



Al-Ard

Jurnal Teknik Lingkungan

P-ISSN: 2460-8815
E-ISSN: 2549-1652

Volume 07, Nomor 01
September 2021



Tofu Wastewater Treatment with the Growth Suspended Microorganism Using Different Air Flowrate

Rizka Novembrianto, Restu Hikmah Ayu M, Firra Rosariawari

Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap Artemia Salina dan Daphnia Magna

Dedy Suprayogi, Sri Hidayati L., M. Ratodi, Farhana Fitri Ardilla

Pencemaran dan Penentuan Titik Self-Purification Sungai di Kabupaten Banjar

Tien Zubaidah, Sulaiman Hamzani, Arifin

Pembuatan Pupuk Organik dari Eceng Gondok, Kotoran Sapi, dan Dedak Padi dengan Effective Microorganisme 4 (Em4)

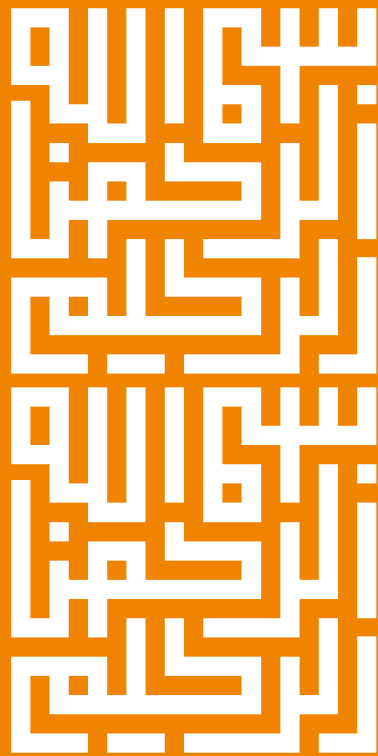
Sri Widyastuti, Risa Suryananta Arfa

Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Wonokromo (Kali Jagir) Kota Surabaya

Izdiyadatu Mawaddati, Ida Munfarida, Abdul Hakim

Pemetaan Particulate Matter (PM10) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya

Zakaria Amrizal, Ida Munfarida, Amrullah



Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

DEWAN REDAKSI
AL-ARD: JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

Jurnal Al-Ard adalah Jurnal Teknik Lingkungan yang diterbitkan secara berkala dua kali dalam setahun oleh Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.

Penanggung Jawab

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag

Ketua Redaksi

Dedy Suprayogi, M.KL

Redaktur

Shinfi Wazna Auvaria, MT

Penyunting/ Editor

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT

Ida Munfarida, MT

Sarita Oktorina, M.Kes

Sulistiya Nengse, MT

Widya Nilandita, M.KL

Yusrianti, MT

Reviewer

Achmad Chusnun Ni'am, S.Si., M.T., Ph.D.

Dr. Andy Mizwar, ST, M.Si

Dr. Asep Sofyan, ST, MT

Dr. Gina Lova Sari, ST, MT

Dr. Maritha Nilam Kusuma, ST.MT

Dr. Ranno Marlany Rachman, ST, M.Kes

Dr. Rhenny Ratnawati, ST. MT

Arya Rezagama, ST, MT

Alamat Redaksi

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya

Jl. Jend. Ahmad Yani 117 Surabaya Jawa Timur 60237

Telp. 031-8493836 Fax. 031-8474347

Website : www.uinsby.ac.id

Email : uinsatekling@gmail.com

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas terselesainya edisi ketujuh Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya. Jurnal ini diberi nama “**Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan**” berdasarkan kesepakatan bersama tim jurnal Program Studi Teknik Lingkungan, yang berarti **Bumi**.

Volume.7 no.1 Jurnal Al-Ard ini menampilkan 6 artikel, yaitu: *pertama*, mengenai “***Tofu Wastewater Treatment with the Growth Suspended Microorganism Using Different Air Flowrate***” yang ditulis oleh Rizka Novembrianto, Restu Hikmah Ayu M, Firra Rosariawari; *kedua*, mengenai “***Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap Artemia Salina dan Daphnia Magna***” yang ditulis oleh Dedy Suprayogi, Sri Hidayati L., M. Ratodi , Farhana Fitri Ardilla; *ketiga*, mengenai “***Pencemaran dan Penentuan Titik Self-Purification Sungai di Kabupaten Banjar***” yang ditulis oleh Tien Zubaidah, Sulaiman Hamzani, Arifin; *keempat*, mengenai “***Pembuatan Pupuk Organik dari Eceng Gondok, Kotoran Sapi, dan Dedak Padi dengan Effective Microorganisme 4 (Em4)***” yang ditulis oleh Sri Widyastuti, Risa Suryananta Arfa; *kelima*, mengenai “***Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Wonokromo (Kali Jagir) Kota Surabaya***” yang ditulis oleh Izdiyadatu Mawaddati, Ida Munfarida, Abdul Hakim; *keenam*, mengenai “***Pemetaan Particulate Matter (PM10) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya***” yang ditulis oleh Zakaria Amrizal, Ida Munfarida, Amrullah.

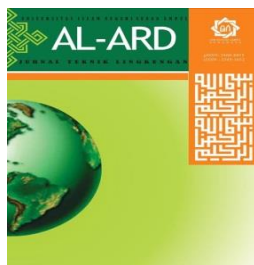
Semoga sajian artikel dalam jurnal ini mampu meningkatkan pemahaman mengenai lingkungan dan meningkatkan kesadaran bersama dalam pemanfaatan, pengembangan sekaligus pemeliharaan lingkungan dengan teknologi yang tepat guna. Kritik dan saran selalu kami harapkan sebagai perbaikan dan pengembangan jurnal edisi berikutnya.

Surabaya, September 2021

Salam Redaksi

DAFTAR ISI

<i>Tofu Wastewater Treatment with the Growth Suspended Microorganism Using Different Air Flowrate</i>	Hal. 01-08
Rizka Novembrianto, Restu Hikmah Ayu M, Firra Rosariawari	
<i>Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap Artemia Salina dan Daphnia Magna</i>	Hal. 09-17
Dedy Suprayogi, Sri Hidayati L., M. Ratodi, Farhana Fitri Ardilla	
<i>Pencemaran dan Penentuan Titik Self-Purification Sungai di Kabupaten Banjar</i>	Hal. 18-24
Tien Zubaidah, Sulaiman Hamzani, Arifin	
<i>Pembuatan Pupuk Organik dari Eceng Gondok, Kotoran Sapi, dan Dedak Padi dengan Effective Microorganisme 4 (Em4)</i>	Hal. 25-32
Sri Widyastuti, Risa Suryananta Arfa	
<i>Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Wonokromo (Kali Jagir) Kota Surabaya</i>	Hal. 33-43
Izdiyadatu Mawaddati, Ida Munfarida, Abdul Hakim	
<i>Pemetaan Particulate Matter (PM10) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya</i>	Hal. 44-51
Zakaria Amrizal, Ida Munfarida, Amrullah	



Tofu Wastewater Treatment with the Growth Suspended Microorganism Using Different Air Flowrate

Rizka Novembrianto^{1,*}, Restu Hikmah Ayu M², Firra Rosariawari³

^{1,2,3} UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

* rizka.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

The liquid waste of tofu from many industries is mostly discharged into the river and caused pollution. This research discusses the processing of tofu wastewater with the aim of reducing and controlling the levels of pH, BOD, COD, TSS, and temperature so as not to pollute the environment when dumped into rivers or other suitable places by simple reactors in few days. The water treatment process using bacterial from wastewater as a medium seems promising to develop since it does not need any microorganism starter or other media like glucose. The method that used in this research are seeding, acclimatization, and running with recirculation process. During the process of microorganism growth (seeding), the peak of MLSS was obtained on day 6 with 1560 mg/L. The other reason is wastewater from their wastewater processing is more suitable for microorganism cultivation because its effluent contains significant beneficial nutrients and less of toxic compounds and harmful substances that interfere with the growth of microorganisms. In same condition (pH and Temperature) in the Acclimatization process can reach 77.45% after 7 days of treatment. After the detention time (18 hours) the results of COD number also greatly decrease with 5 hours recirculation with 8 L/min air flowrate and 86.51% percentage of COD parameter decreased. This research is running in a laboratory scale, which makes this pilot plant must be recalculated to bring in large scale applications. However, this technology represents an effective, economic, and environmentally friendly process for tofu wastewater treatment.

Keywords: tofu wastewater, growth suspended microorganism, air flow rate

Abstrak

Limbah cair tahu dari berbagai industri sebagian besar dibuang ke sungai dan menimbulkan pencemaran. Penelitian ini membahas tentang pengolahan air limbah tahu dengan tujuan untuk menurunkan dan mengontrol kadar pH, BOD, COD, TSS, dan suhu agar tidak mencemari lingkungan saat dibuang ke sungai atau tempat lain yang sesuai dengan reaktor sederhana dalam beberapa hari. Proses pengolahan air menggunakan bakteri dari air limbah sebagai media tampaknya menjanjikan untuk dikembangkan karena memang membutuhkan starter mikroorganisme atau media lain seperti glukosa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penyiapan mikroorganisme, aklimatisasi, dan running dengan proses resirkulasi. Selama proses pertumbuhan mikroorganisme (penyiapan), puncak MLSS diperoleh pada hari ke-6 sebesar 1560 mg/L. Alasan lainnya adalah air limbah dari pengolahan air limbah mereka lebih cocok untuk budidaya mikroorganisme karena limbahnya mengandung nutrisi bermanfaat yang signifikan dan lebih sedikit senyawa beracun dan zat berbahaya yang berinteraksi dengan pertumbuhan mikroorganisme. Dalam kondisi yang sama (pH dan Suhu) dalam proses Aklimatisasi dapat mencapai 77,45% setelah 7 hari pengobatan. Setelah waktu detensi (18 jam) hasil bilangan COD juga sangat menurun dengan resirkulasi 5 jam dengan debit udara 8 L/menit dan persentase parameter COD turun 86,51 %. Penelitian ini berjalan dalam skala laboratorium, yang membuat pilot plant ini harus dihitung ulang untuk digunakan dalam aplikasi skala besar. Namun, teknologi ini merupakan proses yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk pengolahan air limbah tahu.

Kata kunci: limbah cair tahu, pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi, laju aliran udara

1. INTRODUCTION

Tofu is a processed-food made from soybeans. Tofu is generally consumed as the main protein sources in Indonesia. For a long time, tofu has been the most popular food

throughout Asia. Tofu contains a lot of protein and vitamins (Faisal, 2016). In addition, tofu protein is 35 percent greater than food from unprocessed plants or animals. The soy protein in tofu contains eight essential amino acids when processed in the human body. It is

common knowledge that there are no important differences between animal and plant proteins. From a body perspective, the amount of protein used in 1/2 cup of soybeans is no different from that contained in 5 ounces of steak (Shurtleff, 1975). Soybeans at low prices do not contain cholesterol. This is the reason why many people like soy-based foods, one of which is tofu. The increasing of consumption needs, the production of tofu is also getting bigger. (Ridha, 2015) reported that the number of micro small and medium-enterprises (MSMEs) producing tofu in Indonesia is around 85,000 businesses with 285,000 workers, of whom 40-50% are woman. According to the Ministry of Industry, there are around 203 large companies throughout Indonesia and the largest companies are located in East Java with 86 companies. Tofu factories in Indonesia annually produce around 2.56 million tons of soybeans in the process. On this amount, each tofu factories produce about 20 million m³/year of liquid waste and about 1024 million tons of solid waste (Sintawardani, 2011). For each 100 kg soybean used for the production, it takes water in approximately 1.5-2 m³. On total 100 kg soybean production, tofu industries generally produce solid waste for about 40% (Nur, 1991).

The solid waste of tofu contains protein (23.35%), water (10, 53%), fat (5.54%), sugar (26.92%), ash (17.03%), and crude fiber (16.53%) (Bapedal, 1994). (Faisal 2016) reported that liquid waste of making tofu contains in great quantities organic substances, Chemical Oxygen Demand (COD) of 7,500-14,000 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD 5) of 6,000-8,000 mg/L, tempe temperature reached 40-46°C and low acidity at pH of 5-6.

This research also provide a preliminary study to make small-scale tofu industrial wastewater treatment easy and efficient. An alternative method for treating small-scale tofu industrial wastewater is using an activated sludge system. The treatment scheme of wastewater from washing or soaking tofu is pumped to a packed wastewater treatment unit consisting of an aeration tank and a sedimentation tank. In this aeration tank, wastewater is treated by activated microorganisms. After a certain time from the aeration tank, then continued to the processing

of the sedimentation to settle sediment (Nagwekar, 2014).

Liquid Waste Quality Standard for the industry or Other Exertion: Regulation of the Governor of East Java No. 72 Year of 2013 declared regulation to maintain environmental by controlling amount of parameters, can be seen in Table-1.

Tabel 1. Liquid Waste Quality Standard for the Processed-Soybean Industry (Tofu)

Parameter	Standar Maximal
BOD ₅ (mg/L)	150
COD (mg/L)	300
TSS (mg/L)	100
pH (mg/L)	6.0-9.0
Maximum Capacity WWTP (m ³ /ton)	20

(Source: Regulation of the Governor of East Java No. 72 Year of 2013)

The liquid waste of tofu from many industries are mostly discharged into the river, definitely kill the biotic lives, reduce the quality of water due to high organic substances and cause a bad and pollution on the surface to the ground water. Unfortunately, those industries still use environmentally damaging production in process. There are problems in processed soybean-based food industry such as inadequate, inefficiency waste disposal and low awareness about new efficient technology (Ridha, 2015). The tofu waste which dumps into the river without any treatment might cause the death of organism lived in river, damaging ecosystems and harming human who use the river for washing, bathing, fishing, etc. For this reason, due to the large amount of liquid tofu waste that over passed Liquid Waste Quality Standard for Industry, it is necessary to process tofu waste first before being discharged into rivers or other suitable places. Therefore, this research discusses the processing of tofu waste with the aim of reducing and controlling the levels of BOD, COD, MLSS, DO and temperature so as not to pollute the environment when dumped into rivers or other suitable places by simple reactors in few days. This simple way can be a solution for tofu industries because it only requires simple reactors with only a few days. Although the time is short but the impact is important for the environment due to the decrease in BOD and COD.

2. MATERIALS AND METHODS

The tofu waste water that used in this research were collected from one of tofu home

industry in Sidoarjo, Indonesia. In this research two different reactors were used, seeding and acclimatization. The pH that used in this research is 3.4 ± 0.1 , this number of pH is the natural pH that tofu industries produce. Standart method to analyze the sample can be seen in Table 2.

Table 2. Standart Method to Analyze The Sample

Parameters	Standard Method
BOD	SNI 6989.72:2009
COD	SNI 6989.2:2019
TSS	SNI 06-6989.3-2004

Before this research, testing COD and DO in inlet source is important due to know the differences between before and after research. The levels of DO and COD between tofu factories that used in this sample differ from other tofu factories depending on the use of vinegar in the process. To obtain the desired results, this research is estimated at 13 days for seeding and continued 7 days for acclimatization, 1 days was spent to run this research. Flowchart of research method can be seen in Figure 1.

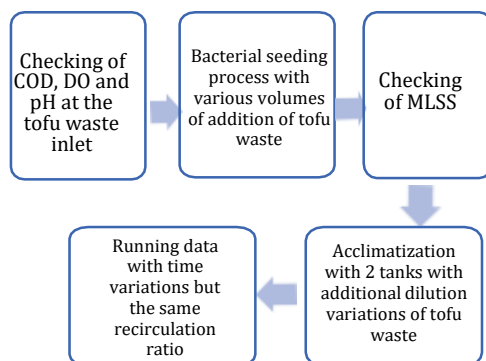


Figure 1. Flowchart of Research Method

a. Seeding Process

Seeding process on this research was run with an air pump oxygen with 4L/minutes capacity that attached on reactor. On the first day, one liter of tofu waste has added to the reactor then add one liter each day until it reach 5L in fifth day. In the seeding process, to avoid the formation of a lot of foam, the air duct holes are made bigger this method makes the air bubbles become large, this affects the formation of foam. If the air bubbles are getting smaller, the seeding process will produce more bubbles. For this reason, the air bubbles are made larger in order to produce or minimize the foam produced. In the seeding process when the oxidation process uses an air flow of 4 L/min, it

is greater than Zahra, et al., (2015) using 3 L/min.

b. Acclimatization process

The acclimatization process run after the seeding process, this process use waste water with pH of 3.4 ± 0.1 . This acclimatization requires 2 tanks, with a recirculation that connect each other with recirculation air flowrate 100mL/min. The acclimatization stage starts from 20% of the organic content at the beginning into the reactor, respectively 40%, 60%, 80% until 100% of maximum capacity. In the 100% condition, it was carried out for several days until the outlet results become stable. At the acclimation process detention time of 24 hours is used. Design reactor in acclimatization process can be seen in Figure 2.

c. Running process

In aeration tank, detention time 18 hours were given to know the resistance of bacteria. This condition compares with Astuti, (2019) which uses 18 hours of detention time but uses anaerobic and aerobic process methods. Sample was analyzed in every hours in 5 hours with various air pump flowrate (4L/min and 8 L/min) at outlet sedimentation tank. On this recirculation process, one air pump is used. In the running process, the condition of the pH value and temperature as a control function in controlling wastewater treatment.

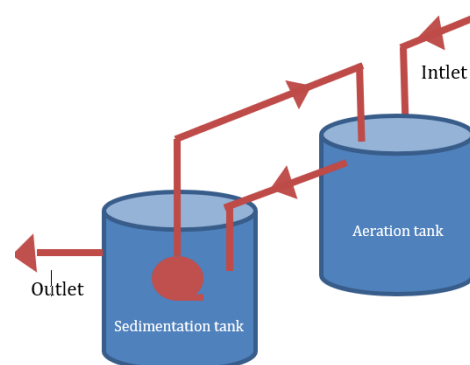


Figure 2. Design Reactor in Acclimatization Process

Data analysis used the following equation:

$$\text{Efficiency} = ((C_{in} - C_{out}) / C_{out}) \times 100 \%$$

Where :

C_{in} = inlet concentration

C_{out} = outlet concentration

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The results of the initial analysis of the tofu factory wastewater that have been carried out in this experiment can be seen on Table 3.

Table 3. Results Analysis for Waste Water	
Parameters	Result
BOD	1428
COD	6077
TSS	1280

(Source: Research Result, 2021)

Table 3 above represent the organic content of the tofu industry. This number is quite high compare to Regulation of the Governor of East Java No. 72 Year of 2013 about water quality standards soybean processed industrial waste. The standard for BOD, COD and TSS are 150, 300 and 100 mg/L.

a. Seeding

Mostly, the seeding in the process in tofu waste water treatment is using attached growth bacteria, this research use suspended growth microorganism that does not use media and only requires oxygen in the process.

Table 4. Results Analysis for Waste Water Parameters Day 1-13

Day	Parameters			
	MLSS	COD	pH	Temperature
1	800	6039	7.1	29
2	855	5020	8.1	29
3	1080	3373	8.3	29
4	913	3059	8.2	30
5	1400	2745	8.4	29
6	1560	2203	8.6	28
7	1280	2015	8.9	28
8	1110	1992	8.9	29
9	750	1824	8.9	29
10	844	1725	8.8	29
11	842	1255	8.8	32
13	952	1490	8.8	28

(Source: Research Result, 2021)

In carrying out the seeding process, the thing to consider is pH. In the initial analysis, with pH range of 3.4 ± 0.1 . With the addition of the incoming air rate is not too large, within 24 hours, the pH shows the number of 7.1. The rapid process of raising pH represent the right air velocity application process.

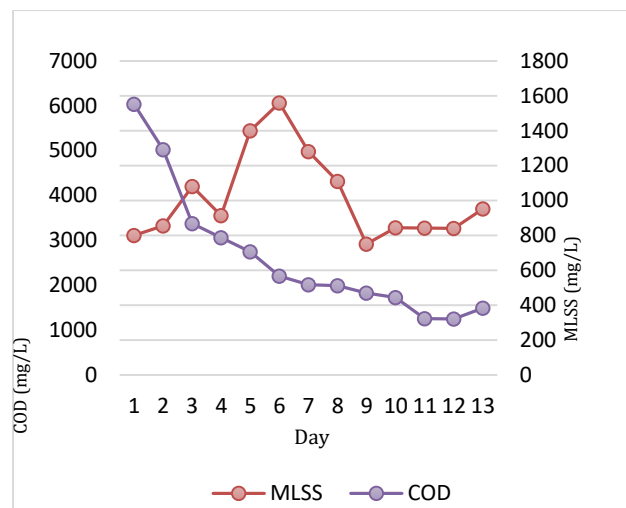


Figure 3. The Effect of Seeding Process on MLSS and COD

Results analysis for waste water parameters day 1-13 can be seen in Table 4. Figure 3 shows the linear graph MLSS and COD from day 1 until 13. The growth of microorganisms was represented by the amount of MLSS, on the first day after being given the air had a value of 800 mg/L. The data from MLSS reach the peak in day 6 then rapidly decrease in day 7 before get equilibrium in day 9. Highest MLSS content at 1560 mg/L. High MLSS indicates the number of microorganisms in high activated sludge, capable of multiplying by utilize organic materials and nutrients found in waste (Fitrahani, 2012). In this research the bacterial from waste water was used as medium to culture of various microorganism so there is no need to add the bacteria stater or glucose, this method seems promising alternative in waste water treatment process (Ding et al, 2015). Wastewater from food processing is more suitable for bacteria cultivation because its effluent contains significant beneficial nutrient and less of toxic compounds and harmful substances that interface with the growth of bacteria (Tan et al, 2014).

The number of COD shows different pattern with the MLSS number. COD number extremely decrease since day 1 until day 6 and slightly different in day 7 until 13 due to the decomposition of organic components by microorganisms.

b. Acclimatization

Acclimatization process runs after the seeding process. This process begins on day 14 until 7 days after. From these days, it is reviewed whether the COD and DO values are almost relatively significant (Figure 4).

Table 5. The Acclimatization Results

Parameters						
Day	COD inlet (mg/L)	DO (mg/L)	pH	°C	COD outlet (mg/L)	% removal of COD
14	1226	1.19	8.7	30	1084	11.56%
15	2465	4.22	8.9	31	1406	42.96%
16	3630	4.47	8.8	30	1397	61.52%
17	4844	4.56	8.8	28	1376	71.59%
18	6067	5.26	8.8	31	1388	77.12%
19	6058	5.24	8.8	31	1402	76.86%
20	6021	5.38	9.0	27	1358	77.45%

(Source: Research Result, 2021)

Table 5. represent stable results within 3 days, on day 18, 19 and 20 the range between 76 and 77% COD removal results. The effectivity of this process can seen on removal of COD inlet and outlet, on day 20 the removal of COD reach higher removal compare to first day of treatment with the condition pH 8.7 until 9.0 and natural temperature, the different of temperature may caused of room temperature that maybe change.

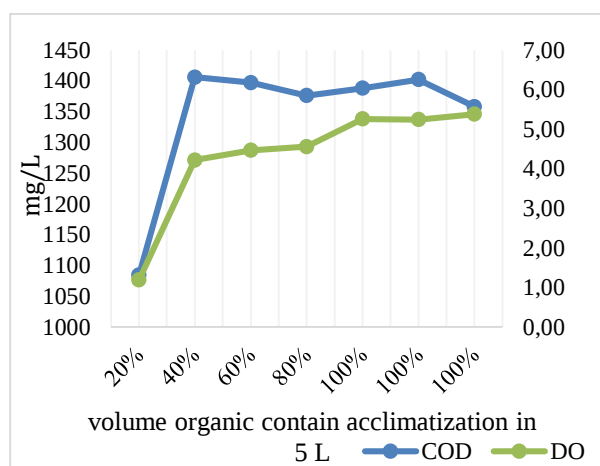


Figure 4. Amount of DO and COD Outlet During the Acclimatization Process

The amount of DO concentration in waste water greatly increased and start reach equilibrium at 40% volume due to the increasing of total volume of waste water on acclimatization process. The equilibrium concentration on DO and COD due to increasing the volume of waste water indicate that the waste water ideally use for run this research.

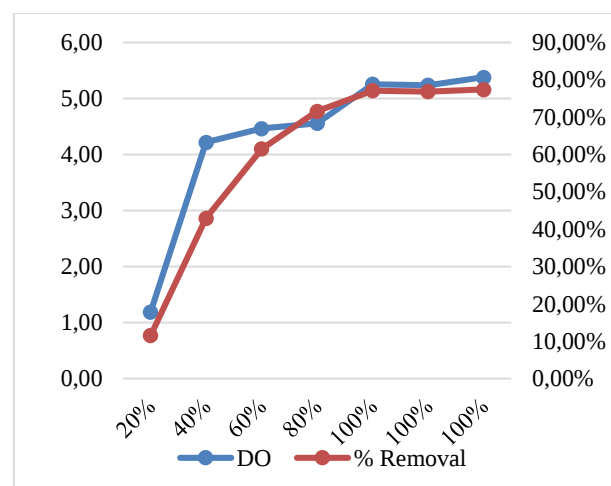


Figure 5. The Relationship between DO and Amount of COD Removal on Water.

On the first day of the acclimation process, the removal percentage was only 11.56 %, this caused of dissolved oxygen value was still very low at 1.19 mg/L so that microorganisms were not optimal in decomposing wastewater Martin, et. al, (2003) also argues that the dissolved oxygen value ≤ 1.1 mg/L will affect the sludge deposition system.

In addition the concentration of DO represent the same pattern as removal of COD on water. These data indicate that the DO on waste water contribute to amount COD removal on water. The increasing of DO on water is produced by aerator that used during the process, this pattern indicates that the aeration process on this stage is successfully applied. The relationship between do and amount of cod removal on water can be seen in Figure 5.

c. Running

After reaching a stable state for results efficiency of organic matter and COD, then continuous research with variations air flowrate and analyzed in every hour. The influent COD content of 6077 mg/L when entering the reactor during the running process, the results obtained in several number on Table 6.

