



# Al-Ard

JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

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

Volume 07, Nomor 02  
Maret 2022



*Determinants of the Amount of Waste in East Java*

Joko Ade Nursiyono, Chusnul Chotimah, Warisna Endah Fitrianti

**Pemetaan Kondisi Sanitasi Lingkungan Dasar serta Kejadian Penyakit pada Pondok Pesantren di Kota Surabaya**

Widya Nilandita, Khuliyah Candraning Diyanah, Dedy Suprayogi

**Efektifitas Biopori Drainase sebagai Resapan Air**

Abdul Hakim

**Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem Upflow, Variasi Bahan Filtrasi, dan Pengaruhnya terhadap Penurunan Logam Besi dan Mangan**

Rosdiana Rosdiana, Muhammad Baguz Fatusman, Al Amin Siharis, Wa Ndibale, Moch. Assidieq, Ilham Ilham, Bernadetha Susianti, Dwiprayogo Wibowo

**Studi Model Domenico-Robbins dan Ogata-Banks terhadap Pola Persebaran Lindi di TPA Ngipik Kabupaten Gresik**

Abdillah Akmal Karami, Ida Munfarida, Shinti Wazna Auvaria, Yusuf Tirtio Negoro

**Studi Rona Awal Lingkungan Pembangunan Tempat Pemrosesan Akhir(TPA) Gohong**

Restu Hikmah Ayu Murti1, Yuliana Sukarmawati, Muhammad Abdus Salam Jawwad

**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**

Ida Munfarida, MT

Sarita Oktarina, M.Kes

Sulistya Nengse, MT

Amrullah, M.Ag

Widya Nilandita, M. KL

Teguh Taruna Utama, MT

**Reviewer**

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

Dr. Gina Lova Sari, ST, MT

Dr. Maritha Nilam Kusuma, ST.MT

Dr. Ranno Marlany Rachman, ST, M.Kes

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](http://www.uinsby.ac.id)

Email : [al\\_ard@uinsby.ac.id](mailto:al_ard@uinsby.ac.id)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas terselesaikannya 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 2, Al-Ard Jurnal Teknik Lingkungan ini menampilkan 6 artikel, yaitu: **pertama**, mengenai "*Determinants of the Amount of Waste in East Java*" yang ditulis oleh Joko Ade Nursiyono, Chusnul Chotimah, Warisna Endah Fitrianti; **kedua**, mengenai "**Pemetaan Kondisi Sanitasi Lingkungan Dasar serta Kejadian Penyakit pada Pondok Pesantren di Kota Surabaya**" yang ditulis oleh Widya Nilandita, Khuliyah Candraning Diyanah, Dedy Suprayogi; **ketiga**, mengenai "**Efektifitas Biopori Drainase sebagai Resapan Air**" yang ditulis oleh Abdul Hakim; **keempat**, mengenai "**Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem Upflow, Variasi Bahan Filtrasi, dan Pengaruhnya terhadap Penurunan Logam Besi dan Mangan**" yang ditulis oleh Rosdiana Rosdiana, Muhammad Baguz Fatusman, Al Amin Siharis, Wa Ndibale, Moch. Assidieq, Ilham Ilham, Bernadetha Susianti, Dwiprayogo Wibowo; **kelima**, mengenai "**Studi Model Domenico-Robbins dan Ogata-Banks terhadap Pola Persebaran Lindi di TPA Ngipik Kabupaten Gresik**" yang ditulis oleh Abdillah Akmal Karami, Ida Munfarida, Shinfi Wazna Auvaria, Yusuf Tirto Negoro; **keenam**, mengenai "**Studi Rona Awal Lingkungan Pembangunan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Gohong**" yang ditulis oleh Restu Hikmah Ayu Murti, Yuliana Sukarmawati, Muhammad Abdus Salam Jawwad.

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, Maret 2022

Salam Redaksi

## DAFTAR ISI

<b>Determinants of the Amount of Waste in East Java</b> Joko Ade Nursiyono, Chusnul Chotimah, Warisna Endah Fitrianti	Hal. 52-58
<b>Pemetaan Kondisi Sanitasi Lingkungan Dasar serta Kejadian Penyakit pada Pondok Pesantren di Kota Surabaya</b> Widya Nilandita, Khuliyah Candraning Diyanah, Dedy Suprayogi	Hal. 59-67
<b>Efektifitas Biopori Drainase sebagai Resapan Air</b> Abdul Hakim	Hal. 68-75
<b>Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem Upflow, Variasi Bahan Filtrasi, dan Pengaruhnya terhadap Penurunan Logam Besi dan Mangan</b> Rosdiana Rosdiana, Muhammad Baguz Fatusman, Al Amin Siharis, Wa Ndibale, Moch. Assidieq, Ilham Ilham, Bernadetha Susianti, Dwiprayogo Wibowo	Hal. 76-84
<b>Studi Model Domenico-Robbins dan Ogata-Banks terhadap Pola Persebaran Lindi di TPA Ngipik Kabupaten Gresik</b> Abdillah Akmal Karami, Ida Munfarida, Shinfii Wazna Auvaria, Yusuf Tirto Negoro	Hal. 85-94
<b>Studi Rona Awal Lingkungan Pembangunan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Gohong</b> Restu Hikmah Ayu Murti, Yuliana Sukarmawati, Muhammad Abdus Salam Jawwad	Hal. 95-101

## **Determinants of the Amount of Waste in East Java**

**Joko Ade Nursiyono<sup>1,\*</sup>, Chusnul Chotimah<sup>2</sup>, Warisna Endah Fitrianti<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> BPS Provinsi Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

\* [joko.ade@bps.go.id](mailto:joko.ade@bps.go.id)

---

### **Abstract**

Listed as one of the largest waste contributor provinces in Indonesia. The population of East Java in 2020 reached 39 million people, it is the second highest in Indonesia. The increasing number of people accompanied by an increase in income will increase people's consumption in an area and this will cause the increasing amount of waste. If this waste problem is not handled properly, it will have a domino effect as well as degrading the environment. This study wanted to determine the effect of population, real expenditure per capita per year and the number of waste banks on the amount of waste in 2020 in East Java Province. This study uses a comparison of OLS Regression and Robust Regression models. The criteria for selecting the best model use the smallest MAPE, RMSE, and RSE values and the largest R-square value. The results of the partial test and the simultaneous test show that the variables of population, real expenditure per capita per year and the number of waste banks significantly affect the variable amount of waste in East Java with the selected model is the Robust Regression model. The R-square value of the Robust Regression model in this study is 0.8909, meaning that the model's ability to explain the variability of the East Java waste amount data is 89.09 percent, and the rest is explained by other variables not included in the model.

Keywords: Environment, Linear Regression, Robust Regression, Waste

---

### **Abstrak**

Tercatat sebagai salah satu provinsi penyumbang sampah terbesar di Indonesia. Jumlah penduduk Jawa Timur pada tahun 2020 mencapai 39 juta jiwa, tertinggi kedua di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan pendapatan akan meningkatkan konsumsi masyarakat di suatu daerah dan hal ini akan menyebabkan jumlah sampah yang semakin meningkat. Jika masalah sampah ini tidak ditangani dengan baik, maka akan berdampak domino sekaligus merusak lingkungan. Penelitian ini ingin mengetahui pengaruh jumlah penduduk, pengeluaran riil per kapita per tahun dan jumlah bank sampah terhadap jumlah sampah tahun 2020 di Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan perbandingan model Regresi OLS dan Regresi Robust. Kriteria pemilihan model terbaik menggunakan nilai MAPE, RMSE, dan RSE terkecil dan nilai R-square terbesar. Hasil uji parsial dan uji simultan menunjukkan bahwa variabel jumlah penduduk, pengeluaran riil per kapita per tahun dan jumlah bank sampah berpengaruh signifikan terhadap variabel jumlah sampah di Jawa Timur dengan model yang dipilih adalah model Robust Regression. Nilai R-square model Robust Regression dalam penelitian ini adalah 0,8909, artinya kemampuan model dalam menjelaskan variabilitas data jumlah sampah Jawa Timur sebesar 89,09 persen, dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak termasuk dalam model.

Kata Kunci: Lingkungan, Regresi Linier, Regresi Robust, Sampah

---

### **1. INTRODUCTION**

One of the serious problems faced by big cities in Indonesia is solid waste. Currently, Indonesia is listed as the third largest contributor to waste in the world. In 2020 Indonesia produced 67.8 million tons of waste. Based on data from the Ministry of Environment and Forestry (KLHK), 37.3 percent of waste in Indonesia comes from household activities. The largest source of waste comes from traditional markets, amounting to 16.4 percent. Meanwhile, 15.9

percent of the waste originating from the commercial areas, and about 14.6 percent of the waste came from other sources. Waste is also generated by economic activities such as trades which is recorded at 7.29 percent, and waste generated from public facilities is 5.25 percent. Meanwhile, 3.22 percent of waste is generated in office areas.

KLHK also mentioned that 55.87 percent of the waste that was successfully managed throughout 2020. The remaining 44.13 percent of waste is still left because it has not

been managed. In response to this condition, the Government is targeting a 30 percent reduction in waste and 70 percent in waste management by 2025. The approaches taken include limiting plastic waste and recycling inorganic waste.

As a logical consequence of the activities of human life, it cannot be denied, garbage will always exist as long as life activities are still running. Each year, the volume of waste will always grow in line with the pattern of society's growing consumerism (Suryani, 2014).

The same problem also occurs in East Java. East Java is listed as one of the largest waste contributor provinces in Indonesia. Based on data from the National Waste Management Information System or Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) in 2020, waste generation in East Java from 38 regencies/cities is 5,719,360.64 tons per year. Furthermore, waste reduction is 14.81 percent or a total of 847,276.93 tons per year. Meanwhile, the managed waste is 54.91 percent or 3,140,310.48 tons per year. So that the unmanaged waste is 45.09 percent or a total of 2,579,050.16 tons per year. This indicates that the existing waste generation still needs to be handled properly and carried out in a sustainable manner.

According to Madasari, et al (2020) in their research, they carried out modeling with the Dynamic System Methodology to model the Surabaya waste formation process, landfills or TPS facilities, and formulate waste management policies that can increase the amount of processed waste and reduce the amount of waste production, and can be sustainable in the future. Policy formulation is carried out by paying attention to the details of the relationship between the variables of the waste management system. There are three proposed scenarios used in their study. The results showed that the scenario of developing a waste bank facility of 1,200 tons had the most significant impact compared to the existing condition, which was reviewed in terms of the amount of waste heaped, the amount of waste being used as raw materials and energy sources, and increased absorption of workers.

According to Wardhani and Harto (2018), the results of their research showed that the impact of the Waste Bank to reduce the amount of waste disposed of in landfills or TPA was felt in the city of Surabaya. The

existence of a Waste Bank can reduce approximately 81.50% of the total volume of waste each month. Based on the results of further analysis, it can be seen that the average waste volume reduction with the existence of a waste bank is around 7.2% of the total volume of waste in East Java. Waste management strategies include community involvement in independent waste management, waste management using a sanitary landfill in accordance with environmental standards, and the development of high-tech waste processing for energy sources.

