session : July 31, 2021
Number of pages : 67
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Advisor II : Rizna Rahmi, M.Sc.
Keywords : Magnetite, domestic wastewater, adsorption

The increase in population in Indonesia will lead to increased domestic activities which are a source of environmental pollution. Domestic wastewater on T. Iskandar Street, Lamglumpang Village, Ulee Kareng District, Banda Aceh City contains pollutant parameters that exceed quality standards based on COD, TSS, pH, and turbidity parameters. Magnetite has the potential to be used as an adsorbent in domestic wastewater treatment. In addition to being abundant in nature, magnetite also does not cause side effects on the environment. However, magnetite has never been tested for domestic wastewater treatment to reduce COD, TSS, pH, and turbidity levels. This study aims to determine the ability of magnetite adsorbents. Adsorption experiments were carried out with magnetite mass variations of 1, 3, and 5 g and adsorption contact times of 6, 8, and 10 hours with a rotating speed of 150 rpm and without stirring. The results showed that the adsorbent mass, contact time, and rotational speed affected the adsorption effectiveness. The effectiveness of magnetite in reducing COD levels reaching 90.96% at a mass variation of 5 grams with a contact time of 8 hours with a rotating speed of 150 rpm, TSS reaching 94.51% at a mass variation of 1 gram with a contact time of 10 hours with a rotating speed of 150 rpm, pH reached 30.88% in a mass variation of 3 grams with 5 grams and a contact time of 10 hours with a rotational speed of 150 rpm and turbidity reached 90.39% in a mass variation of 1 gram with a contact time of 10 hours with a rotational speed of 150 rpm. These results show that magnetite has the potential to be used in domestic wastewater treatment.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia nya yang tak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. Sholawat dan Salam semoga selalu tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, dan atas keluarga dan sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka itu hingga akhir zaman.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT tugas akhir ini dapat saya selesaikan, dengan judul **“Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Adsorpsi Menggunakan Magnetit (Fe₃O₄)”**. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Ibunda Asnariah dan Ayahanda Drs. Zamzami selaku orang tua penulis.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan.
4. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku koordinator tugas akhir dan dosen pembimbing akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Ibu Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc. selaku penguji I seminar proposal dan dosen pembimbing II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak Arief Rahman, M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan FST UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah mengizinkan menggunakan fasilitas laboratorium untuk meneliti.
8. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku penguji II yang telah banyak memberikan masukan dalam penulisan proposal.

9. Dr. Irhamni, S.T., M.T. selaku penguji I sidang munaqasyah.
10. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc. selaku penguji II sidang munaqasyah.
11. Ibu Idariani yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
12. Ibu Nurul Huda yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian dan administrasi.
13. Dan semua teman teman yang sudah mendukung dan membantu selama penyusunan tugas akhir.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis katakan terima kasih.

Banda Aceh, 31 Juli 2021
Penulis,

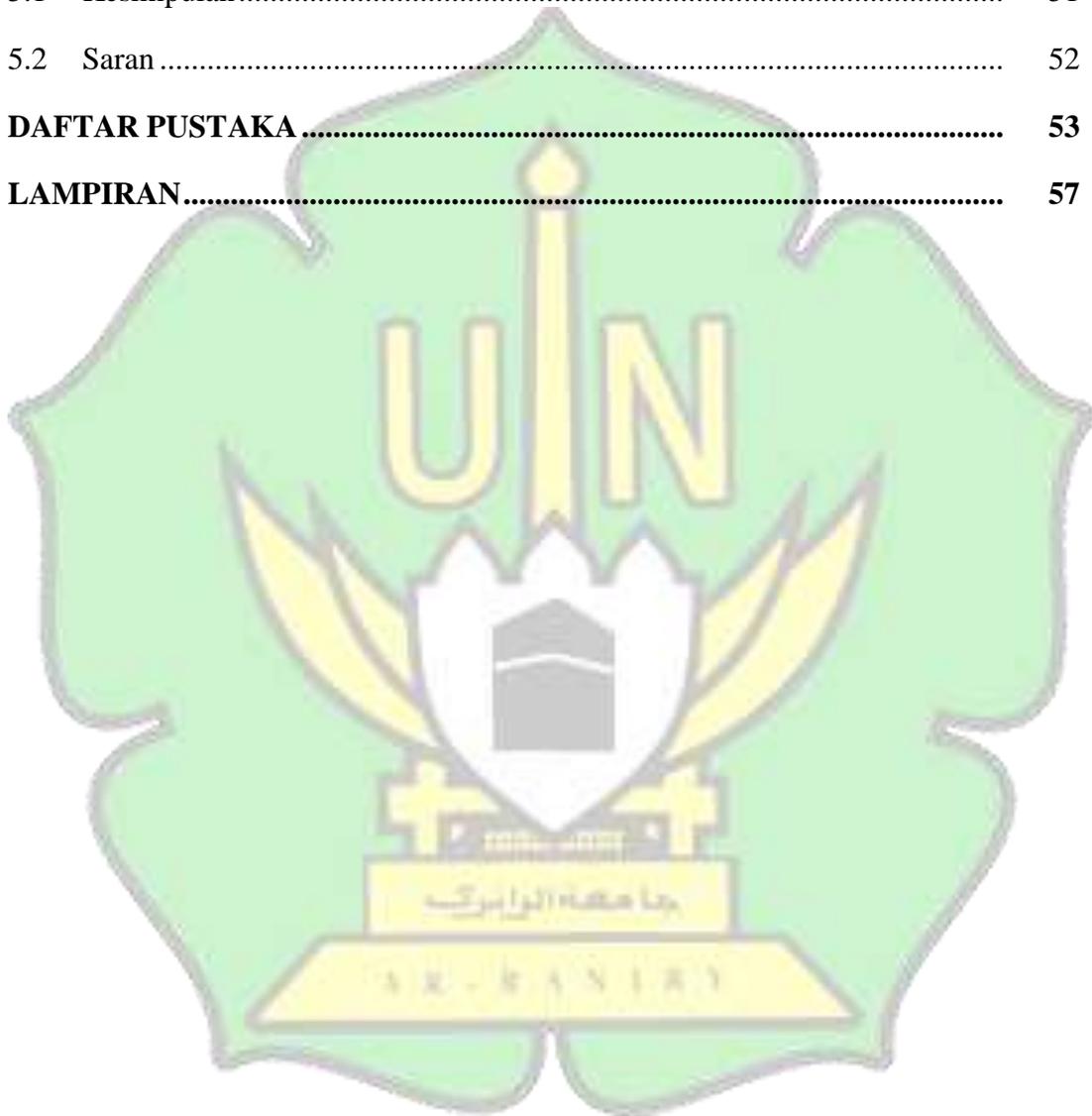
Wilda Nur Fajri

DAFTAR ISI

	Halaman
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.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Cair Domestik	6
2.2 Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	7
2.3 Pengolahan Limbah Cair Domestik.....	7
2.4 Adsorpsi.....	10
2.5 Magnetit (Fe ₃ O ₄).....	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	14
3.2 Teknik Pengambilan Sampel	15
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Eksperimen Adsorpsi Limbah Cair Domestik	17
3.4.1 Alat dan bahan	17
3.4.2 Prosedur eksperimen	17
3.5 Analisis Data	19
3.5.1 Menentukan persamaan parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	19
3.5.2 Menentukan persamaan parameter COD	19
3.5.3 Menentukan persamaan parameter kekeruhan	19
3.5.4 Analisis kapasitas adsorpsi	19
3.5.5 Pengukuran efektivitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan	19
3.6 Kinetika Adsorpsi	20
3.7 Analisis Statistik SPSS	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Eksperimen Adsorpsi	23
4.2 Pembahasan	26
4.2.1 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter COD	26
4.2.2 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter TSS	29
4.2.3 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penetralan parameter pH	32

4.2.4 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter kekeruhan	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57



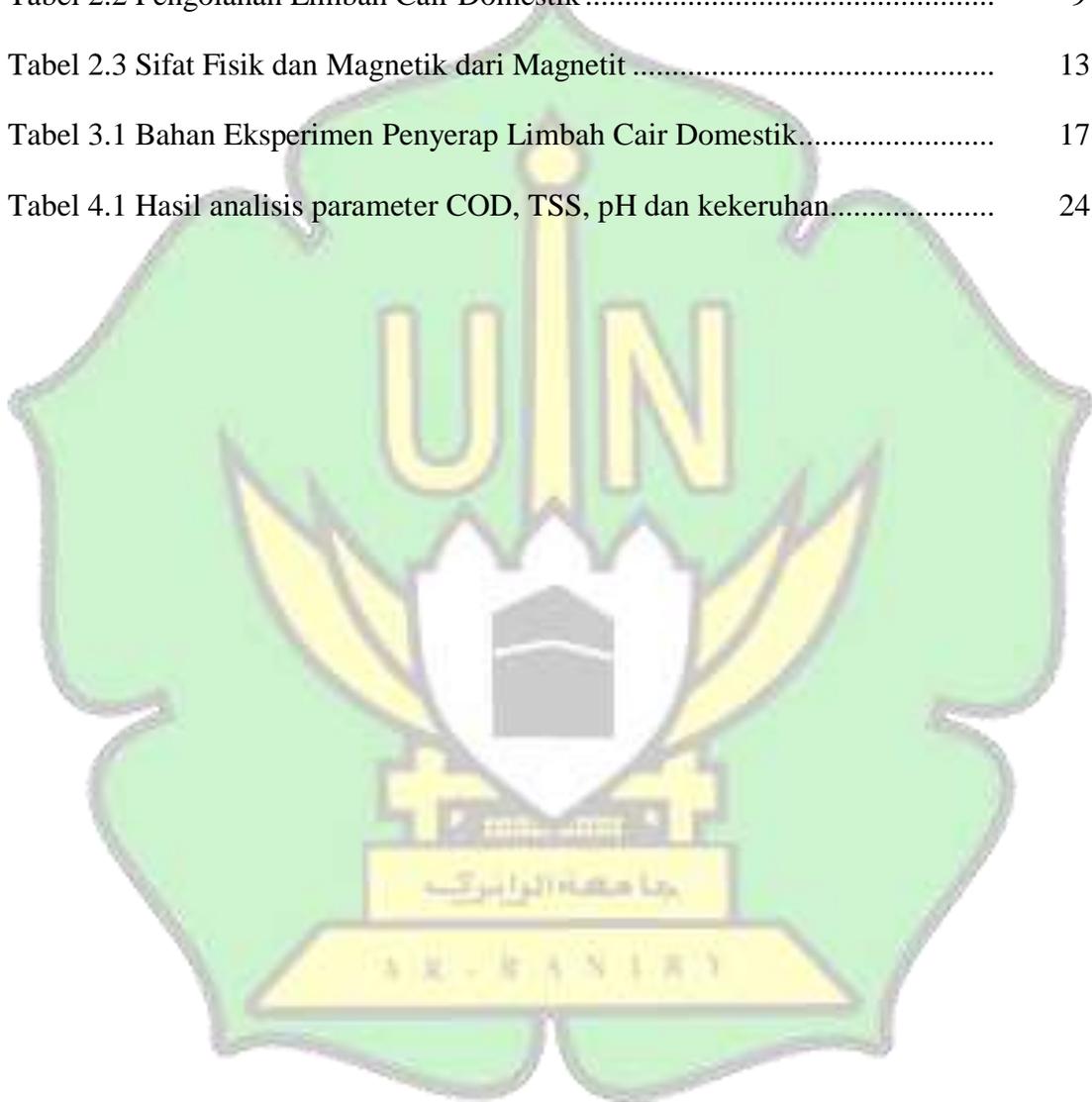
DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Mineral magnetit	12
Gambar 2.2 Struktur kristal magnetit.....	13
Gambar 3.1 Informasi peta lokasi pengambilan sampel	14
Gambar 3.2 Pengambilan sampel limbah cair domestik.....	16
Gambar 3.3 Sampel limbah cair domestik	16
Gambar 3.4 Serbuk magnetit.....	18
Gambar 3.5 Proses adsorpsi menggunakan flokulator	18
Gambar 4.1 Penampakan fisik limbah cair domestik.....	26
Gambar 4.2 Grafik penurunan kadar COD terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.....	29
Gambar 4.3 Grafik penurunan kadar COD terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan	29
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Kadar TSS Terhadap Massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.....	31
Gambar 4.5 Grafik penurunan kadar TSS terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan	31

Gambar 4.6 Grafik Penurunan Kadar pH Terhadap Massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.....	33
Gambar 4.7 Grafik penurunan kadar pH terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan	33
Gambar 4.8 Grafik Penurunan kadar kekeruhan Terhadap Massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm	35
Gambar 4.9 Grafik penurunan kadar kekeruhan terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan	36
Gambar 4.10 Grafik kinetika adsorpsi COD orde 0.....	38
Gambar 4.11 Grafik kinetika adsorpsi COD orde 1.....	38
Gambar 4.12 Grafik kinetika adsorpsi TSS orde 0	40
Gambar 4.13 Grafik kinetika adsorpsi TSS orde 1	41
Gambar 4.14 Grafik kinetika adsorpsi kekeruhan orde 0	43
Gambar 4.15 Grafik kinetika adsorpsi kekeruhan orde 1	44
Gambar 4.16 Grafik pemodelan kinetika penurunan COD.....	46
Gambar 4.17 Grafik Pemodelan Kinetika Penurunan TSS.....	48
Gambar 4.18 Grafik pemodelan kinetika penurunan kekeruhan	49

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1. Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
Tabel 2.2 Pengolahan Limbah Cair Domestik	9
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Magnetik dari Magnetit	13
Tabel 3.1 Bahan Eksperimen Penyerap Limbah Cair Domestik.....	17
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan.....	24



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk terbanyak dan meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (2021), jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2018 mencapai 265.015,3 jiwa, tahun 2019 mencapai 268.074,6 jiwa dan tahun 2020 mencapai 270.203,9 jiwa. Peningkatan jumlah penduduk ini akan menyebabkan meningkatnya aktivitas domestik yang menjadi salah satu sumber pencemaran lingkungan. Saat ini pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair domestik menunjukkan tingkat yang sangat mengkhawatirkan, karena pembuangan limbah cair domestik ke badan air tidak ditangani dengan baik. Beberapa dampak yang timbul akibat adanya pencemaran limbah cair domestik yaitu penurunan daya dukung air permukaan, pencemaran badan air, penyebaran wabah penyakit, pencemaran tanah, eutrofikasi, pendangkalan pada muara sungai, perubahan ekosistem badan air permukaan, rusaknya rantai makanan, matinya biota air, serta rusaknya ekosistem perairan (Kholif, 2020).

Limbah cair domestik bersumber dari kegiatan dapur, toilet, kamar mandi, pembersihan lantai, dan penatu. Limbah cair domestik memiliki karakteristik yang cukup kompleks dibandingkan limbah cair lainnya. Karakteristik limbah cair domestik terdiri dari tiga komponen utama yaitu karakteristik fisika, kimia dan biologi. Karakteristik tersebut mempunyai nilai ambang batas yang berbeda sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Suprihatin dan Suparno, 2013). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang baku mutu air limbah domestik, parameter kunci untuk limbah cair domestik adalah *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), *total suspended solid* (TSS), derajat keasaman (pH), minyak dan lemak, amoniak, dan total *coliform*. Pembuangan limbah cair

dengan kandungan beban COD dan BOD yang lebih tinggi dari 200 mg/liter akan menyebabkan turunnya kandungan oksigen di dalam air. Kondisi tersebut akan berdampak terhadap kehidupan biota yang hidupnya bergantung pada oksigen terlarut. Selain itu, kandungan BOD dan COD dalam air yang melebihi 18 jam akan menyebabkan timbulnya bau dan kematian biota air karena terjadinya degradasi secara *anaerob*. Kondisi tersebut akan menyebabkan berkurangnya potensi yang dapat digali dari sumber daya alam badan air (Kodatie dan Sjarief, 2010).

