



Jenis Artikel: *orginal research*

## Adsorpsi Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Mineral Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Abd Mujahid Hamdan<sup>1</sup>, Wilda Nur Fajri<sup>2</sup>, Rizna Rahmi<sup>2</sup>, Hanif Hanif<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Corresponding e-mail: [mujahid@ar-raniry.ac.id](mailto:mujahid@ar-raniry.ac.id)

### KATA KUNCI:

Magnetit, limbah cair domestik, adsorpsi

Diserahkan: 1 Nov 2021

Direvisi: 1 Des 2021

Diterima: 16 Des 2021

Diterbitkan: 24 Jan 2022

Terbitan daring: 24 Jan 2022

**ABSTRAK.** Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia akan menyebabkan meningkatnya aktivitas rumah tangga yang menjadi sumber pencemaran lingkungan. Limbah cair rumah tangga di 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. 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. Magnetit efektif 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 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.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk terbanyak dan terjadi peningkatan 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 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). 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 ( $\text{C}^{4-}$ ), hidrogen ( $\text{H}^+$ ), oksigen ( $\text{O}^{2-}$ ), nitrogen ( $\text{N}^{3-}$ ), fosfor ( $\text{P}^{3-}$ ), dan sulfur ( $\text{S}^{2-}$ ) (Siregar, 2005). Limbah cair yang memiliki  $\text{pH} < 6,5$  magnetit cenderung bermuatan positif yang membentuk  $\text{FeOH}_2^+$  yang dapat mengikat kandungan organik yang bermuatan negatif seperti karbon, oksigen, nitrogen, fosfor, dan sulfur. Sedangkan pada  $\text{pH} > 6,5$  magnetit cenderung bermuatan negatif membentuk  $\text{FeO}^-$  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. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan adsorpsi menggunakan magnetit dalam mereduksi parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan berdasarkan massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak.

## 2. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini yaitu teknik grab sampling sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59 -2008. Penelitian ini untuk mengetahui kandungan COD, TSS, pH dan Kekeruhan yang terdapat dalam air limbah rumah tangga sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan Mineral Magnetit ( $Fe_3O_4$ ). Pendekatan true experiment pengerjaannya menggunakan skala laboratorium untuk menguji variabel yang telah direkayasa serta mengamati pengaruh antara dua variabel dengan menggunakan variabel kontrol. Penelitian ini menggunakan beberapa tahap yaitu tahap adsorpsi limbah rumah tangga menggunakan magnetit, penentuan kondisi optimum dalam penyerapan COD, TSS, pH dan kekeruhan.

### 2.1 Bahan dan alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: serbuk magnetit dan limbah cair rumah tangga. Kemudian alat-alat yang digunakan yaitu: neraca analitik, cawan petri, gelas kimia dan flokulator.

### 2.2 Prosedur Eksperimen

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. Prosedur diulangi untuk massa magnetit 3 gram dan 5 gram. selanjutnya diulangi untuk waktu kontak 8 jam dan 10 jam. Setelah digunakan dalam proses adsorpsi, larutan diendapkan selama 4 jam agar limbah dan adsorben dapat dipisahkan. Sampel pada masing-masing perlakuan diambil dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam botol dengan ukuran 10 ml. Untuk mengamati proses sedimentasi, limbah cair domestik tanpa adsorben sebanyak 1 L dibiarkan selama 48 jam. Selanjutnya limbah cair domestik diambil dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam botol dengan ukuran 10 ml.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 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 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 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 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)).