According to Prajati et al, (2015) The results of the analysis of variable relationships show that the consumer price index, population and GRDP affect the generation of waste. The test results of the Daskalopoulos model show that waste generation in Java and Sumatra can be explained by 33.7% by the consumer price index per category. The results of the trial of the Khajuria model show that waste generation in Java and Sumatra can be explained by 42.5% by population, GRDP, and years of schooling. The results of the Khajuria model development test show that waste generation in Java and Sumatra can be explained by population, GRDP, years of schooling, literacy rate, population density and economic growth of 65.6%. Projection of waste generation is carried out using the development of the Khajuria model and the discriminant equation. The results of the projected waste generation show that the cities of Pangkalpinang and Tanjungpinang are the cities with the highest waste generation in the next five years. The waste management costs required by the two cities are quite large, which is above 0.8% of GRDP.

The population of East Java in 2020 reached 39 million people, the second highest in Indonesia with a population growth rate of 0.53 percent. The increasing population and accompanied by an increase in income will increase the consumption of people in an area, this causes the generation of waste to also increase. If this waste is not handled properly, it will have a multiplier effect on the environment around us. One alternative in managing this waste generation is the creation of a waste bank.

The purpose of this study was to determine the effect of population number (number of residents), real expenditure per capita per

year and the number of waste banks on the amount of waste in 2020 in East Java.

## 2. RESEARCH METHODS

### Research Scope

This study covers socio-economic conditions that are closely related to the amount of waste during 2020. This research data comes from several pages, data on the amount of waste and the number of Waste Banks from the Ministry of Environment's National Waste Management Information System or Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), population, real expenditure per capita per year according to regencies/cities throughout East Java from the Central Statistics Agency or Badan Pusat Statistik (BPS) of East Java Province ([jatim.bps.go.id](http://jatim.bps.go.id)). Given the limitations of data, this study only covers 2020 conditions in the East Java region.

### Data Analysis

The analysis used in this study includes descriptive analysis and inferential analysis. Descriptive analysis aims to provide a description of the data seen from the mean (mean), standard deviation, variance, maximum, minimum, sum, range, kurtosis, and skewness descriptively (Anderha and Sugama, 2021). Descriptive analysis is generally applied to see the pattern of the dependent variable. While the inferential analysis used in this study is a multiple linear regression model with the Ordinary Least Square (OLS) parameter estimation method followed by Robust regression. According to Nursiyono and Pray (2016), linear regression is a regression model that is linear in parameters and describes a causal relationship (cause and effect) of the independent variable on the dependent variable. This causal relationship is the reason for choosing this research model. The following is the form of the equation of multiple linear regression used in this study:

$$yt = \beta_0 + \beta_1 Pddk_{1i} + \beta_2 Inc_{2i} + \beta_3 Jbs_{3i} + \varepsilon_i \quad (1)$$

With  $\beta_0$  is intercept mdoel,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  are multiple linear regression coefficents,  $Pddk_{1i}$  is the amount of resident observations  $i$ -th (person),  $Inc_{2i}$  real spending per capita per year observation  $i$ -th (thousand rupiahs),  $Jbs_{3i}$  is the amount of waste bank observation  $i$ -th (unit),  $\varepsilon_i$  is the error component (residual) on the  $i$ -th observation, while  $i = 1, 2, 3, \dots, 38$ .

The selection of this research model uses the method *enter*. Which is, all independent variables are directly entered into the model to see whether each independent variable has a partial and significant effect on the dependent variable. After the regression model is formed, the next step is to test the classical assumptions. This assumption test is used to ensure that the estimator generated in the modeling is BLUE (Best Linear Unbiased Estimation).

The classical assumption tests performed were the residual normality test (Kolmogorov-Smirnov test), non-multicollinearity test (Variation Inflation Factor value), non-autocorrelation test (Durbin-Watson test), and homoscedasticity test (Breush-Pagan test). The measure used for the normality and homoscedasticity test is the p-value, if it is greater than the study 0.05 (p-value > 0.05), it is concluded that the residual model has met the assumption test. While the non-multicollinearity test uses the Variation Inflation Factor (VIF) measure, if the value is less than 10, it can be concluded that all independent variables in the model are free from multicollinearity disorders (Nursiyono and Pray, 2016).

Although the regression model that has been formed has been significant both partially and simultaneously, often the OLS estimation method has not produced a good model estimate. According to Sari and Bustami (2021), the OLS method is not appropriate for data containing outliers. According to Nursiyono and Pray (2016), outliers cause the residual variance to be higher. The following is a box plot to see the presence of outliers:

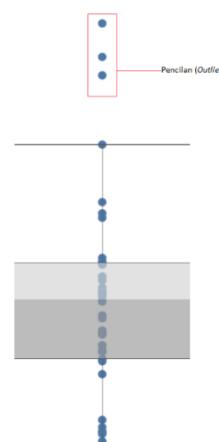


Figure 1. Detection of Data Outlier  
(Source: SIPSN, BPS Jatim, Proceeded Using Tableau)

Due to the outliers in the data used in this study and causing the heteroscedasticity of the

OLS model to be disturbed, the modeling of this study also uses robust regression (robust regression).

According to Ryan (1997) in Edriani (dkk), robust regression is an alternative to the OLS method that is used when the distribution of the residuals is not normal and/or there are several indices that affect the model. To see the significance as well as the effect of outliers in the model, this study uses a difference in fits (DFFITS) measure, namely by using a threshold  $2\sqrt{p/n}$ , with  $p$  is the number of independent variables in the model, and  $n$  is the number of observations in the model. A model is said to contain significant and influential outliers in the model if the value  $DFFITS > 2\sqrt{p/n}$  (Zach, 2020).

The estimation method for the robust regression parameter of this research is MM-regression. According to Utomo, et al. (2014), MM regression is a method of merger between the M- regression and S- regression that are resistant and have higher efficiency.

### Model Selection Criteria

In this study, two models were obtained, namely the Ordinary Least Square (OLS) regression model and the robust regression model. To get the best model, this study uses several statistical measures, namely the smallest Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) as an indicator of the goodness of the model as a predictive tool, the smallest RSE (specifically the robust model seen from the standard robust residual size). error) to see how much accuracy the model has with the actual observed value, and the largest adjusted R square value ( $R_{Adj}^2$ ) as a measure of the strength of the independent variables included in the model to explain the large proportion of the diversity of the dependent variables.

## 3. RESULTS

### Descriptive Analysis

Tabel 1. Descriptive Analysis of Research Variables

Description	Total Residents	Real Expenditure per Capita per Year	Amount Waste Bank
Average (mean)	1.070.150	11.569	50.74
Maximum	2.874.314	17.862	236.00
Minimum	132.434	8.673	0.00

(Source: Data Proceeded by R)

Descriptively, this research variable can be seen in Table 1. The population variable has an average value of 1,070,150 people with a minimum value of 132,434 people and a maximum value of 2,874,314 people. The real expenditure variable per capita per year is 11,569 thousands of rupiah with a minimum value of 8,673 thousands of rupiah and a maximum value of 17,862 thousands of rupiah. The variable number of garbage bins has an average value of 50.74 units with a minimum value of 0 units and a maximum value of 236 units.

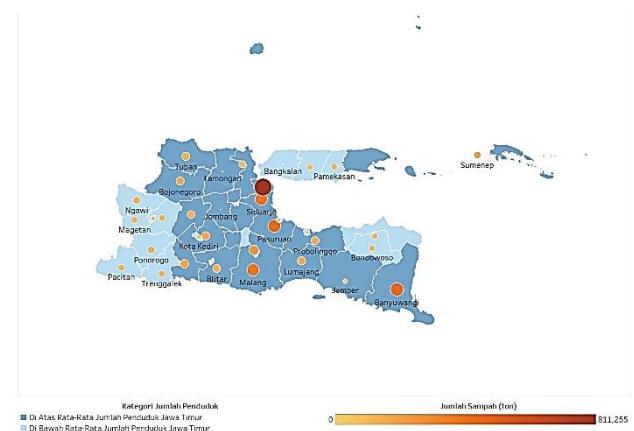


Figure 2. Map of Population Distribution and The Amount of Waste in 2020 in East Java  
(Source: SIPSN, BPS Jatim Proceeded Using Tableau)

Figure 2 shows a map of the distribution of the population and the amount of waste in East Java in 2020. Districts/cities whose population is above the average population of East Java have a tendency of increasement in the amount of waste produced. The city of Surabaya has a population above the average population of East Java and has the largest amount of waste.

Figure 3 shows that districts/cities in quadrant I are districts/cities with a high level of real expenditure per capita per year and also have many waste banks. This means that in addition to high expenditure or consumption, the district/city also pays attention to good waste management, for example, Surabaya City is the best city in terms of waste handling, as evidenced by the determination of Surabaya City as a role model in urban waste management in 2018 by the Ministry of Environment and Forestry.

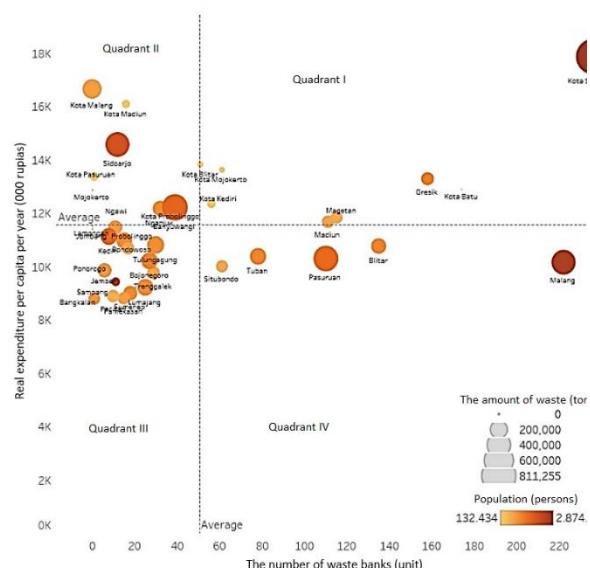


Figure 3. Quadrant Analysis of Real Expenditure Per Capita Per Year and The Number of Waste Banks In 2020  
(Source: SIPSN, Proceeded Using Tableau)

### Inferential Analysis

The inferential analysis used in this study is a multiple linear regression model with the Ordinary Least Square (OLS) parameter estimation method. Based on Table 2, the regression model obtained is as follows:

$$yt = -0,097 + 0,519 Pddk_{1i} + 0,231 Inc_{2i} + 0,155 Jbs_{3i}$$

Tabel 2. OLS Regression Estimation Results

	Estimate	Std.Error	T-value	Pr(> t )
intercept	-0,097	0,044	-2,192	0,035
Pddk	0,519	0,089	5,825	1,45e-06
Inc	0,231	0,088	2,601	0,0137
Jbs	0,155	0,084	1,833	0,0756
F-statistic	20,05	DF	3 dan 34	1,164e-07

(Source: Data Proceeded by R)

The results of the partial test of the population and real expenditure per capita per year were significant in the 0.05 study. For the variable the number of waste banks is not significant and the sign should reverse direction with the variable amount of waste. While the results of the simultaneous test p-value = 1.164e-07 <0.05, this means that the independent variable significantly affects the dependent variable. With an R-Square value of 63.89 percent, it means that the model's ability to explain the variability of data on the amount of waste in East Java is 63.89 percent, and the rest is explained by other variables not included in the model.

### Assumption Tests

#### 1. Normality Test

The normality test in this study used the Kolmogorov Smirnov test. The normality test

results p-value = 1 is greater than the 0.05 study, this means that the residual regression results have followed a normal distribution.

#### 2. Multicollinearity Test

The VIF value of the three independent variables is less than 10, meaning that there is no multicollinearity between the independent variables in the model.