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair domestik adalah dengan proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses yang bertujuan untuk menyisihkan serta mengikat komponen tertentu yang terdapat pada suatu larutan menggunakan adsorben (Saptati dan Himma, 2018). Pada umumnya, adsorben yang sering digunakan adalah alumina, karbon aktif, *silica gel*, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik namun tidak ekonomis. Selain itu, dalam pembuatan karbon aktif membutuhkan bahan kimia dan energi yang tinggi. Hal ini tentu akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif dari alam, dimana selain memiliki adsorpsi yang baik juga ekonomis. Salah satu alternatif adsorben yang keberadaannya melimpah di alam dan juga tidak memberikan dampak samping terhadap lingkungan adalah magnetit (Fe_3O_4). Magnetit dikenal dengan *black iron oxide* dan *magnetic iron ore* adalah material yang berwarna hitam yang memiliki sifat magnetik kuat sehingga membuat permukaan magnetit bersifat reaktif dan memiliki luas permukaan yang besar. Magnetit memiliki keunggulan dibandingkan senyawa mineral lainnya. Sifat magnetik ini menjadikan magnetit lebih unggul dibandingkan senyawa lain. Pengaplikasian magnetit dalam dapat menjadi alternatif yang dapat digunakan dalam mengatasi persoalan lingkungan (Pratiwi dkk., 2017)

Limbah cair domestik merupakan salah satu sumber pencemar dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Tingginya kandungan organik akan meningkatkan pencemaran pada badan air penerima. *Grey water* yang merupakan limbah yang bersumber dari buangan dapur dan kamar mandi sebagian besar

merupakan bahan organik (Amri dan Wesen, 2015). Kandungan organik terdiri dari karbon (C_4^-), hidrogen (H^+), oksigen (O_2^-), nitrogen (N_3^-), fosfor (P_3^-), dan sulfur (S_2^-) (Siregar, 2005). Limbah cair yang memiliki $pH < 6,5$ magnetit cenderung bermuatan positif yang membentuk $FeOH_2^+$ yang dapat mengikat kandungan organik yang bermuatan negatif seperti karbon, oksigen, nitrogen, fosfor, dan sulfur. Sedangkan pada $pH > 6,5$ magnetit cenderung bermuatan negatif membentuk FeO^- yang dapat mengikat kandungan organik yang bermuatan positif seperti hidrogen (Agnestisia, 2017). Berdasarkan karakteristik dan kemampuan tersebut, magnetit berpotensi digunakan dalam penyisihan kandungan organik pada limbah domestik dengan proses adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, magnetit berpotensi dijadikan sebagai adsorben dalam pengolahan limbah cair domestik. Selain jumlahnya melimpah di alam, magnetit juga tidak menimbulkan dampak samping terhadap lingkungan. Namun, magnetit belum pernah diuji untuk pengolahan limbah cair domestik untuk menurunkan kadar COD, TSS, pH dan kekeruhan. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter COD berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak?
2. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter TSS berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak?
3. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam menetralkan parameter pH berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak?

4. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter kekeruhan berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter COD berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.
2. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter TSS berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.
3. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam menormalkan parameter pH berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.
4. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter kekeruhan berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam pengembangan magnetit yang dapat digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi untuk mereduksi parameter-parameter pencemar yang terkandung di dalam limbah cair domestik. Adsorpsi menggunakan magnetit dalam pengolahan limbah domestik diterapkan guna memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga dapat mencegah kerusakan terhadap lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Efektivitas adsorpsi magnetit dipengaruhi oleh suhu, pH limbah, massa adsorben, waktu kontak, dan kecepatan putar. Namun pada penelitian ini hanya menguji pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.
2. Parameter air limbah domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 terdiri dari BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, amoniak, dan total *coliform*. Namun, dalam penelitian ini hanya menguji COD, TSS, pH dan kekeruhan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair didefinisikan cairan yang dihasilkan dari proses produksi atau kegiatan. Pembuangan limbah cair langsung ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan membahayakan karena adanya bahan-bahan berbahaya yang terkandung dalam limbah cair. Pada dasarnya, limbah cair mengandung banyak polutan. Polutan yang terkandung dalam limbah cair terdiri dari substansi terlarut yang mencakup bahan organik. Selain itu limbah cair mengandung koloid serta padatan tersuspensi.

Limbah cair domestik didefinisikan air yang telah digunakan yang bersumber dari aktivitas rumah tangga ataupun pemukiman. Limbah cair domestik dapat berupa air buangan yang bersumber dari kamar mandi, WC (*water closet*), tempat memasak, hingga tempat mencuci. Kandungan limbah cair domestik terdiri dari air sebesar 99% dan zat padat sebesar 0,1%. Zat pada terdiri dari protein sebesar 85%, karbohidrat sebesar 25%, lemak sebesar 10% dan sisanya zat anorganik yang terdiri dari logam, garam, dan butiran pasir (Zahidah dkk., 2013). Pada umumnya kuantitas limbah cair domestik antara 50-70% dari rata-rata penggunaan air bersih. Volume limbah cair domestik bervariasi setiap daerah perumahan yaitu 200 hingga 400 liter per orang per hari (Harahap dkk., 2020)

Berdasarkan karakteristik, limbah cair domestik dikategorikan menjadi dua, yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* adalah limbah yang bersumber dari toilet dan memiliki komposisi yang berupa feses dan urin. Pada umumnya 20% dari volume limbah cair domestik terdiri dari *black water*. Sedangkan limbah cair domestik yang pengalirannya bukan melalui toilet disebut dengan *grey water*, seperti air bekas mandi, bekas cucian pakaian, dan air bekas cucian dapur. Sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik akan menjadi bagian dari *grey water* (Aji dan Marleni, 2017).

2.2 Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang baku mutu air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1. Standar baku mutu air limbah domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
<i>Total coliform</i>	Jumlah/100ml	3000

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan republik Indonesia Nomor: P. 68 tahun 2016.

2.3 Pengolahan Limbah Cair Domestik

Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah cair perlu dilakukan pengolahan untuk menghilangkan atau mengurangi zat-zat pencemar sesuai dengan baku mutu sehingga aman dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah cair juga bertujuan untuk mengurangi BOD, COD, TSS, serta membunuh organisme patogen. Secara umum, terdapat tiga cara pengolahan limbah cair domestik, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologis. Pengolahan secara kimia terjadi perubahan kimia dari suatu zat menjadi zat yang berbeda. Pengolahan secara fisika terjadi perubahan pada bentuk fisik namun tidak terjadi perubahan pada zatnya. Pengolahan secara biologis memanfaatkan mikroorganisme untuk menghilangkan zat pencemar. Istilah unit operasi umumnya digunakan untuk pengolahan secara fisika sedangkan secara kimia dan biologi, digunakan istilah unit proses (Saptati dan Himma, 2018).

Metode pengolahan limbah cair domestik dapat dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi adalah teknologi yang digunakan untuk mengolah limbah dengan cara mencampurkan bahan koagulan dengan pengadukan secara cepat untuk menstabilkan koloid dan solid tersuspensi yang halus pada masa inti partikel yang kemudian akan membentuk mikro flok. Flokulasi adalah proses pengadukan secara perlahan terhadap mikro flok yang menghasilkan flok yang besar kemudian mengendap secara cepat (Kholif, 2020).

2. Bioremediasi

Bioremediasi adalah metode bioteknologi yang bersifat ramah lingkungan dan hemat biaya, dengan dasar proses biodegradasi yang terjadi karena adanya peran enzim mikroorganisme (Eticha, 2020).

3. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah proses menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan mengendapkan polutan organik maupun logam berat menggunakan tanaman (Nurtjahya dkk, 2020).

4. Filtrasi

Proses filtrasi dapat dideskripsikan melalui perubahan konsentrasi padatan tersuspensi dalam efluen filter, perubahan endapan dalam medium filter, dan kehilangan tekanan akibat endapan dalam filter *bed*. Efek filtrasi dibedakan menjadi dua, yaitu transport dan pengendapan/penempelan. Transport bergantung pada proses-proses hidrodinamika dan proses fisika. Pengendapan/penempelan partikel pada butiran media filter terjadi akibat mekanisme *van der Waal*, reaksi kimia, reaksi biologis dan daya elektrokimia (adsorpsi) (Suprihatin dan Suparno, 2013).

Pengolahan limbah cair domestik dengan berbagai metode yang telah dilakukan diuraikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Penelitian Terkait Pengolahan Limbah Cair Domestik

No	Metode Pengolahan	Media Pengolahan	Hasil Pengolahan	Penulis
1	Fitoremediasi	Tanaman Kiambang	Fitoremediasi menggunakan tanaman kiambang dapat mereduksi amoniak hingga 100%, BOD hingga 50,15% dan COD hingga 58%.	Hibatullah, 2019
2	Fitoremediasi	Tanaman Eceng Gondok dan Lembang	Fitoremediasi dengan tanaman Eceng Gondok dan Lembang dapat menurunkan kekeruhan sebesar 92%, TSS sebesar 18%, BOD sebesar 84%, dan COD sebesar 74%	Novita dkk., 2020
3	Bioremediasi	Microorganism-4 (EM4) secara anaerob-aerob	Bioremediasi menggunakan em4 dapat menurunkan BOD sebesar 48,98% pada konsentrasi 1/10 dan 37,33% pada konsentrasi 1/20 dan COD sebesar 61,83% pada konsentrasi 1/10 dan 34,98% pada konsentrasi 1/20.	Deffy, 2020
4	Filtrasi	Arang aktif tempurung kepala, zeolit, pasir silika, antrasit, ferolit, kerikil kecil, ijuk, pasir biasa, dan arang biasa.	Filtasi dengan menggunakan multimedia efektif menurunkan pH sebesar 22,2%, TDS sebesar 21,5% dan konduktansi sebesar 15,1%.	Tumimomom r dkk., 2020

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan unit operasi fisika atau unit proses kimia. Adsorpsi adalah proses pengikatan ion-ion bebas oleh adsorben di dalam air (Kusnaedi, 2010). Pada proses pengolahan limbah cair, adsorpsi adalah proses yang bertujuan untuk menghilangkan zat terlarut dalam jumlah banyak maupun tunggal. Mekanisme adsorpsi menyisihkan ion-ion dalam permukaan padat. Pada proses adsorpsi terdapat dua zat yang berinteraksi, yaitu adsorben dan adsorbat. Zat yang mengadsorpsi disebut dengan adsorben, sedangkan zat yang diadsorpsi disebut dengan adsorbat.

Berdasarkan kekuatan interaksi antara adsorbat dan adsorben, adsorpsi dikategorikan dalam dua macam, yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Pada adsorpsi fisik, terjadinya gaya *Van der Waals* yang merupakan hasil dari gaya intermolekular antara adsorben dan adsorbat (Widi, 2018). Apabila senyawa terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media penyerap yang membentuk ikatan kimia maka akan terjadinya adsorpsi kimia (Muchlisiyah dkk., 2017).

Menurut Botahala (2019) beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, diantaranya:

1. Ukuran Partikel Adsorben

Semakin kecil ukuran partikel maka memberikan tingkat adsorpsi yang lebih tinggi. Proses adsorpsi akan berlangsung semakin cepat apabila adsorben memiliki ukuran yang semakin kecil. Hal ini serupa dengan penelitian Suziyana dkk. (2017) yang memaparkan pengaruh ukuran partikel terhadap penyisihan logam Fe. Efisiensi penyisihan kandungan Fe terendah adalah pada ukuran 100 mesh dan efisiensi tertinggi adalah pada ukuran 200 mesh. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter adsorben, maka luas permukaan kontak adsorben dengan logam akan semakin besar. Selain itu, luas permukaan juga berbanding lurus dengan banyak pori yang dimiliki per satuan partikel adsorben.

2. Waktu Kontak

Waktu yang digunakan untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan adsorbat oleh adsorben disebut dengan waktu kontak. Waktu kontak dalam proses adsorpsi berlangsung beberapa menit hingga beberapa jam. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat memiliki batas waktu optimum yang meningkatkan daya serap dari adsorben. Berdasarkan penelitian Simanjuntak (2017), semakin lama waktu kontak maka proses adsorpsi zat warna metilen biru akan semakin efektif. Kapasitas adsorpsi sangat dipengaruhi oleh waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, semakin lama waktu kontak maka kapasitas adsorpsi juga akan meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak maka semakin banyak partikel-partikel yang bertumbukan dan berinteraksi dengan larutan sampel sehingga adsorpsi semakin baik.

3. Massa Adsorben

Berdasarkan penelitian Suziyana dkk. (2017), massa adsorben berpengaruh terhadap efektivitas adsorpsi. Semakin banyak adsorben yang digunakan, maka semakin tinggi efisiensi penurunan kadar adsorbat. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya massa adsorben, maka luas permukaan adsorben lebih banyak tersedia sehingga terjadi peningkatan bidang aktif pada adsorben.

4. Kecepatan Pengadukan

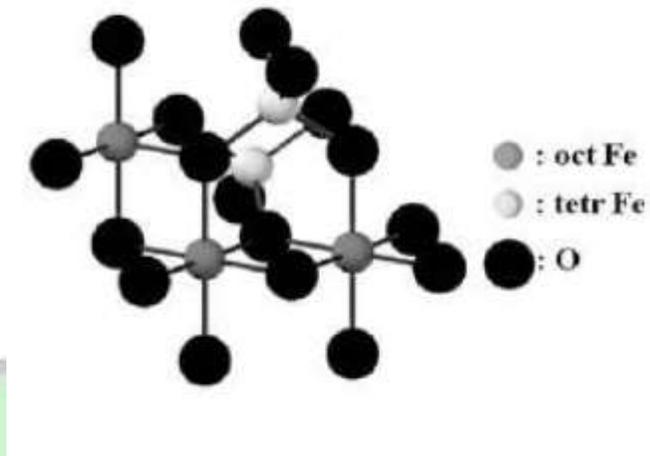
Kecepatan putar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Jika pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, namun jika pengadukan terlalu cepat maka kemungkinan adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Syauqiah dkk., 2011). Hal ini serupa dengan penelitian Simanjuntak (2017) yang menyatakan semakin cepat kecepatan putar maka proses adsorpsi zat warna metilen biru dengan adsorben karbon aktif semakin efektif. Hal ini disebabkan semakin besar pengadukan maka lapisan film semakin tipis sehingga kecepatan adsorpsi secara keseluruhan akan menjadi lebih cepat.

2.5 Magnetit (Fe_3O_4)

Magnetit adalah salah satu oksida besi yang memiliki rumus kimia Fe_3O_4 atau sering ditulis dalam bentuk $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$. Material ini terbentuk secara alamiah dan berbentuk teratur (kristal). Magnetit mengadopsi bangun spinel terbalik, yaitu setengah jumlah ion Fe^{3+} menempati rongga tetrahedron dan setengah yang lain menempati rongga oktahedron dan semua ion Fe^{2+} menempati rongga oktahedron dari suatu tatanan kubus rapat muka (fcc) ion O^{2-} (Sugiyarto, 2003). Magnetit merupakan mineral yang paling banyak memiliki sifat magnet daripada semua mineral alam di bumi. Magnetit berwarna hitam dan abu-abu sedikit coklat jika direfleksikan pada matahari. Bentuk perawakan magnetik berupa oktahedral, granular halus sampai besar dan memiliki berat jenis 5500 sampai 6500 kg/m^3 (Khairil, 2019). Bentuk fisik magnetit dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan struktur kristal magnetit dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sedangkan sifat fisik dan magnetit dari magnetit dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 2.1 Mineral magnetit (Sumber : Khairil, 2019)



Gambar 2.2 Struktur kristal magnetit (Sumber : Maylani, 2015)

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Magnetik dari Magnetit

Sifat	Magnetit
Rumus molekul	Fe_3O_4
Densitas (g/cm^3)	5,18
Titik leleh ($^{\circ}\text{C}$)	1583-1597
pH	5.5
Sifat kemagnetan	Ferromagnetik
Struktur kristal	Kubus
Tipe struktur	Spinel terbalik
Gugus ruang	$\text{Fd}3\text{m}$
Parameter kisi	$\alpha = 0,8396$

Magnetit akan bersifat ferrimagnetik pada ukuran *bulk*. *Bulk* didefinisikan magnetit dalam ukuran besar. (Permana dkk., 2017). Magnetit telah diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti biomedis, adsorben, katalis, perangkat penyimpanan yang bersifat magnetis, dan sistem pendingin magnet (Tan dan Bakar, 2006). Pada proses adsorpsi, magnetit berperan sebagai adsorben untuk menyerap zat pencemar yang terkandung dalam limbah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2021. Titik pengambilan sampel pada penelitian ini adalah limbah domestik pada *drainase* utama yang berada di Jalan Teuku Iskandar, Desa Lamglumpang, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Titik pengambilan sampel berada pada $5^{\circ}33'05.88''$ dan $95^{\circ}21'09.35''$. Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh masyarakat desa tersebut langsung mengalirkan limbah menuju *drainase* yang selanjutnya mengalir ke badan air penerima. Hasil uji pendahuluan menunjukkan limbah cair domestik yang dialirkan menuju *drainase* melebihi standar baku mutu. Kadar COD yang diperoleh adalah sebesar 415 mg/L, TSS sebesar 328 mg/L, pH sebesar 4,7 dan kekeruhan sebesar 619 NTU. Eksperimen adsorpsi magnetit untuk mereduksi parameter COD, TSS, pH, dan kekeruhan pada limbah domestik dilakukan di Laboratorium Multifungsi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.