Table 6. Sample Analysis Result after Detention Time

Air flowrate	Parameters	hours				
		1	2	3	4	5
4 L/min	BOD	323	319	282	275	268
	COD	1302	1277	1182	1174	1152
	TSS	705	654	522	480	467
	pH	8.2	8.3	8.4	8.4	8.4
	°C	28.4	29.4	30	30.5	29.6
8 L/min	BOD	248	189	178	169	164
	COD	1125	902	892	844	820

Air flowrate	Parameters	hours				
		1	2	3	4	5
	TSS	422	295	286	255	240
	pH	8.5	8.6	8.6	8.6	8.7
	°C	28.7	29.9	30.7	31	30

(Source: Research Result, 2021)

There is a difference in the increase in the pH value during the running process. For an air rate of 4 L/min ranging from pH 8.2 to pH 8.4, this is the same as Matilda's (2016) study which also operates at pH 8.2 ± 0.1 . Medium for the air rate of 8 L/min ranging from pH 8.5 to pH 8.7.

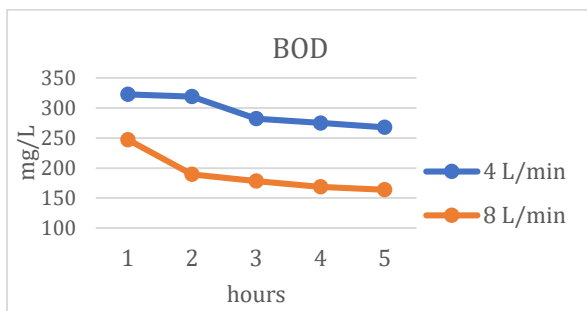


Figure 6. BOD Concentration in 4L/min and 8L/min air Flowrate

Figure 6 shows that after 2 hours BOD decreased significantly with an air rate of 4 L/min while for 8 L/min it decreased significantly after 3 hours of deposition. Both variations after experiencing a significant decrease and then gradually decreased slowly. Various air flowrate (4 L/min and 8 L/min) were analyze to know the effect of aeration process on recirculation process ($Q=100\text{mL/min}$). Figure 5 shows the pattern amount of BOD slightly decrease after 5 hours process. The BOD value after 5 hours of the deposition process for an air rate of 4 L/min the concentration becomes 268 mg/L while for an air rate of 8 L/min it becomes 164 mg/L.

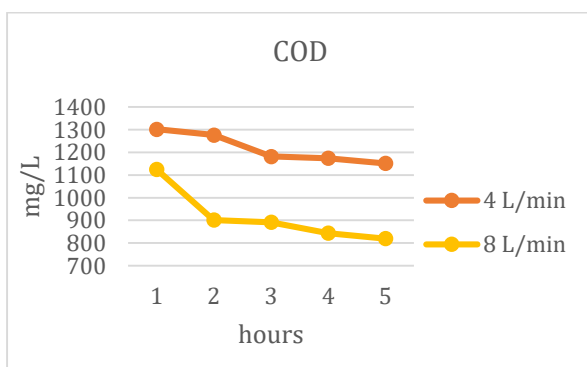


Figure 7. COD Concentration in 4L/min and 8L/min air Flowrate

The pattern from COD concentration air flowrate 4 L/min and 8 L/min represent almost smiliar pattern with BOD concentration 4 L/min and 8 L/min, but for the COD number shows the significant decreasing number compare to COD result on 8L/min (Figure 7). In conditions when the deposition time entered 2 hours, a very significant decrease was seen, this indicates that the most significant time for the decline was 2 hours. This is also the same as Ariyani's report, (2015) reports that if using the activated sludge process, the deposition is better done within 2 hours.

This data can be used in further research to minimize energy that the recycle pump can work every 2 hours and return the sludge aeration reactor in the wastewater treatment.

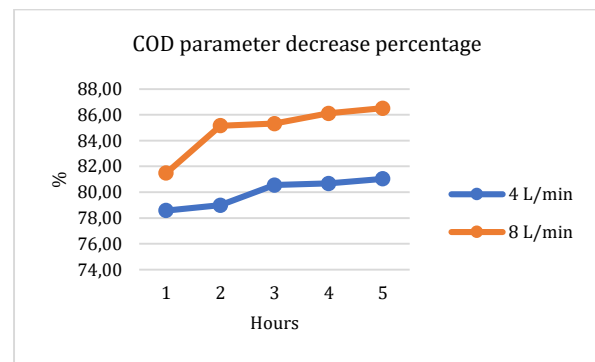


Figure 8. COD Parameter Decrease Percentage

The largest percentage of COD reduction using an air rate of 8 L/min is 86.51% (Figure 8). This result is slightly larger than the research by Astuti, (2019) with a decrease in COD of 84.4%. Because the inlet COD concentration is greater in the range of 7000 – 8000 mg/L.

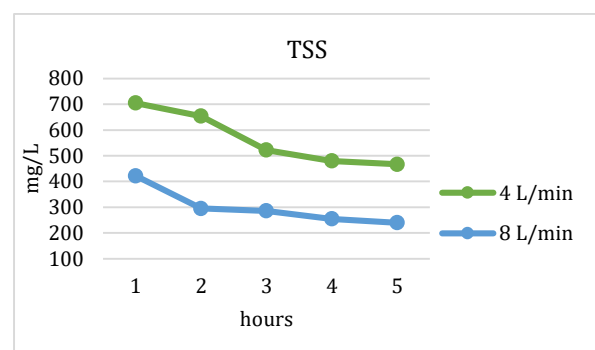


Figure 9. TSS Concentration in 4L/min and 8L/min air Flowrate

The best decrease in TSS concentration at 8L/min air flowrate with significant settling time occurred at 2 hours. Overall best deposition result at 5 hours (Figure 9).

Of all the parameters that were tested, only the pH parameter still met the quality standard

in accordance with East Java Governor Regulation No. 72 of 2013. So in connection with this, it is hoped that there will be preliminary processing or final processing.

4. CONCLUSIONS

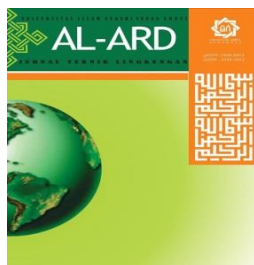
The development of a wastewater treatment process employing microorganism from wastewater appears potential because it does not require the use of a microorganism starter or other media such as glucose. Another factor is that food processing wastewater is better for microorganism cultivation because it includes more valuable nutrients and less poisonous chemicals and harmful elements that interfere with microorganism growth. After 7 days of treatment under the same conditions (pH and temperature), the Acclimatization process can reach 77.45 %. With 5 hours of recirculation at 8 L/min air flowrate and 86.51% COD parameter decrease after the detention time (18 hours), the results of COD number also considerably decrease.

5. REFERENCES

- Astuti, A. D. and Ayu, D. I, 2019. Treatment of Tofu Industry Wastewater using Bioreactor Anaerobic-Aerobic and Bioball as Media with Variation of Hydraulic Retention Time. *Reaktor, Vol. 19 No. 1, March Year 2019, pp. 18-25*
- Bapedal. 1994. Environmental Insurance. Jakarta : *Environmental Impact Control Agency*.
- East Java Governor Regulation Number 72 of 2013. (2013). *Regarding Wastewater Quality Standards for Industry and/or other Business Activities*
- Ding, J., Zhao, F., Cao, Y., Xing, L., Liu W., Mei, S., Li, S. 2014. Cultivation of Microalgae in Dairy Farm Wastewater without Sterilization. *International Journal of Phytoremediation*. DOI: 10.1080/15226514.2013.876970.
- Faisal, Muhammad *et al.* Treatment and Utilization of Industrial Tofu in Indonesia. *Asian Journal of Chemistry*. DOI: 10.14233/ajchem.2016.19372 .
- Fitrahani, L. Z. (2012). Characterization Of Operating Conditions And Process Optimization Of A Food Industrial Wastewater Treatment Plant. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia Oktober, 1*(No. 2), p 110 - 117.
- N, Sintawardani. 2011. *Socio-Economic Problems on Reducing the Wastewater Pollution from Tofu Processing in the Cibuntu Area, Indonesia*. Research Center for Physics Indonesian Institute of Science.
- Nagwekar, P. R. (2014). Removal of Organic Matter from Wastewater by Activated Sludge Process-Review. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*. Vol 3. no. 5: 1260–1263.
- Matilda, F., Biyatmoko, D., Rizal, A., Abdullah. 2016. The Improvement of Quality of Tofu Industry Wastewater Effluent on Activated Sludge System with Flow Rate Variation Using Ironwood (*Eusideroxylon zwageri*) Activated Charcoal. *EnviroSciencetea* Vol. 12 No. 3, Nopember 2016 page 207 – 215
- Martin, A. M. P., Heijnen, J. J., Van Loosdrecht, M. C. M., 2003. Effect of Dissolved Oxygen Concentration on Sludge Settability. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 62, 586-593
- Ministry of Environmental RI, Number 15 of 2008 about Water Quality Standards Soybean Processed Industrial Waste.
- Ridha, M. 2015. *Promoting Eco-Friendly Production in Indonesia Tofu and Tempeh Industry*. Impact Sheet-Switch Asia Project.
- Shurtleff, William and Aoyagi, Akiko. 1975. *The Book of Tofu : Food For Mankind*. Autumn Press, Inc., Massachusetts. ISBN : 0-394-73431-9.
- Sukma, B. A. and Agus, S.M, 2015. The Ability Mixed Culture Sludge From Industrial Waste Of Crumb Rubber To Reduce Levels COD, BOD dan TSS. *Majalah Biam*. Vol. 11, No. 1 Juli 2015, Hal 11-16.
- Tan, X., Chu, H., Zhang, Y., Yang, L., Zhao, F., Zhou, F. (2014). *Chlorella pyrenoidosa* cultivation using anaerobic digested starch processing wastewater in an airlift circulation

photobioreactor. Bioresource
Technology, 170, 538-548.
Doi:10.1016/j.biortech.2014.07.086 .

Zahra, S. A., Sumiyati, S., Sutrisno, E., 2015.
*Reduction of BOD and COD
Concentrations in Tofu Liquid Waste
with Biofilm Pond Technology Using
Fish Net Biofilter Media and Bioball.
Environmental Engineering Study
Program.* Faculty of Engineering,
Diponegoro University.



Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*

Dedy Suprayogi^{1,*}, Sri Hidayati L.², M. Ratodi³, Farhana Fitri Ardilla⁴

^{1,2,3,4}UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

*dsuprayogi@uinsby.ac.id

Abstract

Water pollution can become dangerous if consumed. River could be polluted with some materials namely heavy metal of copper (Cu). Heavy metals that are accidentally consumed by human body through the skin surface, some through the respiratory or digestive tract and then accumulate in the body over time. To make an early detection of heavy metal and water quality in water bodies, some animals or plants were used. Several types of crustaceans such as *Artemia salina* and *Daphnia magna* or commonly referred to as bio indicators. This study analyze comparison of acute toxicity test that represented by LC50 value of Cu in *Artemia salina* and *Daphnia magna*. From the research result it was found that *Artemia salina* and *Daphnia magna* gave a toxic effect with LC50 values of 11.78 ppm and 7.87 ppm, respectively.

Keywords: Acute Toxicity Test, *Artemia salina*, Cu, *Daphnia magna*.

Abstrak

Pencemaran air dapat menjadi berbahaya bila dikonsumsi. Sungai dapat tercemar oleh beberapa bahan yaitu perajang logam berat (Cu). Logam berat yang tidak sengaja dikonsumsi masuk ke dalam tubuh manusia melalui permukaan kulit, sebagian melalui saluran pernapasan atau pencernaan dan setelah itu terakumulasi seiring waktu. Untuk melakukan deteksi dini logam berat dan kualitas air di badan air, digunakan beberapa hewan atau tumbuhan. Beberapa jenis krustasea seperti *Artemia salina* dan *Daphnia magna* atau biasa disebut dengan bio indikator. Penelitian ini menggunakan perbandingan uji toksisitas akut yang diwakili oleh nilai LC50 Cu pada *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa *Artemia salina* dan *Daphnia magna* memberikan efek toksik dengan nilai LC50 masing-masing sebesar 11,78 ppm dan 7,87 ppm.

Kata Kunci: *Artemia salina*, Cu, *Daphnia magna*, Uji Toksisitas Akut.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran pada badan air seperti sungai, laut dan perairan lainnya yang banyak digunakan sebagai sumber air bersih maupun air minum menjadi permasalahan kompleks yang tidak dapat dihindari. Pencemaran air dapat mengakibatkan perubahan warna, rasa maupun bau serta kandungan yang ada dalam air menjadi berbahaya apabila dikonsumsi. Bahan pencemar yang menjadi penyebab dari terganggunya ekosistem dan kelestarian lingkungan air dapat berasal dari buangan domestik maupun industri yang mengandung padatan organik, non organik maupun logam berat. Air sungai yang akan dikonsumsi sebagai air bersih haruslah melewati proses pengolahan air sehingga bahan pencemar tersebut dapat tersisihkan. Namun, setelah proses pengolahan tersebut, air bersih maupun air minum masih harus melewati distribusi

melalui pipa-pipa penyaluran. Selama proses distribusi ini dapat terjadi pencemaran kembali, apabila bahan pipa yang digunakan mengandung logam berat seperti tembaga dan timbal.

Logam berat sejatinya ada di alam dalam berbagai bentuk, namun beberapa logam termasuk dalam golongan logam berat. Dalam air, logam berat dapat menjadi sangat berbahaya yang mana apabila air tersebut langsung dikonsumsi, maka logam berat akan terakumulasi dalam tubuh dan dapat menyebabkan keracunan. Beberapa diantaranya yang termasuk ke dalam logam berat adalah krom, kadmium, tembaga, timbal dan besi (Desriyani et al., 2015). Logam yang banyak ditemukan sebagai bahan pipa-pipa distribusi air minum maupun air bersih adalah tembaga (Cu). Logam Cu dapat menyebabkan keracunan dan kerusakan sel pada ekosistem

dalam air seperti ikan-ikan. Pada manusia, konsentrasi yang berlebih dari logam Cu dapat menyebabkan diare, muntah dan *Wilson disease* (Lazorchak et al., 2003; Pratiwi, 2020).

Logam berat yang tidak sengaja terkonsumsi masuk ke dalam tubuh manusia melalui permukaan kulit, beberapa melalui saluran pernapasan ataupun pencernaan dan setelah itu terakumulasi dalam beberapa waktu. Logam berat akan terabsorpsi kemudian menyebar dengan cepat ke seluruh tubuh mengikuti aliran darah (Zhang et al., 2019).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran oleh logam berat adalah dengan pendeteksian dini dari keberadaan logam berat di air. Pendeteksian dini dapat menggunakan indikator kualitas air yang dapat berupa alat ataupun menggunakan hewan atau tumbuhan. Hewan yang biasa digunakan yaitu ikan, beberapa jenis *Crustacea* seperti *Artemia salina* dan *Daphnia magna* atau biasa disebut dengan bioindikator pencemaran air (Lezcano et al., 2015). Kedua hewan tersebut sudah banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas air terutama dalam pendeteksi logam maupun air yang tercemar.

Bioindikator pencemaran air dengan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akan memanfaatkan sifat toksik dari logam berat yang kemudian dapat diketahui *Lethal Concentration* yang dapat mematikan 50% dari jumlah hewan uji yang digunakan, atau lebih dikenal dengan LC50. Pengujian tersebut merupakan salah satu uji toksisitas logam berat. Uji toksisitas dapat terbagi menjadi toksisitas akut dan kronis. Perbedaan keduanya terletak pada lama waktu efek toksik dari logam berat atau zat berbahaya yang diberikan. Pada toksisitas akut, jangka waktu yang diberikan sebagai efek toksik adalah jangka waktu panjang. Sementara toksisitas kronis, efek dari zat berbahaya dengan jangka waktu yang pendek. Selain itu, faktor yang mempengaruhi toksiknya suatu zat adalah frekuensi paparan, lama waktu paparan, jenis polutan, konsentrasi polutan, kondisi selama pengujian dan jenis hewan uji yang digunakan.

Pada penelitian ini, akan menganalisis bahaya logam berat tembaga (Cu) dari nilai LC50 menggunakan bioindikator atau hewan uji *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. Penggunaan kedua hewan uji untuk mengetahui perbedaan masing-masing dalam kekuatan toksisitas dari logam Cu. *Artemia*

salina dan *Daphnia magna* dipilih sebagai hewan uji karena mudah untuk diaplikasikan, banyak ditemukan di pasar karena digunakan sebagai pakan ikan hias serta murah. Beberapa penelitian lain yang menggunakan kedua hewan uji tersebut juga menunjukkan efek toksisitas dari logam berat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan penelitian eksperimental dengan pengujian toksisitas akut menggunakan bioindikator *Artemia salina* dan *Daphnia magna* terhadap logam berat tembaga (Cu). Analisa kuantitatif dilakukan untuk mengetahui nilai LC50 dari logam berat Cu terhadap kedua hewan uji dengan konsentrasi dan waktu paparan yang sama. Mortalitas kematian dari hewan uji diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Mortalitas} = \frac{\text{kematian hewan uji}}{\text{total hewan uji}} \times 100 \quad (3)$$

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, pipet, spatula, erlenmeyer volume 250 ml, lup gelas ukur volume 10 ml dan 50 ml, *beaker glass* volume 1000 ml dan 250 ml, mikropipet, botol vial, neraca analitik, bak penetasan dan aerator. Sementara tu, bahan-bahan yang digunakan adalah telur *Artemia salina*, *Daphnia magna*, serbuk Cu, aquades, air laut dan asam klorida (HCl). Konsentrasi yang didapatkan setelah melakukan *Range Finding Test* untuk kedua hewan uji adalah 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Lama waktu kontak untuk kedua hewan uji sama yaitu selama 24 jam, sehingga nilai *Lethal Concentration* yang diketahui adalah LC50_{24 jam}.

Logam berat yang digunakan yaitu logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi yang sama untuk kedua hewan uji, yaitu 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Parameter yang akan diukur adalah kematian 50% hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* dalam jangka waktu yang pendek. Klasifikasi toksisitas akut dapat diketahui dari Tabel 1:

Tabel 1. Kategori Tingkat Toksisitas Akut

No.	Tingkat Toksisitas Akut	Niai Tua
1.	Tidak menyebabkan toksisitas akut	TUa < 0,4
2.	Sedikit menyebabkan toksisitas akut	0,4 < TUa < 1

No.	Tingkat Toksisitas Akut	Niai Tua
3.	Menyebabkan toksisitas akut	$1 \leq \text{TUa} < 10$
4.	Besar menyebabkan toksisitas akut	$10 \leq \text{TUa} < 100$
5.	Sangat menyebabkan toksisitas akut	$\text{TUa} \geq 100$

(Sumber: Denton et al., 2010)

Nilai dari TUa atau *Toxicity Unit Area* diketahui setelah nilai LC50 didapatkan melalui perhitungan analisa probit. Rumus menghitung TUa dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{TUa} = \frac{1}{\text{LC50}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

TUa : *Toxicity Unit Area*

LC50 : nilai LC50

Analisa probit yang digunakan berdasarkan persamaan regresi linear seperti di bawah ini:

$$Y = a + b.x \quad (2)$$

Keterangan:

Y : jumlah biota uji

x : nilai LC50

a : nilai regresi linear "a"

b : nilai regresi linear "b"

Perhitungan analisa probit dapat dilakukan melalui jumlah kematian hewan uji menggunakan tabel probit *software* Microsoft Excel maupun *software* analisa statistik lain.

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8 sampel dan 1 kontrol untuk masing-masing hewan uji dengan 3 kali pengulangan uji, sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 54 sampel. Dosis kontrol merupakan dosis tanpa pemberian logam Cu untuk mengetahui apakah toksisitas benar berasal dari logam berat Cu.

a. Penetasan Telur *Artemia salina*

Telur *Artemia salina* yang digunakan dalam penelitian ini berwarna orange dengan ukuran kecil. Berat telur *Artemia salina* rata-rata 3,6 mikrogram dengan diameter berkisar 300 mikron. Sebanyak 500 mg telur *Artemia salina* ditimbang dengan neraca analitik. Lalu dimasukkan dalam bak penetasan yang sudah diisi air laut sebanyak 1000 ml dan sudah diberi suplai oksigen menggunakan aerator. Waktu

penetasan selama 48 jam dan terus dikontrol. Setelah menetas, *Artemia salina* dapat langsung digunakan sebagai hewan uji.

b. Aklimatisasi *Daphnia magna*

Daphnia magna pada penelitian memiliki ukuran 1-2 mm dengan bentuk tubuh yang lonjong, pipih namun terdapat beberapa ruas tubuh dan berwarna coklat kemerahan. Aklimatisasi *Daphnia magna* bertujuan agar hewan uji dapat menyesuaikan dengan kondisi selama pengujian nantinya. *Daphnia magna* dimasukkan ke dalam air yang telah diaerasi dan dibiarkan selama 1 hari tanpa pakan.

c. Pembuatan Larutan Stok Cu

Logam Cu yang digunakan dalam bentuk serbuk berwarna biru. Larutan stok dibuat dengan melarutkan 1000 mg serbuk Cu ke dalam 30 ml larutan asam klorida (HCl). Kemudian ditambahkan aquades sebanyak 970 ml dan diaduk hingga homogen. Konsentrasi logam Cu yang digunakan yaitu 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm.

d. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

Air yang digunakan sebagai sampel merupakan air laut yang dituangkan ke dalam 9 botol vial masing-masing sebanyak 10 ml. 8 botol vial digunakan sebagai sampel dan sisanya sebagai kontrol (tanpa logam Cu). Kemudian masing-masing botol vial ditambahkan larutan stok logam Cu dengan konsentrasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah itu, *Artemia salina* sebanyak 10 ekor masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial menggunakan mikropipet. Semua sampel dan kontrol dibiarkan selama 24 jam untuk diamati pengaruh pemberian logam Cu terhadap *Artemia salina*. Pengulangan uji dilakukan sebanyak 2 kali dengan metode yang sama seperti sebelumnya.

e. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Daphnia magna*

Air yang digunakan sebagai sampel merupakan air laut yang dituangkan ke

dalam 9 botol vial masing-masing sebanyak 10 ml. 8 botol vial digunakan sebagai sampel dan sisanya sebagai kontrol (tanpa logam Cu). Kemudian masing-masing botol vial ditambahkan larutan stok logam Cu dengan konsentrasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah itu, *Daphnia magna* sebanyak 10 ekor masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial menggunakan mikropipet. Semua sampel dan kontrol dibiarkan selama 24 jam untuk diamati pengaruh pemberian logam Cu terhadap *Daphnia magna*. Pengulangan uji dilakukan sebanyak 2 kali dengan metode yang sama seperti sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Toksisitas logam berat tembaga (Cu) diketahui setelah menghitung mortalitas kematian dari *Artemia salina* maupun *Daphnia magna*. Konsentrasi logam Cu yang diberikan merupakan hasil dari uji pendahuluan *Range Finding Test* yang menyebabkan kematian tertinggi dimana mendekati 50% dan kematian terendah yang mendekati 50% (Edwin et al., 2017). Dari ketujuh konsentrasi yang dipilih tersebut berdasarkan USEPA (2002) dimana faktor pengenceran yang digunakan adalah $\geq 0,5$.

Hasil uji toksisitas akut dapat diterima apabila hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* yang bertahan (tetap hidup) pada kondisi kontrol adalah sebanyak $\geq 90\%$. Jika kurang dari jumlah tersebut, maka harus dilakukan pengujian ulang (Khotimah, 2018). Sementara itu, pada dosis kontrol di setiap pengulangan tidak ditemukan hewan uji yang mati, sehingga analisa toksisitas akut dapat dilanjutkan.

a. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

Hasil pengamatan uji toksisitas terhadap *Artemia salina* pada 15-20 menit pertama menunjukkan penurunan pergerakan dari hewan uji. Beberapa ekor *Artemia salina* mulai kehilangan kemampuan untuk berenang dalam sampel air. Setelah itu, dalam 5-6 jam, pada tiap botol vial (konsentrasi) sudah menunjukkan kematian hewan uji. 24 jam setelahnya, pada konsentrasi logam Cu di atas 62,5

ppm mengalami kematian seluruhnya. Hasil uji toksisitas logam Cu terhadap *Artemia salina* dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Hasil Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Rata-rata <i>Artemia salina</i> (ekor)	
		Hidup	Mati
1.	7,81	7,7	2,3
2.	15,63	7,0	3,0
3.	31,25	3,3	6,7
4.	62,5	0,0	10,0
5.	125	0,0	10,0
6.	250	0,0	10,0
7.	500	0,0	10,0
8.	1000	0,0	10,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Berdasarkan tabel di atas, semakin tinggi konsentrasi logam Cu yang ditambahkan maka semakin banyak jumlah *Artemia salina* yang mati. Pada tiap rentang konsentrasi yang diberikan, kematian hewan uji mencapai $>50\%$ kecuali pada konsentrasi 7,81 ppm dan 15,63 ppm. Pengulangan uji menunjukkan kematian uji yang hampir sama dengan kematian terbanyak pada pengulangan kedua.

Jumlah rata-rata kematian *Artemia salina* terendah yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm dengan kematian sebanyak 2-3 ekor setelah 24 jam. Lalu rata-rata kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi 62,5 ppm ke atas dengan kematian sebanyak 10 ekor setelah 24 jam. Pada konsentrasi logam Cu tersebut menunjukkan konsentrasi tertinggi untuk kematian hewan uji seluruhnya.