VIF Pddk = 1.13; VIF Inc=1.09; VIF Jbs=1.22

#### 3. Homoskedasticity Test

The results of the Breush-Pagan test p-value = 0.0093 <0.05, thus rejecting H0 at a significance level of 5 percent. This means that there is heteroscedasticity in the resulting OLS regression model. Due to the presence of heteroscedasticity disorders, this study will continue the analysis using Robust Regression.

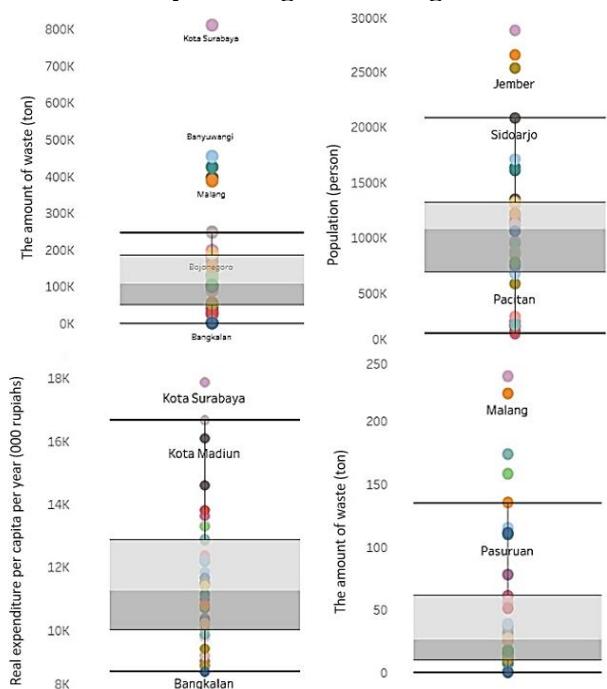


Figure 4. Box Plot of Research Variables  
(Source: SIPSN, BPS Jatim, Proceeded Using Tableau)

Figure 4 shows that in this study the variables used were outliers. Outlier data contained in this research variable such as the City of Surabaya has a real per capita annual expenditure and the amount of waste exceeds twice the standard deviation of the data distribution. Malang Regency has the number of waste banks exceedingly twice the standard deviation of the data distribution of the number of waste banks. Jember Regency has a population exceedingly twice the standard deviation of the population data distribution.

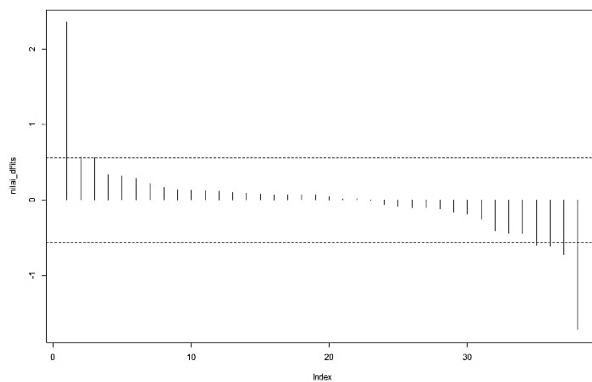


Figure 5. Visualization Of DFFITS Test Results  
(Source: Data Proceeded by R)

To see the significance as well as the effect of outliers in the model, this study used the difference in fits (DFFITS) measure . The visualization of the DFFITS test results can be seen in Figure 5. Because in this study there are outliers that have an important role so that they need to be accommodated in the model using Robust regression.

The horizontal line is a boundary line (threshold) as an indicator of the existence of outliers and how important the outliers are in the model, if they cross that line the outliers are important and need to be accommodated.

Tabel 3. Robust Regression Estimation Result

	Estimate	Std.Error	T-value	Pr(> t )
intercept	-0,017	0,023	-0,723	0,474
Pddk	0,561	0,038	14,767	2,36e-16
Inc	0,124	0,055	2,252	0,0309
Jbs	-0,067	0,030	-2,225	0,0328

(Source: Data Proceeded by R)

Based on Table 3, the resulting Robust Regression model is as follows:

$$yt = -0,017 + 0,561 Pddk_{1i} + 0,124 Inc_{2i} - 0,067 Jbs_{3i}$$

The results of the partial and simultaneous tests were significant in the 0.05 study. The R-square value of the robust regression model is 89.09 percent, meaning that the model's ability to explain the variability of data on the amount of waste in East Java is 89.09 percent, and the rest is explained by other variables not included in the model.

### Best Model Selection

To find out the best model among the OLS Regression and Robust Regression models, the size of the model selection can be seen from the MAPE, RMSE, RSE and R 2 values. Table 4 shows that both the MAPE, RMSE, RSE values

of the Robust Regression model are smaller than OLS, while the R 2 value is greater than the OLS Regression. Therefore, it can be concluded that the best model is the Robust Regression model.

Tabel 4. Comparison of OLS Regression and Robust Regression Model

	MAPE	RMSE	RSE	R <sup>2</sup>
OLS	4,299	0,246	0,124	63,89
Robust	2,048	0,159	0,045	89,09

(Source: Data Proceeded by R)

### Model Interpretation

1. If the population increases by 1 unit, the amount of waste will increase by 0.561 units assuming other factors are considered constant.
2. If real expenditure per capita per year increases by 1 unit, the amount of waste will increase by 0.124 units assuming other factors are considered constant.
3. If the waste bank increases by 1 unit, the amount of waste will decrease by 0.067 units assuming other factors are considered constant.

### 4. CONCLUSION

Regression models were chosen in this study is a robust regression, with an excess of the value of R<sup>2</sup> is greater and the value of MAPE, RMSE, and RSE is smaller than the OLS regression. Robust regression can also overcome the presence of heteroscedasticity disorders. In addition, with Robust Regression the sign/direction of the correlation between the independent variable and the dependent variable is in accordance with the proper theory. The partial and simultaneous test results show that the variables of population, real expenditure per capita per year and the number of waste banks significantly affect the variable amount of waste in East Java in 2020.

The recommendation for further research based on the results of this study is the use of spatial models as an alternative to see the influence of population, real per capita expenditure per year, and number of waste banks on the amount of waste by region.

### 5. REFERENCES

- AdminDLH. (2019, Mei 23). berita. Retrieved from <http://dlh.jatimprov.go.id/berita-penanganan-dan-pengendalian-sampah-regional-di-jawa-timur.html>  
Anderha, R., & Maskar, S. (2021). Pengaruh

- Kemampuan Numerasi dalam Menyelesaikan Masalah Matematika terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa Pendidikan Matematika. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik*, Vol. 2 (1), 1-10.
- Edriani, T., Rahmadania, A., & Noora, D. (2021). Analisis Hubungan Kepadatan Penduduk dengan Pola Penyebaran COVID-19 Provinsi DKI Jakarta menggunakan Regresi Robust. *Indonesian Journal Of Applied Mathematics*, Vol. 1 (2), 51-60.
- Mandasari, D., Wirjodirdjo, B., & Anityasari, M. (2020). Peningkatan Fasilitas Bank Sampah sebagai. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 9(2), F322-F327.
- Nursiyono, J., & Pray, H. N. (2016). Setetes Ilmu Regresi Linier. Malang: Media Nusa Creative.
- Prajati, G., Padmi, T., & Rahardyan, B. (2015). Pengaruh Faktor-faktor Ekonomi dan Kependudukan terhadap Timbulan Sampah di Ibu Kota Provinsi Jawa dan Sumatera. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 21 (1), 39-47.
- Rizaty, M. A. (2021, Juli 29). datapublish. Retrieved from databoks.katadata.co.id: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/07/29/majoritas-sampah-nasional-dari-aktivitas-rumah-tangga-pada-2020>
- Sari, R., & Bustami. (2021). Penerapan Regresi Komponen Utama Robust S-estimator untuk Analisis Pengangguran di Kota Dumai. *Karya Ilmiah Universitas Riau*, 1-12.
- Suryani, A. S. (2014). Peran Bank Sampah dalam Eektivitas Pengelolaan Sampah (Studi Kasus Bank Sampah Malang). *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 71-84.
- Utomo, A., Sumartini, N. P., Siregar, A., Nagari, N., & Triyaningsih, S. (2014). Regresi Robust untuk Memodelkan Pendapatan Usaha Industri Makanan dan Non-Makloon Berskala Mikro dan Kecil di Jawa Barat. *Jurnal Matematika, Sains, dan teknologi*, Vol. 15 (2), 63-74.
- Wardhani, M., & Harto, A. D. (2018). Komparasi Pengurangan Timbulan Sampah Berbasis Masyarakat menggunakan Prinsip Bank Sampah di Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. *Journal Ilmiah Universitas Trunojoyo*, Vol. 11 (1), 52-63.
- Zach. (2020, Desember 13). How to Calculate DFFITS in R. Retrieved from statology.org: <https://www.statology.org/dffits-in-r/>

## Pemetaan Kondisi Sanitasi Lingkungan Dasar serta Kejadian Penyakit pada Pondok Pesantren di Kota Surabaya

Widya Nilandita<sup>1,\*</sup>, Khuliyah Candraning Diyanah<sup>2</sup>, Dedy Suprayogi<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Kesehatan Lingkungan, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

[\\*widya.nilandita@uinsby.ac.id](mailto:widya.nilandita@uinsby.ac.id)

### Abstract

Sanitation is the most important health-related aspect of public health and the environment. Aspects of environmental health in sanitation include community clean water facilities, waste management, waste management, and management of sanitation facilities. Islamic boarding schools are one of the institutions that have problems in sanitation, cases are often found related to students who are infected with several diseases. This study aims to map the sanitation conditions and the risk of disease in Islamic boarding schools in the city of Surabaya. This study uses the observation method for data collection, then analyzed by quantitative description. The sanitation conditions of Islamic boarding schools in Surabaya City from the aspect of clean water are in a good category 55.2%, 41.4% very good, and 3.4% less. Based on the waste aspect, the category result sufficient, less, good, and very good is 52%, 24%, 17%, and 7%, respectively. Furthermore, based on aspects of toilet and bathroom hygiene, the majority was very good, 82.8%, sufficient category was 13.8%, and the good category was 3.4%; and based on wastewater aspects, 100% Islamic boarding school was a very good category. In conclusion, the sanitation conditions of Islamic boarding schools in Surabaya City based on the waste aspect are sufficient; however, based on clean water, the hygiene aspects of toilets and bathrooms, and the aspect of wastewater are very good.

Keywords: Disease, Islamic boarding school, Sanitation

### Abstrak

Sanitasi merupakan aspek paling penting bagi kesehatan yang keterkaitan dengan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Aspek Kesehatan lingkungan dalam sanitasi mencakup sarana air bersih masyarakat, pengelolaan limbah, pengelolaan sampah, dan pengelolaan sarana sanitasi. Pondok pesantren merupakan salah satu instansi yang memiliki permasalahan dalam sanitasi, seringkali ditemukan kasus terkait santri yang terjangkit beberapa penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kondisi sanitasi serta risiko penyakit di pondok pesantren yang ada di Kota Surabaya. Penelitian ini menggunakan metode observasi untuk pengumpulan data, selanjutnya di analisis secara deskripsi kuantitatif. Kondisi sanitasi pondok pesantren di Kota Surabaya dari aspek air bersih kategori baik 55,2%, 41,4% sangat baik dan 3,4% kurang, berdasarkan aspek persampahan mayoritas kategori cukup sebesar 52%, kategori kurang yaitu 24%, kategori baik 17% dan kategori sangat baik sebesar 7%, berdasarkan aspek hygiene toilet dan kamar mandi mayoritas sangat baik 82,8%, kategori cukup 13,8% dan kategori baik 3,4% dan berdasarkan aspek air limbah 100% pondok pesantren kategori sangat baik. Kondisi sanitasi pondok pesantren di Kota Surabaya dari aspek air bersih mayoritas sangat baik, berdasarkan aspek persampahan mayoritas kategori cukup, berdasarkan aspek hygiene toilet dan kamar mandi mayoritas sangat baik, dan berdasarkan aspek air limbah dapat dikatakan sangat baik.