Gambar 3.1 Informasi peta lokasi pengambilan sampel

3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik grab sampling atau sesaat. Sampel diambil pada saluran sebelum masuk ke perairan (SNI 6989.59:2008) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel diambil langsung dari pembuangan akhir limbah cair domestik yang berada di Jalan Teuku Iskandar, Desa Lamglumpang, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada 01 Juni 2021 pukul 08.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan intensitas aktivitas mulai dari memasak, mencuci, mandi, dan aktivitas rumah tangga lainnya.
2. Sampel diambil menggunakan gayung bertangkai dan dimasukkan ke dalam wadah atau drum dengan kapasitas 500 ml dengan ketentuan sesuai (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut. Sampel pada Jalan T. Iskandar diambil sebanyak 20 liter.
 - a. Tidak terbuat dari bahan yang mempengaruhi sifat
 - b. Dapat dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah
 - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa
 - d. Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya
 - e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian

Pengambilan sampel dengan teknik grab samping dan gambar sampel yang akan dilakukan proses adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Gambar 3.2 Pengambilan sampel limbah cair domestik



Gambar 3.3 Sampel limbah cair domestik

3.3 Metode Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dan menggunakan pendekatan *True Experiment*. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian berdasarkan kaidah ilmiah, penelitian ini untuk mengetahui kandungan COD, TSS, pH dan kekeruhan yang terdapat dalam limbah cair domestik sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan magnetit. Pendekatan *true experiment* pengerjaannya menggunakan

skala laboratorium untuk menguji variabel yang telah direayasa serta mengamati pengaruh antara dua variabel dengan menggunakan variabel kontrol. Penelitian ini menggunakan beberapa tahap yaitu tahap adsorpsi limbah cair domestik menggunakan magnetit, penentuan kondisi optimum dalam penyerapan COD, TSS, pH dan kekeruhan.

3.4 Eksperimen Adsorpsi Limbah Cair Domestik

3.4.1 Alat dan bahan

Bahan eksperimen penyerapan limbah cair domestik ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bahan eksperimen penyerap limbah cair domestik

No	Bahan	Besar	Satuan
1	Serbuk Magnetit	27	gr
2	Limbah Cair Domestik	19	liter
3	Neraca Analitik	1	-
4	Cawan Petri	1	-
5	Gelas Kimia 1 liter	19	-
6	Flokulator	1	-

3.4.2 Prosedur eksperimen

Tahapan eksperimen adsorpsi limbah cair domestik adalah sebagai berikut:

1. Serbuk magnetit ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 1 gram kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass dengan ukuran 1 L. Kemudian ditambahkan sampel limbah domestik volume campuran menjadi 1 L. Selanjutnya, campuran diaduk menggunakan flokulator dengan kecepatan 150 rpm selama 6 jam.
2. Prosedur 1 diulangi untuk massa magnetit 3 gram dan 5 gram.
3. Prosedur 1 dan 2 diulangi untuk waktu kontak 8 jam dan 10 jam.

4. Setelah digunakan dalam proses adsorpsi, larutan diendapkan selama 4 jam agar limbah dan adsorben dapat dipisahkan.
5. Sampel pada masing-masing perlakuan diambil dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam botol dengan ukuran 10 ml.
6. Untuk mengamati proses sedimentasi, limbah cair domestik tanpa adsorben sebanyak 1 L didiamkan selama 48 jam. Selanjutnya limbah cair domestik diambil dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam botol dengan ukuran 10 ml.



Gambar 3.4 Serbuk magnetit



Gambar 3.5 Proses adsorpsi menggunakan flokulator

3.5 Analisis Data

3.5.1 Menentukan persamaan parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

Untuk menghitung parameter TSS maka dilakukan Persamaan 3.1:

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{A-B \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}}, \quad (3.1)$$

A adalah berat kertas saring ditambah dengan residu kering (mg), dan B adalah berat kertas saring (mg).

3.5.2 Menentukan persamaan parameter COD

Untuk menghitung parameter COD maka dilakukan Persamaan 3.2:

$$\text{COD mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{\text{ml contoh uji}}, \quad (3.2)$$

dengan A merupakan volume dari larutan FAS yang diperlukan untuk blanko (mL), B merupakan volume dari larutan FAS yang diperlukan untuk contoh uji (mL), dan M merupakan molaritas larutan FAS dan 8000 adalah berat miliequivalet oksigen x 1000 mL/L.

3.5.3 Menentukan parameter kekeruhan

Untuk menentukan parameter kekeruhan, digunakan Persamaan 3.3:

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp \quad (3.3)$$

A merupakan contoh yang diencerkan dan fp merupakan faktor pengenceran

3.5.4 Analisis kapasitas adsorpsi

Untuk menganalisis kapasitas adsorpsi, digunakan Persamaan 3.4:

$$Q = \frac{C_0 - C_1}{w} \times V \quad (3.4)$$

dengan Q adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_0 adalah konsentrasi mula-mula (mg/L), C_1 adalah konsentrasi setelah pengolahan (mg/L), w adalah massa adsorben (g), dan V adalah volume larutan (L).

3.5.5 Pengukuran efektivitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan

Pengukuran dari efektivitas COD, TSS, pH, dan kekeruhan dilakukan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \times 100 \%, \quad (3.5)$$

dengan A_0 adalah kadar pencemar sebelum dilakukan pengolahan, dan A_n adalah kadar pencemar setelah dilakukan pengolahan. Dari persamaan ini maka didapatkan efektivitas parameter uji air sehingga pengujian dapat dibandingkan dengan kadar pencemar sebelum dilakukan pengolahan dan setelah dilakukanya pengolahan.

3.6 Kinetika Adsorpsi

Analisis data selanjutnya yaitu uji kinetika menggunakan kinetika laju reaksi orde 0 dan orde 1. Analisa orde 0 dan orde 1 digunakan untuk melihat perbandingan kinetika laju reaksi yang paling efektif. Orde 1 dilihat dari nilai korelasi hasil uji mencapai $k = 0,9$ yang maknanya laju reaksi ini bergantung pada konsentrasi reaktan dipangkatkan dengan satu atau laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi (Rambe, 2015). Sehingga uji kinetika laju reaksi orde 1 dihitung dengan persamaan 3.6:

$$\frac{\Delta C}{\Delta t} = k (C_0 - C_t), \quad (3.6)$$

dengan nilai t adalah waktu, C_t adalah konsentrasi terdegradasi (COD, TSS, dan kekeruhan) pada waktu (t), C_0 adalah konsentrasi terdegradasi (COD, TSS, dan kekeruhan) pada waktu (0), k koefisien kecepatan reaksi degradasi.

Sedangkan orde 0 dilihat dari besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi oleh berapapun peningkatan konsentrasi pereaksi tidak akan mempengaruhi besarnya laju reaksi (Hajar, 2016). Persamaan linear orde reaksi 0 dihitung dengan rumus sebagai berikut 3.7:

$$C_A = C_{A0} - kt, \quad (3.7)$$

dengan nilai k orde 0 didapatkan dengan memplotkan t (waktu) dengan C_t adalah kadar pada tiap waktu reaksi.

Setelah diketahui penentuan orde yang paling efektif maka dilakukan pemodelan, tujuan dilakukan pemodelan untuk menentukan model kinetik mana dalam literatur yang paling sesuai dengan data yang diperoleh dalam penelitian. Data

yang digunakan untuk model ini didasarkan pada penghilangan kontaminan dari adsorpsi magnetit yang dianalisis turbidimeter, COD meter dan vakum filtrasi.

3.7 Analisis Statistik SPSS

SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) adalah *software* komputer yang berguna untuk melakukan perhitungan statistik (Christianus, 2010). SPSS memiliki representasi yang baik (dalam bentuk grafik dan tabel), dinamis (mudah untuk mengubah data dan analisis terbaru) dan mudah ditautkan dengan aplikasi lainnya. Pada umumnya uji linearitas digunakan sebagai prasyarat dalam analisis korelasi atau regresi linear. Uji linearitas adalah pengujian yang dilakukan untuk melihat hubungan linear kedua variabel. Uji linearitas ini dapat dilakukan dengan *software* SPSS. Pada SPSS, digunakan *test for linearity* pada taraf signifikan 0,05. Apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka kedua variabel dapat dikatakan memiliki hubungan yang linear. Metode analisis statistika untuk menggambarkan model hubungan keterkaitan antara dua variabel atau lebih dikenal dengan analisis regresi. Dalam model keterkaitan tersebut variabel yang terlibat dikelompokkan menjadi variabel bebas (*independent*) sebagai variabel penduga (*predictor*) yang pada umumnya dilambangkan dengan X dan variabel terikat (*dependent*) sebagai variabel respon yang pada umumnya disimbolkan dengan Y (Susanti dkk., 2019). Analisis regresi berguna untuk melakukan prediksi terhadap variabel terikat Y yang ditunjukkan pada persamaan 3:

$$Y = a + bX \quad (3.8)$$

dengan Y merupakan variabel terikat yang diramalkan, X merupakan variabel bebas, a merupakan intercep, yaitu nilai Y pada saat X=0, dan b adalah slope, yaitu perubahan rata-rata Y terhadap perubahan satu unit X. Koefisien a dan b merupakan koefisien regresi dimana nilai a dan b dapat dicari menggunakan persamaan 4 dan 5

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}, \quad (3.9)$$

$$a = \frac{\sum y \cdot b(\sum x)}{n}, \quad (3.10)$$

Dengan nilai a merupakan slope, b merupakan intercep dan n merupakan banyaknya data yang digunakan dalam perhitungan (Hijriani, 2016).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Eksperimen Adsorpsi

Hasil pengujian sampel untuk parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan sebelum dilakukan perlakuan serta pengujian setelah perlakuan serta efektivitas degradasi ditunjukkan pada Tabel 4.1. Limbah cair domestik yang diolah menggunakan adsorben magnetit dengan variasi massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram dengan waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Kecepatan putar yang digunakan dalam pengadukan yaitu 150 rpm dan tanpa pengadukan. Selain itu, dilakukan perlakuan kontrol sedimentasi selama 48 jam untuk mengetahui pengaruh sedimentasi terhadap degradasi zat pencemar pada limbah cair domestik.

Berdasarkan Tabel 4.1, limbah cair domestik yang disampling di Jalan T. Iskandar, Desa Lamglumpang, Kecamatan Ulee Kareng melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 untuk parameter COD, TSS, dan pH. Hasil analisis menunjukkan kandungan COD awal limbah cair domestik adalah sebesar 415 mg/l, TSS sebesar 328 mg/l, pH sebesar 4,7. Sedangkan untuk parameter kekeruhan juga melebihi standar baku mutu yang diatur dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017. Hasil analisis menunjukkan kekeruhan awal limbah cair domestik adalah sebesar 619 NTU.

Hasil pengukuran menunjukkan COD telah terjadi penurunan yang signifikan pada variasi massa 5 gram dengan waktu kontak 8 jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. TSS terjadi penurunan yang signifikan pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam. Sedangkan pH terjadi peningkatan pada variasi massa 3 gram dan 5 gram dengan waktu kontak 10 jam. Persentase penurunan COD, TSS dan pH masing-masing adalah 90,96%, 94,51%, dan 30,88%. Sementara itu, penurunan kekeruhan yang signifikan terjadi pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan persentase 90,39%.

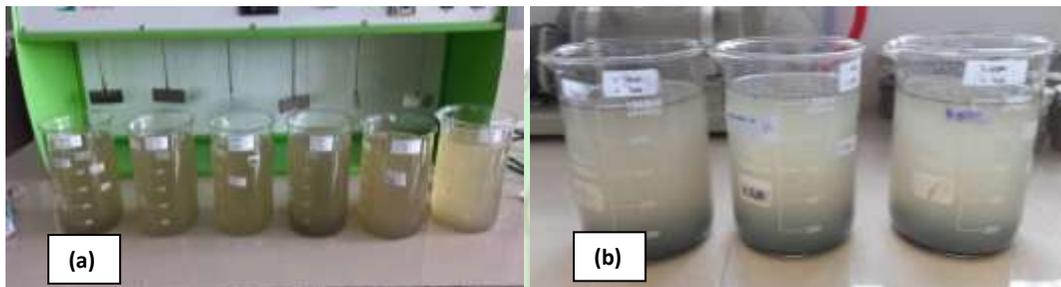
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan limbah cair domestik di Jalan T. Iskandar, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh (*hasil pengukuran awal (HPA), *hasil pengukuran setelah adsorpsi (HPSA), *efektivitas degradasi (ED))

Massa	Kecepatan Putar	Waktu Kontak	COD (mg/L)			TSS (mg/L)			pH			Kekeruhan (NTU)		
			HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)
1 gram	Tanpa pengadukan	6 jam	415	411	0,96	328	205	37,50	4,7	5,1	7,84	619	507	18,09
		8 jam		406	2,17		194	40,85		5,2	9,62		484	21,81
		10 jam		383	7,71		170	48,17		5,2	9,62		466	90,39
	150 rpm	6 jam		328	20,96		82	75,00		6	21,67		76,5	24,72
		8 jam		232	44,10		28	91,46		6,4	26,56		66,8	89,21
		10 jam		169,5	59,16		18	94,51		6,7	29,85		59,5	90,39
3 gram	Tanpa pengadukan	6 jam		368,4	11,23		218	33,54		5,2	9,62		491	20,68
		8 jam		356,5	14,10		196	40,24		5,3	11,32		440	28,92
		10 jam		330	20,48		137	58,23		5,4	12,96		418	32,47
	150 rpm	6 jam		259	37,59		107	67,38		6,1	22,95		77,9	87,42
		8 jam		150	63,86		51	84,45		6,6	28,79		67,7	89,06
		10 jam		90,6	78,17		39	88,11		6,8	30,88		63,5	89,74
5 gram	Tanpa Pengadukan	6 jam		335	19,28		298	9,15		5,2	9,62		79,7	82,12
		8 jam		298	28,19		250	23,78		5,4	12,96		76,5	87,64
		10 jam		259	37,59		196	40,24		5,8	18,97		70	88,69
	150 rpm	6 jam		202	51,33		135	75,00		6,1	22,95		481	22,29
		8 jam		37,5	90,94		107	91,46		6,7	29,85		466	24,72
		10 jam		66,4	84,00		68	94,51		6,8	30,88		439	29,08

Kontrol sedimentasi	Tanpa pengadukan	48 jam		413	0,48		270	17,68		5	6,00		460	25,68
------------------------	---------------------	--------	--	-----	------	--	-----	-------	--	---	------	--	-----	-------



Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan limbah cair domestik sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan magnetit. Berdasarkan gambar dapat dilihat limbah setelah pengolahan menjadi lebih jernih daripada limbah sebelum pengolahan.