Walaupun begitu, konsentrasi terendah 31,25 ppm sudah dapat mematikan separuh dari *Artemia salina* dalam 1 botol vial, sehingga konsentrasi tersebut menjadi cukup berbahaya. Karena pada dosis kontrol yang dilakukan bersamaan dengan sampel tidak ditemukan kematian hewan uji, maka dapat dikatakan bahwa kematian *Artemia salina* akibat dari penambahan logam tembaga (Cu) sebagai bahan pencemar.

b. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Daphnia magna*

Sementara itu, hasil pengamatan uji toksisitas terhadap *Daphnia magna* pada 30 menit pertama menunjukkan penurunan pergerakan dari hewan uji. Beberapa *Daphnia magna* mulai kehilangan kemampuan untuk berenang dalam sampel air. Setelah itu, dalam 2-3 jam, konsentrasi di atas 50 ppm sudah menunjukkan kematian hewan uji. 24 jam setelahnya, pada konsentrasi logam Cu di atas 200 ppm mengalami kematian seluruhnya. Hasil uji toksisitas logam Cu terhadap *Daphnia magna* dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Hasil Uji Toksisitas Logam Cu terhadap *Daphnia magna*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Rata-rata <i>Daphnia magna</i> (ekor)	
		Hidup	Mati
1.	7,81	5,0	5,0
2.	15,63	3,3	6,7
3.	31,25	1,7	8,3
4.	62,5	0,7	9,3
5.	125	0,3	9,7
6.	250	0,0	10,0
7.	500	0,0	10,0
8.	1000	0,0	10,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Berdasarkan tabel di atas, semakin tinggi konsentrasi logam Cu yang ditambahkan maka semakin banyak jumlah *Daphnia magna* yang mati (Chain et al., 2019). Pada tiap rentang konsentrasi yang diberikan, kematian hewan uji mencapai >50%. Pengulangan uji juga menunjukkan hasil yang hampir sama dimana kematian terbanyak dari *Daphnia magna* terjadi pada pengulangan kedua.

Jumlah rata-rata kematian *Daphnia magna* terendah yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm dengan kematian sebanyak 5 ekor setelah 24 jam. Lalu rata-rata kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm dengan kematian sebanyak 10 ekor setelah 24 jam. Pada konsentrasi logam Cu di atas 250 ppm

menunjukkan konsentrasi tertinggi untuk kematian hewan uji seluruhnya.

Walaupun begitu, konsentrasi terendah 7,81 ppm sudah dapat mematikan separuh dari *Daphnia magna* dalam 1 botol vial, sehingga konsentrasi tersebut menjadi cukup berbahaya mengingat apabila di perairan ditemukan konsentrasi logam Cu yang sama maka dapat mengganggu ekosistem dan meracuni makhluk hidup di dalamnya. Karena pada dosis kontrol yang dilakukan bersamaan dengan sampel tidak ditemukan kematian hewan uji, maka dapat dikatakan bahwa kematian *Daphnia magna* akibat dari penambahan logam tembaga (Cu) sebagai bahan pencemar.

c. Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna* Akibat Logam Cu

Setelah diketahui jumlah *Artemia salina* dan *Daphnia magna* yang mati selama pengujian toksisitas logam Cu, dihitung mortalitas kematian kedua hewan uji dengan Persamaan (3). Mortalitas kematian digunakan untuk mengetahui nilai LC50 dari logam Cu untuk masing-masing hewan uji. Nilai mortalitas kematian *Artemia salina* dan *Daphnia magna* disajikan pada Tabel 4.

Dari hasil analisis menunjukkan mortalitas kematian terendah dari *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akibat logam Cu yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm sebesar 23,3% dan 50% berturut-turut. Untuk hewan uji *Artemia salina*, pada konsentrasi terendah masih belum memberikan efek kematian yang tinggi karena kurang dari 50%, namun tetap terjadi kematian beberapa hewan uji.

Sementara untuk *Daphnia magna*, pada konsentrasi terendah tersebut sudah mampu mematikan 50% dari jumlahnya dalam satu botol vial. Mortalitas kematian tertinggi dari *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akibat logam Cu yaitu pada konsentrasi di atas 62,5 ppm untuk *Artemia salina* dan di atas 250 ppm untuk *Daphnia magna* sebesar 100%.

Tabel 4. Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Mortalitas (%)	
		<i>Artemia salina</i>	<i>Daphnia magna</i>
1.	7,81	23,3	50,0
2.	15,63	30,0	66,7
3.	31,25	66,7	83,3
4.	62,5	100,0	93,3
5.	125	100,0	96,7
6.	250	100,0	100,0
7.	500	100,0	100,0
8.	1000	100,0	100,0

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Hal ini menunjukkan bahwa walaupun konsentrasi logam Cu yang digunakan terhadap kedua hewan uji adalah sama, namun hasil mortalitas kematian dan efek toksik pada hewan uji sangat berbeda. Jenis hewan uji yang digunakan untuk analisis uji toksisitas akut berpengaruh terhadap efek toksik yang terjadi.

Daphnia magna dengan *Artemia salina* memiliki karakteristik fisik dan sensitivitas yang berbeda terhadap logam berat seperti Cu yang digunakan dalam penelitian ini. *Daphnia magna* berdasarkan penelitian (Nugroho et al., 2018) menjelaskan bahwa hewan tersebut memiliki sensitivitas yang tinggi karena proses respirasi *Daphnia magna* melalui kulit luarnya, sehingga sampel air yang telah ditambahkan logam Cu masuk ke dalam tubuh *Daphnia* lebih mudah. Molekul oksigen akan masuk ke dalam tubuh *Daphnia* melalui karapas dan berdifusi (Bownik, 2017). Namun, pada penelitian ini, *Artemia salina* lebih sensitif terhadap logam berat Cu, karena pada konsentrasi 31,25 ppm sudah terjadi kematian 50% hewan uji dibandingkan dengan *Daphnia magna* yang masih bertahan hidup hingga konsentrasi 125 ppm.

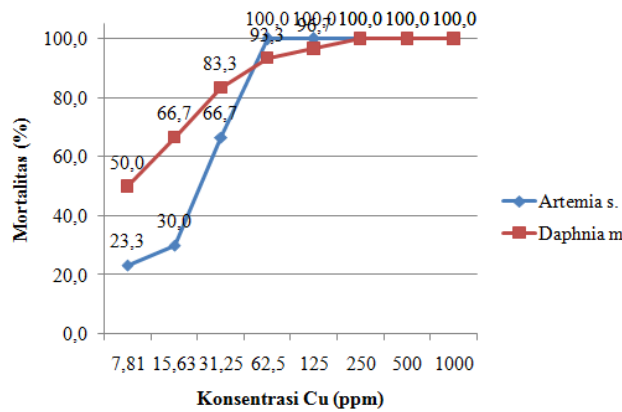
Selain itu, *Daphnia magna* memiliki kemampuan untuk memproduksi sel darah merah lebih banyak ketika kadar oksigen di lingkungan sekitarnya rendah, sehingga pada pengujian *Daphnia magna* yang terkontaminasi dengan logam Cu berubah warna dan memiliki waktu ketahanan yang lebih

lama dibanding *Artemia salina*. Walaupun keduanya merupakan golongan Crustacea, namun struktur tubuh, karakteristik serta reaksi stress terhadap lingkungan masing-masing berbeda.

Perhitungan mortalitas juga sejalan dengan pengamatan hewan uji setelah pemberian logam berat Cu sebagai bahan pencemar, dimana semakin besar konsentrasi yang ditambahkan maka semakin besar mortalitas kematian hewan uji. Ketahanan atau lama waktu bertahan hidup antara *Artemia salina* dengan *Daphnia magna* memiliki perbedaan, namun tidak dapat dipungkiri bahwa logam Cu termasuk logam berat yang memiliki toksisitas tinggi karena dapat menyebabkan kematian hewan uji selama percobaan (Reis et al., 2017).

Selain itu, hewan uji yang telah terpapar logam berat Cu maupun logam berat lainnya dapat dilihat melalui pergerakan yang hiperaktif, kelompok kemudian mengalami kematian. Menurut (Christin et al., 2015) hewan uji yang telah terkontaminasi akan menunjukkan gejala stress sebagai proses untuk mengurangi reaksi biokimia yang terjadi antara zat toksik dalam tubuh, sehingga memperlambat efek toksik yang diterima.

Kadar logam berat Cu di perairan menurut Peraturan Pemerintah no. 22 Tahun 2021 yaitu tidak boleh melebihi 0,02 mg/l (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Oleh karenanya, hasil percobaan menunjukkan kematian secara langsung pada konsentrasi yang digunakan karena telah melebihi baku mutu. Berikut juga disajikan grafik perbandingan mortalitas antara *Artemia salina* dengan *Daphnia* pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna*
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

d. Analisa Lethal Concentration (LC50) Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*

Konsentrasi logam Cu yang sama digunakan untuk menguji *Artemia salina* maupun *Daphnia magna*, namun hasil LC50 yang didapatkan memiliki perbedaan. Analisis regresi linear yang dilakukan menggunakan persamaan (2) melalui *software* Microsoft Excel. Nilai probit setelah dihitung persen kematian hewan uji masing-masing didapatkan dari tabel *Transformation of Percentage to Probits*.

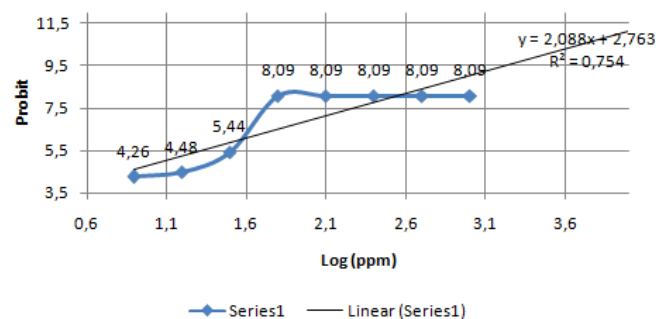
Berdasarkan grafik regresi *Artemia salina* (Gambar 2.) garis tren menunjukkan masing-masing nilai a dan b untuk logam berat Cu yaitu 2,088 dan 2,763. *Lethal Concentration* yang ingin dihitung adalah untuk 50% kematian maka nilai y adalah 5. Sehingga logaritma probit diubah menjadi antilog dengan x^{10} , ditemukan nilai LC50 untuk *Artemia salina* pada konsentrasi logam Cu 11,78 ppm.

Sementara itu, nilai a dan b dari dari grafik regresi *Daphnia magna* (Gambar 3.) masing-masing menunjukkan nilai 1,655 dan 3,517. Nilai y digunakan masih sama yaitu 5 untuk LC5, sehingga didapatkan LC50 logam Cu untuk *Daphnia magna* adalah 7,87 ppm. Hal ini terlihat bahwa antara *Daphnia magna* dan *Artemia salina*, LC50 terendah yang dapat menyebabkan kematian hewan uji lebih dari 50% yaitu konsentrasi 7,87 ppm menggunakan *Daphnia magna*.

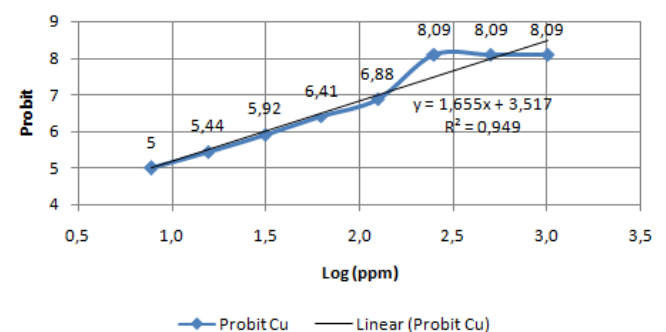
Artemia salina membutuhkan konsentrasi yang sedikit lebih tinggi untuk dapat membunuh 50% dari

hewan uji dalam 1 botol vial selama 24 jam. Walaupun begitu, kedua konsentrasi tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sehingga apabila ditemukan air dengan kandungan logam Cu seperti hasil penelitian berikut maka dibutuhkan pengolahan air lanjutan untuk menghilangkan kandungan logam berat.

Penambahan logam Cu pada air yang dijadikan sebagai sampel kedua hewan uji dan didapatkan kematian di tiap konsentrasi dan pengulangannya, menunjukkan bahwa logam Cu berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup. Dari konsentrasi tersebut apabila dihitung karakteristik toksiknya maka didapatkan nilai TUA sebesar 8-12 yang termasuk dalam kategori “besar menyebabkan toksisitas akut” (de Castro-Català et al., 2016; Ginebreda et al., 2014; Schmitt et al., 2020). Dari klasifikasi TUA tersebut terlihat jelas bahwa logam Cu memiliki tingkat toksisitas akut yang dapat menyebabkan keracunan bahkan kematian.



Gambar 2. Grafik Analisis Regresi Probit *Artemia salina*
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 3. Grafik Analisis Regresi Probit *Daphnia magna*
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

e. Kemampuan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* Sebagai Bioindikator Pencemaran Air Akibat Logam Berat

Penelitian ini dilakukan untuk menguji toksisitas akut dari logam berat Cu berdasarkan nilai LC50 yang telah dihitung. Selain itu, untuk melihat kemampuan kedua hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* sebagai bioindikator pencemaran air oleh logam berat. Seperti yang telah diujikan, penambahan bahan pencemar yaitu logam Cu dengan konsentrasi yang sama memberikan efek *lethal* pada kedua hewan uji. Efek yang terjadi yaitu kehilangan kemampuan bergerak termasuk berenang, perubahan warna tubuh yang terjadi pada *Daphnia magna* karena produksi hemoglobin yang meningkat, lalu adanya kematian. Efek tersebut terjadi secara bertahap dengan total pengamatan selama 24 jam.

Penggunaan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* sebagai hewan uji untuk analisis toksisitas akut sudah banyak digunakan. Bukan hanya dalam logam berat namun juga air limbah yang berbahaya maupun dalam bidang medis. Salah satunya dalam penelitian (Nugroho et al., 2018) *Daphnia magna* digunakan sebagai hewan uji untuk ekstrak daun. Sementara itu, hasil penelitian ini menunjukkan keduanya memiliki ketahanan maupun sensitivitas yang berbeda dari nilai LC50 terhadap logam berat Cu. *Daphnia magna* sangat sensitif terhadap lingkungan sekitarnya terbukti dengan penambahan konsentrasi Cu yang rendah sudah mampu membunuh hampir separuh dari hewan uji.

Sementara *Artemia salina* membutuhkan konsentrasi yang sedikit lebih besar untuk menyebabkan kematian 50% hewan uji. Walaupun begitu, logam Cu memberikan efek toksik bagi keduanya melalui mortalitas kematian yang didapatkan. *Daphnia magna* memiliki kemampuan bertahan hidup dalam lingkungan dengan kadar oksigen yang rendah (*hypoxia*). Dengan ini, *Artemia salina* dan *Daphnia magna* mampu digunakan sebagai bioindikator dalam penentuan toksisitas dari logam berat Cu maupun logam lainnya.

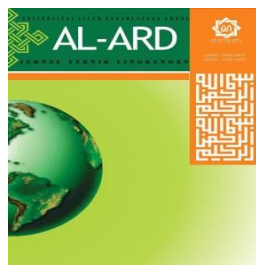
4. KESIMPULAN

Logam Cu yang diujikan terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna* memberikan efek toksik dengan nilai LC50 masing-masing yaitu sebesar 11,78 ppm dan 7,87 ppm yang mampu menyebabkan kematian 50% dari hewan uji. Oleh karena itu, *Artemia salina* dan *Daphnia magna* mampu digunakan sebagai bioindikator dalam pencemaran air oleh logam berat maupun indikator pencemar lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bownik, A. (2017). *Daphnia* swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: A review. *Science of the Total Environment*, 601–602, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.199>
- Chain, F. J. J., Finlayson, S., Crease, T., & Cristescu, M. (2019). Variation in transcriptional responses to copper exposure across *Daphnia pulex* lineages. *Aquatic Toxicology*, 210(February), 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.016>
- Christin, F., Elystia, S., & Elvi, Y. (2015). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Tahu terhadap *Daphnia Magna* dengan Metode Renewal Test. *JOM FTEKNIK*, 2(2), 1–9.
- de Castro-Català, N., Kuzmanovic, M., Roig, N., Sierra, J., Ginebreda, A., Barceló, D., Pérez, S., Petrovic, M., Picó, Y., Schuhmacher, M., & Muñoz, I. (2016). Ecotoxicity of sediments in rivers: Invertebrate community, toxicity bioassays and the toxic unit approach as complementary assessment tools. *Science of the Total Environment*, 540, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.071>
- Denton, D. L., Miller, J. M., & Stuber, R. A. (2010). *EPA Regions 8, 9 and 10 toxicity training tool (TTT)*.
- Desriyani, R., Wardhani, E., & Pharmawati, K. (2015). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. *Jurnal Lingkungan Teknik Lingkungan Ienas*, 3(1), 1–12.
- Edwin, T., Ihsan, T., & Pratiwi, W. (2017). Acute Toxicity Test Of Metal Lead (Pb), Chromium (Cr) And Cobalt (Co) on

- Daphnia magna*. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 14(1), 33–40.
- Ginebreda, A., Kuzmanovic, M., Guasch, H., de Alda, M. L., López-Doval, J. C., Muñoz, I., Ricart, M., Romaní, A. M., Sabater, S., & Barceló, D. (2014). Assessment of multi-chemical pollution in aquatic ecosystems using toxic units: Compound prioritization, mixture characterization and relationships with biological descriptors. *Science of the Total Environment*, 468–469, 715–723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.086>
- Khotimah, K. N. (2018). *Uji Toksisitas IPAL Komunal di Kecamatan Bantul Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (Wet) pada Daphnia magna* (Vol. 148).
- Lazorchak, J. M., Hill, B. H., Brown, B. S., McCormick, F. H., Engle, V., Lattier, D. J., Bagley, M. J., Griffith, M. B., Maciorowski, A. F., & Toth, G. P. (2003). Chapter 23 USEPA biomonitoring and bioindicator concepts needed to evaluate the biological integrity of aquatic systems. *Trace Metals and Other Contaminants in the Environment*, 6(C), 831–874. [https://doi.org/10.1016/S0927-5215\(03\)80153-4](https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80153-4)
- Lezcano, A. H., Rojas Quiroga, M. L., Liberoff, A. L., & Van der Molen, S. (2015). Marine pollution effects on the southern surf crab *Ovalipes trimaculatus* (Crustacea: Brachyura: Polybiidae) in Patagonia Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 91(2), 524–529. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.038>
- Nugroho, H., Pasaribu, M., Ismail, S., Obstetri dan Ginekologi RSUD Abdul Wahab Sjahranie, S., & Penelitian Obat dan Kesehatan Masyarakat Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, P. (2018). Toksisitas akut ekstrak *Albertia papuana* Becc. pada *Daphnia magna* dan *Danio rerio*. *Biota*, 3(3), 96–103.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VI, Baku Mutu Air Nasional.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Reis, D. B., Acosta, N. G., Almansa, E., Navarro, J. C., Tocher, D. R., Andrade, J. P., Sykes, A. V., & Rodríguez, C. (2017). Comparative study on fatty acid metabolism of early stages of two crustacean species: *Artemia* sp. *metanauplii* and *Grapsus adscensionis* zoeae, as live prey for marine animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology*, 204, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2016.11.002>
- Schmitt, O. J., Brunetto, G., Chassot, T., Tiecher, T. L., Marchezan, C., Tarouco, C. P., De Conti, L., Lourenzi, C. R., Nicoloso, F. T., Kreutz, M. A., & Andriolo, J. L. (2020). Impact of Cu concentrations in nutrient solution on growth and physiological and biochemical parameters of beet and cabbage and human health risk assessment. *Scientia Horticulturae*, 272(June), 109558. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109558>
- Zhang, T., Ruan, J., Zhang, B., Lu, S., Gao, C., Huang, L., Bai, X., Xie, L., Gui, M., & Qiu, R. liang. (2019). Heavy metals in human urine, foods and drinking water from an e-waste dismantling area: Identification of exposure sources and metal-induced health risk. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169(October 2018), 707–713. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.039>



Pencemaran dan Penentuan Titik *Self-Purification* Sungai di Kabupaten Banjar

Tien Zubaidah^{1,*}, Sulaiman Hamzani², Arifin³

^{1,2,3} Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Banjarmasin, Banjarmasin, Indonesia

*Arrasyid.hanif@gmail.com

Abstract

The self-purification capacity is an important indicator for healthy river. Organic and inorganic pollutants from various pollutant sources, both point sources and non-point sources, in most rivers in Banjar Regency cause a decrease in river water quality. This study aims to identify the ability of river water quality pollution in Banjar Regency as the upstream of the Martapura River and determine the point of self-purification. Sampling of river water using purposive sampling technique, taking into account the criteria for pollutant sources and the distance of pollution. The results of the concentration values were analyzed using a trend analysis technique, which connected the value of the concentration of pollutant elements with the distance of pollution to identify the distribution of pollution, and to determine the distance of purification. The results showed that the self-purification ability (pH and DO) decreased in concentration at all observation points.

Keywords: river water quality, domestic waste, self-purification

Abstrak

Kapasitas self purification air sungai merupakan indikator penting bagi kesehatan sungai. Polutan organik dan anorganik dari berbagai sumber pencemar baik point sources maupun non point sources di sebagian besar sungai di kabupaten Banjar menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi kemampuan *self purification* sungai di Kabupaten Banjar sebagai hulu Sungai Martapura dan menentukan titik *self purification*nya. Pengambilan sampel air sungai menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan kriteria sumber polutan dan jarak pencemaran. Hasil nilai konsentrasi dianalisa dengan teknik kecenderungan (trend analysis), yang menghubungkan antara nilai konsentrasi unsur polutan dengan jarak pencemaran untuk mengidentifikasi distribusi pencemaran, serta menentukan jarak penjernihan kembali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan *self purification* (pH dan DO) mengalami penurunan konsentrasi di semua titik pengamatan.

Kata Kunci: kualitas air sungai, limbah domestik, pemulihan diri.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran yang terjadi di sungai, merupakan masalah penting yang perlu memperoleh perhatian dari berbagai pihak. Sungai di Kabupaten Banjar sebagai hulu Sungai Martapura, Propinsi Kalimantan Selatan Indonesia menerima beban pencemaran organik dan anorganik dari berbagai sumber pencemar baik *point sources* maupun yang menyebabkan penurunan kualitas air.

Kualitas air sungai sangat tergantung pada komponen penyusunnya dan banyak dipengaruhi oleh masukan komponen yang berasal dari pemukiman (Suprihatin & Suparno, 2013). Meningkatnya beban pencemaran yang masuk ke perairan sungai akibat kebiasaan masyarakat yang berdomisili

di sekitar sungai (Effendi, 2003). Sumber limbah di perairan adalah limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian, limbah peternakan dan lain-lain (Suwari, Riani, Pramudya, & Djuwita, 2011).

Secara alamiah sungai mempunyai kemampuan untuk memulihkan diri dalam batas-batas tertentu. Kemampuan pemulihan diri setiap sungai tidak sama yang bergantung pada karakteristik sungainya masing-masing, seperti derasnya aliran, besarnya debit dan kadar limbah awal yang terkandung dalam air sungai. Perairan sungai sebagai tempat penerima limbah organik (padat maupun cair) mempunyai kemampuan memulihkan diri atau kapasitas asimilasi yang terbatas (Zubaidah, Karnaningroem, & Slamet, 2019). Apabila

beban pencemar lebih besar dari kapasitas asimilasi perairan yang diindikasikan oleh tingginya konsentrasi bahan pencemar dibandingkan ambang batas Baku mutu yang berlaku akan berdampak pada penurunan kualitas air sungai.

Potensi pencemaran air sungai diperkirakan semakin tinggi diakibatkan oleh pembuangan limbah domestik, pertambangan, perkebunan, pertanian dan kegiatan perikanan. Saat ini pembuangan limbah tersebut hampir tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu atau pengolahan yang kurang memadai

Mengingat semakin bertambahnya aktifitas manusia di sepanjang sempadan sungai, maka distribusi pencemaran kualitas air sungai di Kabupaten Banjar dan penentuan titik self purification perlu dikaji.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey lapangan,

karena dalam mengidentifikasi distribusi suatu pencemaran air pada aliran sungai, serta terjadinya proses *self purification* dari pencemaran yang terjadi, diperlukan pengamatan secara langsung di lapangan dan uji laboratorium. Lokasi pengambilan sampel air sungai di Kabupaten Banjar disajikan pada Tabel 1. Selain itu, mengingat bahwa proses self purification pada aliran sungai terbagi dalam beberapa zona yang didasari oleh reaksi dari proses pencemaran, maka juga perlu dilakukan pengukuran dan pencatatan titik maupun jarak pasti dari proses pencemaran yang berlangsung, yakni dimulai dari sebelum pencemaran zona air bersih), berawalnya proses pencemaran (zona degradasi) hingga berakhirnya proses pencemaran (zona purifikasi). Pada akhirnya akan didapatkan gambaran terkait distribusi dan karakteristik pencemaran, serta jarak pasti dari proses self purification yang dari segi prosesnya terbagi dalam zona-zona pencemaran kualitas air pada aliran sungai.