Kata Kunci: Pondok Pesantren, Penyakit, Sanitasi.

### 1. PENDAHULUAN

Sanitasi merupakan upaya untuk meningkatkan derajat kesehatan manusia dengan pengendalian lingkungan. Sanitasi menunjang usaha kesehatan di lembaga pendidikan termasuk diantaranya sekolah

dan pondok pesantren. Sebagai lembaga pendidikan, pondok pesantren berperan dalam peningkatan kualitas sumber daya manusia, terutama umat Islam. Salah satu komponen penunjang dalam peningkatan sumber daya manusia adalah sanitasi.

Sanitasi lingkungan merupakan kondisi kesehatan pada suatu lingkungan yang terdiri dari aspek pembuangan limbah, penyediaan air bersih, pengelolaan sampah, dan aspek lainnya yang berhubungan dengan kesehatan lingkungan. Ditinjau dari ruang lingkup sanitasi pondok pesantren merupakan suatu usaha pengendalian yang mencakup aspek kesehatan lingkungan seperti air bersih, air limbah, dan pengelolaan sampah pada suatu pondok pesantren yang merupakan tempat mencari ilmu agama para santri dan santriwati (Adriansyah, 2018).

Hasil observasi pondok pesantren di Kabupaten Tangerang pada Tahun 2017 yang dilakukan oleh GP Ansor Kabupaten Tangerang, bekerja sama dengan *International NGO Forum on Indonesia Development (INFID)*, *Integrated Water Sanitation and Hygiene Programme (iWash)*, dan Bappeda Kabupaten Tangerang menunjukkan sebagian besar sarana sanitasi pesantren masih jauh dari kelayakan baik dari sisi kualitas maupun kuantitas. Sebanyak 35% pesantren melakukan kegiatan mandi, cuci, kakus (MCK) di sungai dan kolam. Pada pesantren yang sudah memiliki sarana MCK, namun dari segi kuantitas belum memenuhi standart proporsi jumlah MCK dengan jumlah santri (*Sanitasi dan Air Bersih di Pondok Pesantren*, 2022).

Pulau Jawa memiliki jumlah santri tertinggi sekitar 78,6% dari total pesantren di Indonesia. Jawa timur memiliki jumlah pondok pesantren terbesar kedua setelah Jawa Barat yaitu sekitar 6003 atau 22,05 % dari total jumlah pondok pesantren di Indonesia. Pondok pesantren tersebut tersebar di seluruh Provinsi Jawa Timur , termasuk di Kota Surabaya. Berdasarkan data dari Kemenag, 2021 Pondok Pesantren di Kota Surabaya berjumlah 61 pondok pesantren. Sebagai ibukota Jawa Timur, Kota Surabaya adalah kota yang dekat dengan fasilitas akses informasi dan akses pemerintah. Faktanya masih ada pondok pesantren di Surabaya yang belum memenuhi persyaratan sanitasi yang baik.

Informasi tentang kondisi sanitasi dasar dan jenis penyakit pada pondok pesantren diperlukan agar hal ini dilakukan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi, yaitu perangkat lunak (*software*) Sistem

Informasi Geografi (SIG) sebagai sarana pemetaan. Dalam bidang kesehatan lingkungan, dapat digunakan untuk melihat serta melakukan pemantauan lingkungan seperti pencemaran perairan, evaluasi pengendapan lumpur/sedimen di sekitar perairan, permodelan pencemaran udara, permodelan pencemaran limbah berbahaya dan sebagainya (Prahasta, 2009). Data yang didapat dari pemetaan dapat digunakan untuk perencanaan maupun intervensi untuk memecahkan beberapa masalah kesehatan. Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti akan melakukan pemetaan kondisi sanitasi dasar serta risiko penyakit pada pondok pesantren di Kota Surabaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif untuk memetakan kondisi sanitasi dasar dan risiko penyakit di Pondok Pesantren di Kota Surabaya. Pengumpulan data dilakukan secara observasi langsung masing masing sampel penelitian. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *teknik purposive sampling* yang termasuk pada non *probability sampling*. Sampel diambil berdasarkan kriteria, yaitu:

1. Berada pada wilayah Kota Surabaya
2. Mengijinkan orang luar masuk ke dalam pondok pesantren selama pandemic covid 19.
3. Bersedia menjadi sampel penelitian.

Berdasarkan kriteria diatas, yang memenuhi syarat, ada 29 pondok pesantren.

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil wawancara dan observasi terkait sanitasi dasar air bersih, sarana pembuangan air limbah, kamar mandi dan pengelolaan sampah serta data tiga penyakit terbanyak di pondok pesantren. Sedangkan data sekunder meliputi jumlah santri, profil pondok pesantren, dan luasan pondok pesantren.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan analisis spasial menggunakan software GIS. Data disebar dalam peta tematik yang meliputi:

1. Peta kondisi sanitasi dasar pondok pesantren (meliputi air bersih, air limbah, dan persampahan).

2. Kondisi sanitasi akan dikategorikan berdasarkan elemen penilaian sanitasi seperti meliputi air bersih, air limbah, sarana toilet dan kamar mandi dan persampahan).

Kondisi sanitasi dikategorikan menggunakan skala likert, dengan kategori kondisi sanitasi yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kriteria Skala Sanitasi

Kondisi Sanitasi	Kriteria
0-25%	Kurang
26-50%	Cukup
51-75%	Baik
76-100%	Sangat Baik

(Sumber: Analisa, 2021)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Kondisi Air Bersih Pondok Pesantren  
Sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari berasal dari berbagai sumber yaitu air hujan, air permukaan, air tanah, dan air laut (Susana, 2003). Berdasarkan sumber air, sumber air bersih di pondok pesantren di bagi menjadi dua yaitu sumber air dari PDAM dan dari air tanah/ air sumur. Data mengenai sumber air bersih di pondok pesantren di Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Tabel Sumber Air Bersih di Pondok Pesantren Kota Surabaya

Sumber Air	Frequency	Percent (%)
PDAM	22	76
Sumur	7	24
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, mayoritas pondok pesantren (76%) menggunakan air ledeng (PDAM) sebagai sumber air bersih yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci, kakus, dan air minum. Air Kali Surabaya di Dam Gunung Sari yang merupakan air baku untuk PDAM Kota Surabaya mengandung fenol, sehingga air baku ini tidak dapat dijadikan sebagai air baku untuk air minum (Yudo & Said, 2019). Sedangkan 24% lainnya masih menggunakan air tanah baik sumur gali dan sumur bor yang harus ditekankan dari sumber air bersih di pondok pesantren baik menggunakan PDAM atau air tanah adalah kualitas dari

air bersih yang memenuhi persyaratan fisik, kimia dan biologi. Kualitas air tanah di Kota Surabaya menunjukkan 10% layak langsung minum, 49% merupakan air bersih dan 41% tercemar (Hamdi, 2018). Kondisi air tanah di Kota Surabaya 23% air tanahnya asin, 26% payau dan 51 % tawar (Ariyanto, 2016).

Air bersih harus memenuhi syarat fisik, kimia dan biologi. Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum. Air bersih harus memenuhi syarat fisik antara lain tidak berwarna (maksimal 50 TCU), tidak berbau dan tidak berasa. Hasil observasi terhadap kualitas fisik air bersih yang disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Tabel Distribusi Kualitas Fisik Air Bersih di Pondok Pesantren Kota Surabaya.

Kualitas fisik	Frequency	Percent (%)
Tidak berwarna, berbau dan berasa	27	93
Berwarna, Berbau dan Beraaa	2	7
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar yaitu 93% air bersih di pondok pesantren telah memenuhi syarat fisik yaitu tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Sedangkan 7% belum memenuhi kualitas fisik air bersih. Air bersih yang merupakan air untuk keperluan higiene sanitasi dapat digunakan sebagai bahan baku air minum (Kemenkes RI, 2017).

Selain parameter fisik, parameter biologis dan kimia juga harus diperhatikan. Salah satu cara menjaga kualitas air bersih yaitu dengan menjaga jarak yang ideal sumber air bersih ke sumber pencemar yakni  $> 10$  meter (Entjang, 2000). Salah satu pencemaran biologi yaitu pencemaran air oleh bakteri *E.coli* yang dapat menyebabkan penyakit antara lain diare (Zein dkk., 2004). Berdasarkan hasil penelitian, jarak sumber air bersih dan sumber pencemar di Pondok Pesantren disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Tabel Distribusi Jarak Sumber Air Bersih dengan Sumber Pencemar.

Kualitas fisik	Frequency	Percent (%)
> 10 Meter	14	48
< 10 Meter	7	24
Tidak Tahu	8	28
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan Tabel 4, diketahui jarak sumber air bersih dengan sumber pencemar yakni 48% lebih dari 10 meter, 24% kurang dari 10 meter, sedangkan 28% narasumber tidak mengetahui jarak sumber air bersih (air tanah) dengan sumber pencemar.

#### B. Kondisi Persampahan Pondok Pesantren

Pemilahan sampah merupakan salah satu pengelolaan sampah di sumber. Pemilahan sampah sangat bermanfaat untuk mengurangi timbulan sampah yang akan dibuang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah yang terpilah juga bernilai ekonomi, yang bisa bermanfaat untuk menambah pendapatan pondok pesantren. Selain itu sampah yang tidak terpilah menjadi sumber penularan penyakit (Harun, 2017).

Pemilahan sampah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga yang dilakukan dengan mengelompokkan sampah menjadi 5 kelompok yaitu sampah dan limbah B3, sampah yang mudah terurai, sampah yang dapat digunakan kembali, sampah yang dapat didaur ulang, dan sampah lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan pemilahan sampah pada masing-masing pondok pesantren disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Distribusi Frekuensi Pemilahan Sampah di Pondok Pesantren Kota Surabaya.

Pemilahan Sampah	Frequency	Percent (%)
Sampah Dipilah	9	31
Sampah Tidak Dipilah	20	69
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan 69% sampah tidak dipilah melainkan dibuang secara langsung ke tempat pengolahan sampah. Sedangkan

sampah yang dipilah sebesar 31% sampah yang dipilah berupa botol, kardus, dan benda plastik.. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian pemilahan sampah di Surabaya yang mana 52,3% masyarakat Surabaya tidak memilah sampah menjadi sampah organik dan anorganik (Juwono & Diyanah, 2021). Pemilahan sampah diperlukan tempat sampah yang memenuhi syarat kesehatan. Tempat sampah yang memenuhi persyaratan dalam SNI 19-2454-2002 adalah wadah yang kedap air dan tidak mudah rusak, ekonomis dan mudah diperoleh/ dibuat masyarakat serta mudah dikosongkan. Tempat sampah diberi penutup agar tidak menimbulkan bau dan fungsi penutup agar sampah tidak keluar dari wadah. Berdasarkan hasil observasi didapatkan informasi mengenai jenis tempat sampah pada masing masing pondok disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Distribusi Frekuensi Jenis Tempat Sampah di Pondok Pesantren Kota Surabaya.