Gambar 4.1 Penampakan fisik limbah cair domestik a) sebelum adsorpsi, b) setelah adsorpsi.

4.2 Pembahasan

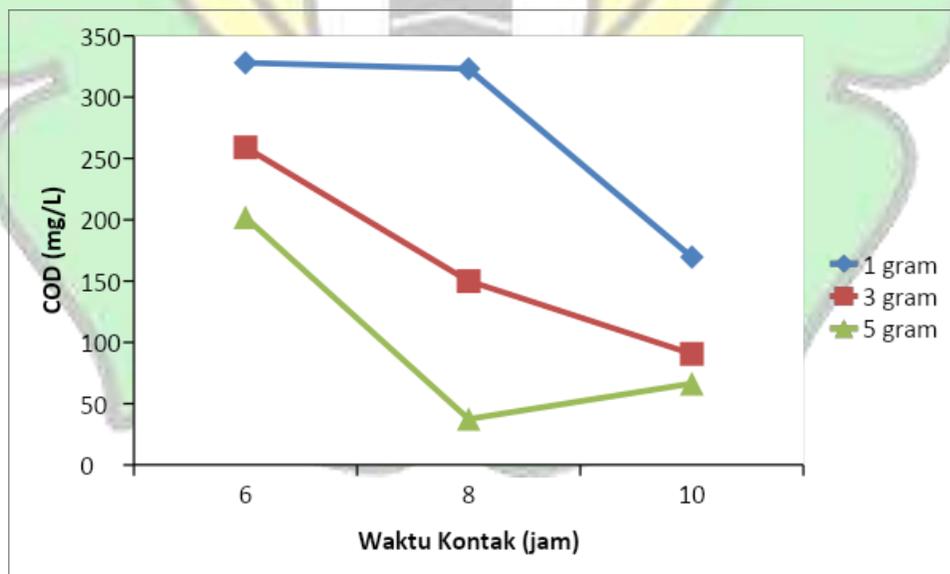
4.2.1 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter COD

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, magnetit dapat menurunkan kadar COD hingga di bawah baku mutu yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016. Gambar 4.1 menunjukkan terjadinya penurunan kadar COD yang signifikan berdasarkan waktu kontak pada variasi massa 1 gram dan 3 gram. Pada variasi massa 5 gram, terjadi peningkatan persentase yang signifikan pada waktu kontak 6 jam dan 8 jam, namun terjadi penurunan persentase pada waktu kontak 10 jam. Hal ini diduga disebabkan oleh permukaan pori magnetit masih kosong pada awal proses adsorpsi, sehingga molekul akan menempel dan membentuk suatu lapisan pada permukaan. Hasil analisis regresi linier berganda memperoleh output nilai massa, kecepatan putar dan waktu kontak masing-masing adalah $0,000 < \text{probabilitas } 0,05$ sehingga dapat diartikan adanya pengaruh massa, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap penurunan COD.

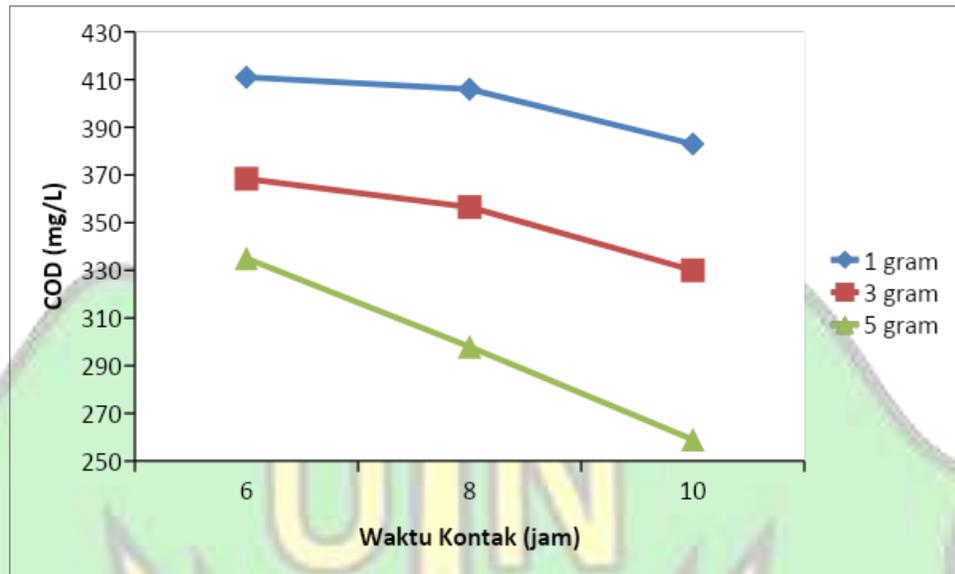
Kandungan COD yang melebihi baku mutu disebabkan oleh tingginya kandungan organik yang bersumber dari aktivitas domestik. Kandungan organik terdiri dari karbon (C_4^-), hidrogen (H^+), oksigen (O_2^-), nitrogen (N_3^-), fosfor (P_3^-), dan sulfur (S_2^-) (Siregar, 2005). Kandungan organik yang terdapat dalam limbah dapat terdegradasi melalui proses adsorpsi oleh magnetit. Secara teoritis, magnetit berfungsi untuk mengikat dan menyisahkan komponen tertentu yang terdapat pada suatu larutan. Pada prinsipnya, adsorpsi ini disebabkan adanya gaya *Van der Waals* yang merupakan proses bolak balik (*reversible*) (Saptati dan Himma, 2018). Efektivitas degradasi nilai COD oleh magnetit melalui proses adsorpsi mencapai 90,96% pada variasi massa 5 gram dengan waktu kontak 8 jam. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi, diantaranya massa adsorben, waktu kontak, proses pengadukan dan karakteristik adsorben. Semakin lama waktu kontak antara partikel yang diadsorpsi dengan partikel pengadsorpsi, maka proses difusi dan penempelan molekul adsorbat juga berlangsung lebih baik (Muchlisyyah dkk., 2017). Namun, temuan lain menyatakan semakin lama waktu kontak maka permukaan kosong akan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap molekul akan semakin menurun (Aisyahluka dkk., 2018). Hasil analisis juga menunjukkan massa adsorben berbanding lurus dengan persentase efektivitas degradasi dimana semakin tinggi massa magnetit maka efektivitas degradasi juga semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2017) dimana konsentrasi ion logam semakin menurun dengan bertambahnya jumlah adsorben yang digunakan. Jumlah adsorben yang semakin banyak akan memperluas penyerapan kandungan organik sehingga persentase efektivitas adsorpsi akan semakin meningkat.

Berdasarkan Tabel 4.1, adsorpsi dengan kecepatan putar 150 rpm lebih efektif daripada adsorpsi tanpa pengadukan. Efektivitas penurunan COD optimum untuk adsorpsi tanpa pengadukan hanya sebesar 37,59% pada massa 5 gram dan waktu kontak 10 jam. Menurut Pratiwi dkk. (2017) jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorben sukar menembus lapisan *film* antara permukaan adsorben dan *film*

diffusion yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Jika pengadukan relatif besar akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan faktor pembatas dalam sistem batch dilakukan pengadukan yang tinggi. Magnetit memiliki karakteristik dengan sifat magnetik yang kuat sehingga membuat permukaan magnetit bersifat reaktif dan memiliki luas permukaan yang besar, sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi terhadap zat pencemar. Penurunan kadar COD juga dipengaruhi oleh tingkat keasaman limbah. Hasil eksperimen menunjukkan pH awal yang diperoleh sebesar 4,7. Hal ini menunjukkan pH limbah cenderung asam. Apabila pH limbah < 6,5. Apabila pH limbah cenderung asam maka magnetit cenderung bermuatan positif membentuk FeOH_2^+ yang dapat mengikat bahan organik dalam limbah yang bermuatan negatif seperti oksigen (O_2^-), nitrogen (N_3^-), fosfor (P_3^-), dan sulfur (S_2^-). Sedangkan pada pH > 6,5 magnetit cenderung bermuatan negatif membentuk FeO^- yang dapat mengikat kandungan organik yang bermuatan positif seperti hidrogen (Agnestisia, 2017). Berdasarkan hal tersebut, penurunan COD dipengaruhi oleh massa magnetit, kecepatan putar, waktu kontak dan pH limbah cair domestik.



Gambar 4.2 Grafik penurunan kadar COD terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.



Gambar 4.3 Grafik penurunan kadar COD terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan.

4.2.2 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter TSS

Berdasarkan tabel 4.1, Nilai TSS awal air limbah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016. Tingginya nilai TSS pada limbah disebabkan lumpur, pasir, tanah liat, maupun partikulat yang tersuspensi di dalam air (Soeparman dan Suparmin, 2002). Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan adanya pengaruh variabel massa magnetit, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap parameter TSS (output nilai masing-masing variabel adalah $0,000 < \text{probabilitas} < 0,05$).

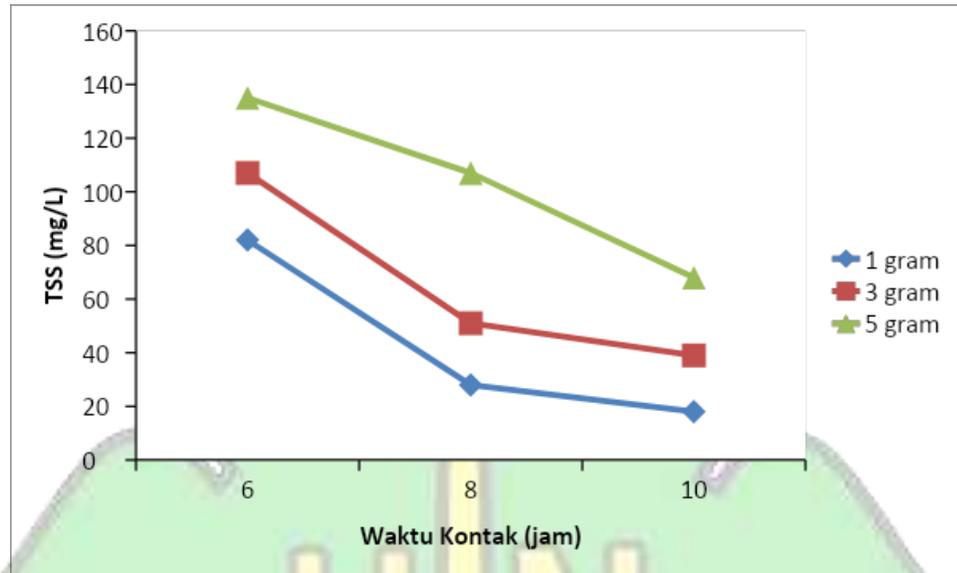
Nilai TSS awal diperoleh sebesar 328 mg/L dapat diturunkan hingga 18 mg/L pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam. Selama proses eksperimen berlangsung, magnetit mempunyai sifat penukar kation sehingga mampu mengikat

padatan tersuspensi (Sulistiyanti dkk., 2018). Berdasarkan hal tersebut, magnetit dapat menurunkan kadar TSS dengan maksimum sebesar 94,51%. Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, semakin lama waktu kontak maka adsorpsi terhadap TSS juga semakin tinggi (Permatasari, 2019).

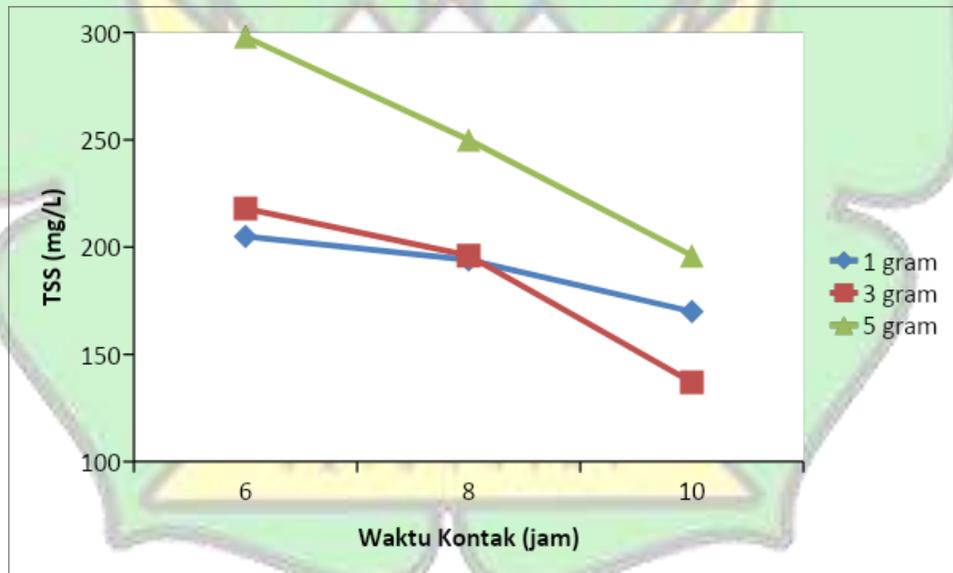
Berdasarkan Gambar 4.3, terjadinya penurunan efektivitas nilai TSS berdasarkan variasi massa magnetit. Penurunan efektivitas adsorpsi TSS dapat disebabkan adanya proses desorpsi selama eksperimen berlangsung. Desorpsi merupakan kebalikan dari adsorpsi, yaitu lepasnya adsorbat dari permukaan adsorben. Desorpsi dapat terjadi apabila permukaan adsorben telah jenuh (Permatasari, 2019).

Berdasarkan Tabel 4.1 efektivitas penurunan kadar TSS maksimum terjadi pada variasi massa 1 gram dengan persentase 94,51%. Hal tersebut menunjukkan semakin besar massa magnetit maka efektivitas terhadap penurunan TSS semakin rendah. Hal ini juga diduga adanya kontribusi penambahan partikel padat yang tersuspensi yang bersumber dari magnetit. Berdasarkan hasil eksperimen, penurunan TSS juga dipengaruhi oleh pengadukan. Adsorpsi dengan kecepatan putar 150 rpm lebih efektif dalam menurunkan TSS daripada adsorpsi tanpa pengadukan. Menurut Ainurrofiq dkk. (2017) semakin tinggi kecepatan putar, maka penurunan TSS semakin efektif. Hal ini dikarenakan gerakan yang terdapat pada cairan akan membuat permukaan adsorben dapat bekerja semakin baik sehingga proses adsorpsi semakin efektif.

Berdasarkan Tabel 4.1, penurunan TSS pada perlakuan kontrol sedimentasi adalah sebesar 17,68%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS juga dipengaruhi oleh sedimentasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ningsih (2011) yang menyatakan salah satu upaya yang dapat menurunkan TSS adalah sedimentasi. Padatan kasar yang tersuspensi dalam limbah dapat diendapkan dengan sedimentasi.



Gambar 4.4 Grafik penurunan kadar TSS terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.



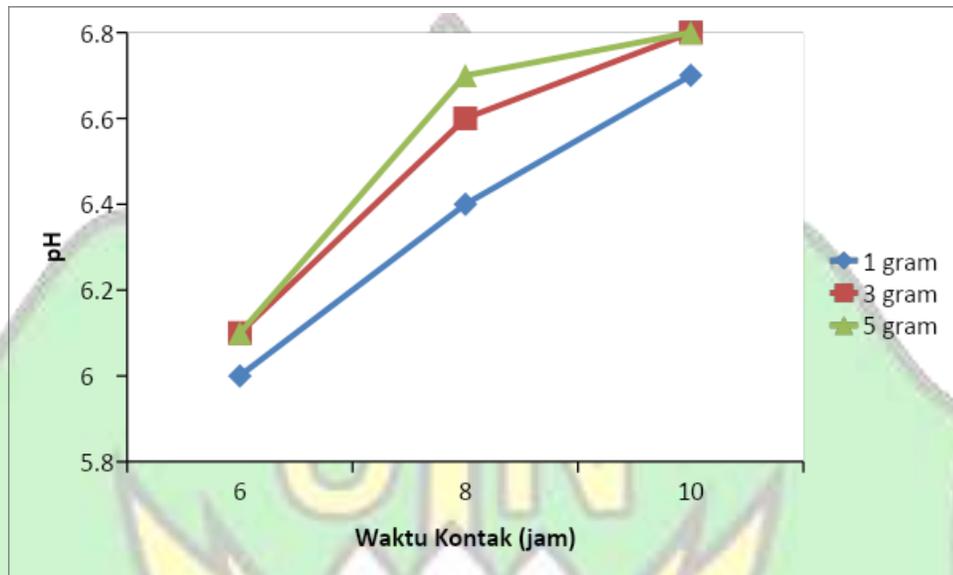
Gambar 4.5 Grafik penurunan TSS terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan.