Tabel 1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai di Kabupaten Banjar

Titik lokasi Sampel	Jarak antar titik sampel(km)	Keterangan Lokasi
1	± 0	Lokasi hulu sungai yang berada di Kabupaten Banjar (Waduk Riam Kanan)
2	± 11.55	Dimulainya pencemaran oleh limbah baik berasal dari point source maupun non point source di sungai yang berada di Desa Karang Intan
3	± 10.98	Sungai yang berada di Desa Jingah Habang
4	± 2.55	Sungai yang berada di Desa Sungai Arpat
5	± 2.43	Sungai Riamkiwa
6	± 0.60	Sungai yang berada di Desa Pingaran Ulu
7	± 0.63	Sungai yang berada di Desa Astambul (anak sungai)
8	± 3.84	Sungai Martapura

(Sumber: Ilustrasi Penleiti, 2021)

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *purposive sampling*. Kriteria yang digunakan sebagai penentuan titik/lokasi dalam pengambilan sampel secara purposif pada penelitian adalah menggunakan kriteria sumber polutan dan jarak pencemaran. Penelitian dilaksanakan sebanyak 8 titik pengukuran di aliran hulu sungai yang berada

di Kabupaten Banjar dengan panjang aliran sungai 29.53 kilometer. Titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan debit aliran sungai, dengan 2 periode pengambilan sampel. Parameter yang diukur meliputi pH, suhu, TSS, BOD dan DO. Dari penelitian ini, terdapat dua hal dasar yang menjadi fokus utama dalam penelitian yakni, distribusi pencemaran dan titik self purification. Teknik analisa yang digunakan untuk

mengidentifikasi distribusi dan titik self purification yaitu analisis kecenderungan (*trend analysis*) dengan media diagram atau grafik, yang memberikan gambaran representative mengenai hubungan antara konsentrasi kualitas air dari tiap parameter yang diteliti, dengan jarak sungai yang tercemar

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kualitas Fisik Air Sungai

Temperatur

Temperatur/Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran, serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air (Effendi, 2003). Adapun hasil pengukuran temperatur di lapangan disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Kondisi Temperatur Air Sungai di Lokasi penelitian

Titik lokasi	Jarak antar titik (km)	Temperatur (°C)
1	± 0	29,8 – 31,4
2	± 11.55	28,3 – 29,3
3	± 10.98	28,3 – 29,2
4	± 2.55	28,1 – 28,9
5	± 2.43	28,2 – 31,3
6	± 0.60	28,7 – 29,4
7	± 0.63	27,9 – 29,1
8	± 0.16	25,9 – 29,3

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Hasil pengukuran temperatur di lapangan pada Tabel 2 di atas, menunjukkan bahwa kondisi temperatur pada aliran sungai dari titik 1 hingga titik 8 kondisi suhu air berada dalam kisaran 25 – 31 °C. Suhu air memiliki efek langsung dan tidak langsung di hampir semua aspek ekologi sungai (Marlina et al., 2017) serta mempunyai kaitan erat dengan kualitas perairan (Osman et al., 2018). Semakin tinggi suhu perairan semakin menurun kualitasnya, karena kandungan oksigen terlarut akan menurun sehingga banyak mikroorganisme perairan yang mati. Perbedaan suhu pada setiap titik pengamatan dipengaruhi oleh perbedaan kedalaman air, tutupan vegetasi di sempadan sungai dan kondisi iklim pada saat pengukuran. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Muarif (2016).

Padatan Tersuspensi Total/TSS

Padatan Terlarut Total/TSS merupakan jumlah berat dalam mg/liter kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah

mengalami penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron (Kholif, 2020). Hasil pengukuran dan analisa kadar TSS yang dilakukan di laboratorium disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Konsentrasi Kadar TSS Air Sungai

Titik Lokasi	Jarak antar titik (km)	TSS (mg/L)	Std Baku mutu KMA 1 (mg/L)
1	± 0	8,00	50
2	± 11.55	10,00	
3	± 10.98	10,67	
4	± 2.55	8,00	
5	± 2.43	326,00	
6	± 0.60	8,67	
7	± 0.63	121,67	
8	± 0.16	118,00	

(Sumber: Hasil Analisis, 2021 & Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan, 2006)

Hasil uji laboratorium kadar TSS pada Tabel 3, menunjukkan pola persebaran konsentrasi TSS yang fluktuatif, dimulai dari titik awal sebelum masuknya pencemaran hingga titik terakhir pengambilan sampel. Kadar TSS di titik 5 menunjukkan angka tertinggi, yakni 326,00 mg/L. Pada lokasi ini terdapat penambangan batu koral yang menyebabkan peningkatan kekeruhan. Temuan ini mendukung hasil temuan dari penelitian Wahyuni, Rahman, Yusran, & Iriadenta (2016) yang menyatakan pencemaran di sepanjang sungai RIAM Kanan akibat aktivitas penambangan pasir dan batu koral. Peningkatan konsentrasi ini juga disebabkan oleh masuknya beban pencemar dari padatnya aktifitas penduduk di bantaran sungai, masuk ke titik ke 6 mengalami penurunan. Penurunan terkait dengan sifat hidrologi sungai pada titik 6 dimana titik tersebut memiliki kedalaman yang paling dangkal dan lebar sungai yang paling kecil dan memiliki kecepatan aliran sungai yang relatif tenang sehingga berpengaruh terhadap distribusi kadar TSS (Asyhar & Widodo, 2012). Kadar TSS kembali naik pada titik ke 7 dan ke 8 disebabkan oleh terjadinya pemasukan kembali beban pencemar (*pollutant intake*) pada titik sebelumnya.

B. Kualitas Kimia Air Sungai

Analisis kualitas air secara kimia meliputi beberapa parameter yaitu pH, DO, BOD dan COD (DLH Prov. Kalsel, 2017). Semua parameter kimia dianalisa di laboratorium, karena parameter kimia sebagai bentuk reaksi

dalam tubuh air bersifat kasat mata, sehingga perlu dikaji secara spesifik di laboratorium.

Derajat keasamaan (pH)

Kadar pH yang baik adalah kadar pH dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan baik. pH yang baik untuk air limbah adalah netral (pH 7) (Kholif, 2020). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 (Effendi, 2003). Adapun hasil pengujian di laboratorium kadar pH air sungai daerah penelitian tergolong asam, ditampilkan pada Tabel 4 berikut.

Titik Lokasi	Jarak antar titik (km)	pH	Std Baku mutu KMA 1 (mg/L)
1	± 0	7.33	6.00-9.00
2	± 11.55	6.97	
3	± 10.98	6.73	
4	± 2.55	6.63	
5	± 2.43	6.87	
6	± 0.60	6.73	
7	± 0.63	7.23	
8	± 0.16	6.90	

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Berdasarkan Tabel 4, pola distribusi konsentrasi pH air sungai, baik sebelum terjadinya pencemaran maupun yang telah dimasuki beban polutan tidak menunjukkan pola yang fluktuatif. Hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh Ramadhani, Anna, & Cholil (2016) dalam hasil penelitiannya.

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut/DO merupakan banyaknya oksigen yang terkandung didalam air dan diukur dalam satuan milligram per liter. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada (Kholif, 2020). Adapun hasil pengujian kadar DO terlihat pada Tabel 5 berikut.

Titik Lokasi	Jarak antar titik (km)	DO (mg/L)	Std Baku mutu KMA 1 (mg/L)
1	± 0	7.00	6.00
2	± 11.55	6.33	
3	± 10.98	4.00	
4	± 2.55	3.67	
5	± 2.43	4.73	
6	± 0.60	3.67	
7	± 0.63	3.60	
8	± 0.16	3.17	

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa kadar oksigen terlarut di titik 1 yakni sebelum masuknya pencemaran menunjukkan kadar DO sebesar 7.00 mg/L, konsentrasi oksigen terlarut mengalami kenaikan mengindikasikan bahwa badan air mempunyai kesempatan melakukan reoksigenasi dalam tubuh air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut. Dimulai pada titik 3 hingga titik 8, konsentrasi DO mengalami degradasi hingga mencapai nilai 3.17 mg/L. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut ini disebabkan oleh tercampurnya beban polutan secara merata sehingga kepekatan air menjadi merata dan prose difusi oksigen ke tubuh air menjadi terhambat (Ramadhani dkk., 2016). Adapun peningkatan DO pada titik 5 disebabkan pada titik 5. Kondisi topografi sungai memiliki kedalaman yang paling dalam. memiliki kecepatan aliran yang cukup deras (2,8 m/s) dan berdebu di bagian hulu. Alur sungai di bagian hulu memiliki kecepatan aliran yang tinggi apabila dibandingkan di bagian hilir sehingga pada saat badan sungai menerims polutan, polutan akan terangkut dan ikut mengalir sehingga memungkinkan mencapai kondisi DO yang optimal (Natari Fiori, 2019)

Kebutuhan Biologi Oksigen (BOD)

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air (Machdar, 2018). Hasil uji laboratorium kadar BOD air sungai di daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 6 berikut

Tabel 6. Konsentrasi Kebutuhan Biologi Oksigen Air Sungai

Titik Lokasi	Jarak antar titik (km)	BOD (mg/L)	Std Baku mutu KMA 1 (mg/L)
1	± 0	1,55	2.00
2	± 11.55	1,34	
3	± 10.98	1,59	
4	± 2.55	1,63	
5	± 2.43	1,47	
6	± 0.60	1,19	
7	± 0.63	1,29	
8	± 0.16	2,14	

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Tabel 6 menunjukkan distribusi nilai konsentrasi BOD yang tidak berfluktuatif. Polutan telah teroksidasi dengan baik dan mengindikasikan terjadinya peningkatan kadar oksigen. Peningkatan reaksi mikroorganisme terhadap bahan organik dari

air limbah yang masuk ke aliran sungai, juga mengindikasikan bahwa pada lokasi tersebut limbah cair yang masuk telah tercampur dengan sempurna sehingga air limbah menjadi lebih pekat dan aktivitas dekomposisi berada dalam intensitas yang tinggi, baik yang berjalan secara aerob maupun anaerob.

C. Proses Self Purification Sungai di Kabupaten Banjar

Proses self purification dapat ditentukan lewat beberapa fase/tahapan yang terbentuk dalam zona-zona pemulihan kondisi air sungai. Identifikasi proses self purification air sungai yang tercemar dalam penelitian ini menggunakan analisis kecenderungan (*trend analysis*), lewat media tabel dan grafik garis yang menghubungkan dua variabel utama, yaitu nilai kadar konsentrasi unsur dengan jarak sungai, sehingga dapat diidentifikasi dengan pasti jarak *self purification* yang berlangsung di aliran air sungai. Adapun tiga parameter kimia yang digunakan dalam analisis agar dapat menggambarkan secara representatif intensitas derajat pengotoran limbah yang mencemari air sungai pada daerah penelitian adalah DO dan BOD. Adapun hasil uji laboratorium parameter yang mewakili proses self purification di aliran air sungai di daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 7 sebagai berikut

Tabel 7. Nilai Konsentrasi Parameter Kimia Air Sungai

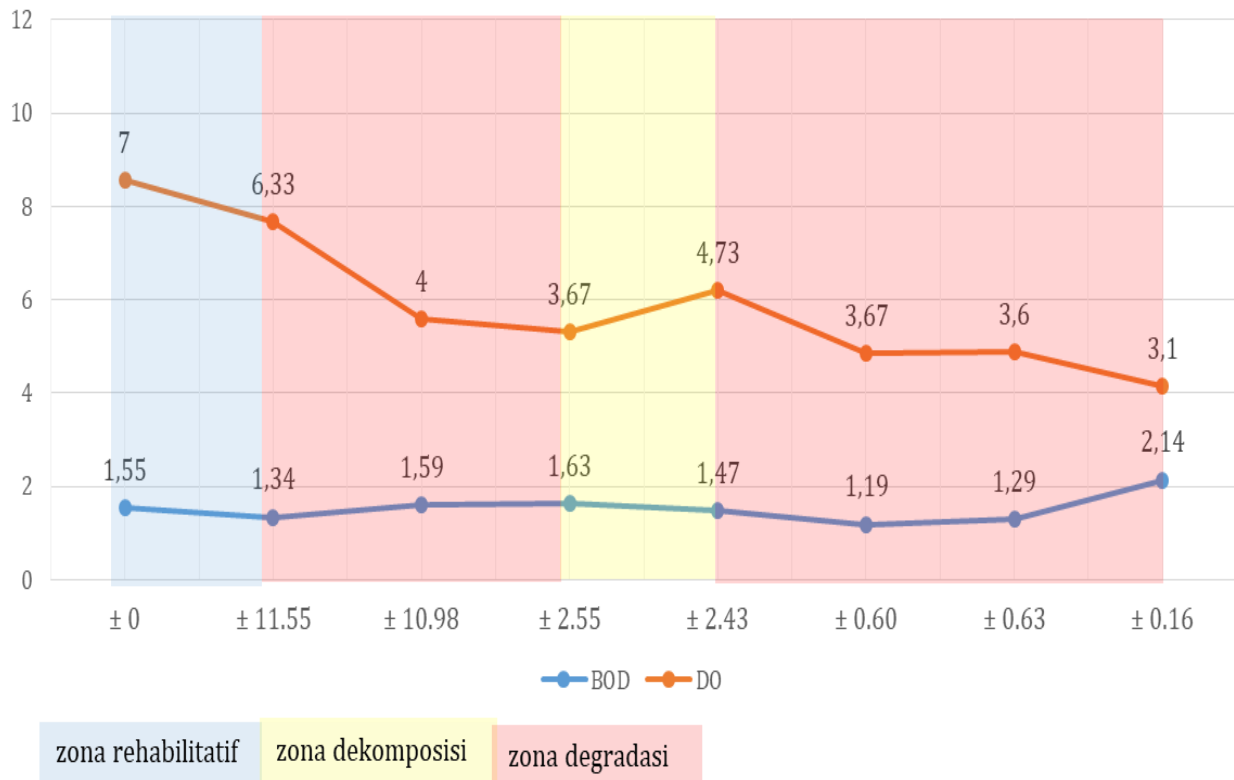
Titik sampel	Parameter (mg/L)	
	DO	BOD
1	7.00	1,55
2	6.33	1,34

Titik sampel	Parameter (mg/L)	
	DO	BOD
3	4.00	1,59
4	3.67	1,63
5	4.73	1,47
6	3.67	1,19
7	3.60	1,29
8	3.17	2,14

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Secara grafik, dengan tujuan memperlihatkan kecenderungan secara keseluruhan konsentrasi parameter kimia pada air sungai yang tercemar di daerah penelitian, maka pembagian zona pencemaran aliran air sungai dapat dilihat pada Gambar 2

Berdasarkan Gambar 1, parameter yang mewakili derajat pengotoran limbah, menunjukkan bahwa proses self purification aliran sungai di daerah penelitian dapat berlangsung yang ditandai dengan penurunan konsentrasi BOD di titik 2, mengingat kadar BOD yang optimal akan membantu proses dekomposisi dari limbah domestik yang akan mengarah kepada peningkatan kadar oksigen di badan air (Battarchajee, 2013). Dibutuhkan jarak yang lebih jauh bagi aliran sungai untuk mencapai fase sempurna dari proses self purification, dengan catatan tidak ada lagi pemasukan limbah baru dari aliran anak sungai di lokasi berikutnya. dengan belum adanya peningkatan kadar DO hingga di lokasi terakhir (titik 8) yang disebabkan oleh masuknya limbah baru dari aliran anak sungai di titik 5, maka proses *self purification* air di Kabupaten Banjar akibat pencemaran limbah domestik di daerah penelitian dengan jarak + 29.53 kilometer belum mencapai zona penjernihan kembali/purifikasi (*zone of clean water*)



Gambar 1. Pembagian Zona Proses Penjernihan Kembali (*Self-Purification*) pada Air Sungai di Lokasi Penelitian
(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Karena sungai memerlukan waktu dan jarak yang lebih untuk melakukan proses *self purification*, maka yang dapat dilakukan adalah menjaga tidak adanya penambahan beban pencemar baru yang masuk disepanjang badan sungai agar memberikan kesempatan kepada sungai untuk mengalami proses purifikasi dari polutan. Beberapa hal yang dapat dilakukan (Ali, 2012) adalah dengan mengurangi konsentrasi hulu dengan mengontrol sumber titik (*point sources*) hulu dan sumber non-titik (*non-point resources*), Mengurangi volume efluen dengan : (i) pengurangan volume buangan limbah domestik & industri, (ii) pengurangan volume limbah melalui modifikasi proses (dalam industri maupun kegiatan domestik), Meningkatkan aliran hulu dengan augmentasi aliran (misalnya dengan melepaskan air dari *reservoir* penyimpanan hulu, atau dari pengalihan dari badan air terdekat, meningkatkan laju degradasi zat di lingkungan/dalam aliran (misalnya penggunaan bahan kimia yang mudah terdegradasi dalam industri & domestik).

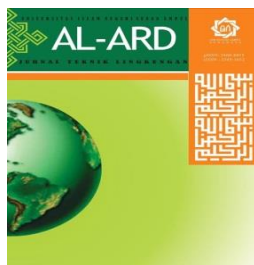
4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu Distribusi pencemaran air sungai di daerah penelitian menunjukkan kecenderungan pola yang fluktuatif, yang ditunjukkan dari parameter terkait derajat pengotoran limbah. 2. Proses *self purification* air sungai di Kabupaten Banjar yang tercemar dapat berlangsung, yang ditandai dengan adanya penurunan konsentrasi di titik 2 sampai titik 4, namun berdasarkan fase prosesnya, belum mencapai fase akhir/sepurna dari proses *self purification*, yakni zona penjernihan kembali/purifikasi (*zone of clean water*)

5. DAFTAR PUSTAKA

- Asyhar, A. H., & Widodo, B. (2012). Distribution of Total Suspended Solids Concentration in a River. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 23(3), Article 3. <https://doi.org/10.12962/j20882033.v23i3.135>
- Battarchajee, D. (2013). What are the factors which affect the self ourication process in river? /. ResearchGate. https://www.researchgate.net/post/What_

- are_the_factors_which_affect_the_self_purification_process_in_river2
- DLH Prov. Kalsel. (2017). Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai Provinsi Kalsel Tahun 2016. Banjarmasin: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.
- Kholif, M. A. (2020). Pengelolaan air limbah domestik. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Machdar, I. (2018). Pengantar Pengendalian Pencemaran: Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Kebisingan. Yogyakarta: Deepublish.
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. doi: 10.20885/jstl.vol9.iss2.art6
- M. Ashraf Ali. (2012). Waste Assimilation Capacity of Streams (Stream self purification). https://uap-bd.edu/ce/nehreen/Lecture%206_CE%20433.pd
- Muarif, M. (2016). Karakteristik Suhu Perairan Di Kolam Budidaya Perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2), 96–101. doi: 10.30997/jms.v2i2.444
- Natari Fiori. (2019). Pengaruh Debit Dan Kedalaman Aliran Sungai Terhadap Sebaran Bahan Pencemar Air Buangan Pada Aliran Sungai Deli [Skripsi]. Repository USU. <https://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/11657/140407039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Osman, H., Sumeep Bath, & Higgins, S. (2018, Agustus 14). How Temperature Affects The Quality of Fresh Water. Diambil 25 Mei 2021, dari IISD Experimental Lakes Area website: <https://www.iisd.org/ela/blog/commentary/temperature-quality-fresh-water/>
- Peraturan daerah provinsi kalimantan selatan, Pub. L. No. 2, 2 Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air 19 (2006). <http://ditjenpp.kemenkumham.go.id/files/ld/2006/kalsel2-2006.pdf>
- Ramadhani, E., Anna, M. S. A. N., & Cholil, M. S. M. (2016). Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta). Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. doi: 10/BAB%20II.pdf
- Suprihatin, & Suparno, O. (2013). Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri. PT Penerbit IPB Press.
- Suwari, Riani, E., Pramudya, B., & Djuwita, I. (2011). Model Dinamik Pengendalian Pencemaran Air Kali Surabaya. *Jurnal Bumi Lestari*, 11(2), 234–248. Diambil dari <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV2012084837>
- Wahyuni, L. F., Rahman, M., Yusran, F. H., & Iriadenta, E. (2016). Kajian status kualitas air sungai riam kanan studi kasus sungai riam kanan di desa awang bangkal kecamatan karang intan kabupaten banjar. *EnviroScienteeae*, 7(2), 88–92. doi: 10.20527/es.v7i2.464
- Zubaidah, T., Karnaningroem, N., & Slamet, A. (2019). The Self-Purification Ability in the Rivers of Banjarmasin, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 20(2). doi: 10.12911/22998993/97286



Pembuatan Pupuk Organik dari Eceng Gondok, Kotoran Sapi, dan Dedak Padi dengan *Effective Microorganisme 4 (Em4)*

Sri Widyastuti^{1,*}, Risa Suryananta Arfa²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

*sriwidyastuti@unipasby.ac.id

Abstract

Water hyacinth (*Eichonia crassipes*) is one of the fastest growing aquatic plants. As a result, it will cover the surface of the water and prevent sunlight from entering the water. The inhibition of sunlight causes aquatic biota cannot carry out photosynthesis perfectly so that water hyacinth is considered as a weed. This research aims to analyzed the quality of water hyacinth organic fertilizer based on the type of additives in order to obtain the best quality in composting for 16 days. Additional materials used are cow dung and rice bran. The parameters used to determine the quality of the organic fertilizer produced are the value of C/N ratio, levels of Phosphorus (P), Potassium (K), pH, and temperature (T). The variety of materials used in the Control Reactor (RK) contains 1.5 kg of water hyacinth; Treatment Reactor 1 (R1) contains 0.5 kg of water hyacinth + 1 kg of cow dung; Treatment Reactor 2 (R2) contains 0.5 kg of water hyacinth + 1 kg of rice bran; and Treatment Reactor 3 (R3) contains 0.5 kg of water hyacinth + 1 kg of cow dung + 1 kg of rice bran. In each treatment, effective microorganism 4 (EM4) bioactivator was added. The results showed that Treatment 3 (R3) produced organic fertilizer with quality that met the quality standards of the Decree of the Minister of Agriculture Number 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 regarding the technical requirements of organic fertilizer.

Keywords : Water hyacinth, Cow dung, Fertilizers quality, Organic fertilizers

Abstrak

Eceng gondok (*Eichonia crassipes*) adalah salah satu tumbuhan air yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Akibatnya akan menutup permukaan air dan menghambat cahaya matahari masuk ke air. Terhambatnya cahaya matahari menyebabkan biota air tidak dapat melakukan fotosintesis dengan sempurna sehingga eceng gondok di anggap sebagai gulma. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pupuk organik eceng gondok berdasarkan jenis bahan tambahan sehingga diperoleh kualitas terbaik pada pengomposan selama 16 hari. Bahan tambahan yang di gunakan adalah kotoran sapi dan dedak padi. Parameter yang digunakan mengetahui kualitas pupuk organik yang dihasilkan adalah nilai C/N rasio, kadar Fosfor (P), Kalium (K), pH, dan temperatur (T). Variasi bahan yang digunakan pada Reaktor Kontrol (RK) berisi 1,5 kg Eceng gondok; Reaktor Perlakuan 1 (R1) berisi 0,5 kg eceng gondok + 1 kg kotoran sapi; Reaktor Perlakuan 2 (R2) berisi 0,5 kg eceng gondok + 1 kg dedak padi; dan Reaktor Perlakuan 3 (R3) berisi 0,5 kg eceng gondok + 1 kg kotoran sapi + 1 Kg dedak padi. Pada setiap perlakuan ditambahkan bioaktivator *effective microorganism 4 (EM4)*. Hasil penelitian menunjukkan Perlakuan 3 (R3) menghasilkan pupuk organik dengan kualitas yang memenuhi syarat baku mutu Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang persyaratan teknis pupuk organik.

Kata kunci : eceng gondok, kotoran sapi, dedak padi, pupuk organik padat .

1. PENDAHULUAN

Keberadaan beberapa tumbuhan merupakan masalah di perairan karena tingkat pertumbuhannya relatif cepat, seperti purun tikus (*Eleocharis dulcis*), kalakai (*Stenochlaena palustris*), dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Tumbuhan-tumbuhan tersebut merupakan jenis tanaman yang paling umum dikenal dan sering ditemukan di ekosistem

lahan rawa sebagai gulma atau tanaman liar (Elly et al., 2020)

Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuhan yang tinggi, mengambil ruang dalam badan dan menutup cahaya matahari sehingga dianggap sebagai tumbuhan pengganggu. Mampu menutup 20%-70% dari luas perairan (Kartini, 2017). Menurut Heyne, K (1987) dalam (Yani, 2018), eceng gondok mampu

menghasilkan 1200 anakan dalam waktu 4 bulan dengan produksi 470 ton/hektar.

Eceng gondok sangat sulit untuk dimusnahkan sehingga harus dilakukanlah alternatif lain untuk menurunkan produktivitasnya dengan mengolah eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik untuk penyubur tanaman (Mashavira et al., 2015 ; Nada dkk, 2012).

Pilihan untuk mengolah menjadi pupuk organik adalah karena keunggulan pupuk organik dalam menyediakan hara bagi tanaman, baik hara makro maupun mikro yang relatif lengkap dibanding pupuk anorganik. Meningkatkan kesuburan tanah, menambah unsur hara mikro tanah, menggemburkan tanah, memperbaiki kemasaman tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menyediakan oksigen bagi perakaran. Bahan organik dalam pupuk akan memacu pertumbuhan dan perkembangan bakteri dan biota tanah. Secara umum pupuk organik berguna bagi konservasi lahan kritis yang semakin meluas di Indonesia (Juliani, 2017)

Keuntungan lain adalah dapat memperbaiki porositas tanah dan memperbesar kemampuan tanah menampung air (Nengse S, 2017).

Kusrinah, et al., (2016) melaporkan bahwa eceng gondok kering mengandung bahan organik sebesar 75,8%; total nitrogen 1,5%; kadar abu 24,2%; total fosfor 7,0%; potasium 28,7%; sodium 1,8%; kalsium 12,8% dan khlorida 21,0%

Komposisi C, N, P dan K tersebut di perlukan dalam proses pertumbuhan tanaman sebagai unsur hara sehingga eceng gondok dapat diolah menjadi pupuk organik.