Jenis Tempat Sampah	Frequency	Percent (%)
Tempat Sampah Tetutup	8	28
Tempat Sampah Terbuka	19	66
Kantong Plastik Tertutup	1	3
Kantong Plastik Terbuka	1	3
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan Table 6, kondisi tempat sampah yakni 66% tempat sampah terbuka, 28% tempat sampah dengan kondisi tertutup, 3% tempat sampah dengan kondisi plastik terbuka dan 3% dengan kondisi plastik terbuka.

Tempat/wadah sampah disarankan diambil atau dikosongkan setiap sehari sekali (1 x 24 jam) agar volume sampah tidak berlebihan yang menimbulkan bau. Berdasarkan hasil observasi didapatkan informasi mengenai pengangkutan sampah pada masing masing pondok diasajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Tabel Distribusi Frekuensi Pengangkutan Sampah di Pondok Pesantren Kota Surabaya

Frekuensi Pengangkutan Sampah	Frequency	Percent (%)
Setiap Hari	15	52

Beberapa Kali	10	34
Dalam Seminggu		
Sekali Dalam Seminggu	2	7
Tidak Tentu	2	7
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan pengangkutan sampah sebesar 52% dilakukan setiap hari, 34% dilakukan secara berberapa kali dalam seminggu, 7% dilakukan sekali dalam seminggu, dan 7% pengangkutan sampah tidak tentu.

#### C. Kondisi Higiene dan Sanitasi Toilet dan Kamar Mandi Pondok Pesantren

Syarat jamban sehat menurut *World Sanitation Program (WSP, 2008)* adalah tidak mengontaminasi badan air, tidak ada kontak antara manusia dan tinja, tidak dihinggapi lalat dan vector lainnya, tidak menimbulkan bau, dan konstruksi dudukan aman bagi pengguna. Jamban jenis leher angsa sangat ideal digunakan di daerah yang padat penduduk, karena beberapa jamban bisa menggunakan satu lubang penampungan/ *septic tank*. Hasil penelitian terhadap jenis jamban pondok pesantren disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Tabel Distribusi Frekuensi Jenis Jamban di Pondok Pesantren Kota Surabaya

Jenis Jamban	Frequency	Percent (%)
Jamban Leher Angsa	29	100
Bukan Jamban	0	0
Leher Angsa		
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan jenis toilet di semua pondok pesantren adalah jenis leher angsa.

Proporsi jumlah toilet dengan santri yang memenuhi syarat adalah 1:25 untuk santri putri dan 1:40 untuk santri putra. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan jumlah toilet yang disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Distribusi Frekuensi Proporsi Jumlah Jamban dengan Jumlah Santri.

Jumlah Jamban	Frequency	Percent (%)
Memenuhi	29	100
Tidak Memenuhi	0	0
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan proporsi jumlah jamban dengan jumlah santri seluruhnya memenuhi syarat.

Toilet yang memenuhi syarat Kesehatan adalah toilet yang bebas dari kecoa dan lalat hal ini agar toilet tidak menjadi media untuk perkembangbiakan vector penyebab penyakit. Lalat dan kecoa merupakan vector yang menyebabkan penyakin diare dan penyakit thypus. Hasil observasi terhadap lalat dan kecoa di toilet yang disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Distribusi Frekuensi Toilet Bebas Kecoa dan Lalat

Toilet Bebas Kecoa dan Lalat	Frequency	Percent (%)
Ya	14	74
Tidak	5	26
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kondisi toilet bebas kecoa dan lalat yakni sebesar 74% bebas, sedangkan sisanya tidak.

Bak penampung juga dapat mempengaruhi kondisi toilet jika dilihat dari keberadaan jentik-jentik. Adapun hasil observasi terhadap bak penampung disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Distribusi Bak Penampungan Air Bebas Jentik

Bak Penampung Air Bebas Jentik	Frequency	Percent (%)
Ya	16	55
Tidak	13	45
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bak penampung air bebas jentik sebesar 55% bebas dari jentik-jentik nyamuk, dan 45% bak penampung bebas dari jentik-jentik.

Sampah dan tinja juga termasuk kedalam salah satu faktor penentu kebersihan dari toilet dan kamar mandi. Hasil observasinya disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Distribusi Frekuensi Toilet yang Bersih, Bebas Tinja dan Sampah

Toilet Bebas Sampah dan Tinja	Frequency	Percent (%)
Ya	18	62
Tidak	11	38

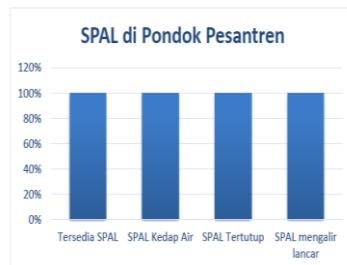
Toilet Bebas Sampah dan Tinja	Frequency	Percent (%)
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan mengenai kondisi toilet bebas tinja dan sampah yakni sebesar 62% bebas dari kotoran tinja dan sampah, 38% tidak bebas dari sampah dan tinja.

#### D. Kondisi Air Limbah Pondok Pesantren

Air Limbah merupakan sisa-sisa air yang dibuang dari rumah tangga domestik, industri kecil-besar, dan tempat lainnya. Saluran pembuangan air limbah (SPAL) yang tidak mengalir lancar dan tidak tertutup berdampak timbulnya berkembang biak vektor penyakit dan bernilai negatif ditinjau dari estetika. Kondisi SPAL pada pondok pesantren, disajikan pada Grafik di Gambar 1.



Gambar 1. Grafik SPAL Pondok Pesantren  
(Sumber: Analisa, 2021)

Dari grafik terlihat bahwa semua pondok memenuhi syarat Sarana Pembuangan Air limbah yaitu sebesar 100%. Syarat SPAL adalah SPAL kedap air, SPAL tertutup dan SPAL mengalir lancar.

#### E. Kondisi Penyakit Pondok Pesantren

Penyakit yang berhubungan dengan sanitasi antara *waterborne disease*, jenis penyakit antara lain diare dan thypus yang disebabkan oleh *Salmonella thyposa*. Sedangkan penyakit yang berhubungan dengan kepadatan penghuni rumah serta perilaku higiene adalah penyakit kulit dan penyakit ISPA. Adapun hasil penelitian terhadap kondisi penyakit pondok pesantren disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Penyakit yang sering di derita oleh Santri

Jenis Penyakit	Frequency	Percent (%)
ISPA	11	38
Penyakit Kulit	8	28
Thypus	3	10

Tidak Pernah	7	24
Total	29	100

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan penyakit yang sering di derita santri yakni 38% ISPA, 28% penyakit kulit, 10% penyakit thypus sedangkan 24% tidak pernah mengalami penyakit pada umumnya.

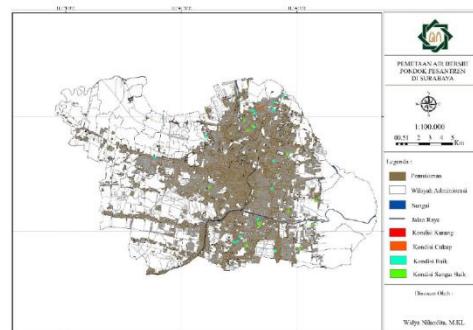
Penyakit yang berhubungan dengan sanitasi antara *waterborne disease*, jenis penyakit antara lain diare dan typus yang disebabkan oleh *Salmonella thyposa*. Sedangkan penyakit yang berhubungan dengan kepadatan penghuni rumah serta perilaku higiene adalah penyakit kulit dan penyakit ISPA.

Penyakit kulit berasal dari pengaruh Lingkungan sanitasi yang buruk terutama dapat disebarluaskan melalui air kotor dan sampah memberi efek pada kulit yang menyebabkan scabies, bakteri, virus, dan jamur pada kulit. Demikian pula sebaiknya lingkungan pondok pesantren harus tetap menjaga hygiene baik dari personal hingga lingkungan.

#### F. Pemetaan Sanitasi Pondok Pesantren

Pemetaan merupakan ilmu yang mempelajari tentang kenampakan yang ada di muka bumi dengan menggunakan bantuan alat tertentu sehingga menghasilkan data yang akurat. Pemetaan dilakukan berdasarkan kategori kondisi sanitasi. Kondisi sanitasi menggunakan skala likert dengan 4 kategori yaitu kategori kurang, cukup, baik dan sangat baik. Adapun hasil pemetaan pada penelitian ini, disajikan pada Gambar 2 sampai Gambar 5.

##### 1. Pemetaan Air Bersih Pondok Pesantren

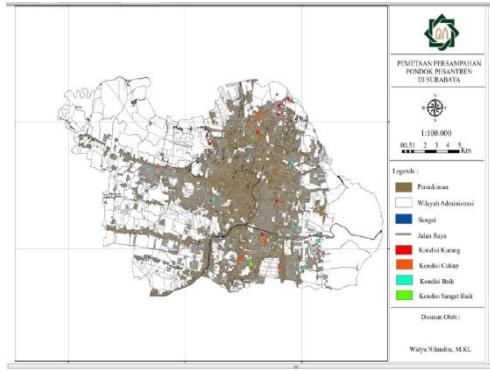


Gambar 2. Pemetaan Air Bersih Ponpes

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat sebaran kondisi sanitasi dari aspek air bersih dapat dilihat jika kondisi air bersih di pondok pesantren Kota Surabaya kondisinya mayoritas baik yaitu sejumlah 55,2%. Yang kondisi air bersih sangat baik berjumlah 41,4% dan yang kondisi air bersih kurang 3,4%. Kondisi sanitasi aspek air bersih yang kurang dari kualitas fisik airnya berwarna dan berbau. Kategori aspek air bersih berdasarkan sumber air bersih, kualitas fisik air bersih dan jarak sumber air dari sumber pencemar.

## 2. Pemetaan Persampahan Pondok Pesantren

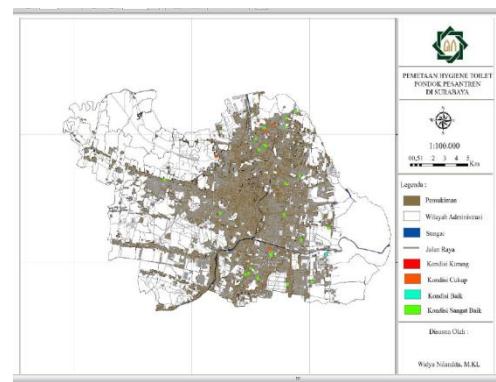


**Gambar 3.** Pemetaan Persampahan Pondok Pesantren

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa kondisi sanitasi dari aspek persampahan mayoritas kategori cukup sebesar 52% dan kurang yaitu 24%, baik 17% dan pondok Pesantren yang memiliki aspek persampahan yang sangat baik berjumlah 7%. Kategori aspek persampahan ini berdasarkan pemilahan sampah, jenis tempat sampah dan frekuensi pengangkutan sampah. Mayoritas pondok pesantren belum melakukan pemilahan sampah dan masih menggunakan tempat sampah yang terbuka.