4.2.3 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penetralan parameter pH

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji pH mengalami peningkatan berdasarkan massa magnetit dan waktu kontak. Hasil uji pH awal memperoleh nilai pH sebesar 4,7. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 pH limbah cair domestik yang diizinkan dibuang ke lingkungan adalah 6-9, sehingga pH air limbah belum memenuhi standar baku mutu. Rendahnya nilai pH menunjukkan bahwa air limbah bersifat asam. Keasaman limbah dapat disebabkan oleh adanya bahan pencemar organik yang bersumber dari aktivitas domestik.

Gambar 4.5 menunjukkan adsorpsi dengan magnetit dapat meningkatkan nilai pH. Setiap pengolahan mengalami peningkatan yang signifikan pada waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Hal ini menunjukkan terjadinya pengikatan bahan organik oleh magnetit. Menurut Shovitri dan Kuswytasari (2012) perubahan pH terjadi karena adanya proses degradasi bahan organik. Magnetit dapat mengadsorpsi limbah hingga nilai pH 6,8 pada variasi massa 3 gram dan 5 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan efektivitas degradasi hingga 30,88%. Hasil analisis regresi linier berganda memperoleh output nilai sig $0,016 < \text{probabilitas } 0,05$ untuk variasi massa dan nilai sig $0,000 < \text{probabilitas } 0,005$ untuk variasi kecepatan putar dan waktu kontak. Hal ini menunjukkan bahwa massa magnetit, kecepatan putar dan waktu kontak berpengaruh terhadap pengikatan zat-zat organik yang terdapat dalam limbah. Berdasarkan hasil eksperimen juga menunjukkan perbedaan antara adsorpsi dengan kecepatan putar 150 rpm dengan tanpa pengadukan. Adsorpsi dengan kecepatan putar 150 rpm lebih efektif dalam menormalkan pH daripada adsorpsi tanpa pengadukan. Efektivitas adsorpsi optimum pH untuk variasi tanpa pengadukan hanya sebesar 7,84%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti (2009) semakin besar kecepatan putar, maka konsentrasi adsorbat yang diserap oleh adsorben juga semakin besar. Hal ini disebabkan adanya pengadukan meningkatkan kecepatan transfer massa adsorbat dari larutan ke permukaan adsorben. Selain itu, pengadukan akan

memperbesar kesempatan partikel magnetit untuk kontak lebih lama dengan larutan. pH limbah setelah pengolahan pada variasi massa 3 gram dan 5 gram dengan waktu kontak 10 jam telah memenuhi standar baku mutu sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.



Gambar 4.6 Grafik peningkatan pH terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.



Gambar 4.7 Grafik peningkatan pH terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan.

4.2.4 Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter kekeruhan

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian awal kekeruhan mencapai 619 NTU. Tingkat kekeruhan limbah cair domestik telah melebihi standar yang telah ditetapkan dalam PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *higiene sanitasi*, kolam renang, solus per aqua dan pemandian umum. Persyaratan tingkat kekeruhan yang diperbolehkan adalah 25 NTU. Tingginya nilai kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi maupun terlarut. Selain itu, kekeruhan juga disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi. Semakin tinggi padatan tersuspensi, maka kekeruhan juga semakin tinggi. Namun, kekeruhan tidak selalu berbanding lurus dengan padatan tersuspensi karena zat yang terbentuk dan berat jenis berbeda-beda (Nurfatimah dkk., 2019).

Berdasarkan hasil eksperimen, nilai kekeruhan berbanding lurus dengan nilai TSS. Hasil analisis regresi linier berganda memperoleh output nilai sig 0,402 > probabilitas 0,005 untuk variasi massa. Hal ini menunjukkan massa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap parameter kekeruhan. Variasi kecepatan putar memperoleh nilai sig 0,000 < probabilitas 0,005 yang menunjukkan adanya pengaruh kecepatan putar terhadap parameter kekeruhan. Sedangkan variasi waktu kontak memperoleh nilai sig 0,003 < probabilitas 0,005 yang menunjukkan adanya pengaruh waktu kontak terhadap parameter kekeruhan.

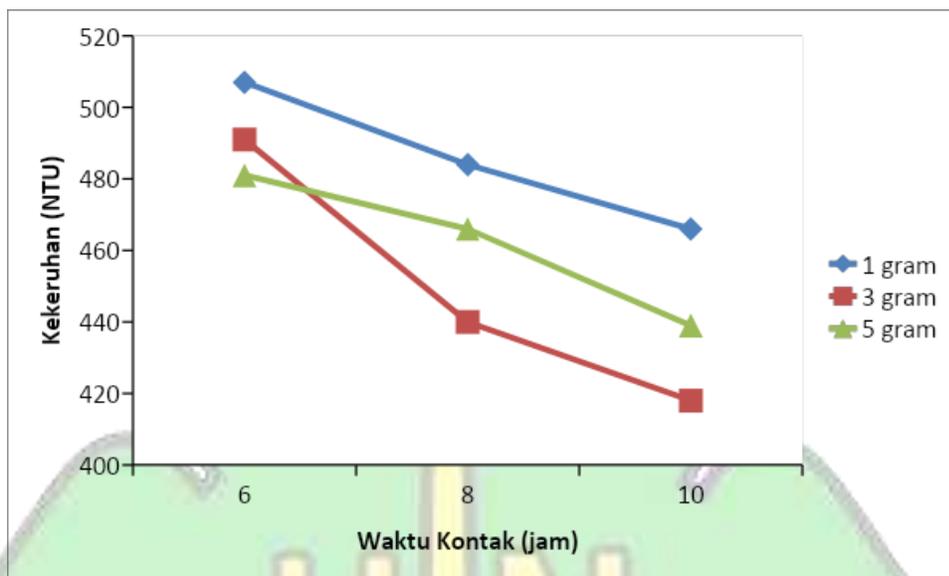
Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan nilai kekeruhan terjadi penurunan yang signifikan berdasarkan variasi waktu kontak waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Efektivitas penurunan tingkat kekeruhan mencapai 90,39% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam. Berdasarkan hal tersebut, magnetit mampu mengikat bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah. Terjadinya pengikatan

ion-ion yang berlawanan mampu mendegradasi bahan organik yang terlarut dan tersuspensi, sehingga terjadinya penurunan nilai kekeruhan dengan signifikan. Meskipun nilai kekeruhan dapat diturunkan hingga 59,5 NTU, limbah yang telah diolah belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam PERMENKES RI No.32 Tahun 2017.

Hasil eksperimen menunjukkan adsorpsi dengan kecepatan putar 150 rpm lebih efektif daripada adsorpsi tanpa pengadukan. Persentase penurunan kekeruhan optimum untuk variasi kecepatan putar 150 rpm adalah sebesar 90,39% sedangkan untuk variasi tanpa pengadukan hanya sebesar 29,08%. Hal ini menunjukkan kecepatan putar berpengaruh terhadap efektivitas adsorpsi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Wijayanti (2009), penyisihan kekeruhan meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan putar. Hal ini terjadi karena putaran menyebabkan gaya tangensial di dalam limbah. Partikel bertemu satu dengan yang lainnya dan bergabung saat mengendap, sehingga kecepatan mengendap partikel yang telah bergabung akan meningkat.

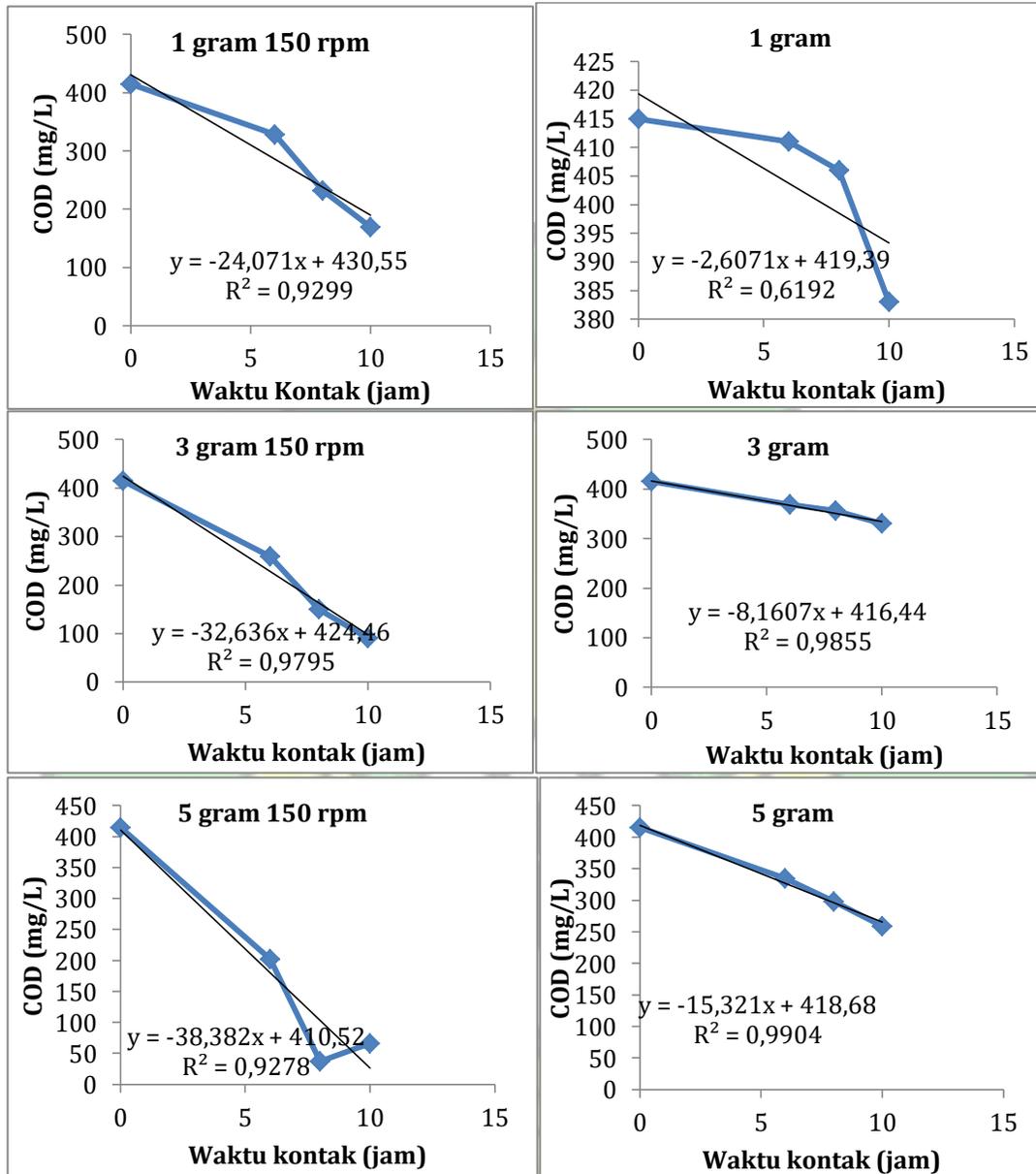


Gambar 4.8 Grafik penurunan kekeruhan terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.

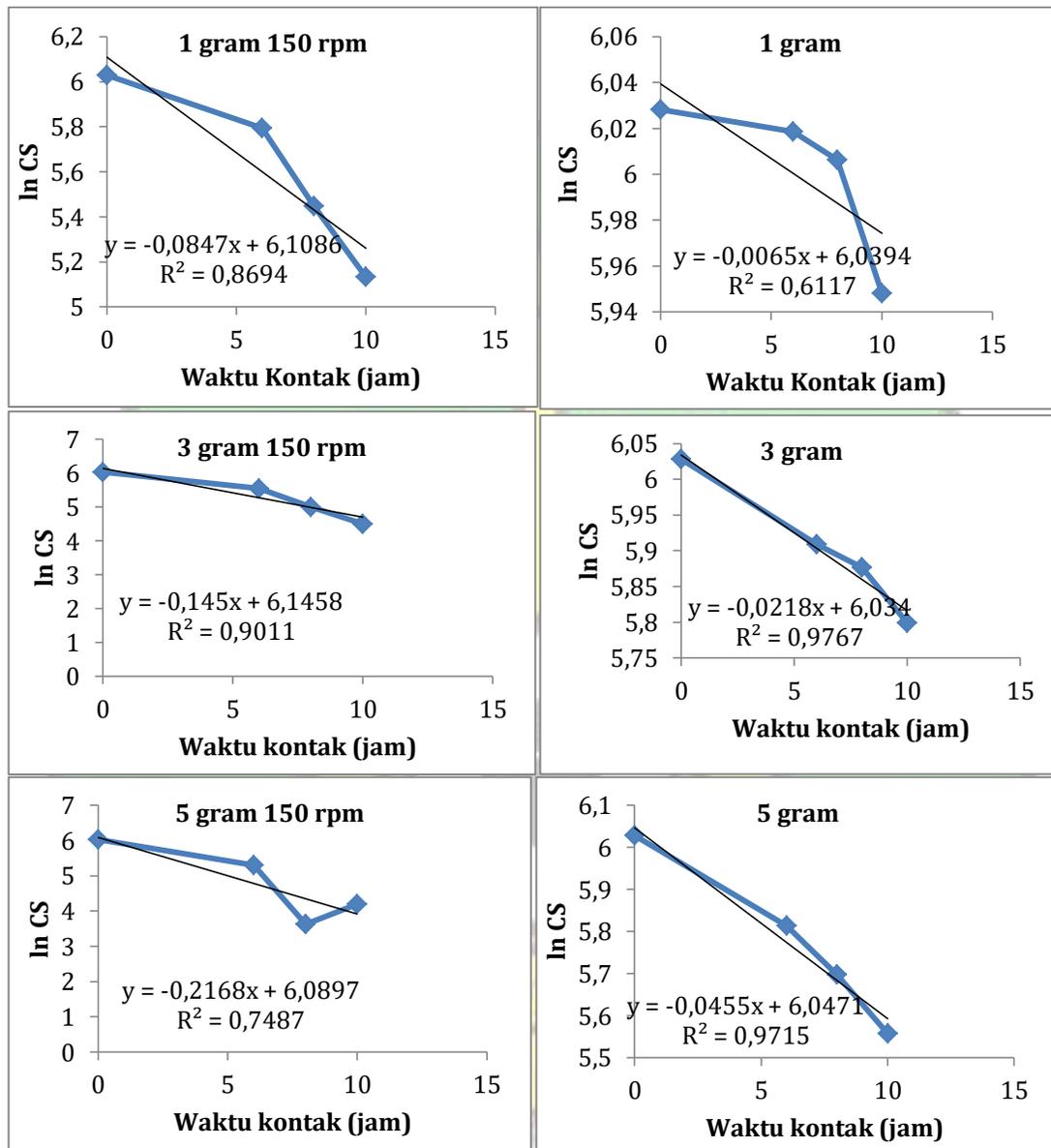


Gambar 4.9 Grafik persentase penurunan kekeruhan terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan.