Penelitian Setiawan (2009) dilakukan dengan mencampurkan eceng gondok dengan pupuk kandang sapi serta menambahkan EM-4 memiliki kandungan C/N rasio sebesar 12,87 dimana lama dekomposisi selama 6 minggu. Sedangkan eceng gondok yang di dekomposisi tanpa tambahan apapun memiliki C/N rasio sebesar 18,00.

Pupuk organik berbahan eceng gondok hasil penelitian Fitrihidajati (2015) tanpa tambahan bahan apapun memiliki kandungan P sebesar 0,184%, Kalium = 0,226% dan C/N rasio sebesar 17,44.

Pembuatan pupuk organik eceng gondok dengan aktivator selain EM-4 menunjukkan hasil penelitian yang bervariasi. Penelitian Turnip (2016) dengan mencampurkan eceng gondok dan pupuk kandang sapi ditambah

inokulan jamur *Trichoderma harzianum* menghasilkan C/N rasio sebesar 20 , Fosfor (P_2O_5) = 0,10% , K_2O = 0,20 (%).

Hasil analisis jaringan eceng gondok setelah difermentasi aktivator *Trichoderma* sp menunjukkan pH=6,8; C/N ratio=13, P total= 0,58%, dan K total= 0,33 % (Pujowati et al, 2019).

Campuran bahan kotoran kandang sapi, eceng gondok, kalsium dan diinokulasi dengan konsorsium bakteri dari genera *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. Menghasilkan C/N rasio sebesar 14,0 , P_2O_5 0,729%, dan K_2O 2,090% (Sondang, 2020)

Penelitian Ellya (2020) menunjukkan nilai kandungan C/N rasio pada pengomposan eceng gondok saja sebesar 24,05%.

Nilai C/N rasio penelitian diatas meski-pun telah memenuhi persyaratan sebagai pupuk organik , namun harga tersebut masih jauh dari nilai C/N tanah sebesar 10-12.

Sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap kualitas pupuk organik eceng gondok dengan bahan tambahan yang mampu menghasilkan kualitas sesuai baku mutu pupuk organik berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 serta penambahan bioaktivator yang membantu proses dekomposisi .

Bahan yang di tambahkan adalah kotoran sapi dan dedak padi . Kotoran sapi mengandung sejumlah mikroba dekomposer yang dapat menguraikan bahan organik untuk mempercepat proses pengomposan. Kadar serat yang tinggi seperti selulosa merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroba yang akan membantu proses dekomposisi eceng gondok (Krismawati, 2014; Melsasail, 2019).

Dedak padi mempunyai kandungan serat kasar yang cukup tinggi yaitu sebesar 24,26% , dalam proses dekomposisi berfungsi sebagai media untuk pembiakan mikroorganisme (Kleden et al., 2017; Amnah, 2019; Tahun, 2019).

Proses dekomposisi akan mengubah bahan organik kompleks menjadi bahan organik sederhana dan di ubah menjadi bentuk mineral yang mudah diserap oleh tanaman atau organisme lain (Palupi, 2015). Proses untuk mempercepat pengomposan dapat dipacu dengan pemberian mikroorganisme sebagai dekomposer (Karyono, et. al, 2017). Jumlah dan jenis mikroorganisme yang efektif mengubah bahan organik kompleks akan menentukan keberhasilan proses

pengomposan, seperti halnya bio aktivator *Effective Microorganism (EM4)*. EM-4 merupakan cairan yang mengandung mikroorganisme fermentasi yang terdiri dari 80 genus mikroba dan dapat bekerja secara efektif dalam fermentasi bahan organik. Kultur campuran EM-4 terdiri dari 5 golongan yang pokok, yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces sp*, *Actinomyces sp* dan jamur fermentasi (Jalaluddin, 2016; Pinandita, et. al., 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas pupuk organik eceng gondok berdasarkan jenis bahan tambahan sehingga ditemukan kualitas terbaik pada pengomposan selama 16 hari. Bahan yang ditambahkan adalah kotoran sapi, dan dedak padi. Bioaktivator *effective microorganism 4 (EM4)* ditambahkan pada semua perlakuan. Parameter kualitas pupuk organik yang diamati adalah nilai C/N rasio, Fosfor (P), Kalium (K), pH dan suhu kompos.

2. METODE PENELITIAN

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain reaktor, saringan yang terbuat dari fiber untuk menyaring lindi, selang bening, ember, timbangan, pisau, thermometer, soil tester dan botol bekas.

Bahan – bahan yang digunakan adalah eceng gondok, kotoran sapi, dedak padi, dan *effective microorganism 4 (EM4)*.

Tahapan dalam penelitian ini adalah memperkecil eceng gondok agar proses dekomposisi berjalan sempurna. Langkah berikutnya adalah proses dekomposisi dengan 4 (empat) perlakuan, terdiri dari Perlakuan kontrol (RK) : berisi 1,5 kg eceng gondok saja, Perlakuan 1 (R1) : berisi 0,5 kg eceng gondok + 1 kg kotoran sapi, Perlakuan 2 (R2) : berisi 0,5 kg eceng gondok + 1 kg dedak padi, Perlakuan 3 (R3) : berisi 0,5 eceng gondok + 1 kg kotoran sapi + 1 kg dedak padi. Larutan EM4 sebanyak 200 mL ditambahkan pada masing masing perlakuan, selanjutnya dilakukan dekomposisi selama 16 hari.

Parameter pengamatan

Parameter yang diukur sebagai indikator kualitas pupuk organik adalah C/N rasio, Fosfor (P), Kalium (K) dan pH sesuai dengan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/-SR.310/M/4/2019.

Sedangkan parameter suhu menggunakan SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik karena pada

Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tidak ada aturan tentang suhu .

Pada hari ke-7 dilakukan pengamatan secara fisik berupa pengamatan pH dan temperatur sampai hari terakhir pengomposan.

Penentuan kandungan kadar C-organik dilakukan dengan menggunakan metode *Walkley and Black Spektrometry*. Penentuan kandungan kadar nitrogen dilakukan dengan menggunakan metode *Kjeldahl*. Pengukuran rasio C/N dilakukan dengan perbandingan % kadar C-organik dan % nitrogen (AOAC , 2016 dalam Permentan Nomor 261/KPTS/-SR.310/M/4/2019)

Penetapan Kadar Fosfor (P_2O_5) dan Kalium (K_2O) diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 466 nm dengan deret standar P dan K sebagai pembanding

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku terhadap C/N rasio

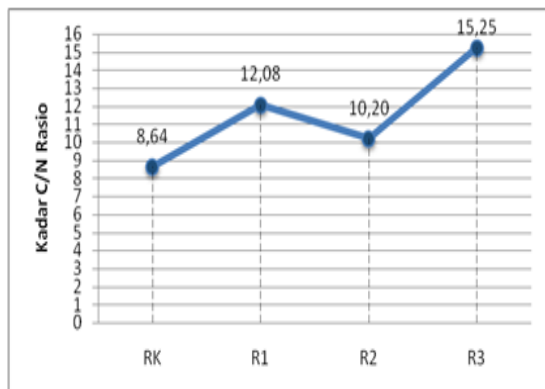
Rasio C/N merupakan salah satu parameter kualitas kompos berdasarkan tingkat kematangan kompos. Tingkat kematangan kompos diukur berdasarkan penurunan nilai rasio C/N yang disebabkan oleh aktivitas degradasi mikroba yang terdapat pada bahan tambahan seperti kotoran sapi dan bioaktivator kompos pada bahan baku pupuk organik (Triptchkul, 2012).

Pada proses perombakan bahan organik, mikroba akan tumbuh dan memperbanyak diri dengan menggunakan C (karbon) sebagai bahan bakunya. Karbon akan digunakan sebagai sumber energi untuk menyusun sel mikroba dengan membebaskan CO_2 dan gas lain yang mudah menguap seperti metana serta senyawa lainnya. Kadar karbon akan cenderung menurun setelah proses dekomposisi. Kecepatan kehilangan karbon lebih besar daripada kehilangan nitrogen. Sehingga diperoleh perimbangan C/N berkisar antara 15-25 yang menunjukkan pupuk organik telah matang.

Unsur nitrogen pada pupuk organik diperoleh dari peruraian bahan organik yang berbasis protein. Peruraian bahan yang mengandung unsur nitrogen, pertama diuraikan menjadi asam amino terlebih dahulu baru diuraikan menjadi unsur nitrogen (Buckman, 1982). Selama proses dekomposisi unsur nitrogen digunakan untuk pemeliharaan dan penyusunan sel mikroba. Hasil penelitian Yani (2018) menunjukkan nilai rata rata N-

total pada pupuk organik yang di tambahkan bioaktivator akan lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk organik yang tidak diberi bioaktivator pada saat proses dekomposisi

Kadar C/N rasio pada pengaruh jenis bahan baku dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap C/N Rasio

Pada Gambar 1, variasi bahan baku menghasilkan C/N Rasio yang signifikan. Pengaruh variasi jumlah bahan baku menghasilkan nilai C/N rasio tertinggi pada reaktor tiga (R3) dengan 3 jenis bahan baku yaitu sebesar 15,25% dan nilai terendah pada reaktor kontrol (RK) dengan 1 jenis bahan baku yaitu sebesar 8,64%.

Variasi 3 jenis bahan baku menghasilkan C/N Rasio kompos yang memenuhi standar kualitas kompos menurut Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dengan kadar minimum 15%

Jika dibandingkan dengan penelitian Ellya (2020) dimana nilai kandungan C/N rasio pada pengomposan eceng gondok saja sebesar 24,05% maka dalam penelitian ini memiliki hasil C/N rasio lebih kecil, yaitu sebesar 15,25% selama 16 hari waktu pengomposan. Hal ini diduga karena adanya perbedaan jumlah bahan baku pembuatan pupuk organik. Pada Reaktor 3 terdapat 3 jenis bahan baku dibandingkan dengan penelitian Ellya (2020) berisi 1 jenis bahan baku, dengan sistem pengomposan dan bioaktivator yang sama.

C/N rasio akan mempengaruhi ketersediaan unsur hara pada pupuk organik, jika nilai kandungan C/N rasio tinggi maka kandungan unsur hara hanya tersedia dalam jumlah kecil untuk tanaman. Apabila bahan organik mempunyai kandungan C/N mendekati atau sama dengan C/N tanah yaitu sebesar 10-12 maka bahan tersebut dapat di-

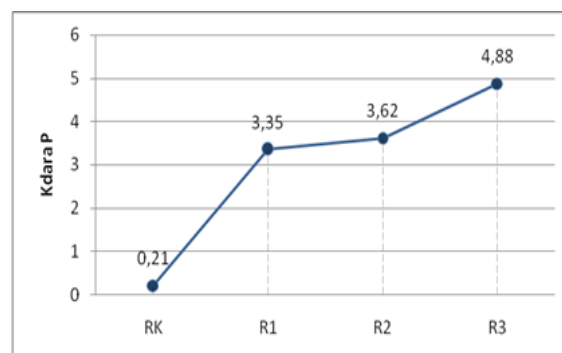
gunakan atau diserap tanaman (Sitompul, 2017).

Menurut Surya (2013), semakin tinggi nilai C/N rasio berarti bahan baku pupuk organik belum terurai dengan sempurna dengan kata lain belum matang.

3.2. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku terhadap Hara Makro Phospor (P)

Pengukuran unsur phosphor (P) penting dilakukan karena phosphor (P) penting untuk pertumbuhan tanaman. Lamanya proses pengomposan pupuk organik menentukan tinggi rendahnya kadar P, namun semakin lama waktu pengomposan bukan berarti kadar P juga semakin bertambah, hal ini karena mikroorganisme pada proses dekomposisi memiliki fase stasioner. Seperti yang terjadi pada penelitian Masnur (2016), kandungan kadar Phospor (P) pada pengomposan (eceng gondok + pupuk kandang sapi) selama 30 hari yang paling tinggi sebesar 0,72% dan yang rendah sebesar 0,47%, sedangkan dalam penelitian ini nilai kandungan phosphor tertinggi sebesar 4,88%.

Kadar phosphor (P) pada proses pengomposan dengan variasi bahan baku eceng gondok, kotoran sapi, dan dedak padi dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap Kadar Phospor (P)

Berdasarkan hasil pengamatan diatas, menunjukkan pengaruh jumlah bahan baku memberikan hasil yang signifikan terhadap kadar Phospor (P). Kandungan phosphor terendah sebesar 0,21% terbentuk pada reaktor kontrol (RK), dimana kandungan sebesar itu tidak memenuhi standar baku mutu.

Menurut Kusumawati (2011), ketersediaan phosphor (P) dipengaruhi oleh pH. Bila pH bersifat alkalis, maka ion HPO_4^{2-} yang lebih dominan. Sebaliknya bila bersifat asam, maka ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ yang lebih dominan. Dalam penelitian ini ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ lebih dominan karena

harga pH diatas 2. Pada reaktor 1, 2, dan 3, kandungan Phospor (P) telah memenuhi baku mutu Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dengan kadar minimum 2%

Menurut Masnur (2016) kandungan P_2O_5 sejalan dengan kandungan N dalam kompos, kandungan N berkaitan dengan jumlah mikroorganisme yang tumbuh. Semakin besar nitrogen yang dikandung maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat, sehingga kandungan fosfor dalam bahan kompos juga meningkat.

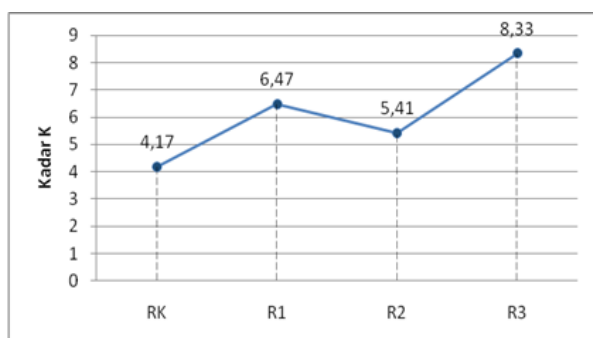
Kandungan phospor tidak bergantung pada pemberian bioaktivator (Manuputty, 2012).

3.3. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku Terhadap Kadar Makro Hara Kalium (K)

Menurut Apriliani, dkk (2016) pengukuran kalium penting untuk dilakukan karena kalium merupakan unsur hara makro terbesar setelah N yang paling banyak diserap tanaman. Selain itu kalium berfungsi dalam fotosintesis sehingga mempercepat penebalan dinding-dinding sel dan ketegaran tangkai bunga, buah dan cabang.

Selama proses dekomposisi, unsur K dalam bahan organik kompleks di ubah oleh bakteri pelarut phospat menjadi unsur K organik sederhana dalam bentuk ion K^+ . Unsur Kalium pada bahan baku pupuk organik membantu proses metabolisme mikroba dan berfungsi sebagai katalisator proses dekomposisi (Iliyin, 2012). Kandungan K_2O pupuk organik berasal dari bahan baku yang mengandung hijau daun (Astuti, dkk, 2008)

Kadar kalium (K) pada pengaruh variasi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap Kadar Makro Hara Kalium (K)

Kandungan Kalium (K) pada setiap reaktor adalah RK : 4,17%, R1 : 6,47%, R2 : 5,41%, dan

R3 : 8,33%. Kandungan Kalium (K) telah memenuhi standar baku mutu menurut

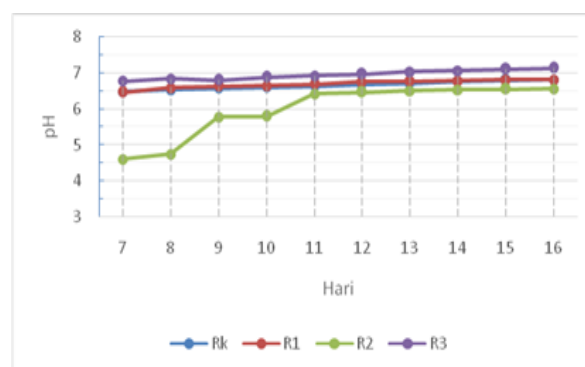
Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dengan nilai minimum 2%

Pupuk organik yang memiliki kandungan Kalium (K) tertinggi ada pada reaktor tiga (R3) dan kandungan Kalium (K) yang terendah adalah reaktor kontrol (RK). Hal ini menunjukkan bahwa variasi bahan baku 0,5 kg eceng gondok + 1 kg kotoran sapi + 1 kg dedak padi dengan 200 mL EM4 menghasilkan pupuk organik dengan hara makro kalium yaitu diatas 2%. Terjadi perubahan signifikan sebagai hasil proses pengkomposan karena kandungan kalium awal pada eceng gondok adalah sebesar 1,8%, dan kotoran sapi sebesar 2,00 %.

Dibandingkan dengan penelitian Masnur (2016) dimana nilai kalium tertinggi pada pengomposan (eceng gondok dan pupuk kandang sapi) tanpa tambahan dedak, selama 30 hari pengomposan adalah sebesar 5,02%. Nilai kandungan kalium dalam penelitian ini lebih tinggi yaitu sebesar 8,33% (R3). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini telah memenuhi baku mutu sesuai dengan standar Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenahan tanah bahwa persyaratan teknik minimal pupuk organik padat yaitu sebesar minimal 2%.

3.4. Hasil Pengamatan pH

Pengamatan pH dilakukan pada hari ke-7 proses pengkomposan, hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Hasil Pengamatan terhadap pH

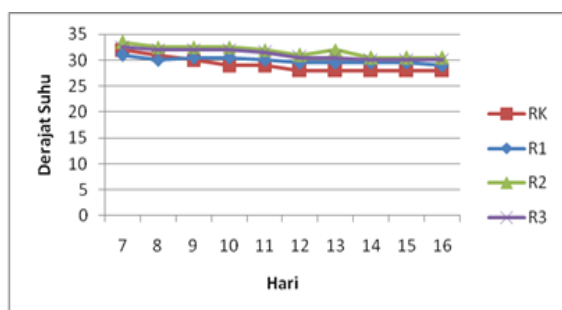
Nilai pH terus mengalami peningkatan setiap harinya yaitu berkisar antara 4,60 – 7,14. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Khater (2015) terhadap pengomposan kotoran sapi dimana diperoleh pH akhir kompos sebesar 8,1.

Pada reaktor 3 pada hari ke-9 sedikit menurun, kondisi ini di duga karena aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan organik (Masnur, 2016 dan Siagian, 2021). Kenaikan pH juga dapat disebabkan karena amonia yang diproduksi pada saat proses dekomposisi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widarti, dkk (2015), pH kompos yang naik menunjukkan bahwa adanya amonia dan aktivitas mikroba yang mempengaruhi kenaikan pH kompos. Pada semua reaktor nilai kadar pH sesuai dengan standar baku mutu menurut Keputusan menteri pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu pada rentangan 4-9.

Menurut Ramadhan (2016) pengamatan pH kompos berfungsi sebagai indikator berlangsungnya proses dekomposisi. Mikroorganisme akan bekerja pada keadaan pH netral sampai sedikit masam, dengan derajat keasaman berkisar antara 5,5 sampai 8. Kondisi asam ini dapat mendorong pertumbuhan jamur yang akan mende-komposisi lignin dan selulosa pada bahan kompos.

3.5. Hasil Pengamatan Suhu

Pengukuran suhu digunakan sebagai salah satu **parameter** fisik untuk mengetahui tingkat kematangan saat proses pengomposan (Jodar dkk, 2017). Indikator terjadinya proses peruraian bahan organik di dalam proses pengkomposan adalah terjadinya peningkatan suhu (Widarti, dkk, 2015). Untuk memastikan kestabilan suhu kompos maka dilakukan pengamatan di beberapa titik tumpukan kompos. Peningkatan suhu kompos disebabkan adanya aktifitas bakteri dan jamur mesofilik. Pengamatan pada suhu dilakukan pada hari ke-7 proses pengkomposan, dijelaskan pada Gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Hasil Pengamatan Suhu

Pada gambar 5 diatas menunjukkan bahwa suhu pupuk organik mengalami penurunan. Suhu optimum yang dicapai pada pengomposan hari ke-7. Pada reaktor kontrol

(RK) sebesar 32°C, pada reaktor 1 (R1) sebesar 31°C, pada reaktor 2 (R2) sebesar 33,5°C, dan pada reaktor 3 (R3) sebesar 32,5. Memasuki hari ke-8 sampai ke-14 suhu pengomposan mulai menurun pada setiap reaktor dan mulai stabil pada hari ke-15 yaitu berkisar antara 28°C - 30°C. Suhu pada akhir pengomposan yaitu hari ke-16 sudah sesuai dengan standar kualitas kompos menurut SNI yaitu 20°C - 30°C.

Penurunan suhu tersebut terjadi, dan tidak tercapainya suhu termofilik (40⁰-65⁰ C⁰ di karenakan jumlah limbah yang dikomposkan sedikit, sehingga tidak cukup memberikan insulasi panas. Panas di lepaskan ke alam, sehingga menyebabkan suhu pengkomposan turun (Widarti, dkk, 2015). Aktifitas mikroba mesofilik pada saat proses penguraian akan menghasilkan panas dengan mengeluarkan CO₂ dan mengambil O₂ dalam tumpukan pupuk organik, sehingga akan tercapai suhu maksimum.

Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Kusumawati (2011) bahwa selama proses pengomposan suhu yang awalnya normal dalam tumpukan kompos secara bertahap mengalami peningkatan dan akan mencapai suhu maksimum kemudian akan menurun sampai menjadi stabil pada saat kompos matang.

Menurut Yuwono et al. (2006), suhu rata - rata selama proses pengomposan berkisar antara 27 - 36°C. Suhu maksimum dicapai pada minggu ke-2, setelah itu suhu berangsur turun dan akhirnya konstan sesuai dengan suhu lingkungannya.

4. KESIMPULAN

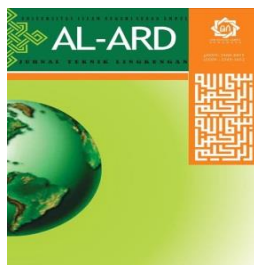
Penelitian menunjukkan bahwa Reaktor perlakuan 3 (RK3) memiliki nilai C/N rasio tertinggi yaitu sebesar 15,25 %, demikian pula denagn kandungan unsur hara makro P sebesar 4,88% dan K sebesar 8,33%, nilai tersebut diatas batas minimal sebesar 2% sesuai baku mutu dalam Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. pH dalam pembuatan pupuk organik cenderung meningkat setiap harinya yaitu berkisar antara 4,60 - 7,14, masih dalam rentangan pH baku mutu Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Suhu akhir pada semua reaktor pada pupuk organik dalam penelitian ini yaitu antara 29°C - 30°C sesuai dengan persyaratan suhu pupuk organik dalam SNI

19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Apriliansi, Ii. N., Heddy, S., & Suminarti, N. E. (2016). Pengaruh kalium pada pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman ubi jalar (*Ipomea batatas* (L.) Lamb). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(4), 264–270.
<http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/290>
- Astuti, H. Y., Harlian, E., dan Tanti, M. E. (2008). Upaya Pengolahan Feses Domba dan Limbah Usar (*Vitiveria zizanioides*) melalui Berbagai Metode Pengomposan. *Jurnal Ilmu Ternak*, 8(1): 87-90.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, (2008), Sekam Padi sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani, Penerbit LPP, Yogyakarta.
- Ellya, Hikma, Ronny Mulyawan dan Novianti Adi Rohmanna, 2020, Potensi Tumbuhan Lahan Rawa Sebagai Pupuk Organik, *Agrisains: Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur* 2020, 6(1), 13-17 ISSN 2503-3239
- Elystia, S., Yenie, E., Ari Rahmat Mustakim, & Mansandi, D. (2013). Pemanfaatan Sampah Organik Pasar dan Kotoran Sapi Menjadi Biogas Sebagai Alternatif Energi Biomassa. *Jurnal Prosiding*, 1(3), 166–172.
- Heckman, J. J., Pinto, R., & Savelyev, P. A. (2019). Pengaruh Fermentasi Menggunakan Mikroba Cairan Rumen Sapi Terhadap Komposisi Kimia Dedak Padi. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 1(4), 562–569.
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid II*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor.
- Hidayati, Y. A., Kurnani, T. B. A., Marlina, E. T., & Ellin, H. (2011). Kualitas Pupuk Cair Hasil Pengolahan Feses Sapi Potong Menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *Jurnal Ilmu Ternak*, 11(2), 104–107.
- Iliyin M., Roko, K., dan Nurul, P. (2012). Laju Dekomposisi Eceng Gondok dan Jerami Menggunakan EM-4 dan M-NIO terhadap pH, C, N, P, K dan C/N. *Jurnal Media Sains*, 4(2): 117122.
- Indonesia, K. M. P. R. (2019). Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. In Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No 261 (pp. 1–18). <http://psp.pertanian.go.id/index.php/page/publikasi/418>
- Juliani, R., Ronauli Simbolon, R. F., Sitanggang, W. H., & Aritonang, J. B. (2017). Pupuk Organik Enceng Gondok Dari Danau Toba. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(1), 220–224. <https://doi.org/10.24114/jpkm.v23i1.6637>
- Karyono, T., Maksudi, & Yatno. (2017). Penambahan Aktivator Mol Bonggol Pisang dan EM 4 dalam Campuran Feses Sapi Potong dan Kulit Kopi terhadap Kualitas Kompos dan Hasil Panen Pertama Rumput Setaria (*Setaria splendida* Stapf). *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*, 12(1), 102–111.
- Kleden, M. M., & Soetanto, H. (2017). Concentration of Progesterone and Prolactin Hormones and Milk Production of New Zealand White Rabbits Doe Fed Moringa Leaves Meal. *Journal of Social Sciences*, 8(3), 79–85. <https://doi.org/10.5901/mjss.2017.v8n3p79>
- Kusrinah, Alwiyah N, Nur H., (2016), Training and Assistance of Water Hyacinth Utilization (*Eichhornia crassipes*) beco-me liquid compost fertilizer to reduce water pollution and improve economy of Karangsimpul village community of Kaligawe Subdistrict Gayamsari District, Semarang Municipality, *Journal Dimas* 16 (1) : 27-48.
- Kusumawati, N. (2014). Evaluasi Perubahan Temperatur, Ph Dan Kelembaban Media Pada Pembuatan Vermikompos Dari Campuran Jerami Padi Dan Kotoran Sapi Menggunakan *Lumbricus Rubellus*. *Jurnal Inotek*, 15(1), 45–56.
- Magna Kusuma, A. P., Biyantoro, D., & Margono, M. (2017). Pengaruh Penambahan EM-4 dan Molasses terhadap Proses Composting Campuran Daun Angsana (*Pterocarpus indicum*) dan Akasia (*Acacia auriculiformis*). *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(1), 19.