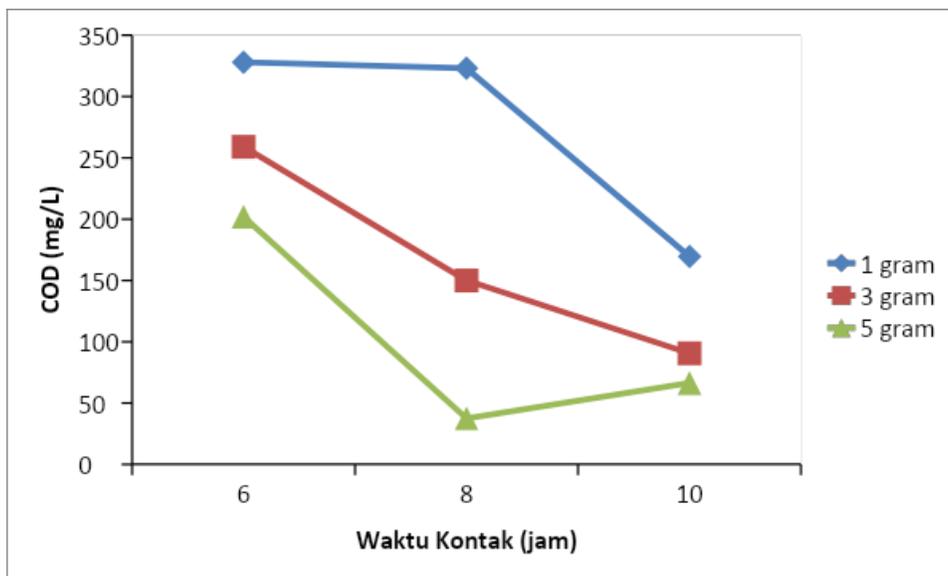
Massa	Kecepatan Putar	Waktu Kontak	COD (mg/L)			TSS (mg/L)			pH			Kekeruhan (NTU)		
			HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)	HPA	HPSA	ED (%)
1 gram	Tanpa pengadukan	6 jam	415	411	0,96	328	205	37,50	4,7	5,1	7,84	619	507	18,09
		8 jam		406	2,17		194	40,85		5,2	9,62		484	21,81
		10 jam		383	7,71		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 sedimetasi	Tanpa pengadukan	48 jam	413	0,48	270	17,68	5	6,00	460	25,68				

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

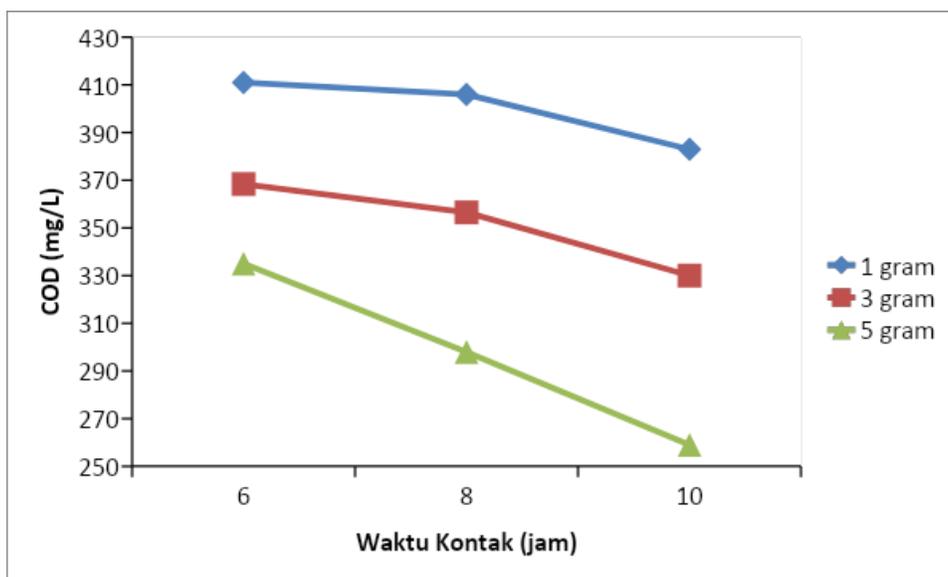
Hasil menunjukkan terjadinya penurunan kadar COD yang signifikan berdasarkan waktu kontak pada variasi massa 1 gram dan 3 gram. Pada variasi massa 5 gram, terjadi peningkatan persentase yang signifikan pada waktu kontak 6 jam dan 8 jam, namun terjadi penurunan persentase pada waktu kontak 10 jam. Hal 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 (Muchlisiyah 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 (Aisyahlika 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 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 1.** 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 2.** 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.