Kinetika adsorpsi adalah salah satu aspek yang sering diteliti untuk mengevaluasi karakteristik dari adsorben yang dipakai terutama dalam rehabilitasi lingkungan (Nafi'ah, 2019). Pada proses adsorpsi parameter COD, TSS dan kekeruhan oleh magnetit ini juga terjadi reaksi kimia yang memungkinkan dihitungnya besar kecepatan atau laju dari proses tersebut. Sehingga diperlukan perbandingan orde 0 dan orde 1 untuk melihat laju reaksi yang signifikan. Kinetika orde 1 dapat dihitung dengan memplot nilai $\ln C_s$ (kadar parameter pencemar) dan waktu kontak (t) ke dalam grafik. Kinetika orde 0 didapatkan dengan memplotkan t (waktu kontak) dengan C_t (kadar pada tiap variasi waktu kontak). Grafik kinetika orde 0 untuk parameter COD ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan grafik kinetika orde 1 untuk parameter COD ditunjukkan pada gambar 4.11.



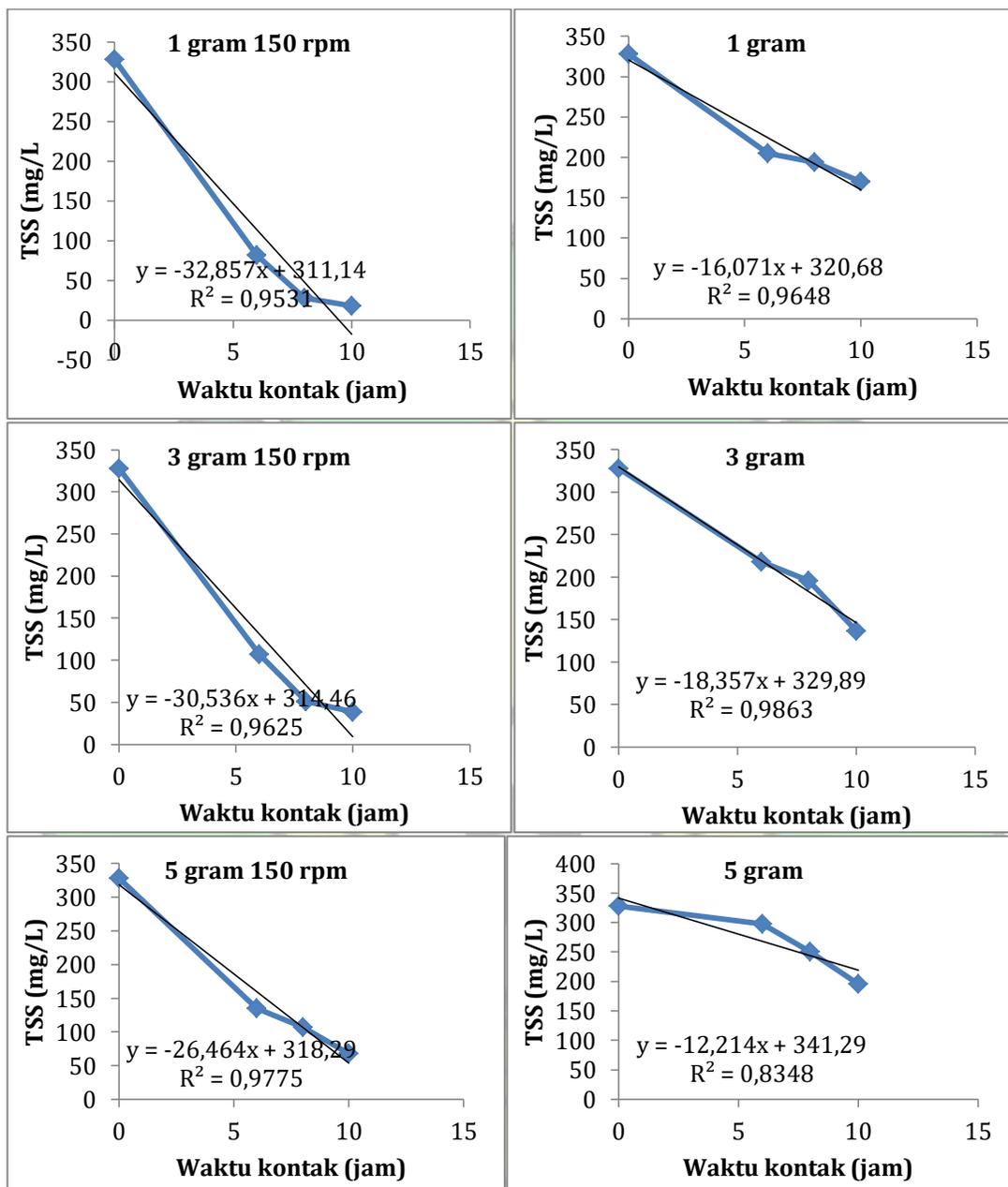
Gambar 4.10 Grafik kinetika adsorpsi COD orde 0



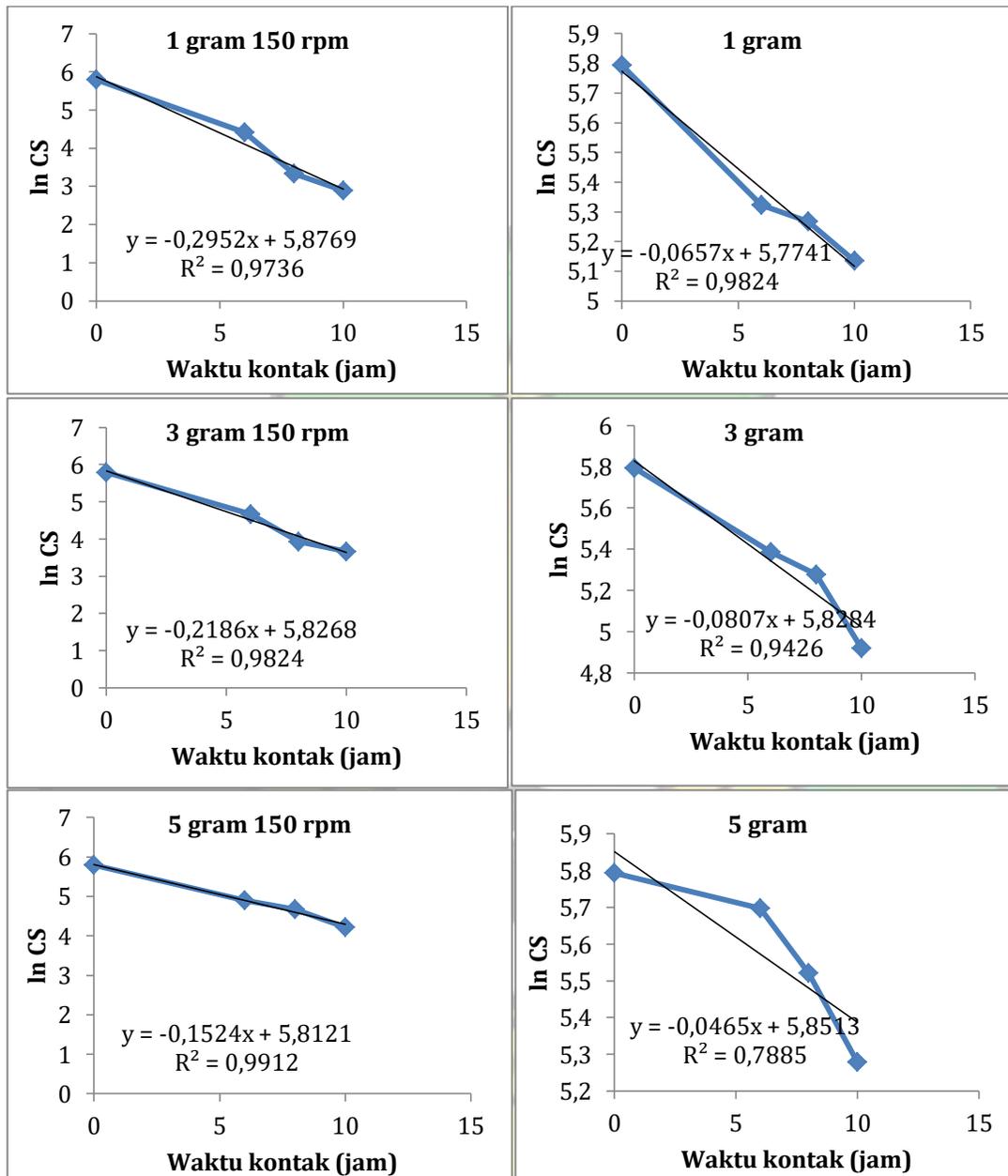
Gambar 4.11 Grafik kinetika adsorpsi COD orde 1

Berdasarkan Gambar 4.10 dan 4.11 dapat disimpulkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi COD oleh magnetit mengikuti kinetika orde 0 pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Hal ini

dapat dilihat dari kelinearitasan kurva yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi linier pada kurva orde 0 ($R^2 = 0,9299$) pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,6192$) tanpa pengadukan. Adsorpsi COD pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan mengikuti kinetika orde 0. Hal ini dapat dilihat koefisien korelasi linier pada kurva orde 0 ($R^2 = 0,9795$) pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,9855$) tanpa pengadukan. Sedangkan adsorpsi COD pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan juga mengikuti kinetika orde 0. Hal ini dapat dilihat koefisien korelasi linier pada kurva orde 0 ($R^2 = 0,9278$) pada variasi 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,9904$) tanpa pengadukan. Nilai R^2 tersebut menjelaskan bahwa reaksi biodegradasi yang terjadi sepenuhnya mengikuti teori dasar dari reaksi orde-0 yang menunjukkan terjadinya penurunan kontaminan dan laju reaksi secara signifikan. Nilai Y yaitu nilai konstanta laju reaksi penyerapan yang dapat dilihat pada kemiringan garis linear. Persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 0 yaitu sebesar 24,071 dan 2,6071 pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 0 adalah 32,636 dan 8,1607. Pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 0 adalah 38,382 dan 15,321. Nilai Y menunjukkan laju adsorpsi COD oleh magnetit dalam 1 hari (Rambe, 2015).



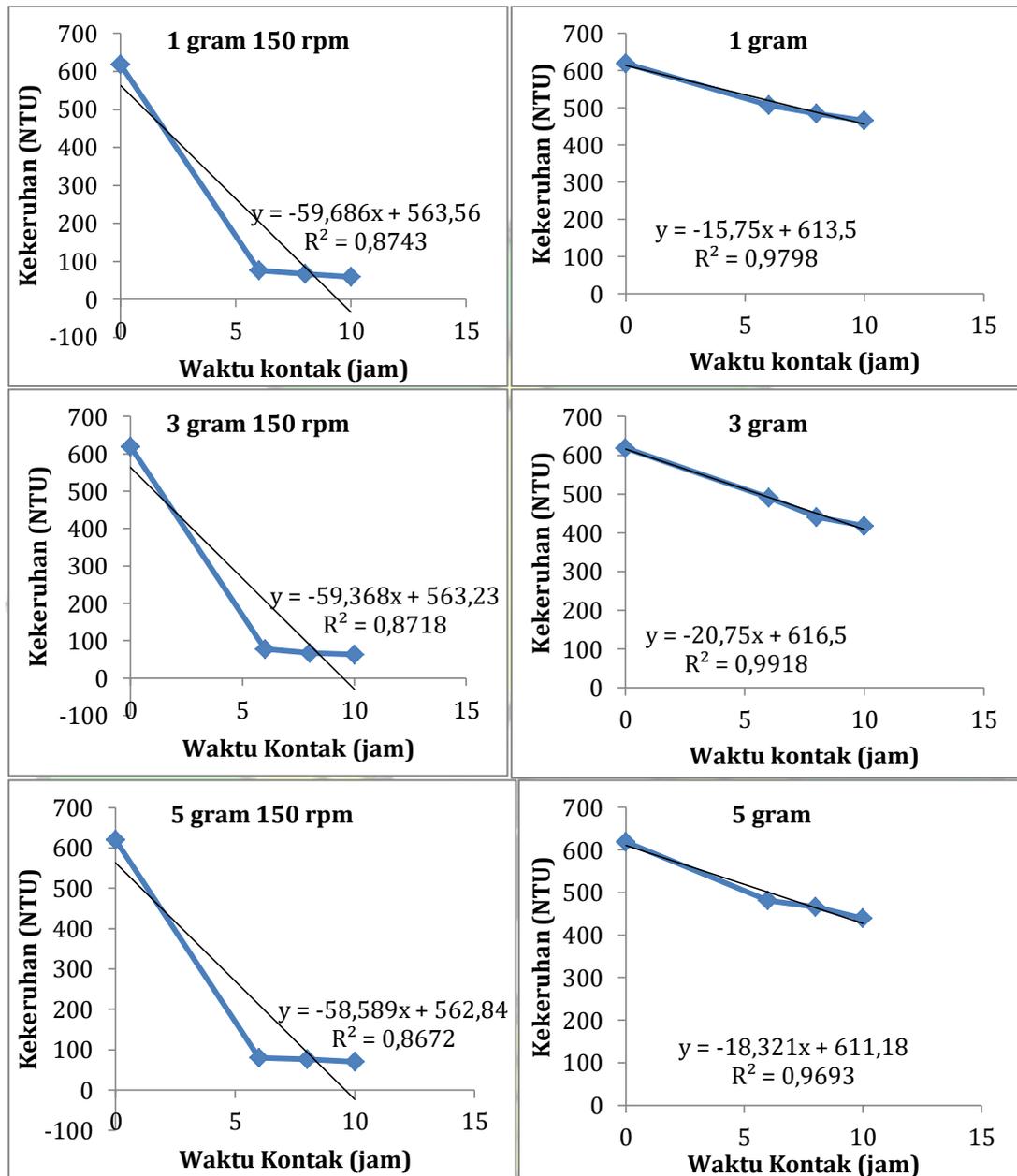
Gambar 4.12 Grafik kinetika adsorpsi TSS orde 0



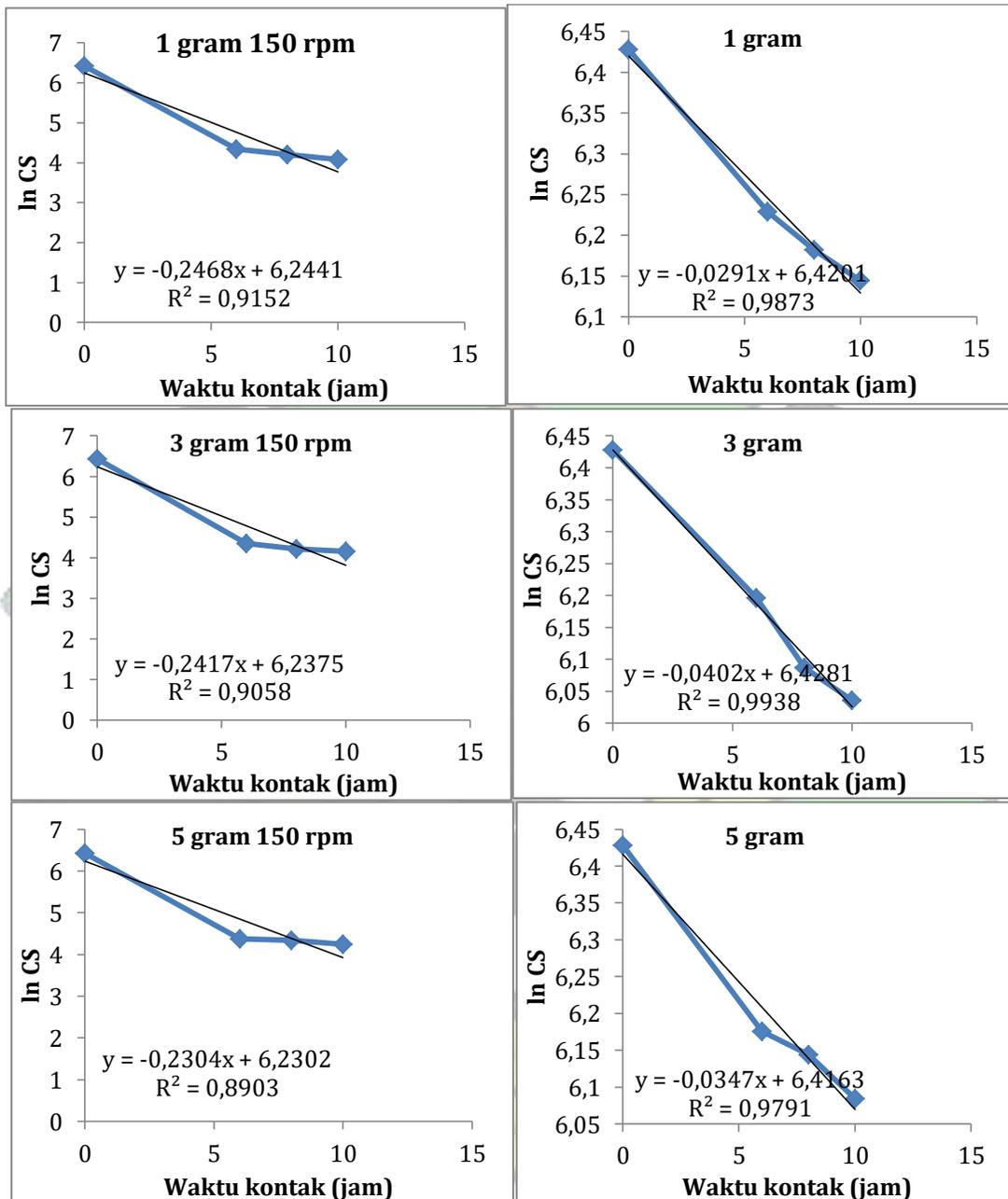
Gambar 4.13 Grafik kinetika adsorpsi TSS orde 1