- <https://doi.org/10.22146/jrekpros.19145>
- Mashavira M, Mhindu L M, Muzemu S, C. T. and M. P. (2014). The effect water hyacinth (*Eichhornia crassipes*, L) compost application on heavy metal concentration and agronomic performance of cabbage. *Journal of Science*, 5(1), 121–132.
- Melsasail, L., & Kamagi, Y. E. B. (2019). Analisis Kandungan Unsur Hara Pada Kotoran Sapi Di Daerah Dataran Tinggi Dan Dataran Rendah. *Jurnal Lingkungan*, 2(6), 1–15.
- Nengse, S. (2009). Pengaruh Penambahan Kompos Pada Tanah Untuk Mengurangi Genangan Di Kelurahan Bulak, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 46–52.
- Palupi, N. P. (1967). Karakter Kimia Kompos Dengan Dekomposer Mikroorganisme Lokal Asal Limbah Sayuran. *Jurnal Ziraa'ah*, 40, 5–48.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H., & Yananto, T. (2009). Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(1), 19–26.
- Siagian, S. W., Yuriandala, Y., & Maziya, F. B. (2021). Analisis Suhu, Ph Dan Kuantitas Kompos Hasil Pengomposan Reaktor Aerob Termodifikasi Dari Sampah Sisa Makanan Dan Sampah Buah. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 166–176.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.is2.art7>
- Sitompul, E., Wardhana, I. wisnu, & Sutrisno, E. (2017). Studi Identifikasi Rasio C/N Pengolahan Sampah Organik Sayuran Sawi, Daun Singkong, Dan Kotoran Kambing Dengan Variasi Komposisi Menggunakan Metode Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 56(2), 1–12.
- Sittadewi, E. H. (2007). Eceng Gondok Menjadi Media Tumbuh Untuk Mendukung Pertanian Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(3), 229–234.
- Surya, R, S., S. (2013). Pengaruh Pengomposan Terhadap Rasio C/N Kotoran Ayam Dan Kadar Hara NPK Tersedia Serta Kapasitas Tukar Kation Tanah. *Journal of Chemistry*, 2(1), 137–144.
- SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik
- Tripetchkul, S., Pundee, K., Koonsrisuk, S., & Akeprathumchai, S. (2012). Co-composting of coir pith and cow manure: initial C/N ratio vs physico-chemical changes. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 1(1).
- Wizna, W., & Muis, H. (2012). Pemberian Dedak Padi yang Difermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* sebagai Pengganti Ransum Komersil Ayam Ras Petelur. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 14(2), 398.
- Wulandari, D. A., Linda, R., & Turnip, M. (2016). Kualitas Kompos dari Kombinasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solm) dan Pupuk Kandang Sapi dengan Inokulan *Trichoderma harzianum* L. *Jurnal Protobiont*, 5(2), 34–44.
- Yani, H., Rahmawati, & Rahmi, F. (2018). Kualitas Fisika dan Kimia Kompos Eceng Gondok (*Euchornia crasipess*) Menggunakan EM-4. *Jurnal Konversi*, 7(2), 1–8.
- Yuwono, 2006, Kecepatan Dekomposisi dan Kualitas Kompos Sampah Organik, *Jurnal Inovasi Pertanian* Vol 4 No2. Hal 116 – 123.



Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Wonokromo (Kali Jagir) Kota Surabaya

Izdiyadatu Mawaddati^{1,*}, Ida Munfarida², Abdul Hakim³

^{1,2,3} Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

*izdydaty@gmail.com

Abstract

Rivers have various important roles in life. River water is an important source of surface water for households, agriculture, industry and energy production. However, currently there has been a lot of pollution in river water, including the Kali Jagir river in the city of Surabaya. The river has a maximum capacity to receive wastewater, namely the maximum pollution load capacity. Monitoring the capacity of river water is needed to analyze the capacity of the river so that various efforts can be made to improve the quality of river water and control its pollution. This research is an observational and experimental research. The water sampling point was determined using the purposive sampling method by dividing the Jagir River into 3 segments as upstream, middle and downstream. Parameters tested include temperature, TSS (Total Suspended Solid), pH, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), and DO (Dissolved Oxygen). Based on the results of the study, the value of the pollution load capacity of Kali Jagir has exceeded the threshold/maximum pollution load capacity that can be accepted by the water body of Kali Jagir. The total capacity of the pollution load at Kali Jagir based on the TSS parameter was -9.719.072.06 kg/day, the COD parameter was -5.398.362.20kg/day and the smallest pollution load capacity was the BOD parameter which was -100.657, 91 kg/day.

Keywords: Kali Jagir, Pollution load capacity, Water quality

Abstrak

Sungai memiliki berbagai peran penting dalam kehidupan. Air sungai merupakan sumber air permukaan yang penting untuk rumah tangga, pertanian, industri dan produksi energi. Namun saat ini telah terjadi banyak pencemaran di air sungai termasuk sungai Kali Jagir di Kota Surabaya. Sungai memiliki daya tampung maksimum untuk menerima air limbah, yaitu daya tampung beban maksimum. Memantau daya tampung air sungai diperlukan untuk menganalisis kapasitas sungai sehingga dapat dilakukan berbagai upaya peningkatan kualitas air sungai dan pengendalian pencemarannya. Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan eksperimental. Titik pengambilan sampel air ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan membagi Kali Jagir dalam 3 segmen sebagai hulu, tengah dan hilir. Parameter yang diuji meliputi temperatur air, TSS (Total Suspended Solid), pH, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), dan DO (Dissolved Oxygen). Berdasarkan hasil penelitian, nilai daya tampung beban pencemaran Kali Jagir Kota telah melebihi ambang batas daya tampung beban pencemaran maksimal yang dapat diterima oleh badan air Kali Jagir. Total daya tampung beban pencemaran pada Kali Jagir berdasarkan parameter TSS adalah -9.719.072,06 kg/hari, parameter COD yaitu sebesar -5.398.362,20kg/hari dan daya tampung beban pencemaran terkecil yaitu pada parameter BOD yaitu sebesar -100.657,91 kg/hari.

Kata Kunci: Kali Jagir, Daya Tampung Beban Pencemaran, Kualitas Air

1. PENDAHULUAN

Sungai memiliki berbagai peran penting dalam kehidupan. Sungai di perkotaan umumnya dijadikan tempat rekreasi dan sebagai sumber air baku untuk air minum. Selain itu, sungai memainkan peran penting

dalam siklus air, siklus sedimen, keseimbangan energi dan ekologi.

Air sungai merupakan sumber air permukaan yang penting untuk rumah tangga, pertanian (misalnya irigasi, peternakan) dan industri (misalnya air dalam pengolahan dan produksi energi). Selain itu, sungai juga

menyediakan banyak jasa ekosistem (misalnya pariwisata). Kuantitas dan kualitas air sungai sangat tergantung pada limpasan, perubahan musim dan kondisi tanah serta vegetasi yang dilaluinya dalam perjalanannya menuju ke laut.

Namun dibalik keberagaman manfaat dari air sungai, saat ini telah terjadi banyak pencemaran di air sungai. Pencemaran air terjadi ketika suatu zat dalam konsentrasi yang tidak diinginkan terdapat di sungai misalnya bahan kimia, limbah, atau limbah yang masuk ke dalam air dan membuat air tidak layak untuk dimanfaatkan. Banyak penelitian yang telah membuktikan pencemaran air sungai oleh pencemar dengan konsentrasi rendah hingga konsentrasi tertinggi di sungai. Widodo dkk (2019) telah membuktikan bahwa sungai Grendeng merupakan salah satu sumber air irigasi yang saat ini tercemar oleh limbah dari kegiatan industri, peternakan dan domestik. Diketahui bahwa indeks pencemaran air sungai pada musim kemarau telah mencapai tingkat tercemar sampai sangat tercemar dan indeks air sungai pada musim hujan telah mencapai tingkat tercemar sedang sampai tercemar. Hal ini salah satunya diakibatkan oleh pembuangan sampah ke sungai. Kondisi ini menunjukkan bahwa sampah yang dibuang ke badan sungai secara langsung dapat mempengaruhi kualitas air sungai. Peneliti lain di India juga membuktikan bahwa Sungai Yamuna telah menjadi salah satu sungai yang paling tercemar di India dan juga di dunia karena pertumbuhan penduduk dengan kepadatan tinggi dan industrialisasi yang cepat. Sungai Yamuna sangat tercemar. Sungai Yamuna di Dehradun tercemar karena aktivitas wisata yang luar biasa, fasilitas pembuangan limbah yang buruk, dan fasilitas pengelolaan air limbah yang tidak memadai (Sharma dkk, 2020).

Polusi air sungai dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia. Penelitian Pareek dkk (2020), menyebutkan bahwa penyakit yang ditularkan melalui air yang telah diamati adalah Penyakit Kuning, Diare, Tifus, Hepatitis, Malaria, dll. Penyakit yang ditularkan melalui air, sering timbul dari polusi air, merupakan penyebab utama kematian di negara berkembang (Garg dkk, 2018). Pencemaran sungai tidak dapat dipungkiri dapat terjadi di seluruh Sungai di dunia, Indonesia dan Kota Surabaya pada khususnya.

Sungai Jagir atau Sungai Wonokromo/Kali Jagir merupakan bagian dari DAS Brantas. Kali Jagir ini terletak di sepanjang Jl. Jagir

Wonokromo yang mengalir sepanjang 9 km, dengan lebar 73 m, dan memiliki luas 253 km² (BBWS Brantas, 2011 dalam Purnamasari, 2017). Hingga saat ini, Kali Jagir dimanfaatkan sebagai pariwisata air, drainase kota, kegiatan perikanan dan peternakan, serta untuk mengaliri tanaman BLH Surabaya, 2015 dalam Purnamasari, 2017). Kali Jagir terletak di Kecamatan Wonokromo dengan jumlah penduduk 146.785 jiwa. 24% penggunaan lahan di kawasan Wonokromo merupakan daerah pemukiman yang membuang limbah domestik seperti sampah, toilet, limbah laundry, dan limbah lainnya ke aliran Kali Jagir Surabaya baik secara langsung maupun tidak langsung (Pavita dkk, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Yudo & Said, (2019) menghasilkan hasil pemantauan pada PDAM Intake Jagir secara umum bahwa keadaan air Kali Surabaya di area intake PDAM Jagir telah tercemar. Ditemukan bahwa konsentrasi BOD yang paling tinggi mencapai 14,84 mg/l dan COD 53,87 mg/l sementara pH air masih normal, yaitu di kisaran 6-9 (Yudo & Said, 2019). Berdasarkan data dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Surabaya Tahun 2016 – 2021, Kali Jagir termasuk ke dalam Badan Air Kelas III (RPJMD Kota Surabaya tahun 2016-2021). Padahal, berdasarkan Peraturan Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034, bahwa Kali Jagir merupakan tempat wisata dan pelayanan transportasi sungai yang harus memenuhi baku mutu air kelas II (Perda Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang RTRW Kota Surabaya Tahun 2015-2034).

Sungai memiliki daya tampung maksimum untuk menerima air limbah, yaitu daya tampung beban maksimum. Memantau daya tampung beban pencemaran diperlukan untuk menganalisis kapasitas sungai sehingga dapat dilakukan berbagai upaya peningkatan kualitas air sungai dan pengendalian pencemarannya. Jika sungai ditemukan terlampaui daya dukung dan ambang batasnya, maka akan mengakibatkan kerusakan lingkungan yang permanen. Daya dukung beban pencemaran air sungai dapat dihitung dengan perhitungan berdasarkan UU Badan Lingkungan Hidup No. 113/2003 (Munfarida dkk, 2020).

Atas dasar permasalahan yang telah disampaikan, diperlukan evaluasi kualitas air Kali Jagir dengan perhitungan beban pencemaran sungai sebagai informasi dasar

bagi pengendalian sungai untuk memperbaiki kualitas lingkungan sungai melalui perhitungan daya tampung beban pencemaran. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas air Kali Jagir dan daya tampung beban pencemaran air sungai terhadap parameter perairan Kali Jagir Kota Surabaya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Penentuan titik pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu suatu teknik penentuan titik pengambilan sampel air dengan memperhatikan pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan peneliti antara lain berdasarkan kemudahan akses, biaya, dan waktu dalam penelitian. Titik pemeriksaan kualitas air Kali Jagir dilakukan di tiga lokasi yaitu hulu, tengah dan hilir pada masing-masing koordinat 7°18'02.2"S dan 112°44'28.5"E; 7°18'21.8"S dan 112°45'42.6"E; 7°18'38.5"S dan 112°46'49.6". Titik sampling dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Kualitas air berdasarkan parameter fisika-kimia dianalisis di Laboratorium Lingkungan, UIN Sunan Ampel Surabaya. Parameter yang diuji meliputi temperatur air, TSS (*Total Suspended Solid*/Total Padatan Terlarut), pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*/Kebutuhan Oksigen Biologis), COD (*Chemical Oxygen Demand*/Kebutuhan Oksigen Kimia), dan DO (*Dissolved Oxygen*/Oksigen Terlarut).

Analisis kualitas air Kali Jagir Surabaya dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dengan baku mutu (BM) setiap parameter berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup kriteria mutu air kelas III. Parameter-parameter yang diuji baik yang memenuhi dan yang tidak memenuhi

baku mutu dianalisis sebab akibatnya melalui analisis deskriptif. Setelah itu dilakukan perhitungan beban pencemar (PP RI No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kriteria Air Kelas III).

Perhitungan beban pencemar mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air, dimana perhitungan terdapat dua langkah yaitu yaitu perhitungan beban pencemar maksimum (BPM) yang merupakan beban pencemaran yang maksimum diperbolehkan pada suatu badan air berdasarkan kelas peruntukannya. BPM dihitung dengan mengalikan debit sungai yang diuji dengan konsentrasi parameter terkait berdasarkan BM setiap parameter terkait. Perhitungan yang kedua adalah perhitungan beban pencemaran aktual (BPA) yang merupakan beban pencemaran yang dihasilkan di suatu badan air pada saat kondisi eksisting (kondisi saat *real time*). BPA dihitung dengan mengalikan debit dengan konsentrasi parameter yang diuji. Selisih antara BPM dan BPA disebut sebagai daya tampung beban pencemaran dan dijadikan suatu acuan apakah suatu sungai beban pencemarnya telah terlampaui atau belum, jika telah terlampaui maka harus segera dilakukan pengendalian pencemaran air sungai (Alfaroby & Wardhani, 2021).

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menghitung daya tampung beban pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003.

Kondisi hirlolik yang diukur dalam setiap stasiun adalah luas penampang sungai ($A = m^2$), kecepatan arus ($v = m/s$) dan debit air sungai ($Q = m^3/s$) dengan formula sebagai berikut:

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

Beban pencemaran dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BPA = (CA)_j \times Q_s \times f \quad (2)$$

Dimana:

BPA = Beban Pencemaran Aktual/Beban pencemaran sebenarnya (kg)

$(CA)_j$ = Konsentrasi Pencemar sebenarnya (g/m^3)

f = faktor konversi

$$= \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{86.400 \text{ s}}{1 \text{ day}} = 86.4 \frac{\text{kg.lit.s}}{\text{mg.m}^3.\text{day}}$$

Beban pencemaran maksimum dihitung menggunakan rumus:

$$BPM = (CA)_j \times Q_s \times f \quad (3)$$

Dimana :

BPM/Beban Pencemaran Maksimum = Beban Pencemar berdasarkan Baku Mutu (kg)

(CA)_j = Konsentrasi maksimum pencemar berdasarkan baku mutu (g/m³)

f = faktor konversi

$$= \frac{1 \text{ kg}}{1,000,000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{86,400 \text{ s}}{1 \text{ day}} = 86.4 \frac{\text{kg} \cdot \text{lt} \cdot \text{s}}{\text{mg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{day}}$$

Daya tampung beban pencemaran (DTBP) dapat dihitung menggunakan rumus :

DTBP = Beban pencemar berdasarkan baku mutu – beban pencemar sebenarnya (4)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hulu dari Kali Jagir Surabaya yang merupakan DAS Brantas yaitu bermula dari Gunung Arjuna, Malang, yang selanjutnya mengalir hingga di Perairan selat Madura. Aliran sungai Brantas yang bermuara di bagian hilir Bendungan Jagir kemudian terbagi menjadi dua aliran, yaitu Kali Mas yang mengalir ke utara dan Kali Jagir yang bermuara di timur menuju Perairan Madura. Kali Jagir Surabaya memiliki panjang ± 4,45 km mulai dari pintu air Kali Jagir hingga jembatan Merr di Jl. Ir Soekarno.

Penentuan segmen dan stasiun pengambilan sampel air menggunakan metode *purposive sampling*. Dalam penelitian ini dibagi dalam 3 stasiun berdasarkan masukan/input pencemar, diasumsikan stasiun 1 (S1) sebagai hulu sebelum pencemar, stasiun 2 (S2) adalah stasiun saat pencemaran terjadi dan stasiun 3 (S3) adalah hilir setelah pencemaran terjadi. Dengan rincian sebagai berikut : Stasiun 1 (S1) di Perpanjangan Jagir Wonkromo, stasiun 2 (S2) di Jl. Nginden, dan stasiun 3 (S3) di Perpanjangan Jl. Ir. Soekarno. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengambilan air dengan melihat pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan peneliti antara lain kemudahan akses, biaya dan waktu dalam penelitian (Azwar, 2013). Pembagian segmen ini untuk memudahkan analisis perubahan kualitas air di sepanjang aliran air Kali Jagir Surabaya. Pembagian segmen Kali Jagir Surabaya dapat dilihat pada Tabel 1.

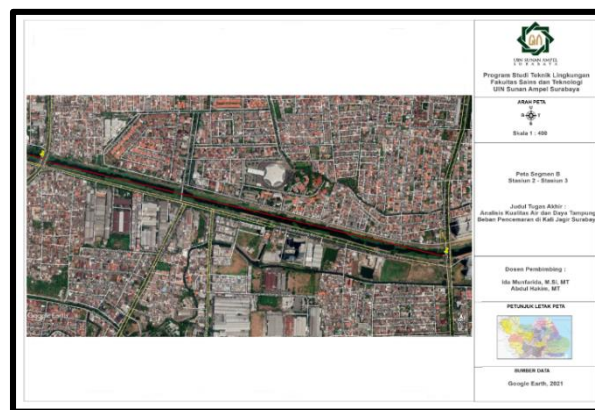
Sampling dilakukan dengan cara system langsung yaitu sampling secara langsung dari satu lokasi ke lokasi yang lain pada waktu yang sama. Cara pengambilan sampel air di setiap stasiun didasarkan pada jarak dan kecepatan rata-rata mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008.

Tabel 1. Jarak Antara Stasiun Sampling

Lokasi Penelitian	Jarak (Km)
A (Stasiun 1 – 2)	0 – 2,35
B (Stasiun 2 – 3)	2,35 – 4,45

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Berdasarkan kondisi hidrolis yang telah diukur pada setiap stasiun, didapatkan debit air sungai untuk stasiun 1 hingga stasiun 3 berturut-turut adalah 82 m³/s, 100,49 m³/s dan 123,28 m³/s. Hasil analisis kondisi hidrolis disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Tabel 2. Hasil Analisis Hidrolik Kali Jagir Surabaya

Stasiun	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan (m/s)	Debit (m ³ /dtk)
1	164	0,5	82
2	176,3	0,57	100,49
3	184	0,67	123,28

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Perbedaan debit yang teramati dipengaruhi oleh kecepatan arus dan luas penampang sungai. Debit ini akan mempengaruhi terhadap kadar polutan yang turut terbawa oleh arus. Arus akan membawa partikel dalam air tergantung pada dimensi sungai (Xiaoqing, 2003).

Dalam perhitungan daya tampung beban pencemaran, maka diperlukan konsentrasi pencemar dalam perairan dan dibandingkan dengan baku mutu (PP Nomor 22 Tahun 2021). Parameter yang telah diuji meliputi temperatur air, TSS (*Total Suspended Solid*/Total Padatan Terlarut), pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*/Kebutuhan Oksigen Biologis), COD (*Chemical Oxygen Demand*/Kebutuhan Oksigen Kimia), dan DO (*Dissolved Oxygen*/Oksigen Terlarut). Hasil analisis parameter kualitas air disajikan pada Tabel 3.

Parameter Temperatur air

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter temperatur air, didapatkan bahwa temperatur air pada semua stasiun telah melebihi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai tertinggi didapat pada stasiun 3 sebesar 33.6°C. Tinggi rendahnya temperatur air sungai dapat dipengaruhi oleh temperatur udara sekitar dan intensitas sinar matahari (Samudro dkk, 2012). Temperatur air sungai dapat mempengaruhi konsentrasi polutan. Para peneliti telah melaporkan bahwa temperatur yang tinggi pada air sungai dapat menonaktifkan bakteri seperti *E. coli* (Tornevi dkk, 2014). Pada suatu perairan akan terdapat stratifikasi thermal. Stratifikasi termal

merupakan faktor fisik penting yang mengontrol siklus nutrisi di dalam suatu reservoir alam seperti danau dan sungai. Heterogenitas air yang masuk dan kondisi iklim menyebabkan pola stratifikasi temperature air yang sangat bervariasi (Casamitjana dkk., 2003 dalam Wang dkk, 2021), dan secara langsung menyebabkan perubahan terhadap temperature air (Lei dan Patterson, 2002 dalam Wang dkk, 2021). Hasil penelitian Wang dkk (2021) juga menghasilkan bahwa adanya keberadaan berbagai bakteri di perairan antara lain *Acinetobacter*, *Roseomonas*, *Armatimonas*, *Burkholderia*, *Gemmatimonas*, *Nitrospira* yang ditemukan semuanya sensitif terhadap perubahan temperatur air yang tinggi.

Tabel 3. Kualitas Air Kali Jagir Surabaya di Tiga Stasiun Pengambilan Sampel

<i>Parameter</i>	<i>Lokasi Penelitian</i>									<i>BM</i>
	S1			S2			S3			
	1a	1b	Rata-Rata	2a	2b	Rata-Rata	3a	3b	Rata-Rata	
Fisika										
Temperatur air (°C)	33.5	33.5	33.5	32.6	32.7	32.65	33.6	33.6	33.6	deviasi 3
TSS (mg/L)	413^	400^	406,5^	477^	463^	470^	478^	536^	507^	Maks 100
Kimia										
pH	6.8	7.1	6.95	7.2	7.3	7.25	7.3	7.3	7.3	6 – 9
BOD (mg/L)	9.26^	10.17^	9.72^	3.15	1.08	2.29	16.08^	15.93^	16.08^	Maks 6
COD (mg/L)	385.9^	300.9^	343.41^	194.8^	194.8^	194.8^	220.8^	216.72^	218.76^	Maks 40
DO (mg/L)	5.5	5.7	5.6	4.9	5.1	5	7.5	7.8	7.65	Min 3

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Keterangan : [^] melebihi baku mutu air kelas III PP No 22 Tahun 2021

Parameter pH

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter pH, didapatkan bahwa pH pada semua stasiun masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai tertinggi didapat pada stasiun 3 sebesar 7,3. Nilai pH yang mendekati netral ini, mengindikasikan bahwa air Kali Jagir Surabaya masih tergolong baik sehingga masih menjadi habitat yang baik misalnya mikroorganisme yang turut berperan dalam proses oksidasi bahan pencemar di perairan. Nilai pH dipengaruhi oleh zat terlarut dalam air. Konsentrasi pH di perairan yang dapat mempengaruhi tingkat toksisitas bahan kimia senyawa, proses biokimia, dan metabolisme di perairan. Jika nilai pH 6 - 6,5 dapat menyebabkan keanekaragaman hayati menurun, seperti plankton dan mikro bentik (Djoharam dkk, 2018).

Parameter TSS (Total Suspended Solid)

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter TSS, didapatkan bahwa TSS pada semua stasiun telah melebihi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai tertinggi didapat pada stasiun 3 sebesar 507 mg/L. TSS merupakan total padatan yang tersuspensi dalam perairan, bersama dengan TDS (*Total Dissolved Solid*), menghasilkan total padatan/ *total solid* (TS) dalam air. TSS sendiri terdiri dari partikel tersuspensi koloidal atau partikel biasa yang dapat dipisahkan melalui filtrasi dengan membran (Sawyer, 2003). Karena TSS terdiri dari partikel yang tersuspensi, parameter ini adalah parameter penting dalam identifikasi kekeruhan/turbidity. Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa ada hubungan linier yang kuat antara kekeruhan dan konsentrasi total padatan tersuspensi (TSS). Namun, hubungan ini bervariasi antara kondisi cuaca kering dan basah, serta antar lokasi. Pengaruh variabilitas ini dalam memperkirakan konsentrasi TSS dinilai berdasarkan ukuran set

data kalibrasi yang digunakan untuk menetapkan hubungan kekeruhan – TSS (Hannouche dkk, 2011).