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

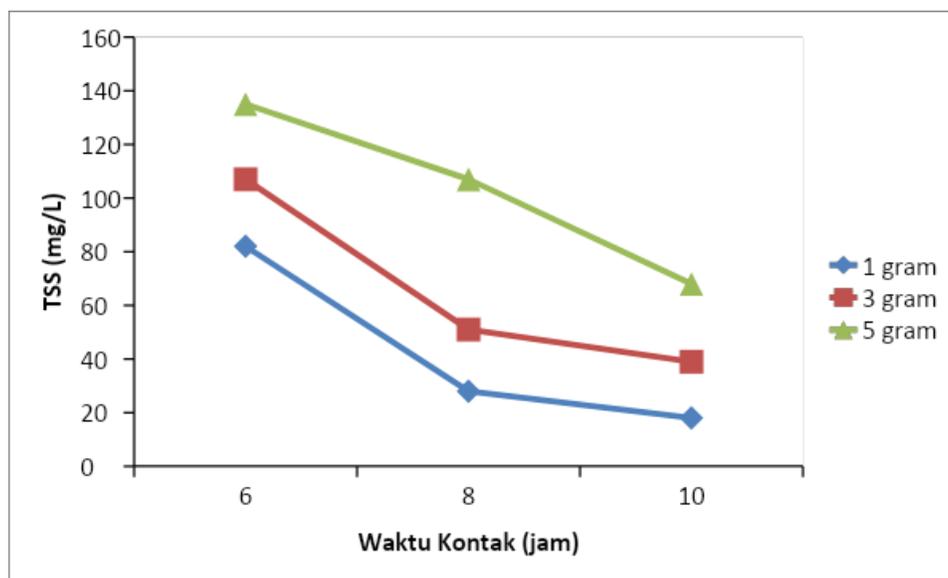
Nilai TSS awal diperoleh sebesar 328 mg/L dapat diturunkan hingga 18 mg/L pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam. Selama proses eksperimen berlangsung, magnetit mempunyai sifat penukar kation sehingga mampu mengikat padatan tersuspensi (Sulistiyanti dkk., 2018). Berdasarkan hal tersebut, 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).

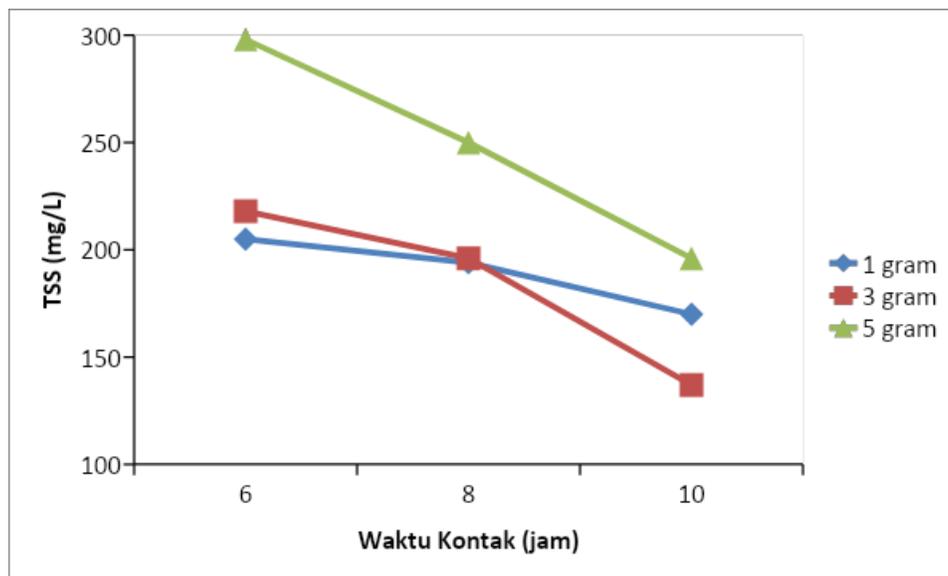
Berdasarkan Gambar 3, terjadinya penurunan efektivitas nilai TSS berdasarkan variasi massa magnetit. Penurunan efektivitas adsorpsi TSS dapat disebabkan adanya proses desorpsi selama eksperimen berlangsung. Desorpsi merupakan kebalikan dari adsorpsi, yaitu lepasnya adsorbat dari permukaan adsorben. Desorpsi dapat terjadi apabila permukaan adsorben telah jenuh (Permatasari, 2019).

Berdasarkan Tabel 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 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 3.** 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.