Berdasarkan Gambar 4.10 dan 4.11 dapat disimpulkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi TSS oleh magnetit mengikuti kinetika orde 1 pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Hal ini

dapat dilihat dari kelinearitasan kurva yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,9736$) pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,9824$) tanpa pengadukan. Adsorpsi TSS pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm mengikuti kinetika orde 1. Hal ini dapat dilihat koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,9824$) pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm. Sedangkan variasi massa 3 gram tanpa pengadukan mengikuti kinetika orde 0 dengan koefisien korelasi linier pada kurva orde 0 adalah $R^2 = 0,9863$. Adsorpsi TSS pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm mengikuti kinetika orde 1. Hal ini dapat dilihat koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 adalah $R^2 = 0,9912$. Pada variasi massa 5 gram tanpa pengadukan mengikuti kinetika orde 0 dengan koefisien korelasi linier adalah $R^2 = 0,8348$. Persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 yaitu sebesar 0,2952 dan 0,0657 pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 adalah 0,9824 dan variasi massa 3 gram tanpa pengadukan persamaan garis lurus pada orde 0 adalah 18,357. Pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 adalah 0,1524 dan variasi massa 5 gram tanpa pengadukan persamaan garis lurus pada orde 0 adalah 12,214.



Gambar 4.14 Grafik kinetika adsorpsi kekeruhan orde 0

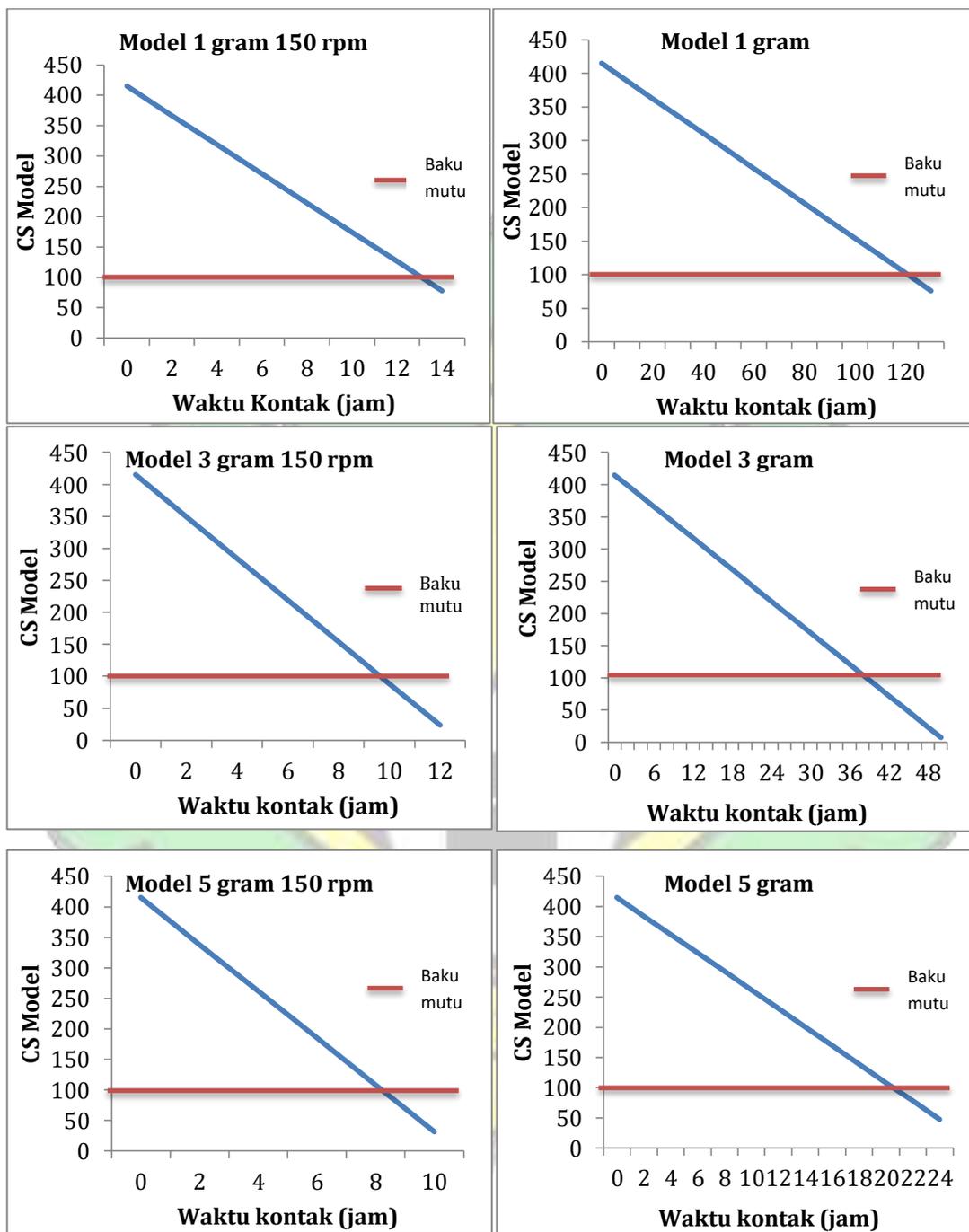


Gambar 4.15 Grafik kinetika adsorpsi kekeruhan orde 1

Berdasarkan Gambar 4.14 dan 4.15 dapat disimpulkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi kekeruhan oleh magnetit mengikuti kinetika orde 1 pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan.

Hal ini dapat dilihat dari kelinearitasan kurva yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,9152$) pada variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,9873$) tanpa pengadukan. Adsorpsi kekeruhan pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan mengikuti kinetika orde 1. Hal ini dapat dilihat koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,9058$) pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan ($R^2 = 0,9938$) tanpa pengadukan. Adsorpsi kekeruhan pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan mengikuti kinetika orde 1 dengan koefisien korelasi linier pada kurva orde 1 adalah $R^2 = 0,8903$ dan $R^2 = 0,9791$. Persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 yaitu sebesar 0,2468 dan 0,0291 pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan. Pada variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 adalah 0,2417 dan 0,0402. Pada variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan persamaan garis lurus yang terbentuk pada orde 1 adalah 0,2304 dan 0,0347.

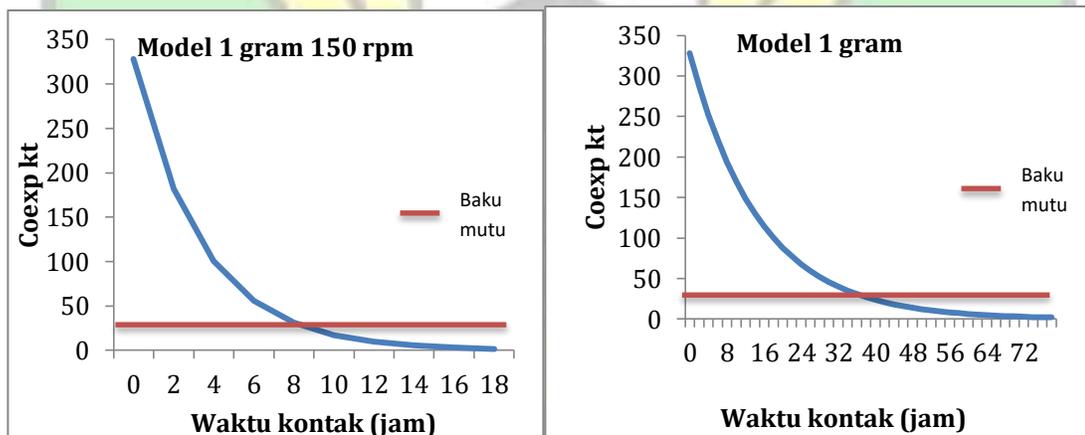
Perbandingan pemodelan kinetika dilakukan untuk menentukan model kinetik dalam literatur yang sesuai dengan data yang diperoleh dalam penelitian. Perbandingan yang dilakukan yaitu massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan tanpa pengadukan dalam kinetika orde 0 untuk parameter COD. Penetapan orde 0 pada penelitian ini dikarenakan pada pembahasan sebelumnya telah terbukti bahwasanya adsorpsi yang terjadi sepenuhnya mengikuti teori dasar dari reaksi orde-0 yang menunjukkan terjadinya penurunan kontaminan dan laju reaksi secara signifikan. Data yang digunakan untuk model ini didasarkan pada penghilangan COD dari adsorpsi oleh magnetit. Sehingga pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.16 sebagai berikut:

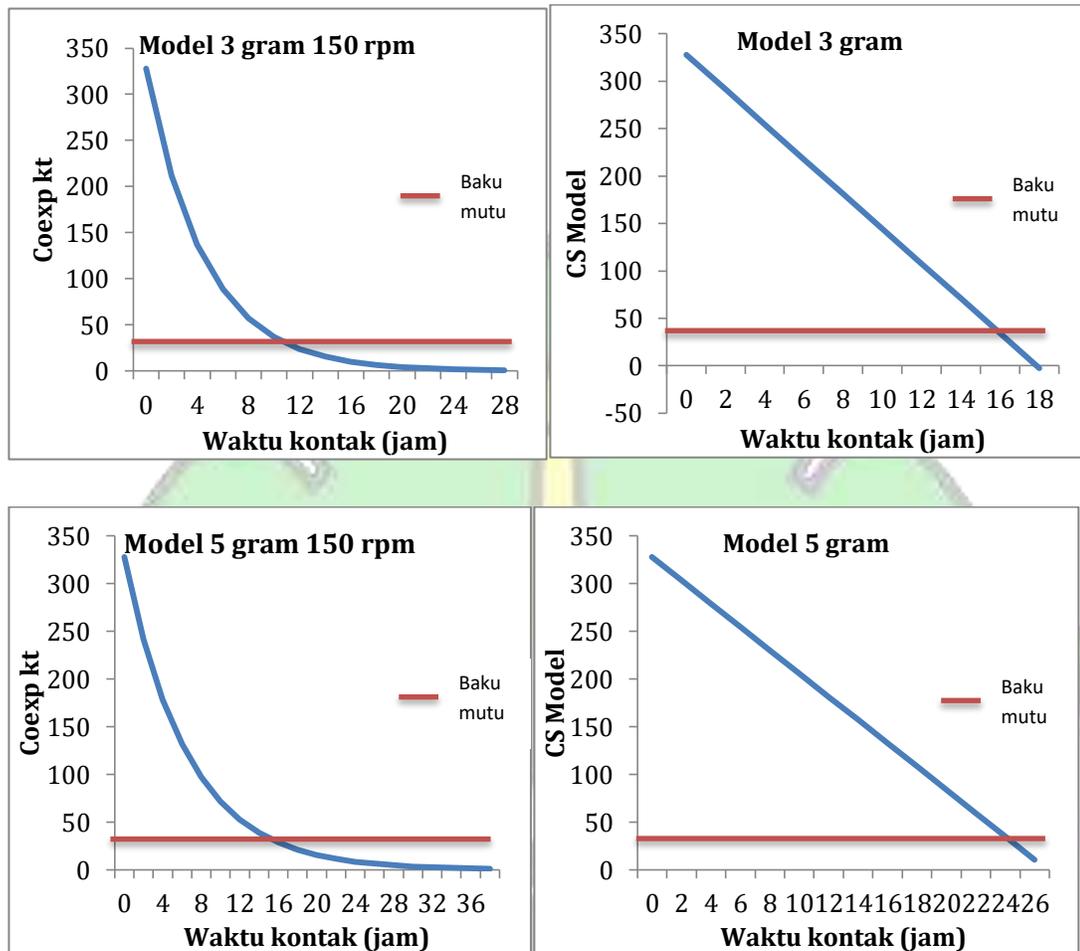


Gambar 4.16 Grafik pemodelan kinetika penurunan COD

Berdasarkan hasil yang dipaparkan, perlu dilakukan pemodelan kinetika untuk mengetahui hasil yang paling optimum untuk mendapatkan batas waktu yang maksimum. Hasil kinetika penurunan COD dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. Batas maksimum hasil yang paling optimal terjadi pada waktu kontak 14 jam pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 130 jam pada variasi 1 gram tanpa pengadukan, 12 jam pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 50 jam pada variasi 3 gram tanpa pengadukan, 10 jam pada variasi 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan 24 jam pada variasi massa 5 gram tanpa pengadukan.