## 3. Pemetaan Higiene dan Sanitasi Toilet dan Kamar Mandi Pondok Pesantren

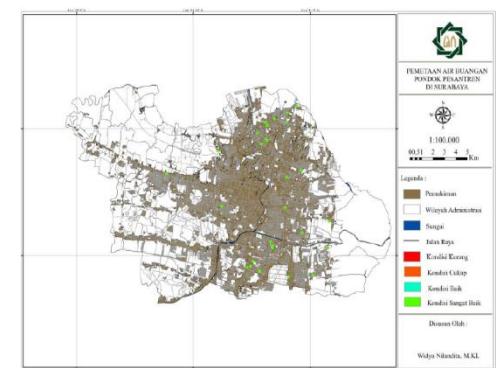


**Gambar 4.** Pemetaan Higiene dan Sanitasi Toilet dan Kamar Mandi Pondok Pesantren

(Sumber: Analisa, 2021)

Analisis berdasarkan Gambar 4, menunjukkan persebaran kondisi sanitasi dari aspek higiene sanitasi toilet dan kamar mandi. kondisi sanitasi di pondok pesantren Kota Surabaya dari aspek hygiene toilet dan kamar mandi mayoritas sangat baik (82,8%), namun ada beberapa yang kondisi sanitasinya cukup 13,8% dan yang kondisi baik ada 3,4%. Kategori kondisi sanitasi aspek hygiene toilet dan kamar mandi berdasarkan jenis jamban, proporsi kecukupan toilet dan jumlah santri, bersih bebas dari sampah dan tinja, bebas dari lalat dan kecoa serta penampungan bak kamar mandi bebas dari jentik nyamuk.

## 4. Pemetaan Air Limbah Pondok Pesantren



**Gambar 5.** Pemetaan Air Limbah Pondok Pesantren

(Sumber: Analisa, 2021)

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat persebaran kondisi sanitasi dari air limbah, kondisi sanitasi di pondok pesantren Kota Surabaya dari aspek air limbah seluruh pondok pesantren sangat baik (100%). Kategori kondisi sanitasi aspek air limbah berdasarkan kondisi Saluran Pembuangan Air

Limbah (SPAL) yang meliputi ketersediaan SPAL, SPAL kedap air, SPAL tertutup dan SPAL mengalir lancar, pembuangan balck water di tanki septik serta peride pengosongan tangki septik.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi sanitasi pondok pesantren di Kota Surabaya dari aspek air bersih mayoritas sangat baik sebesar 55,2% Aspek persampahan mayoritas kategori cukup sebesar 52%, aspek hygiene toilet dan kamar mandi mayoritas sangat baik 82,8% dan aspek air limbah 100% sangat baik.
2. Kejadian penyakit di pondok pesantren Kota Surabaya 38% ISPA, 28% kulit, 10% penyakit typus sedangkan 24% tidak pernah sakit.
3. Persebaran kondisi sanitasi dari aspek air bersih pondok pesantren di wilayah Surabaya Selatan, Surabaya Timur, Surabaya Utara, Surabaya Barat dan Surabaya Pusat mayoritas sangat baik, hanya ada 1 pondok pesantren di Surabaya Utara yang kondisi sanitasi aspek air bersih kurang. persampahan di pondok pesantren Kota Surabaya Sebagian besar masih kurang dan cukup, sebarannya merata di seluruh wilayah Kota Surabaya yaitu Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Utara dan Surabaya Pusat. Persebaran kondisi sanitasi dari aspek hygiene toilet dan kamar mandi. Beberapa pondok pesantren di wilayah Surabaya Utara memiliki hygiene sanitasi toilet dan kamar mandi cukup, sedangkan yang berada di wilayah Surabaya Selatan ada 1 yang kondisi hygiene toilet dan jamban cukup. dilihat persebaran kondisi sanitasi dari air limbah, seluruh pondok kondisi sanitasi dari aspek air limbah semua kondisinya baik sekali.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A. A. (2018). Keterkaitan Antara Sanitasi Pondok Pesantren Dengan Kejadian Penyakit Yang Dialami Santri Di Pondok Pesantren Sunan Draijat. *Medical Technology and Public Health Journal*, 1(1), 4–13. <https://doi.org/10.33086/mtphj.v1i1.752>
- Ariyanto, G. (2016). Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Kondisi Kualitas Air Tanah di Kota Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, 16(2). <https://doi.org/10.12962/j25983806.v16.i2.40>
- Entjang, I. (2000). *Ilmu Kesehatan Masyarakat (XIII)*. Citra Aditya Bakti.
- Hamdi, F. (2018). *Identifikasi dan Pemetaan Kualitas Air Tanah di Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Harun, H. (2017). Gambaran Pengetahuan Dan Perilaku Masyarakat Dalam Proses Pemilahan Sampah Rumah Tangga Di Desa Hegarmanah. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 6(2), 86–88.
- Juwono, K. F., & Diyanah, K. C. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah Rumah Tangga (Sampah Medis Dan Non Medis) Di Kota Surabaya Selama Pandemi Covid-19. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 20(1), 12–20. <https://doi.org/10.22435/jek.v20i1.3910>
- Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum, Pub. L. No. 32 Tahun 2017 (2017).
- Prahasta, E. (2009). *Sistem informasi geografis: Konsep-konsep dasar (perspektif geodesi & geomatika)*. Informatika.
- Sanitasi dan Air Bersih di Pondok Pesantren*. (2022). International NGO Forum on Indonesian Development (INFID). <https://www.infid.org/career/read/sanitasi-dan-air-bersih-di-pondok-pesantren>
- Susana, T. (2003). Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Oseana*, XXVIII(3), 17–25.
- WSP. (2008). *Juklak Program Sanitasi Total dan Pemasaran Sanitasi (SToPS)*. Kemenkes RI. <http://stbm.kemkes.go.id/public/docs/reference/5b99c4c2576e12f4c9a2019139312658b2f3704c9abc5.pdf>
- Yudo, S., & Said, N. I. (2019). Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 19.

<https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.25>

47

- Zein, U., Sagala, K. H., & Ginting, J. (2004). *Diare Akut Disebabkan Bakteri.*  
[https://www.researchgate.net/publication/42321299\\_Diare\\_Akut\\_Disebabkan\\_Bakteri](https://www.researchgate.net/publication/42321299_Diare_Akut_Disebabkan_Bakteri)

## Efektifitas Biopori Drainase sebagai Resapan Air

Abdul Hakim 1,\*

<sup>1</sup> Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia  
[\\*abdul.hakim@uinsby.ac.id](mailto:abdul.hakim@uinsby.ac.id)

### Abstract

The infrastructures development and the rapid population of many big cities have caused decreasing of green open space availability. Therefore, water on soil surface can not infiltrate into under ground fastly. In Contrast, the high water runoff after heavy rain affects the puddles in UIN Sunan Ampel Surabaya in rainy season. The objectives of study are to calculate how many hight of puddles in drainage channel with low of gradient hydraulic value and to analyze soil ability in site to infiltrate water. A laboratory test has been conducted such as: properties soil test, permeability, and infiltration test to analyze the biodrain need in 5 (five) of drainage channel. The result shows that channel C-D needs 16 biodrain, channel K-M needs 5 biodrain, channel M1-M and P1-Q1 need 12 biodrain, Moreover, channel Q-T needs 30 biodrain to infiltrate water into soil effectively.

Keywords: Bioporedrainage, water infiltration, Runoff.

### Abstrak

Pembangunan infrastruktur dan jumlah penduduk yang padat di beberapa kota besar telah menyebabkan berkurangnya ketersediaan ruang terbuka hijau sehingga air di atas permukaan tanah tidak dapat meresap ke dalam tanah dengan cepat. Sebaliknya air *runoff* yang tinggi mempengaruhi terjadinya genangan air di dalam kampus UIN Sunan Ampel Surabaya pada saat musim penghujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung berapa tinggi genangan di dalam saluran drainase dengan nilai gradien hidrolik yang rendah dan untuk menganalisa kemampuan permukaan tanah dalam menyerap air. Uji laboratorium dilakukan seperti: tes propertis tanah, permeabilitas dan tes infiltrasi pada 5 (lima) saluran drainase. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa saluran C-D memerlukan 16 biopori, saluran K-M memerlukan 5 (lima) biopori, saluran M1-M dan P1-Q1 memerlukan 12 biopori. Selanjutnya saluran Q-T memerlukan 30 biopori untuk meresapkan air ke dalam tanah dengan efektif.

Kata Kunci: Biopori drainase, infiltrasi air, *Runoff*.

### 1. PENDAHULUAN

Beberapa akhir dekade ini, ketersediaan air menjadi isu yang serius baik di tingkat nasional maupun internasional, kebutuhan air terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk di muka bumi. Air tanah masih menjadi sumber pilihan utama bagi penduduk karena kualitas dan biayanya yang lebih murah, namun sayangnya ketersediaannya saat ini semakin berkurang akibat eksloitasi yang masif oleh industri, kantor pelayanan publik maupun rumah tangga. Selanjutnya, ketersediaan area resapan air atau ruang terbuka hijau semakin berkurang akibat alih fungsi lahan baik di daerah hulu maupun di daerah hilir sehingga air hujan yang jatuh tidak dapat meresap ke dalam tanah tetapi air melimpas langsung (*runoff*) ke saluran drainase maupun sungai. Permasalahan sistem drainase yang kurang baik juga terjadi di

kampus UIN Sunan Ampel Surabaya dengan indikasi masih sering terjadi genangan saat musim hujan seperti di depan Gedung Auditorium, di belakang Gedung *Twin Towers* dan di depan Fakultas Ushuludin. Perbaikan drainase di UINSA telah dilakukan sejak tahun 2015 bersamaan dengan proyek IsDB (*Islamic Development Bank*) dan Pekerjaan peninggian Jalan namun karena terdapat beberapa saluran dengan nilai gradien hidrolik yang mendekati nol (landai) menyebabkan genangan masih terlihat khususnya pada saat musim hujan (Ridwan, et.al, 2019). Selain itu, jumlah RTH di UINSA yang masih berada di bawah standar berdasar kajian master plan kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya. Pada tahun sebelumnya yakni pada Tahun 2018 (Hakim dkk.,2018), juga telah melakukan penelitian yang serupa dengan hasil berupa rekomendasi agar perlu dibuat beberapa jumlah biopori,

tetapi hal ini juga sulit karena terbatasnya lahan yang dapat digunakan untuk lubang biopori tersebut.

Biodrain adalah sebuah invensi kombinasi antara saluran drainase dan biopori untuk mengatasi permasalahan genangan air pada saluran drainase agar air dapat meresap secara optimal ke dalam tanah. Beberapa pengujian telah dilakukan yaitu uji properties tanah, permeabilitas dan infiltrasi tanah untuk menghitung kebutuhan biodrain pada 5 (lima) saluran drainase yang bermasalah.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui tinggi genangan pada saluran drainase untuk mengurangi genangan tersebut. Selain itu untuk mengetahui upaya meningkatkan jumlah air yang meresap ke dalam tanah dan memberi rekomendasi teknik kepada pengelola pembangunan kampus UIN Sunan Ampel Surabaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini secara umum disajikan pada Gambar 1. Investigasi dilakukan untuk mengetahui jenis tanah asli kampus UIN Sunan Ampel dengan melakukan pengeboran dan pengambilan sampel tanah di beberapa titik lokasi untuk dilakukan pengujian di laboratorium.