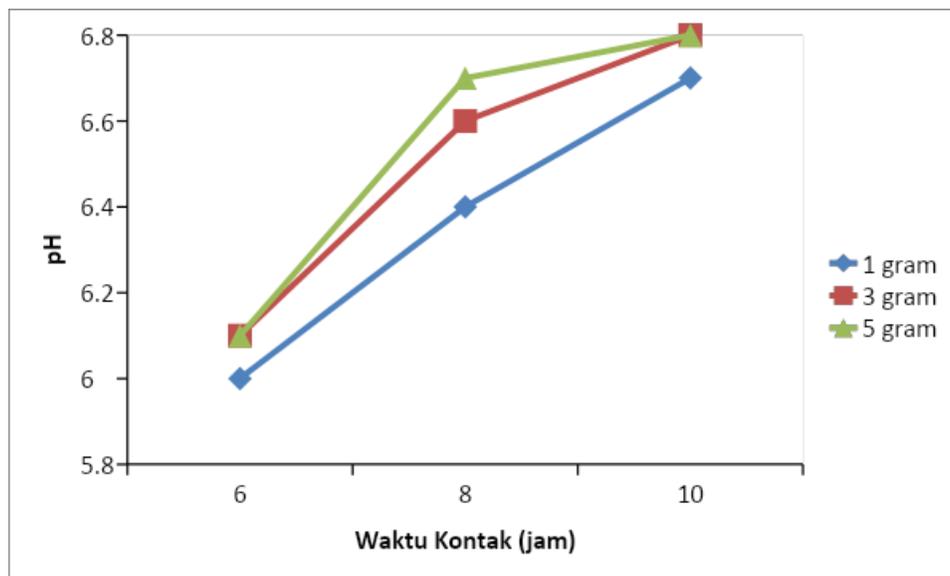


**Gambar 4.** Grafik penurunan TSS terhadap massa 1 gram, 3 gram dan 5 gram serta waktu kontak 6 jam, 8 jam dan 10 jam tanpa pengadukan.

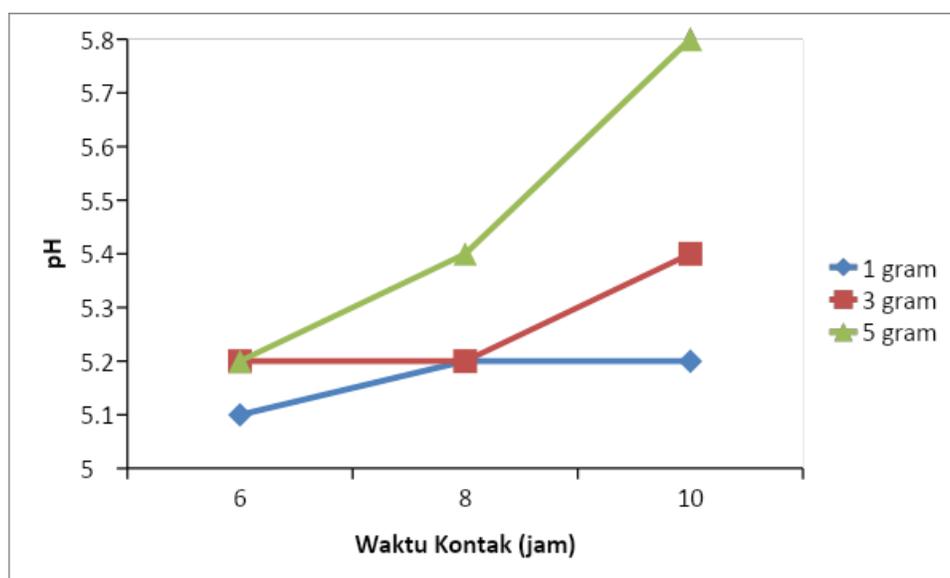
### 3.4. Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penormalan parameter pH.

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

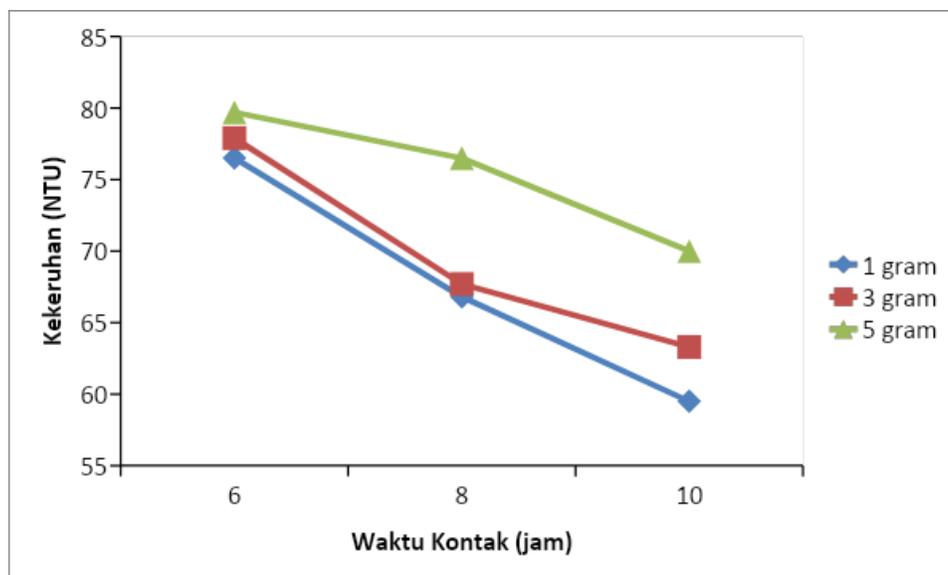
### 3.5. Pengaruh massa adsorben, kecepatan putar dan waktu kontak terhadap efektivitas penurunan parameter kekeruhan