Perbandingan yang dilakukan untuk parameter TSS yaitu untuk variasi massa 1 gram dengan kecepatan putar dan tanpa pengadukan dalam kinetika orde 1, variasi massa 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dalam kinetika orde 1 dan tanpa pengadukan dalam kinetika orde 0, variasi massa 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dalam kinetika orde 1 dan tanpa pengadukan dalam kinetika orde 0. Sehingga pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.17 sebagai berikut:

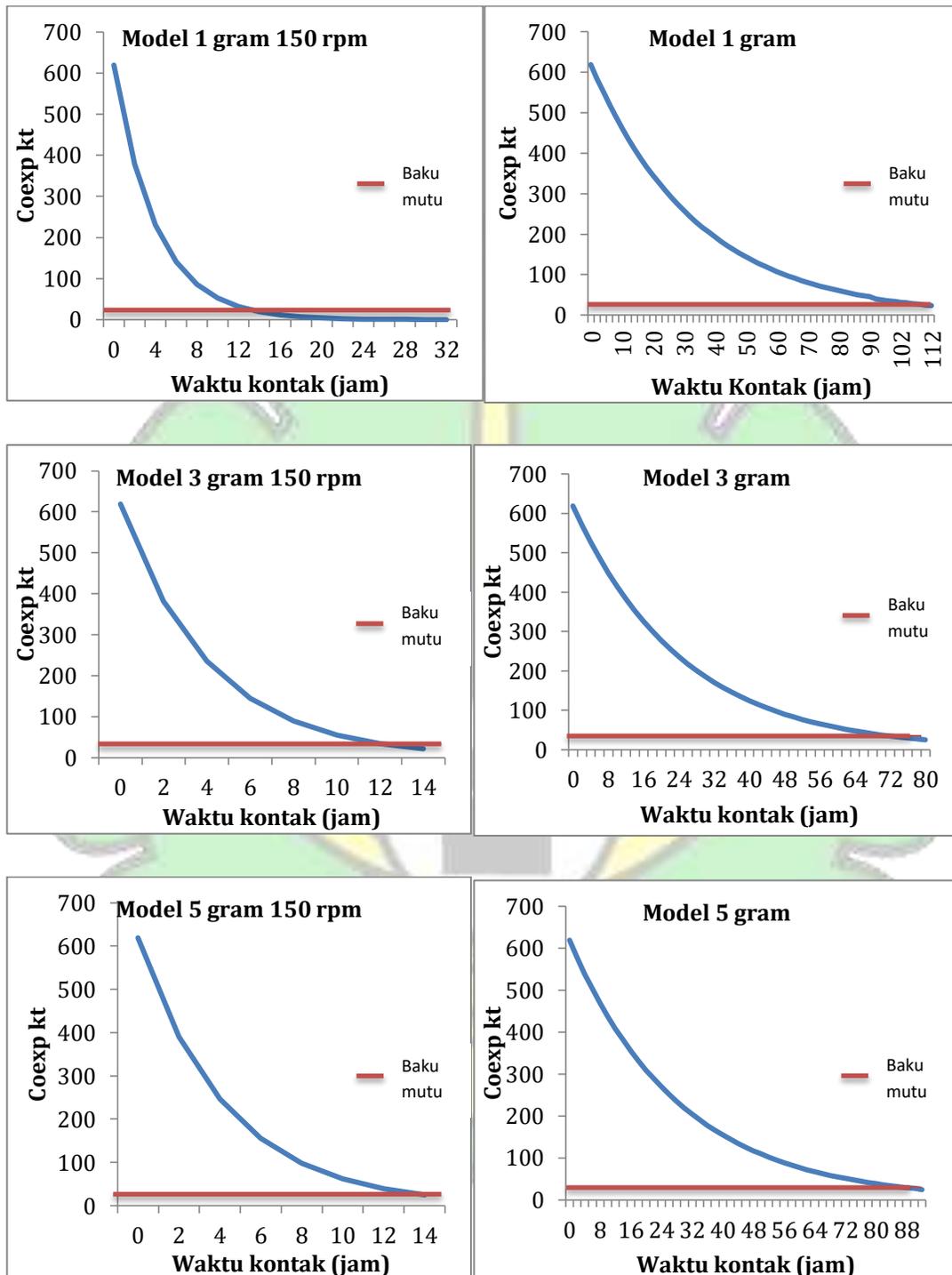




Gambar 4.17 Grafik Pemodelan Kinetika Penurunan TSS

Hasil kinetika penurunan TSS dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17. Batas maksimum hasil yang paling optimal terjadi pada waktu kontak 18 jam pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 76 jam pada variasi 1 gram tanpa pengadukan, 28 jam pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 18 jam pada variasi 3 gram tanpa pengadukan, 38 jam pada variasi 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan 26 jam pada variasi massa 5 gram tanpa pengadukan.

Perbandingan yang dilakukan untuk parameter kekeruhan yaitu variasi massa 1, 3 gram dan 5 gram dengan kecepatan putar dan tanpa pengadukan dalam kinetika orde 1. Sehingga pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.18 sebagai berikut:



Gambar 4.18 Grafik pemodelan kinetika penurunan kekeruhan

Hasil kinetika penurunan kekeruhan dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. Batas maksimum hasil yang paling optimal terjadi pada waktu kontak 32 jam pada variasi 1 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 106 jam pada variasi 1 gram tanpa pengadukan, 14 jam pada variasi 3 gram dengan kecepatan putar 150 rpm, 80 jam pada variasi 3 gram tanpa pengadukan, 14 jam pada variasi 5 gram dengan kecepatan putar 150 rpm dan 94 jam pada variasi massa 5 gram tanpa pengadukan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan mengenai pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi magnetit yaitu:

1. Magnetit dapat mengubah nilai pH limbah dari 4,7 ke 6,8 dengan efektivitas sebesar 30,88% pada variasi massa 3 gram dengan 5 gram dan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm. Parameter pH setelah pengolahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016.
2. Magnetit dapat menurunkan kadar COD hingga 37,5 mg/L dengan efektivitas sebesar 90,96% pada variasi massa 5 gram dengan waktu kontak 8 jam dengan kecepatan putar 150 rpm. Parameter COD setelah pengolahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016.
3. Magnetit dapat menurunkan kadar TSS hingga 18 mg/L dengan efektivitas sebesar 94,51% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm. Parameter TSS setelah pengolahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016.
4. Efektivitas optimum magnetit dalam menurunkan kekeruhan hingga 59,5 NTU adalah 90,39% yaitu pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm. Parameter kekeruhan setelah pengolahan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam PERMENKES RI No.32 Tahun 2017.

5.2 Saran

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Magnetit dapat menjadi adsorben yang efektif yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair domestik.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk parameter lain seperti BOD, minyak dan lemak, amoniak, dan *total coliform* untuk mengetahui daya serap adsorben magnetit.



DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisia, R. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben *Methylene Blue*. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 11(2), 61.
- Ainurrofiq, M. N., Purwono, M. H., dan Hadiwidodo, M. (2017). Studi Penurunan TSS, Turbidity, dan COD Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) Sebagai Nano Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Phapros, TBK Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 3–13.
- Aisyahlika, S., Firdaus, M. L., dan Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Aarang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintesis *Reactive RED-120* dan *Reactive BLUE-198*. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148–155.
- Amri, K. dan Wesen, P. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (*Bioball*). *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–66.
- Aji, A. dan Marleni, N. N. N. (2017). *Studi Karakteristik dan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kabupaten Mangelang*. Unima Press.
- Amri, K. dan Wesen, P. (2017). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (*Bioball*). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55-66.
- Botahala, L. (2019). *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam dan Cangkang Kemiri Terhadap Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali*. Deepublish.
- Christianus, S. (2010). *Seri Belajar Kilat SPSS 17*. ANDI.
- Deffy, T. (2020). Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Larutan *Effective Microorganism-4* (EM4) Secara *Anaerob-aerob*. Universitas Negeri Sunan Ampel.
- Eticha, S. N. (2020). *Bioremediasi Limbah Biomedik Cair*. Deepublish.
- Hajar, E. W. I. (2016). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1–7.
- Harahap, R., Jeumpa, K., dan Silitonga, E. M. (2020). *Drainase Pemukiman Prinsip Dasar dan Aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Hibatullah, H. F. (2019). *Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Dengan Sistem Batch*. Universitas Negeri Sunan Ampel.

- Hijriani, A., Muludi, K., dan Andini, E. A. (2016). Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana Pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung Dengan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 11(2), 37-42.
- Khairil. (2019). *Buku Ajar Bahan Bakar dan Tanur*. Syiah Kuala University Press.
- Kholif, M. A. (2020). *Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Scopindo.
- Kodatie, R. J., dan Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. ANDI.
- Kusnaedi. (2010). *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Niaga Swadaya.
- Maylani, A. S. (2015). *Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium* (Vol. 4). Universitas Negeri Semarang.
- Muchlisyyah, J., Laeliocattleya, R. A., dan Putri, W. D. R. (2017). *Kimia Fisik Pangan*. UB Press.
- Ningsih, R. (2011). Pengaruh Pembubuhan Tawas Dalam Menurunkan TSS Pada Air Limbah Rumah Sakit. *KEMAS*, 6(2), 79-86.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Jannah, D. A. N., dan Pradana, H. A. (2020). Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik Universitas Jember Dengan Pemanfaatan Eceng Gondok dan Lembang. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 7(1), 121-135.
- Nurfatimah, F. M., Afu, L. A., dan Pratikino, A. G. (2019). Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) Permukaan di Perairan Desa Wawatu Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Sapa Laut*, 4(3), 123-126.
- Nurtjahya, E., Santi, R., dan Ismed, I. (2020). *Lahan Bekas Tambang Timah*. Kanisius.
- Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., dan Risdiana. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnetik dengan Metode Kopersipitasi. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 07(02), 17-20.
- Permatasari, E. S. (2019). *Kajian Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif Dari Kulit Tanduk Kopi Pada Adsorpsi Warna, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Kopi Sintetik*. Universitas Jember.
- Pratama, D. A., Noor, A. M. A., dan Sanjaya, A. S. (2017). Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe dan Cu Pada Air Sungai Mahakam. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 131-138.
- Pratiwi, Y., Ramli, dan Ratnawulan. (2017). Pengaruh Waktu Milling Terhadap Struktur Kristal *Magnetite* (Fe_3O_4) Berbahan Dasar Mineral Vulkanik Dari

- Gunung Talang Sumatera Barat FMIPA, Universitas Negeri Padang Abstract. *Pillar of Physics*, 10, 102–108.
- Rambe, S. M. (2015). Penentuan Model Kinetika Reaksi Hidrolisis Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan *Anaerobic Baffle Reactor Determination*. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(2), 77–84.
- Saptati, D. dan Himma, N. F. (2018). *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. UB Press.
- Shovitri, P., Kuswytasari, N. D., dan Paramita, P. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni*, 1, 23-26.
- Simanjuntak, M. (2017). *Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Dengan Karbon Aktif Dari Kulit Durian Menggunakan NaOH Sebagai Aktivator*. Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, S. A. (2005). *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kanisius.
- Soeparman dan Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Kanisius.
- Sugiyarto, K. H. (2003). *Common Text Book Kimia Anorganik II*. FMIPA universitas Negeri Yogyakarta.
- Sulistiyanti, D., Antoniker, A., dan Nasrokhah, N. (2018). Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi pada Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(2), 147.
- Suprihatin dan Suparno, O. (2013). *Teknologi Proses Pengolahan Air*. IPB Press.
- Susanti, D. S., Sukmawaty, Y., dan Salam, N. (2019). *Analisis Regresi dan Korelasi*. IKAPI
- Suziyana, Daud, S., dan HS, E. (2017). Pengaruh Massa Adsorben Batang Pisang dan Waktu Kontak Adsorpsi Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe dan Kapasitas Adsorpsi Pada Pengolahan Air Gambut. *Jom FTeknik*, 38(4), 1–9.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tan, W. dan Bakar, M. A. (2006). The Effect Of Additives On The Size Of Fe_3O_4 Particles. *Journal of Physical Science*, 17(2), 37–50.
- Tumimoomor, F., Palilingan, S., dan Pungus, M. (2020). Pengaruh Filtrasi Terhadap Nilai pH, TDS, Konduktansi dan Suhu Air Limbah Laundry. *Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia*, 4(1), 97-115

- Widi, R. K. (2018). *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan dan Beberapa Inovasi di Bidang Penelitian*. Deepublish.
- Wijayanti, H. (2009). Karbon Aktif dari Sekam Padi: Pembuatan dan Kapasitasnya Untuk Adsorpsi Larutan Asam Asetat. *Info Teknik*, 10(1), 61-67.
- Zahidah, D. dan Shovitri, M. (2013). Isolasi, Karakterisasi dan Potensi Bakteri Aerob Sebagai Pendegradasi Limbah Organik. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), 12-15.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengambilan sampel dan eksperimen adsorpsi

Keterangan	Gambar
Pengambilan sampel limbah cair domestik	
Sampel limbah cair domestik	
Serbuk magnetit sebagai adsorben	

Proses penimbangan serbuk magnetit untuk eksperimen adsorpsi



Sampel sebelum dilakukan perlakuan



Sampel setelah dilakukan perlakuan



<p>Proses adsorpsi dengan alat flokulator</p>	
<p>Proses pengendapan setelah adsorpsi</p>	
<p>Adsorpsi limbah cair domestik tanpa pengadukan</p>	
<p>Proses pengukuran parameter limbah cair domestik</p>	

Pengukuran parameter pH dengan alat pH Meter



Pengukuran parameter kekeruhan dengan alat turbidimeter



Proses pencampuran H_2SO_4 , $K_2Cr_2O_7$ dan sampel limbah cair domestik



<p>Pengukuran parameter COD dengan alat COD Meter</p>	
<p>Proses penimbangan kertas saring untuk menghitung kadar TSS</p>	
<p>Pengukuran kadar TDS, DHL, dan suhu menggunakan alat Multiparameter</p>	

Pengukuran DO menggunakan alat DO Meter



Lampiran 2. Pengukuran Parameter Air Limbah

1. Pengujian Parameter COD (SNI. 06.6989.72.2009)

Cara pengujian parameter COD ditunjukkan sesuai (SNI. 06.6989.73.2009) ditunjukkan sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
Dilarutkan 10,12 g serbuk atau kristal Ag_2SO_4 ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat, kemudian aduk hingga merata.
2. Pembuatan larutan baku kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,01667 M ($\approx 0,1$ N) (*digestion solution*).
 - a. Dilarutkan 4,903 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air bebas organik.
 - b. Ditambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 .
 - c. Dilarutkan dan didinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
3. Pembuatan larutan indikator ferroin
Dilarutkan 1,485 g 1,10 phenanthroline monohidrat dan 695 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air bebas organik dan diencerkan sampai 100 mL.
4. Pembuatan larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 M
 - a. Dilarutkan 19,6 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 300 mL air bebas organik.
 - b. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat.
 - c. Didinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL.
5. Pembuatan larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$)
Ditambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2\text{-N}$ yang ada dalam contoh uji.
6. Pembuatan larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$, KHP) \approx COD 500 mg O_2/L
 - a. KHP digerus perlahan, lalu dikeringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C .

- b. Dilarutkan 425 mg KHP ke dalam air bebas organik sampai 1000 mL.
- c. Disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba.

7. Prosedur kerja pengujian COD

- a. Pipet volume contoh uji dan tambahkan digestion solution dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul.
- b. Ditutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen
- c. Diletakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C , lakukan digestion selama 2 jam
- d. Didinginkan perlahan-lahan contoh uji yang sudah direfluks sampai suhu ruang. Saat pendinginan sesekali tutup contoh uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas
- e. Dipindahkan secara kuantitatif contoh uji dari tube atau ampul ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi
- f. Ditambahkan indikator ferroin 0,05 mL - 0,1 mL atau 1 - 2 tetes dan aduk dengan pengaduk magnetik sambil dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan Dilakukan langkah (a) sampai dengan (f) terhadap air bebas organik sebagai blanko. Catat volume larutan FAS yang digunakan.

2. Pengujian parameter TSS (SNI. 06.6989.3.2004).

TSS dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode gravimetri. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut dengan (SNI. 06.6989.3.2004)

1. Prosedur kerja pengujian TSS

- a. Dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Dibasahi saringan dengan sedikit air suling.
- b. Diaduk sampel dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh sampel

yang lebih homogen.

- c. Pipet sampel dengan volume tertentu, pada waktu sampel diaduk dengan pengaduk magnetik.
- d. Dicuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, dibiarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. sampel dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e. Dipindahkan kertas saring dengan penuh hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Apabila digunakan cawan Gooch maka dipindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Dikeringkan dalam oven minimal selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan suhu 105°C, didinginkan dalam desikator guna untuk menyeimbangkan suhu kemudian ditimbang.
- g. Diulangi tahapan pada pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan dilakukan penimbangan sampai dengan diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

3. Pengujian parameter pH (SNI 06-6898.11-2004)

Cara pengukuran pH dijelaskan sesuai (SNI 06-6898.11-2004) sebagai berikut:

1. Elektroda dikeringkan dengan kertas tisu, selanjutnya dibilas, dengan air suling.
2. Elektroda dibilas dengan contoh uji.
3. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
4. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari pH meter.

4. Pengujian Turbiditas (SNI. 06-6989.25:2005)

Pengukuran turbiditas dilakukan dengan nefelometer (SNI 06-6989.25:2005).

Ditunjukkan sebagai berikut:

1. Kalibrasi Nefelometer

- a. Dioptimalkan nefelometer
- b. untuk pengujian kekeruhan, sesuai petunjuk penggunaan alat
- c. Dimasukkan suspensi baku kekeruhan (misalnya 40 NTU) ke dalam tabung pada nefelometer, lalu pasang tutupnya
- d. Dibiarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil
- e. Diatur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku (misalnya 40 NTU)

2. Penetapan Contoh Uji

- a. Dicuci tabung nefelometer dengan air suling
- b. Dikocok contoh dan masukkan contoh ke dalam tabung pada nefelometer, lalu pasang tutupnya
- c. Dibiarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil
- d. Dicatat nilai kekeruhan contoh yang teramati.