Parameter DO (*Dissolved Oxygen*)

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter DO, didapatkan bahwa DO pada semua stasiun masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai terendah didapat pada stasiun 2 sebesar 5 mg/L. Hal ini dapat diakibatkan karena sebelum stasiun 2 terdapat sumber pencemaran mulai dari pembuangan limbah rumah tangga dan industri yang merupakan *point source* dari waduk yang berfungsi menampung limbah rumah tangga dan masukan air dari Sungai Boma yang kemudian dialirkan ke perairan Kali Jagir Surabaya. Organisme aerob dalam melakukan oksidasi zat pencemar di perairan tergantung pada ketersediaan oksigen terlarut. Oksigen yang berkurang di dalam air dapat memperlambat metabolisme mikroorganisme perairan. Hal ini mengakibatkan, jika nilai DO pada perairan tersebut menurun, maka kualitas perairan tersebut akan semakin rendah (Putri, 2013).

Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter BOD, didapatkan bahwa BOD pada stasiun 1 dan 3 telah melebihi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai tertinggi didapat pada stasiun 3 sebesar 16,08 mg/L. Tingginya konsentrasi BOD menunjukkan bahwa terdapat zat pencemar organik yang tinggi di perairan Kali Jagir. BOD/KOB merupakan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam melakukan oksidasi (Sawyer, 2003). Oksidasi yang tinggi mengindikasikan terjadi proses penguraian zat organik yang tinggi oleh mikroorganisme. Zat organik ini merupakan buangan dari hasil aktivitas permukiman sekitar area Kali Jagir.

Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan hasil uji terhadap parameter COD, didapatkan bahwa COD pada semua stasiun telah melebihi baku mutu berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 dengan nilai tertinggi didapat pada stasiun 1 sebesar 343,41 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada stasiun 3 terjadi pencemaran baik zat organik maupun an organik dari sekitar perairan Kali Jagir Surabaya. Jumlah senyawa kimia yang

dapat dioksidasi secara kimia lebih besar daripada oksidasi biologis (Alaerts, 1984). Uji COD menggunakan oksidator kimia dalam proses oksidasi pencemar di perairan, dimana reaksi kimia yang berlangsung dipengaruhi oleh reaksi kesetimbangan yang terjadi (Sawyer, 2003).

Hasil Uji Korelasi Parameter TSS, BOD dan COD

Berdasarkan hasil uji statistik terhadap parameter TSS, BOD dan COD, didapatkan bahwa antara parameter TSS, BOD dan COD tidak ada korelasi berdasarkan hasil signifikansi $>0,05$. Hasil uji korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik

		TSS	BOD	COD
TSS	Pearson Correlation	1	0,289	0,685
	Sig. (2-tailed)		0,579	0,133
BOD	Pearson Correlation	0,289	1	0,547
	Sig. (2-tailed)	0,579		0,262
COD	Pearson Correlation	0,685	0,547	1
	Sig. (2-tailed)	0,133	0,262	

(Sumber: Output SPSS, 2021)

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa kualitas air bervariasi terutama berkorelasi dengan nutrisi dan bahan organik (dari sumber antropogenik), TSS (baik alami maupun antropogenik), dan konsentrasi ionik (baik alami maupun antropogenik) (Mamun dkk, 2021). Dengan demikian, rendahnya kualitas air disebabkan berbagai faktor tidak hanya dilihat dari nilai TSS, BOD dan COD pada aliran sungai. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Lee dkk (2010) bahwa dalam menentukan korelasi, diperlukan analisa lebih luas mengenai penggunaan lahan yang turut berkorelasi juga baik negatif maupun positif terhadap parameter-parameter kualitas air seperti pH, ion metalik, BOD, PO_4 , COD and TSS.

Analisa Daya Tampung Beban Pencemaran

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya tampung beban pencemaran berdasarkan perhitungan beban

pencemaran pada Kali Jagir berdasarkan KepMenLH No 110 Tahun 2003.

Daya tampung beban pencemaran air sungai didapat dari selisih beban pencemaran sesuai standar dengan beban pencemaran terukur yang akan menghasilkan nilai negatif dan positif. Jika bernilai negatif, maka dapat dikatakan sungai tersebut telah melampaui daya dukung maksimum. Jika beban pencemaran yang terukur mempunyai konsentrasi melebihi beban pencemaran maksimum, maka perhitungan daya tampung beban pencemaran tersebut bernilai positif (Pohan dkk, 2016).

1. DTBP Parameter TSS (*Total Suspended Solid*)

Berikut adalah hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran di Kali Jagir Surabaya berdasarkan parameter TSS, yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya Tampung Beban Pencemaran TSS

S t a s i u n	Beban Pencemaran Aktual (kg/hari)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/hari)	Daya Tampung Beban Pencemaran (kg/hari)
1	2.879.971,20	708.480,00	-2.171.491,20
2	4.080.697,92	868.233,60	-3.212.464,32
3	5.400.255,74	1.065.139,20	-4.335.116,54

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap daya tampung beban pencemaran terhadap parameter TSS, ditemukan bahwa Kali Jagir telah mencapai batas maksimum daya tampung beban pencemaran untuk parameter TSS, hal ini dapat dilihat dari nilai DTBP yang negatif dari semua stasiun, baik hulu, tengah hingga ke hilir. Hal ini menunjukkan bahwa kadar TSS telah melebihi baku mutu sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 sehingga berakibat pada daya tampung yang telah melebihi. Beban pencemaran yang melebihi daya tampung maksimum suatu perairan mengakibatkan daya/tenaga untuk purifikasi limbah di perairan menjadi berat. Terlampauinya daya tampung beban pencemaran suatu perairan dapat mengarah pada kerusakan permanen perairan tersebut (Munfarida, 2020).

2. DTBP Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap daya tampung beban pencemaran terhadap parameter BOD, ditemukan bahwa Kali Jagir telah mencapai batas maksimum daya tampung beban pencemaran untuk parameter BOD pada stasiun 1 dan 3, hal ini dapat dilihat dari nilai DTBP yang negatif dari kedua stasiun tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kadar BOD telah melebihi baku mutu sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 sehingga berakibat pada daya tampung yang telah melebihi.

BOD adalah parameter yang menunjukkan kebutuhan oksigen yang digunakan mikroorganisme dalam proses oksidasi zat pencemar (Sawyer, 2003). Walaupun pada stasiun 2, didapatkan bahwa kadar TSS tinggi, hal ini tidak berkorelasi dengan tinggi BOD pada stasiun ini. Ini telah dibuktikan dengan hasil uji statistik pada Tabel 4 yang tidak menunjukkan adanya korelasi TSS dengan BOD ($p > 0,05$).

Tabel 6. Daya Tampung Beban Pencemaran BOD

Stasiun	Beban Pencemaran Aktual (kg/hari)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/hari)	Daya Tampung Beban Pencemaran (kg/hari)
S1	68.864,26	42.508,80	-26.355,46
S2	19.882,55	52.094,02	32.211,47
S3	170.422,27	63.908,35	-106.513,92

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Daya tampung beban pencemaran BOD telah melebihi daya tampung maksimum air Sungai Kali Jagir menandakan tingginya konsentrasi BOD di Kali Jagir. Konsentrasi BOD yang tinggi mengindikasikan bahwa sejumlah besar bahan organik diuraikan dengan menggunakan jumlah oksigen terlarut dalam air, sehingga menunjukkan bahan organik yang tinggi di sungai. Contohnya minyak dan lemak dapat dihasilkan dari pembuangan air limbah yang timbul dari kawasan industri (Munfarida, 2020).

3. DTBP Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran untuk parameter COD.

Tabel 7. Daya Tampung Beban Pencemaran COD

Stasiun	Beban Pencemaran Aktual (kg/hari)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/hari)	Daya Tampung Beban Pencemaran (kg/hari)
S1	2.432.991,17	283.392,00	-2.149.599,17
S2	1.692.013,64	347.293,44	-1.344.720,20
S3	2.330.098,51	426.055,68	-1.904.042,83

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap daya tampung beban pencemaran terhadap parameter COD, ditemukan bahwa Kali Jagir telah mencapai batas maksimum daya tampung beban pencemaran untuk parameter COD, hal ini dapat dilihat dari nilai DTBP yang negatif dari semua stasiun, baik hulu, tengah hingga ke hilir. Hal ini menunjukkan bahwa kadar COD telah melebihi baku mutu sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 sehingga berakibat pada daya tampung yang telah melebihi. Hal ini menunjukkan bahwa parameter tersebut telah melebihi daya tampung beban pencemaran air sungai, mengingat kondisi kualitas air Kali Jagir Surabaya telah tercemar di bagian hulu (Febriyana dan Masduqi, 2016).

4. Daya Tampung Beban Pencemaran Total

Berikut ini adalah hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran total pada Kali Jagir Surabaya, disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Jagir Surabaya

Parameter	Stasiun	Daya Tampung Beban Pencemaran (kg/hari)	Total (Kg/hari)
TSS	S1	-2.171.491,20	-9.719.072,06
	S2	-3.212.464,32	
	S3	-4.335.116,54	
BOD	S1	-26.355,46	-100.657,91
	S2	32.211,47	
	S3	-106.513,92	
COD	S1	-2.149.599,17	-5.398.362,20
	S2	-1.344.720,20	
	S3	-1.904.042,83	

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Dilihat dari tabel 8, dapat diketahui bahwa daya tampung beban pencemaran total parameter TSS yang paling besar yaitu sebesar -9.719.072,06 kg/hari. Kemudian diikuti oleh

parameter COD yaitu sebesar -5.398.362,20kg/hari dan daya tampung beban pencemaran terkecil yaitu pada parameter BOD yaitu sebesar -100.657,91 kg/hari.

Total Suspended Solid (TSS) juga disebut sebagai residu tersuspensi yang tidak lolos saringan (*non filterable residue*) dan merupakan parameter utama dalam sistem pengolahan air limbah dan merupakan standar bagi kualitas air sungai. Zat tersuspensi sendiri dapat dibedakan menjadi suspensi koloidal (partikel koloid) dan suspensi biasa (partikel tersuspensi). Partikel koloid dapat dianalisa dengan cara menyaring suatu sample pada membrane filter dengan ukuran pori 0,45µm setelah lolos dari filter kertas saring biasa dengan pori 10 µm (Sawyer dkk, 2003).

Dalam penelitian ini tidak mengukur partikel koloid dan partikel biasa, namun keduanya dalam suatu sample sehingga menghasilkan TSS. Nilai TSS yang tinggi diakibatkan oleh tingginya kadar zat tersuspensi dalam air sungai. Selain itu, tingginya beban pencemaran pada parameter TSS dapat dipengaruhi waktu pengambilan sampel yang berbeda pada musim hujan dan musim kemarau, dimana saat musim hujan, debit air sungai akan meningkat yang berbanding lurus dengan meningkatnya konsentrasi TSS di dalam perairan (Suksmawati, 2005).

Parameter BOD dan COD merupakan satu kesatuan parameter yang tidak dapat dipisahkan, keduanya mengukur jumlah konsentrasi pencemar di air sungai. BOD melalui pendekatan mikrobiologis sementara COD menggunakan pendekatan kimia dengan menggunakan oksidator kimia. Tingginya kedua parameter ini mengindikasikan tingginya konsentrasi pencemar di air sungai Kali Jagir.

Daya tampung beban pencemaran yang melebihi daya tampung maksimum badan air harus dikendalikan sehingga badan air tidak mengalami kerusakan lingkungan permanen. Sehingga tindakan pengendalian utama adalah perbaikan kualitas air sungai. Untuk meningkatkan kualitas air di sungai, untuk daerah padat penduduk disarankan membuat IPAL Komunal, dan untuk industri harus bertanggungjawab dalam mengolah air limbah sebelum masuk ke sungai.

Karena penyebab dari pencemaran air sungai dari berbagai sektor, maka perlu adanya pendekatan lintas sektoral dalam penanganan pencemaran air. Berdasarkan Luo dkk (2019),

kota-kota besar menghadapi masalah pencemaran air yang serius karena urbanisasi, pertumbuhan penduduk yang cepat dan pembangunan ekonomi. Sehingga dalam penanganan pencemaran air dapat melalui kebijakan limitasi urbanisasi, peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan dan pembangunan ekonomi yang berwawasan lingkungan. Keterlibatan masyarakat dalam perbaikan lingkungan juga menjadi faktor penting. Dean dkk (2016) menyebutkan bahwa keterlibatan masyarakat harus terus didorong karena metode ini bertujuan untuk meningkatkan hasil pembangunan sesuai dengan yang diharapkan, membangun kepercayaan dalam organisasi atau proses reformasi, dan mendukung dalam penyediaan air bersih di perkotaan.

Langkah-langkah dalam pelibatan masyarakat dapat dicapai melalui kegiatan untuk: (a) menginformasikan, mendidik, atau meningkatkan kesadaran, (b) mengubah perilaku individu atau rumah tangga, (c) mengembangkan dukungan kebijakan. Sementara itu, perlu adanya saran dan masukan dari masyarakat yang bertujuan untuk mengukur opini dan preferensi komunitas tentang system penyediaan air saat ini dan opsi kebijakan khusus, atau mengetahui visi yang mendalam dari masyarakat dari system penyediaan air bersih di lingkungan lokalnya (Dean dkk, 2016).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghitung daya tampung beban pencemaran Kali Jagir, Surabaya dengan hasil bahwa daya tampung beban pencemaran Kali Jagir Surabaya telah melebihi daya tampung beban pencemaran maksimal yang dapat diterima oleh badan air Kali Jagir. Total daya tampung beban pencemaran pada Kali Jagir Surabaya berdasarkan parameter TSS adalah - 9.719.072,06 kg/hari, parameter COD yaitu sebesar -5.398.362,20kg/hari dan daya tampung beban pencemaran terkecil yaitu pada parameter BOD yaitu sebesar -100.657,91 kg/hari. Perbaikan kualitas lingkungan harus segera dilakukan melalui pembangunan IPAL Komunal bagi permukiman, monitoring kegiatan industri dan pelibatan masyarakat.

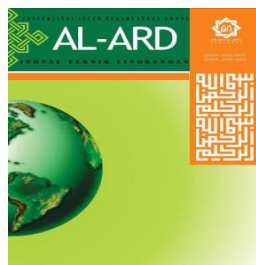
5. DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S. S. (1984). *Metode Pengukuran Kualitas Air*, Surabaya: Usaha Nasional.
- Alfaroby, M. A. R. dan Wardhani, E. 2021. Perhitungan Beban Pencemaran Air Sungai Cibabat Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2), 1752-1761. DOI: <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2870>
- Azwar, S. (2013). *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Dean, A., Fielding, K., Newton, F. & Ross, H. 2016. Community engagement in the water sector: An outcome-focused review of different engagement approaches Engaging communities with Water Sensitive Cities (Project A2.3), Clayton: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. 2018. Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan (JPSL)*. 8(1), 123-133. DOI: <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>.
- Febriyana, N. A. dan A. Masduqi. 2016. Penentuan Daya Tampung Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir - Bendungan Gunung Sari dengan Pemodelan Qual2kw. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 1-2. DOI: 10.12962/j23373539.v5i2.16517.
- Garg, T., Hamilton, S.E., Hochard, J.P., Kresch, E.P. & Talbot, J. 2018. (Not so) gently down the stream: River pollution and health in Indonesia. *Journal of Environmental Economics and Management*. 92(1), 35-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.08.011>.
- Hannouche, A., Chebbo, G., Ruban, G., Tassin, B., Lemaire, B. J. & Joannis. 2011. Relationship between turbidity and total suspended solids concentration within a combined sewer system. *Water Sci Technol*. 64(12), 2445-2452. DOI: 10.2166/wst.2011.779.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung

- Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.
- Lee, J. Y., Yang, J. S., Kim, D. K. & Han, M.Y. 2010. Relationship between land use and water quality in a small watershed in South Korea. *Water Sci Technol.* 62(11), 2607-2615. DOI: 10.2166/wst.2010.498.
- Luo, P., Kang, S., Apip, Zhou, M., Lyu, J., Aisyah, S., Binaya, M., Regmi, R.K. & Nover, D. 2019. Water quality trend assessment in Jakarta: A rapidly growing Asian megacity. *PLoS ONE*, 14(7), 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219009>.
- Mamun, M., Kim, J.Y. & An, K.-G. 2021. Multivariate Statistical Analysis of Water Quality and Trophic State in an Artificial Dam Reservoir. *Water*. 13(186), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13020186>.
- Munfarida, I., Auvaria, S.W. & Munir, M. 2020. Analysis of pollution load carrying capacity of Cibatarua River in Pamulihan District, Garut Regency, West Java. *AIP Conference Proceedings* 2231, 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0002732>.
- Pareek, R.K., Khan, A.S., & Srivastava, P. Impact on Human Health Due to Ghaggar Water Pollution. *Curr World Environ* 2020; 15(2), 1-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.15.2.08>
- Pavita, K.D., Widiatmono, B.R., & Dewi, L. 2014. Studi Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Akibat Buang Limbah Domestik (Studi Kasus Kali Surabaya – Kecamatan Wonokromo). *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 21-27.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kriteria Air Kelas III.
- Perda Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034.
- Pohan, D. A. S., Budiyo, dan Syafrudin. 2016. Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau dari Aspek Lingkungan di Sungai Kupang Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 63-71.
- DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.14.2.63-71>.
- Purnamasari, D.E. 2017. Penentuan Status Mutu Air Kali Wonokromo Dengan Metode Storet Dan Indeks Pencemar. Tugas Akhir, Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Putri, A. D. N. 2013. Analisis Kandungan Besi Badan Air dan Sedimentasi Sungai Surabaya. Thesis, Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang.
- Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Surabaya Tahun 2016 – 2021 dalam Peraturan Daerah Nomor 10 Tahun 2016.
- Samudro, S., Agustini, D., & Sasongko, S.B. (2012). Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 64–71. DOI: <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v9i2.64-71>
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. & Parkin, G.F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science* Fifth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Sharma, R., Kumar, R., Satapathy, S.C., Al-Ansari, N., Singh, K.K., Mahapatra, R.P., Agarwal, A.K., Le, H.V., & Pham, B.T. 2020. Analysis of Water Pollution Using Different Physicochemical Parameters: A Study of Yamuna River. *Front. Environ. Sci.* 8(1), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.581591>.
- Suismawati, A. 2005. Studi Penelitian Kandungan TSS, TDS, dan Alkalinitas di Sungai Kali Brantas Kota Batu. Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Tornevi, A., Bergstedt, O. & Forsberg, B. 2014. Precipitation Effects on Microbial Pollution in a River: Lag Structures and Seasonal Effect Modification. *PLoS ONE*, 9(5), 1-10. DOI: [10.1371/journal.pone.0098546](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098546).
- Wang, J., Fan, H., He, X., Zhang, F., Xiao, J., Yan, Z., Feng, J & Li, R. Response of bacterial communities to variation in water quality and physicochemical conditions in a river-reservoir system. *Global Ecology and Conservation*. 27(1), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.101444>

<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01541>.

- Widodo, T., Budiastuti, M.T.S., & Komariah. 2019. Water Quality and Pollution Index in the Grenjeng River, Boyolali Regency, Indonesia. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 34(2), 150-161. <http://dx.doi.org/10.20961/carakatani.v34i2.29186>.
- Xiaoqing, Y. (2003). *Manual On Sediment Management and Measurement*, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Yudo, S. dan, N.I. Said. 2019. Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.2547>. Yuwono, 2006, Kecepatan Dekomposisi dan Kualitas Kompos Sampah Organik, *Jurnal Inovasi Pertanian* Vol 4 No2. Hal 116 – 123.



Pemetaan *Particulate Matter* (PM_{10}) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya

Zakaria Amrizal ^{1,*}, Ida Munfarida ², Amrullah ³

¹²³ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Indonesia

*H75217049@uinsby.ac.id

Abstract

Air pollution is an annual problem that occur in every city. Surabaya is one of the cities with a fairly dense population so it is directly proportional to the number of motor vehicles used. Motor vehicles and industrial areas were located in Surabaya may contributes pollution in the air causing low in air quality. Air quality is associated with pollution. To ascertain the levels of contamination, the air pollution is calculated according to the Standard Index of Air Pollution. One of the monitoring parameters used is Particulate matter (PM_{10}). PM_{10} is a primary pollutant that emits directly into the air which has serious impacts on health and the environment. This research was conducted in Traffic Ring Taman Pelangi Surabaya for 3 days with an interval of weekdays and weekend with time intervals in the morning, afternoon and evening. Analysis of concentration data was calculated using the HVAS with the gravimetric method and mapped using the ArcGIS program. The results of the study showed that the highest concentration was at the sampling location point 6 with a value of PM_{10} was $110.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and the lowest was at the sampling location point 1 with a value of PM_{10} was $50.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords: *Air Pollution, Partulate matter (PM_{10}), Standard Quality, Traffic ring Taman Pelangi Surabaya.*

Abstrak

Masalah pencemaran udara merupakan persoalan tahunan yang terus terjadi di setiap kota. Kota Surabaya adalah salah satu kota dengan jumlah penduduk yang cukup padat sehingga berbanding lurus dengan jumlah kendaraan bermotor yang digunakan. Kendaraan bermotor serta kawasan perindustrian yang berada di Surabaya dapat menyumbang polutan di udara sehingga dapat menyebabkan rendahnya kualitas udara. Kualitas udara berkaitan dengan pencemaran. Untuk mengetahui tingkat kadar pencemaran udara, pengukuran kualitas udara mengacu pada indeks standar parameter pencemaran udara (ISPU). Parameter pemantauan yang digunakan salah satunya adalah Particulate matter (PM_{10}). PM_{10} merupakan pencemar primer yang teremisi langsung ke udara yang berdampak serius bagi kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini dilakukan di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya selama 3 hari dengan selang waktu hari kerja dan hari libur dengan interval waktu pada pagi, siang dan sore hari. Analisis data konsentrasi dihitung menggunakan alat HVAS dengan metode gravimetri serta dipetakan menggunakan program ArcGIS. Hasil studi menunjukkan konsentrasi tertinggi pada titik lokasi sampling 6 dengan nilai PM_{10} sebesar $110.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan terendah pada titik lokasi sampling 1 dengan PM_{10} sebesar $50.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kata Kunci: *Baku Mutu, Bundaran Taman Pelangi Surabaya, Particulate matter (PM_{10}), Polusi Udara.*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang selalu terjadi pada setiap wilayah. Terjadinya pencemaran udara ini sebagai akibat dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebakaran hutan dan setiap kegiatan yang bersumber dari antropogenik (aktivitas manusia) (Abidin & Hasibuan, 2019). Seiring meningkatnya aktivitas manusia berdampak pula pada peningkatan teknologi pada sektor industri dan transportasi seperti makin banyaknya

kendaraan bermotor yang setiap harinya menyumbangkan polutan. Hal ini berdampak positif pada perekonomian namun berdampak negatif pada lingkungan karena adanya pencemaran udara akibat emisi gas karbon yang dihasilkan (Masito, 2018). Dewasa ini udara yang terdapat di bumi mengalami penurunan kualitas udara yang membuatnya tercemar. Udara yang tercemar adalah kondisi dimana terdapat berbagai kombinasi zat pencemar yang masuk ke dalam atmosfer bumi yang disebabkan oleh kegiatan manusia

sehingga menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan serta ekosistem (Ismiyati dkk, 2014 dan Kurniawan, 2017).

Udara dalam atmosfer ini merupakan campuran dari berbagai macam gas yang bervariasi bergantung pada suhu, tekanan dan lapisan yang mengelilingi bumi. Oksigen merupakan komponen terpenting dalam udara sebagai sumber kehidupan manusia. Namun keberadaannya di atmosfer bersama dengan nitrogen, karbondioksida, bahkan logam dan senyawa lain dengan berbagai reaksi kompleks yang terjadi di udara yang meliputi reaksi kimia, fisika, biologi dan proses lain yang terjadi menyebabkan kualitas udara berubah (Tölgyessy, 1993). Pencemaran udara adalah masuknya komponen zat pencemar kedalam udara yang melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (Cahyono, 2011).

Particulate Matter (PM₁₀) merupakan bahan pencemar primer yang beremisi langsung ke udara yang tersusun oleh partikel-partikel halus berukuran kecil yakni 2,5 mm – 10 mm dengan berbagai variasi bentuk, ukuran, maupun bahan kimia terkandung (Gunawan dkk, 2018). *Particulate matter* dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi karena partikulat ini bersifat *respirable* hingga dapat masuk ke organ tubuh menyebabkan berbagai problem kesehatan, penyakit jantung hingga kematian (Hamanaka & Mutlu, 2018). Pada umumnya *particulate matter* (PM₁₀) terbagi menjadi dua jenis yakni partikel halus (*fine particle*) dan partikel kasar (*corse particle*) (Gunawan dkk, 2018). Berdasarkan pembentukan dan ukurannya terbagi menjadi 6 macam yaitu : 1) debu/*dust*, 2) uap/*fumes*, 3) kabut/*mist*, 4) kabut tebal/*fog*, 5) abu terbang/*fly ash*, 6) uap/*spray* (Sari, 2019). Sumber dari *particulate matter* (PM₁₀) terbagi menjadi dua yakni biogenik (alami) yang berasal dari jamur, bakteri, virus, *yeast* dan serbuk sari; dan antropogenik (buatan) timbul akibat adanya proses yang menghasilkan partikulat yang berasal dari aktivitas manusia seperti kegiatan perindustrian, emisi gas kendaraan bermotor serta hasil proses pembakaran (Salim dan Aunurohim, 2013). Sehingga sektor transportasi merupakan penyumbang penting dalam emisi *particulate matter* (PM₁₀). Salah satu jalur padat transportasi di Surabaya adalah Bundaran Taman Pelangi Surabaya.