Berdasarkan Tabel 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.

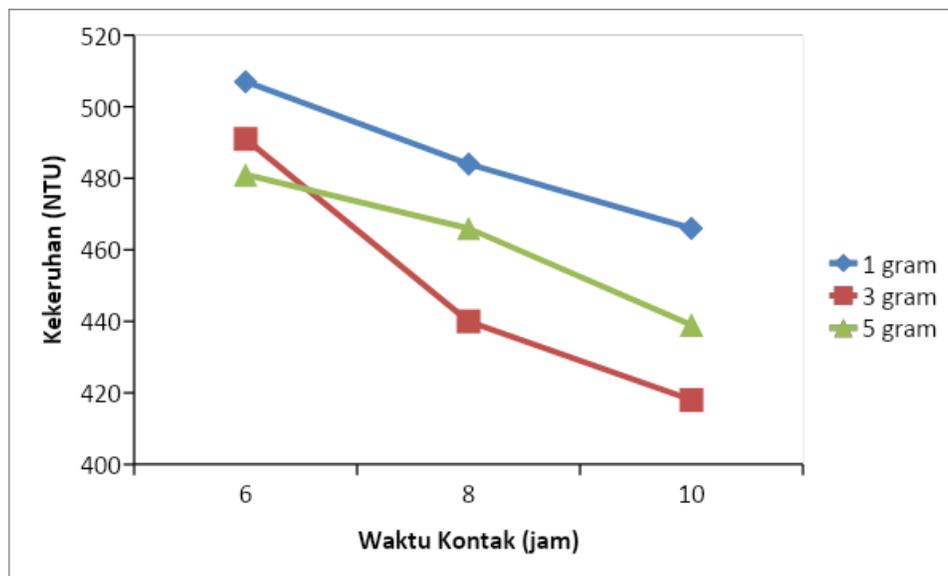
Semakin tinggi padatan tersuspensi, maka kekeruhan juga semakin tinggi. Namun, kekeruhan tidak selalu berbanding lurus dengan padatan tersuspensi karena zat yang terbentuk dan berat jenis berbeda-beda (Nurfatihmah dkk., 2019).

Berdasarkan Gambar 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 7.** 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 8.** 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.

#### 4. Kesimpulan

Magnetit dapat mengubah nilai pH limbah dari 4,7 ke 6,8 dengan efektifitas sebesar 30,88% pada variasi massa 3 gram dengan 5 gram dan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm, dapat menurunkan kadar COD mencapai 37,5 mg/L dengan efektifitas sebesar 90,96% pada variasi massa 5 gram dengan waktu kontak 8 jam dengan kecepatan putar 150 rpm, dapat menurunkan kadar TSS mencapai 18 mg/L dengan efektifitas sebesar 94,51% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm dan Efektivitas optimum magnetit dalam menurunkan kekeruhan mencapai 59,5 NTU dengan efektifitas sebesar 90,39% pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 10 jam dengan kecepatan putar 150 rpm.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih saya kepada kepala Lab Mutlifungsi UIN Ar-Raniry

#### Keterlibatan Penulis

AMH, WNF, RR dan HH melakukan menganalisis data, Menyusun manuskrip, menulis manuskrip original, menulis ide gagasan, merancang alat dan isnturumen dan melakukan akuisisi dan analisis.

#### 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
- Kodatie, R. J., dan Sjarief, R. (2010). Tata Ruang Air. ANDI.Kholif, M. A. (2020). Pengelolaan Air Limbah Domestik. Scopindo.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- Siregar, S. A. (2005). *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kanisius.
- 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.
- Wijayanti, H. (2009). Karbon Aktif dari Sekam Padi: Pembuatan dan Kapasitasnya Untuk Adsorpsi Larutan Asam Asetat. *Info Teknik*, 10(1), 61-67.