### 1. Uji material tanah di laboratorium

Pengujian material tanah dilakukan di laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Pengujian ini selain mendapatkan klasifikasi dan komposisi tanah juga diharapkan mendapatkan data parameter tanah untuk keperluan analisis seperti:

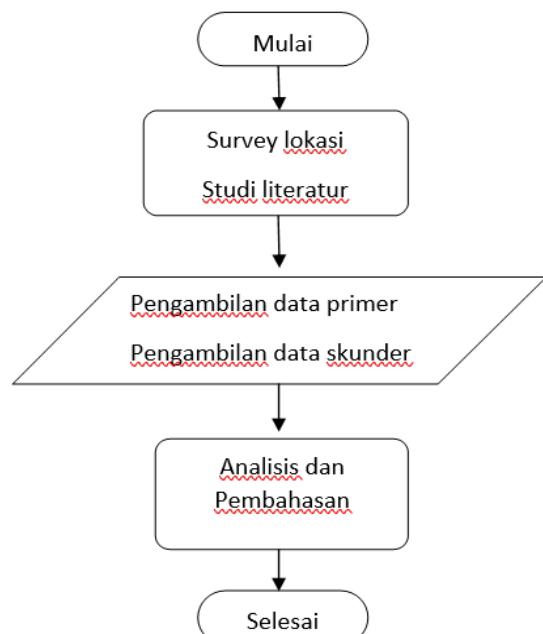
- Gradasi tanah asli dan tanah organik
- Koefisien permeabilitas ( $k$ ).

Uji rembesan dengan alat permeameter untuk mengetahui koefisien permeabilitasnya ( $k$ ). Air dimasukkan ke saluran dan dihitung kecepatan rembesannya.

### 2. Analisis Data.

Analisis data menggunakan teori Mekanika Tanah dan hidrologi. Teori mekanika tanah digunakan untuk menganalisa hasil uji klasifikasi tanah dan propertis tanah dengan parameter seperti: gradasi tanah, kadar air ( $w$ ), berat satuan volume tanah ( $\gamma$ ), koefisien permeabilitas ( $k$ ). Sedangkan teori hidrologi digunakan untuk menganalisis hasil perhitungan curah dan debit rencana dengan beberapa

metode perhitungan dalam menentukan intensitas hujan dari data sekunder (data curah hujan) yang diperoleh dari berbagai instansi yang mengurus masalah iklim dan cuaca.



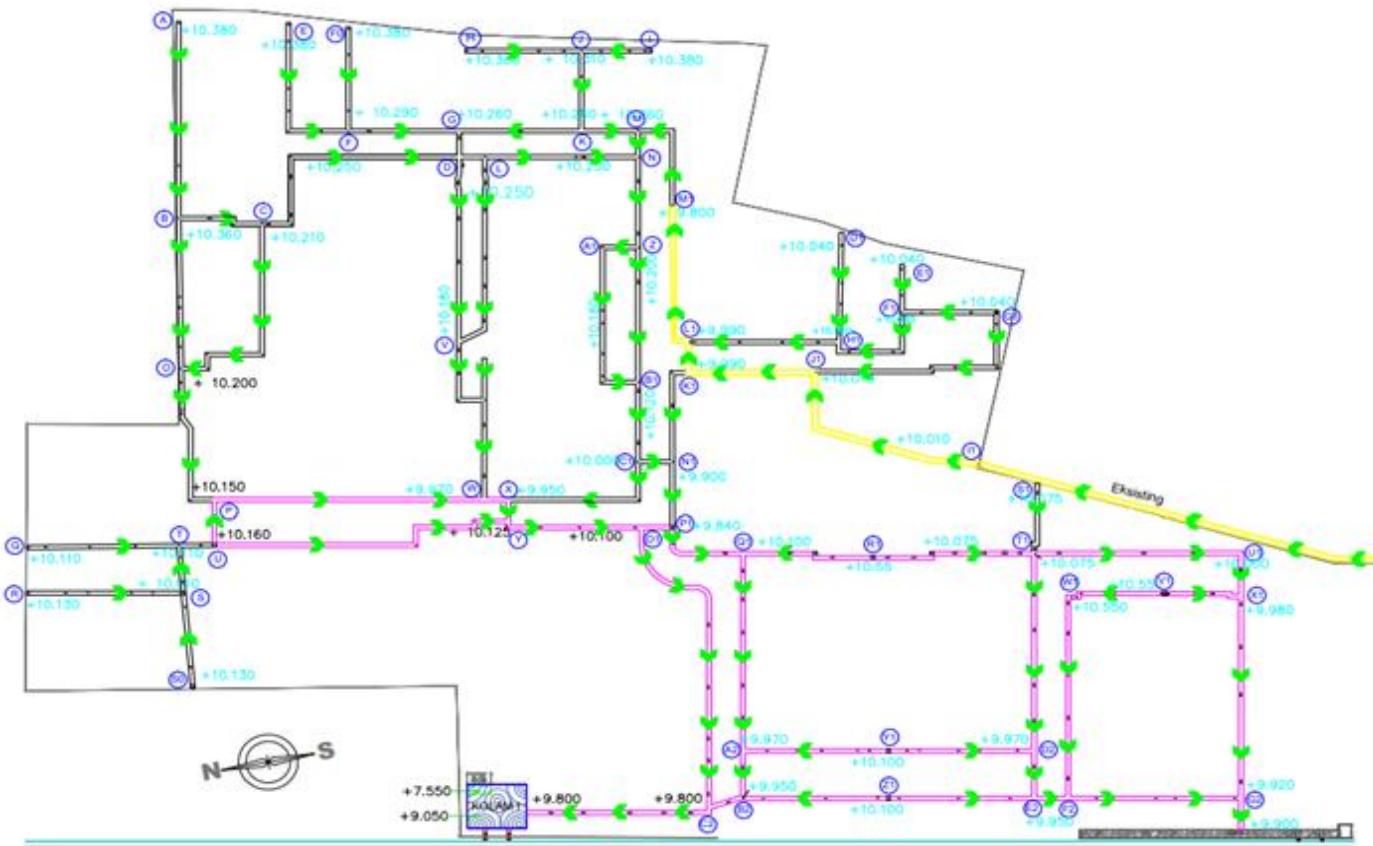
Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Kondisi Drainase di UIN Sunan Ampel

Permasalahan sistem drainase yang terjadi di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 adalah arah aliran air yang berlawanan dengan arah alamiah aliran air yang seharusnya yaitu aliran yang berdasarkan gravitasi. Arah aliran air alamiah/gravitasi di Surabaya yang seharusnya menuju ke arah laut yaitu ke utara dan ke timur, hal ini dibuktikan oleh saluran eksisting yang merupakan drainase milik pemerintah kota Surabaya.

Saluran drainase eksisting yang seharusnya menuju ke arah timur atau menuju ke permukiman penduduk diarahkan kembali ke dalam kampus (arah selatan) karena penduduk menolak dilewati saluran tersebut. Hal ini menyebabkan masalah pada elevasi saluran sehingga memerlukan penyesuaian agar air dalam saluran dapat mengalir menuju titik akhir yang telah ditentukan yaitu saluran Kota yang elevasinya lebih tinggi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 2.** Saluran Drainase Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya

**Tabel 1.** Elevasi Saluran Drainase UIN Sunan Ampel

No	Titik	Elevasi	No	Titik	Elevasi
	Elevasi	(m)		Elevasi	(m)
1	A	10,380	7	Q	10,110
2	C	10,210	8	S	10,010
3	D	10,250	9	T	10,110
4	K	10,260	10	M1	9,840
5	L	10,250	11	P1	9,840
6	M	10,260	12	Q1	10,100

(Sumber: Bagian Umum UINSA, 2019)

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat beberapa bagian saluran yang bermasalah seperti:

- 1) Berdasarkan tabel elevasi C 10,210 m sedangkan elevasi D lebih tinggi yaitu 10,250 m. Hal ini menyebabkan *back water*.
- 2) Saluran antara Titik K sampai dengan titik M. Baik elevasi pada titik K dan titik M adalah 10,260.
- 3) Saluran antara Titik M1 sampai dengan titik M. Elevasi M1 (9,80) lebih rendah daripada elevasi M (10,26).
- 4) Saluran antara Titik P1 sampai dengan titik Q1. Elevasi P1 (9,840) lebih rendah daripada Q1 (10,10).

- 5) Saluran antara Titik Q dan S sampai dengan titik T. Elevasi titik Q dan S lebih rendah daripada titik T.

### b. Geologi Lokasi Penelitian

UIN Sunan Ampel terletak di Kecamatan Wonocolo yang termasuk wilayah Surabaya Selatan. Berdasarkan peta geologi lembar Surabaya pada laporan data dan informasi CAT Kota Surabaya oleh BLH Kota Surabaya tahun 2015 bahwa Wonocolo termasuk pada formasi Kabuh. Formasi ini tersusun atas batuan lempung kepasiran dan sedikit batuan konglomerat. Warna tanah biasanya abu-abu kehitaman, plastisitas tinggi dan permeabilitas rendah, sedangkan kedalaman tanah ini antara 4 m sampai dengan 9,5 m.

Untuk mengetahui jenis tanah pada lokasi penelitian diperoleh data hasil penyelidikan tanah dengan SPT (*Standard Penetration Test*) dari pekerjaan pembangunan *Apartemen the Frontage* Jl. Ahmad Yani yang merupakan proyek yang berbatasan langsung dengan kampus UIN

Sunan Ampel Surabaya sebagaimana tabel 2. Data ini diambil karena lokasi pembangunan *Apartemen the Frontage* berdampingan dengan kampus UIN Sunan Ampel Surabaya.

**Tabel 2.** Hasil Tes N-SPT

Kedalaman (m)	Deskripsi	N-SPT B1	Deskripsi	N-SPT B2
0	Lempung+ Bata Merah	0	Pasir + Bongkar an	0
-1				
-2		2		2
-3	Lempung Lunak	2	Lempung Lunak	2
-4				
-5		2		1
-6		1		1
-7		1		1
-8		1		1
-9		1		1
-10		1		1
-11		1		1
-12		1		1
-13		1		1
-14		1		1
-15		1		1

(Sumber: Afriyanto, 2017)

Dari Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa lapisan atas atau lapisan dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman 2 m didominasi oleh lempung, pasir, bongkar, gragal dan terdapat bata merah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa lapisan pada lokasi tersebut merupakan tanah urugan untuk perataan lokasi pembangunan.

Pada elevasi -2 m sampai dengan -5 m didominasi oleh jenis tanah berupa pasir halus dan pasir kelempungan. Elevasi -5 m sampai dengan -15 m berupa lempung lunak. Sedangkan lempung keras ditemukan di bawah elevasi -15 m.

Dari pengamatan penulis di lokasi dalam kampus bahwa air tanah ditemukan pada elevasi - 1,5 m sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 4.2. Hal ini membuktikan bahwa elevasi - 2m berupa tanah pasir karena keberadaan air biasanya berada pada tanah dengan permeabilitas yang besar.

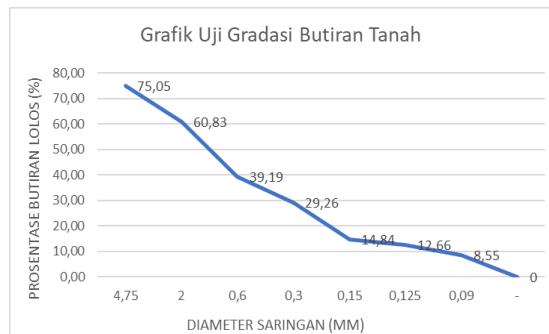
### c. Hasil Uji Laboratorium

#### Analisis Ukuran Butiran Tanah

Ukuran butiran tanah dapat diketahui dengan analisis saringan dan analisis hydrometer yang dilakukan di

Laboratorium. Pengambilan sampel tanah dilakukan di tiga titik di lokasi dalam Kampus yaitu: titik 1 di belakang Fakultas Adab, titik 2 di dekat lapangan Futsal/ Pesantren mahasiswa putra dan titik 3 di depan Gedung perpustakaan yang baru. Penentuan titik-titik sampel di atas merupakan representasi dari lokasi saluran yang memiliki gradien hidrolik rendah.