Akses utama bagi pengendara kendaraan bermotor di Surabaya salah satunya adalah bundaran Taman Pelangi Surabaya, menurut

data Sipanja Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur lokasi bundaran ini terletak di Jl. A. Yani Kecamatan Gayungan Surabaya. Secara administratif, kawasan ini terletak berdekatan dengan kantor-kantor pusat Provinsi Jawa Timur antara lain Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan, Perum Bulog, Dinas Kesehatan, dan Polda. Akses jalan tersebut selain pegawai perkantoran terdapat pula aktivitas truk kontainer yang keluar-masuk menuju kawasan perindustrian SIER dari arah Sidoarjo maupun Surabaya. Merujuk pada laporan BLH Surabaya Tahun 2014 dalam Chrisdayanti dan Suharsono (2015), kandungan *Particulate Matter* (PM₁₀) adalah yang paling banyak dibandingkan dengan parameter lain. Berdasarkan hal ini peneliti melakukan sampling dengan tujuan untuk mengetahui nilai konsentrasi dan pemetaan *Particulate Matter* (PM₁₀) di lokasi kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel PM₁₀ dilakukan selama 60 menit menggunakan sistem *grab sampling* pada pagi, siang, dan sore hari selama 3 hari dengan variasi hari kerja dan hari libur dengan mengacu interval waktu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010. Pengambilan titik lokasi sampling ditentukan berdasarkan kurva aproksimasi dengan 3 titik berlokasi di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya, dan 3 lainnya pada kawasan pemukiman yang berseberangan dengan Bundaran Taman Pelangi Surabaya yakni wilayah Kelurahan Gayungan.

Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Pengambilan data penentuan konsentrasi PM₁₀ dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Perhitungan besaran konsentrasi menggunakan alat HVAS dengan metode gravimetri dengan persamaan berikut : Perhitungan volume udara yang terhisap oleh alat:

$$V = \frac{Qs1 + Qs2}{2} \times T \dots\dots\dots(1)$$

$$C = \frac{(w1-w2) \times 10^6}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

C = konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/m³)

W₁ = berat filter awal (g)

W₂ = berat filter akhir (g)

V = volume contoh uji udara (m³)

10⁶ = konversi g ke µg.

Perhitungan nilai ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) dihitung menggunakan rumus berikut (Yunita & Kiswandono, 2017):

$$I = \frac{(I_a - I_b)}{(X_a - X_b)} (X_x - X_b) + I_b$$

Keterangan :

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = kadar ambien batas atas (µg/m³)

X_b = kadar ambien batas bawah (µg/m³)

X_x = kadar ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

Data konsentrasi PM₁₀ yang telah didapatkan dianalisis dan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, yang mana baku mutu konsentrasi PM₁₀ sebesar 75 µg/Nm³. Hasil yang telah didapat dipetakan dengan GIS (*Global Information System*) menggunakan aplikasi ArcGIS yang berupa gambar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran PM₁₀

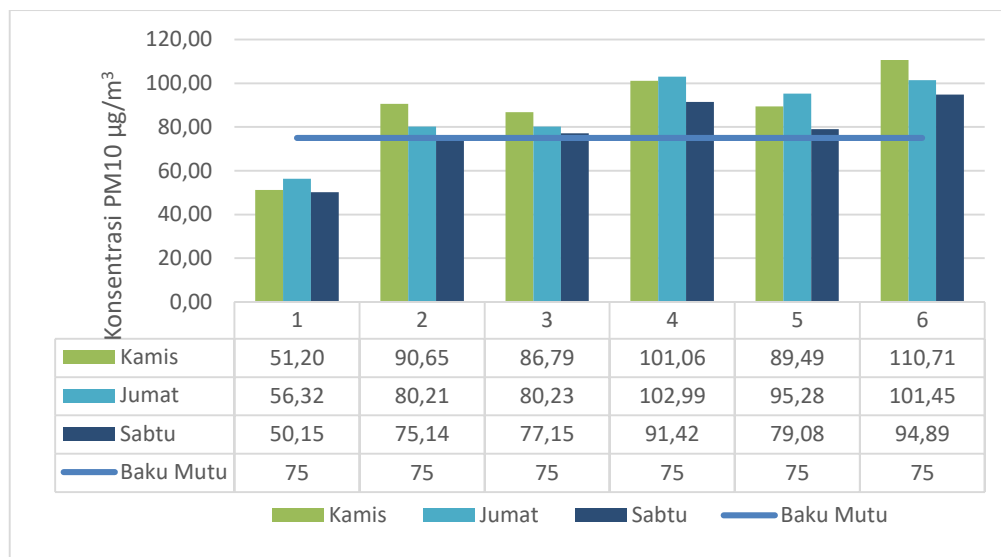
Hasil pengamatan dan pengukuran konsentrasi PM₁₀ pada tiga interval yang dilakukan di 6 titik lokasi memiliki konsentrasi yang berbeda-beda terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan hasil tersebut terlihat adanya fluktuasi konsentrasi PM₁₀ di Bundaran Taman Pelangi Surabaya pada hari, titik lokasi, dan konsentrasi PM₁₀. Pada hari Kamis konsentrasi PM₁₀ berada di kisaran 51.20 µg/m³ – 110.71 µg/m³ dengan konsentrasi tertinggi pada titik 6 dan terendah pada titik 1. Hari Jumat terdapat fluktuasi konsentrasi pada kisaran 56.32 µg/m³ – 102.99 µg/m³, dengan konsentrasi tertinggi di titik 5 dan terendah pada titik 1. Pada hari Sabtu fluktuasi konsentrasi berada pada kisaran 50.15 µg/m³ – 94.89 µg/m³.

Secara keseluruhan rata-rata konsentrasi tertinggi yakni pada titik lokasi 6 sedangkan terendah pada titik lokasi 1. Hal ini dikarenakan pada titik lokasi 6 merupakan kawasan pemukiman yang berdekatan dengan jalan raya dan memiliki aktivitas transportasi

cukup padat. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Razif & Prasasti (2006) menyimpulkan bahwa konsentrasi PM₁₀ berkorelasi dengan kendaraan yang melintas, semakin tinggi nilai konsentrasi PM₁₀ maka semakin besar volume kendaraan yang melintas. Sedangkan titik lokasi 1 merupakan kawasan terbuka hijau karena pencemaran udara dapat tereduksi dengan adanya pepohonan serta tanaman hias seperti tanaman angsa, Ki Hujan, Akasia, Tanjung, Kersen, Ketapang, dan Dadap Merah (Salim dan Aunurohim, 2013).

Hasil nilai konsentrasi PM₁₀ terdapat fluktuasi setiap harinya menandakan jumlah kendaraan yang melintas juga berfluktuasi setiap harinya, pada hari Sabtu memiliki nilai konsentrasi PM₁₀ yang lebih rendah berkisar antara 50.15 µg/m³ – 94.89 µg/m³. Diduga hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang melintas di Bundaran Taman Pelangi Surabaya saat itu rendah. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa terdapat hubungan positif yang signifikan antara jumlah lalu lintas dan tingkat materi partikulat (Alnawaiseh dkk, 2012).

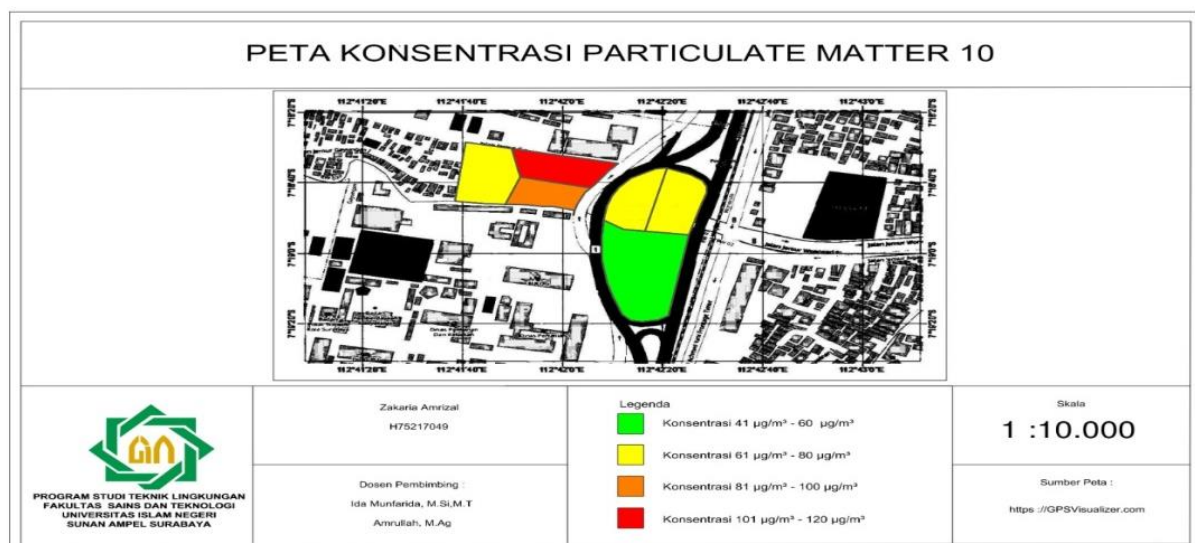
Bundaran Taman Pelangi Surabaya sebagian besar nilai konsentrasi PM₁₀ melewati batas baku mutu yang telah ditetapkan menurut PP No. 22/2021 sebesar 75 µg/m³ yakni pada titik lokasi 2 – 6, sedangkan titik lokasi 1 masih dalam standar baik dengan nilai konsentrasi dibawah 75 µg/m³. Kandungan konsentrasi nilai PM₁₀ dalam udara ambien yang tinggi melebihi batas berdampak secara langsung kepada lingkungan seperti terhambatnya proses fotosintesis pada tumbuhan (Gheorghe & Ion, 2011) dan adanya gangguan pernapasan pada manusia (Reinmuth-Selzle dkk, 2017). Lama waktu kontak manusia dengan PM₁₀ dipengaruhi oleh jenis partikulat dan konsentrasi polutan yang beredar sehingga mempengaruhi dampak yang ditimbulkan termasuk rendah atau serius dalam waktu singkat (Agusnar dalam Sari & Fatkhurrahman, 2015).

Gambar 1. Evaluasi konsentrasi PM₁₀ dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional

Efek kesehatan dari paparan PM₁₀ dalam waktu singkat dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, PA (infeksi saluran pernapasan), gangguan pada sistem kardiovaskuler, meningkatnya perawatan gawat darurat, peningkatan penggunaan obat, bahkan kematian (WHO dalam Mursinto dan Kusumawardhani, 2016).

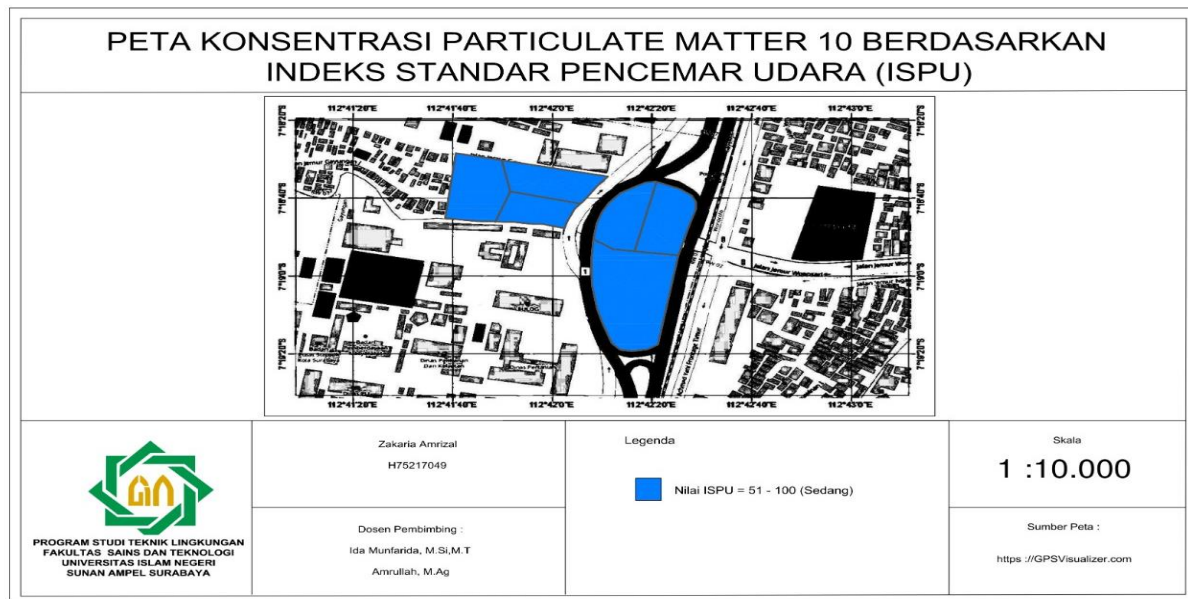
Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10.

Hasil pemetaan konsentrasi PM₁₀ pada tiap titik lokasi bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi di tiap titik lokasi berdasarkan nilai konsentrasi yang dihasilkan.

Gambar 2. Peta Konsentrasi PM₁₀

Gambar 2 merupakan hasil pemetaan dari pemetaan konsentrasi PM₁₀ yang terlihat beberapa warna indikator yang bertujuan untuk memudahkan pembacaan informasi titik lokasi dengan warna merah, orange, kuning, dan hijau. Warna merah berarti memiliki konsentrasi nilai PM₁₀ yang tinggi terdapat pada lokasi sampling di titik lokasi 6 yang

bernilai 102.3 µg/m³. Warna orange dengan konsentrasi sedikit lebih rendah terdapat pada titik lokasi sampling 5 dengan nilai PM₁₀ = 98.5 µg/m³; indikator warna kuning yang terdapat pada titik lokasi sampling 2, 3 dan 5 dengan masing-masing konsentrasi PM₁₀ sebesar 82 µg/m³; 81.3 µg/m³; dan 87.9 µg/m³.



Gambar 3. Peta Konsentrasi **PM₁₀** berdasarkan ISPU

Gambar 3 adalah hasil pemetaan nilai konsentrasi PM_{10} berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Nilai dari perhitungan ISPU digunakan untuk mengelompokkan kondisi kualitas udara di suatu wilayah, dengan kualifikasinya didasarkan pada nilai baku mutu ISPU dari parameter pecemar (Kurniawan, 2017). Nilai ISPU berkisar antara 51 – 100, berdasarkan hasil peta tersebut di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya di keenam titik sampling memiliki indikator warna yang sama yakni warna biru, dengan demikian dapat diartikan termasuk kedalam kategori pencemaran udara dengan tingkat sedang. Nilai ISPU dengan kategori sedang memiliki tingkat kualitas udara yang masih dapat diterima bagi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan dan lingkungan namun paparan terus-menerus setiap harinya dalam kisaran ini dapat menimbulkan dampak kesehatan akut maupun kronis. Dengan demikian masyarakat sekitar masih bisa melakukan aktivitasnya diluar ruangan, namun untuk kelompok yang sensitif perlu mengurangi aktivitas fisik di luar ruangan yang terlalu berat dan dalam jangka waktu yang lama, serta penggunaan masker sangat dianjurkan untuk menghalangi debu atau partikel-partikel yang dapat masuk melalui rongga hidung. Gambar 4 terbagi menjadi 2 indikator warna yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan melakukan pengukuran selama 24 jam baku mutu udara ambien sebesar $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dimana

warna merah merupakan kawasan dengan baku mutu udara lebih dari $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan indikator warna hijau memiliki nilai baku mutu udara dibawah $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi PM_{10} yang dibawah baku mutu kemungkinan disebabkan oleh kepadatan jumlah kendaraan yang berkurang atau terdapat tumbuhan yang dapat menangkap partikel oleh daun, cabang dan ranting yang memiliki permukaan daun lebar, rimbun, dengan ranting dan cabang yang banyak secara intensif memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap partikel (Hesaki dalam Salim, 2014).

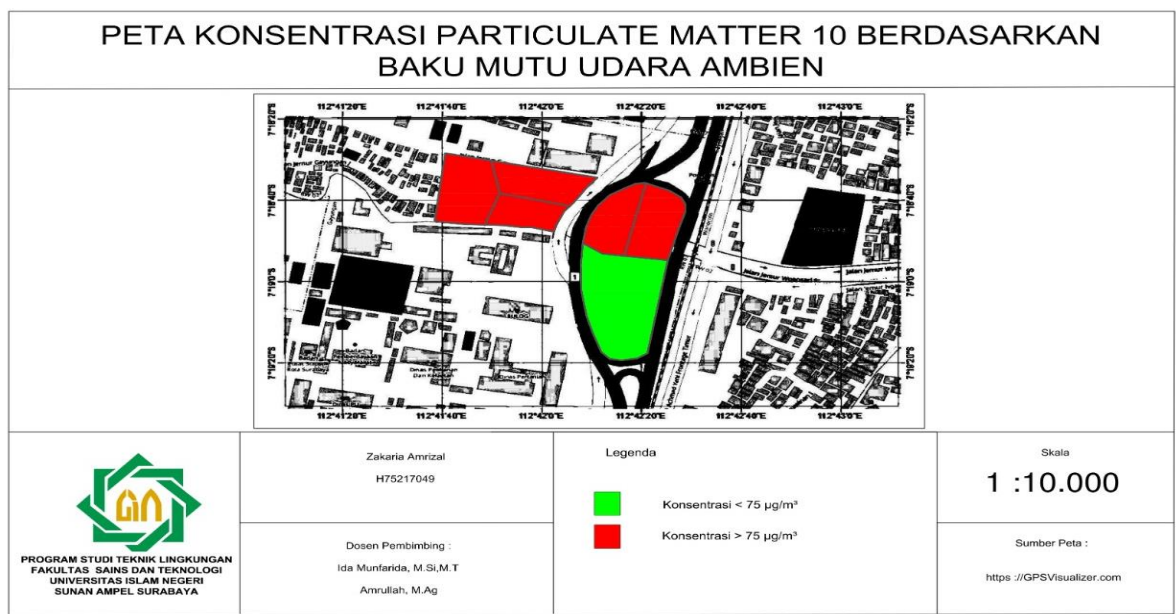
Sistem pemantauan lingkungan global memperkirakan lebih dari 70% penduduk kota di dunia hidup berdampingan dengan partikel di udara melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO. Partikulat-partikulat tersebut sebagian besar keluar dari cerobong asap pabrik yang tebal dan pekat, namun yang lebih berbahaya adalah partikel-partikel halus yang berukuran sangat kecil yang dapat menembus organ paru-paru (Hamanaka & Mutlu, 2018). Selain dari cerobong asap pabrik, partikulat yang diakibatkan dari penggunaan kendaraan bermotor juga berukuran sangat kecil dan halus yang dapat membahayakan kesehatan.

Peningkatan konsentrasi PM_{10} tidak hanya dikarenakan gas buangan kendaraan bermotor, namun juga terdapat pengaruh dari suhu. Suhu udara yang tinggi dapat mempercepat proses perubahan gas atau zat pencemar di udara, sehingga jika suhu udara semakin tinggi maka partikel-partikel tersebut akan menjadi

semakin kering dan lebih ringan yang mengakibatkan partikel tersebut lebih cepat reaktif dan bertahan lama di udara (Oktaviani & Prasasti, 2015). Suhu udara yang tinggi mengakibatkan kelembaban udara juga meningkat yang menyebabkan pencemar udara bereaksi dengan uap air di udara yang menjadi zat lain dan konsentrasi partikel menjadi tinggi pula (Tibbetts, 2015).

Selain faktor suhu, faktor cuaca juga mempengaruhi penyebaran dari partikulat

karena terjadi fluktuasi kondisi meteorologi yang bermacam-macam dapat mempengaruhi tingkat dispersi zat pencemar ke atmosfer (Noel de Nevers, 2000). Kepadatan penduduk, topografi, banyaknya industri yang berada di daerah tersebut serta kepadatan transportasi mempengaruhi pencemaran udara (Kusuma dkk, 2019).



Gambar 4. Peta Konsentrasi PM₁₀ berdasarkan Baku Mutu Udara Ambien

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengukur konsentrasi PM₁₀ dan memetakan konsentrasinya berdasarkan baku mutu dan ISPU. Nilai konsentrasi PM₁₀ pada Bundaran Taman Pelangi Surabaya memiliki nilai yang berfluktuasi setiap harinya yakni berkisar antara 50.15 – 110.71 µg/m³, dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada titik lokasi 4 di hari jumat dengan nilai PM₁₀ sebesar 102.99 µg/m³ dan pada titik 6 di hari kamis dengan nilai PM₁₀ sebesar 110.71 µg/m³. nilai konsentrasi terendah pada titik lokasi 1 di hari sabtu dengan nilai PM₁₀ sebesar 50.15 µg/m³. Nilai PM₁₀ telah berhasil dipetakan di Kawasan Bundaran Taman Pelangi mengindikasikan bagian Kawasan utara melebihi baku mutu dan bagian selatan masih memenuhi baku mutu udara ambien berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abidin, J., & Hasibuan, F. A. 2019. *Pengaruh Dampak Pencemaran*

Udara Terhadap Kesehatan untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya dari Polusi Udara. Dalam Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV (SNFUR-4). Pekanbaru: Universitas Riau.

Alnawaiseh, N., Nashim, J. & MD Isa, Z. (2012). Relationship Between Vehicle Count and Particulate Air Pollution in Amman, Jordan. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 27(2), 1743-1750. DOI: 10.1177/1010539512455046.

Cahyono, W.E. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida Dari Industri Di Beberapa Daerah Di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 14(4), 132-137.

Chrisdayanti, B. & Suharsono, A. (2015). Peramalan Kandungan Particulate Matter (PM₁₀) dalam Udara Ambien

- Kota Surabaya Menggunakan Double Seasonal ARIMA (DSARIMA). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 2337-3520. DOI: 10.12962/j23373520.v4i2.10961.
- De Nevers, N. (2000). *Air Pollution Control Engineering* (83-107). New York: McGraw-Hill.
- Gheorghe, I.F. & Ion, B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. In Khalaf, M.K (Ed.), *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources* (1-4). United Kingdom: IntechOpen.
- Gunawan, H., Ruslinda, Y., Bachtiar, V. S., & Dwinta, A. 2018. *Model Hubungan Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM10) Di Udara Ambien Dengan Karakteristik Lalu Lintas Di Jaringan Jalan Primer Kota Padang*. Dalam *Prosiding SEMNASTEK*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
- Hamanaka, R. B., & Mutlu, G.M. (2018). Particulate Matter Air Pollution: Effects on the Cardiovascular System. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9 (680)1-4, DOI: 10.3389/fendo.2018.00680.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 01 (03), 241-249. DOI: <http://dx.doi.org/10.25292/j.mtl.v1i3.23>.
- Kurniawan, A. (2017). Pengukuran Paramter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃, dan PM₁₀) di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1-82. DOI: <https://doi.org/10.22146/teknosains.34658>
- Kusuma, W.L., Chih-Da, W., Yu-Ting, Z., Hapsari, H.H. & Muhamad, J.L. (2019). PM_{2.5} Pollutant in Asia—A Comparison of Metropolis Cities in Indonesia and Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4924), 1-12, DOI: 10.3390/ijerph16244924.
- Masito, A. (2018). Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO₂ dan SO₂) dan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394-401. DOI: <http://dx.doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401>.
- Mursinto, D. & Kusumawardani, D. (2016). Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 163-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/>.
- Oktaviani, D. A., & Prasasti, C. I. (2015). Kualitas Fisik dan Kimia Udara, Karakteristik Pekerja, Serta Keluhan Pernapasan pada Pekerja Percetakan di Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 195-205.
- Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah Menteri Negara Lingkungan Hidup*.
- Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Razif, M & Prasasti, S. I., (2006). Pemetaan Tingkat Konsentrasi Partikulat Akibat Aktivitas Transportasi di Wilayah Surabaya Pusat. *Jurnal Purifikasi*, 7(1), 13-18. DOI: <https://doi.org/10.12962/j25983806.v7.i1.232>.
- Reinmuth-Selzle, K., Kampf, C. J., Lucas, K., Lang-Yona, N., Fröhlich-Nowoisky, J., Shiraiwa, M., Lakey, P., Lai, S., Liu, F., Kunert, A. T., Ziegler, K., Shen, F., Sgarbanti, R., Weber, B., Bellinghausen, I., Saloga, J., Weller,

- M. G., Duschl, A., Schuppan, D., & Pöschl, U. (2017). Air Pollution and Climate Change Effects on Allergies in the Anthropocene: Abundance, Interaction, and Modification of Allergens and Adjuvants. *Environmental science & technology*, 51(8), 4119–4141. DOI:https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04908.
- Salim. 2014. Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10 μM (PM10) dan Penentuan Nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) pada Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus willd.*) Di Jalan Raya ITS. *Tugas Akhir*, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salim dan Aunurohim (2013). Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10 μm (PM₁₀) Dan Penentuan Nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) Pada Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus Willd*) Di Jalan Raya ITS. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1), 1-6.
- Sari, I. R. J. & Fatkhurrahman, J. A. (2015). Inventori Pencemaran Udara Parameter Non Methane Hidrokarbon (NMHC) Di Kabupaten / Kota Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(2), 59-66.
- Sari, W. R. 2019. Evaluasi Kualitas Particulate Matter 10 (PM10) Dan Faktor Yang Berhubungan Di Kampus Uin Sunan Ampel Surabaya. *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Lingkungan, UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Tibbetts J. H. (2015). Air quality and climate change: a delicate balance. *Environmental health perspectives*, 123(6), A148–A153. DOI: https://doi.org/10.1289/ehp.123-A148.
- Tölgyessy, J. (1993). Chemistry of air. In Tölgyessy, J (Ed.), *Studies in Environmental Science* (441-603). Amsterdam: Elsevier.
- Yunita, R. D., & Kiswandono, A. . (2017). Kajian Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Sulfur Dioksida (SO₂) sebagai Polutan Udara pada Tiga Lokasi di Kota Bandar Lampung. *Analit : Aanalytical and Environtmental Chemistry*, 2(1), 1–11.