Dari hasil analisis saringan pada sampel tanah di daerah saluran C-D diperoleh hasil analisis butiran tanah seperti grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Analysis Butiran Tanah C-D

Dari Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa hasil analisis saringan diperoleh bahwa butiran tanah yang tertahan saringan no. 4 (4,75 mm) sebanyak 25%, sedangkan yang tertahan antara no. 4 sampai no 200 adalah 75%. Selanjutnya butiran tanah yang lolos saringan nomor 200 sebanyak 10%. Berdasarkan Klasifikasi tanah berdasarkan USDA (*United State Department of Agriculture*) dengan segitiga tanah seperti gambar 5 dapat dijelaskan bahwa sampel tanah yang diambil dari lokasi pesantren mahasiswa putra tersebut termasuk jenis tanah Pasir kelanauan.

#### Kadar Air (w)

Kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air dalam tanah. Kadar air dinyatakan dalam persen. Sehingga kadar air menyatakan persentase volume air terhadap volume tanah.

Lokasi pengambilan sampel tanah untuk uji kadar air (w) diambil di belakang gedung Fakultas Adab dan di lapangan Futsal. Sampel diletakkan pada 4 (empat) cawan yang ditimbang

baik sebelum dan setelah dioven selama 24 jam dengan suhu 105°C seperti ditunjukkan Tabel 3.

**Tabel 3.** Kadar Air Tanah

	Sampel 1	Sampel 2	
a (gr)	10,55	10,44	10,55 10,68
b (gr)	43,47	45,51	35,48 36,79
c (gr)	40,62	41,62	33,23 34,32
w (%)	9,48	12,57	9,92 10,45
Rata (%)	11,03	10,19	

(Sumber: Laboratorium Integrasi UINSA, 2021)

Hasil uji kadar air seperti Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa rata-rata kadar tanah di lokasi penelitian 11,03% dan 10,19%.

#### Berat isi tanah ( $\gamma$ )

Perhitungan ini terdiri berat isi tanah basah ( $\gamma$ ), berat isi tanah kering ( $\gamma_d$ ) dan berat isi tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ).

Lokasi pengambilan sampel tanah untuk menghitung berat volume yaitu sama dengan sampel tanah untuk uji saringan tanah, sedangkan penghitungan dilakukan di laboratorium integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya dengan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Berat Isi Tanah

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Volume (cm <sup>3</sup> )	84,78	84,78	84,78
Berat wadah + sampel (gram)	160,47	163,36	165,67
Berat wadah (gr)	10,35	10,56	10,42
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,77	1,80	1,83
Rata-rata $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,80		
$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,61	1,64	1,66
Rata-rata $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,64		

(Sumber: Laboratorium Integrasi UINSA, 2021)

Dalam Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa berat volume tanah basah rata-rata yaitu 1,80 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan berat volume tanah kering rata-rata 1,64 g/cm<sup>3</sup>. Hasil di atas

sesuai dengan sifat-sifat fisik tanah untuk jenis tanah kepasiran.

#### Permeabilitas Tanah

Dari hasil Analisa gradasi tanah yang telah dilakukan di Laboratorium integrasi seperti Gambar 3 menunjukkan bahwa tanah adalah jenis pasir kelanauan.

Uji permeabilitas pada sampel tanah ini menggunakan metode *constant head*. Nilai koefisien permeabilitas k dapat dihitung menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$k = QL/Aht \quad (1)$$

Keterangan:

K = koefisien permeabilitas (cm/det)

Q = volume air yang terkumpul (m<sup>3</sup>/det)

A = luas penampang melintang contoh tanah (m<sup>2</sup>)

t = waktu yang digunakan untuk mengumpulkan air (detik)

$$i = h/L$$

L = Panjang contoh tanah (m)

Dari hasil uji Laboratorium diperoleh nilai koefisien permeabilitas seperti Tabel 5 di bawah ini:

**Tabel 5.** Nilai Koefisien Permeabilitas (K)

No	Sampel Tanah	Koefisien Permeabilitas (k)(cm/det)
1	Fakultas Adab	0,0246
2	Pesantren Mahasiswa Putra	0,0352
3	Gedung Perpustakaan	0,0366

(Sumber: Laboratorium Integrasi UINSA, 2021)

Hasil uji permeabilitas pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai k rata-rata pada 3 (tiga) lokasi pengamatan diperoleh 0,0321 cm/det.

#### d. Intentisitas Curah Hujan Daerah Penelitian

Intensitas Curah hujan dihitung berdasarkan analisis yang telah dilakukan oleh Marta *et. al*, 2018 dan Ridwan *et. al*, 2019. Marta menggunakan metode Mononobe dengan data hujan 10 tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya dan UPT PSDA Surabaya. Hasil analisis data curah hujan diperoleh intensitas hujan untuk periode

ulang 2 tahun sampai dengan 100 tahun seperti Tabel 6 di bawah ini.

**Tabel 6. Intensitas Curah Hujan**

t (Jam)	R24 (mm/jam)					
	R2	R5	R10	R25	R50	R100
	510,10	591,10	639,87	697,45	729,31	762,86
1	178,72	207,11	224,19	244,36	255,53	267,28
	112,33	130,17	140,91	153,58	160,60	167,99
3	85,60	99,20	107,38	117,05	122,39	128,02
4	70,60	81,81	88,56	96,53	100,94	105,58
5	60,79	70,45	76,26	83,12	86,92	90,92
6	53,80	62,34	67,49	73,56	76,92	80,46
7	48,52	56,23	60,87	66,34	69,37	72,57
8	44,37	51,41	55,66	60,67	63,44	66,36
9	41,00	47,51	51,43	56,06	58,62	61,32
10	38,21	44,27	47,93	52,24	54,63	57,14
11	35,84	41,53	44,96	49,01	51,25	53,61
12	33,81	39,18	42,42	46,23	48,35	50,57
13	32,05	37,14	40,20	43,82	45,82	47,93
14	30,49	35,34	38,25	41,70	43,60	45,61
15	29,12	33,74	36,52	39,81	41,63	43,55
16	27,88	32,31	34,98	38,13	39,87	41,70
17	26,77	31,03	33,59	36,61	38,28	40,04
18	25,77	29,86	32,32	35,23	36,84	38,54
19	24,85	28,80	31,17	33,98	35,53	37,17
20	24,01	27,82	30,12	32,83	34,33	35,91
21	23,24	26,93	29,15	31,78	33,23	34,76
22	22,53	26,10	28,26	30,80	32,21	33,69
23	21,86	25,34	27,43	29,90	31,26	32,70
24	21,25	24,62	26,66	29,06	30,38	31,78
Jml	1113,5	1290,3	1396,80	1522,50	1592,05	1665,2
	2	4			8	

(Sumber: Marta et. al, 2018)

### e. Debit Limpasan (Qr)

Dalam menghitung debit limpasan pada area kampus UIN Sunan Ampel (Tabel 7) menggunakan metode rasional (Triatmodjo, 2013).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2)$$

Keterangan:

Q= Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu ( $m^3/detik$ )

I = Intensitas hujan ( $m/detik$ ),

A= Luas daerah tangkapan ( $m^2$ )

C= Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

**Tabel 7. Debit Limpasan masing-masing Blok Saluran**

No.	Lokasi	Luas Limpasan ( $m^2$ )	Debit Limpasan ( $m^3/jam$ )	Debit Limpasan ( $m^3/det$ )
1.	Saluran C-D	1671,6	57,39	0,016
2.	Saluran K-M	482,58	16,57	0,005
3.	Saluran M1-M	1227,66	42,15	0,011
4.	Saluran P1-Q1	1827,63	62,75	0,012
5.	Saluran Q-ST	2801,4	96,18	0,027

(Sumber: Ridwan et. al, 2019)

### f. Hasil Peritungan Debit Resapan (Qs)

Dalam menghitung debit resapan maka menggunakan metode perhitungan infiltrasi.

$$F = f_c + (f_0 - f_c) \times e^{-kt} \quad (3)$$

Keterangan:

f = laju infiltrasi nyata ( $cm/jam$ )

f<sub>c</sub> = laju infiltrasi tetap ( $cm/jam$ )

f<sub>0</sub> = laju infiltrasi awal ( $cm/jam$ )

k = konstanta geofisik

t = waktu (t)

e = 2,718281820

Hasil uji resapan air/uji infiltrasi tanah, didapatkan nilai resapan tanah pada lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Hasil Uji Infiltrasi di Lokasi Kampus UINSA**

No.	Lokasi	Dengan Biopori ( $cm/det$ )
1.	Belakang Masjid Ulul Albab	0,0500
2.	Depan Fakultas Psikologi	0,0328
3.	Samping Kopertais	0,0500
Rata-rata		0,044

(Sumber: Marta et. al, 2018)

### g. Perhitungan Penurunan Genangan pada Masing-Masing Saluran

Sebagaimana penjelasan sebelumnya bahwa terdapat permasalahan aliran air pada saluran akibat nilai gradien hidrologik (i) yang sangat kecil yang menyebabkan air sulit mengalir, selain itu air meluap melalui celah tutup saluran dan membanjiri area di sekelilingnya.

**Tabel 9.** Hasil Kebutuhan Biodrainase Tiap Saluran

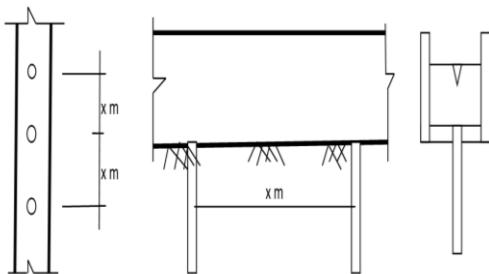
Sa lu ra n	Pan jan (m)	Jara k Bio drai n (m)	Debit limpa san (Qr) (m <sup>3</sup> /d etik)	Debit remb esan (Qb) (m <sup>3</sup> /d etik)	Genan gan (m)	N Biodr ainase Usula n
C- D	163	10	0,016	0,015	0,000 64	16
K- M	29	6	0,005	0,048	0,000 2	5
M 1- M	41	3,5	0,011	0,011	0	12
P1 - Q 1	80	6,6	0,012	0,012	0	12
Q- T	77	2,6	0,027	0,028	0	30

(Sumber: Hasil analisis, 2021)

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan Bio drainase seperti Gambar 4 pada tiap saluran dengan nilai gradien hidrolik rendah dengan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Saluran tersebut adalah C-D (depan fakultas Fisip), saluran K-M (depan Gedung FEBI), saluran M1-M (depan Gedung fakultas Adab), P1-Q1 (depan Gedung Perpustakaan Baru) dan saluran Q-S (depan Gedung perkuliahan Saintek).

Dari persamaan 1,2 dan 3 diperoleh hasil



**Gambar 4.** Potongan Biopori pada Saluran Drainase

Dari Tabel 9 menjelaskan efektifitas biodrain dalam menurunkan debit limpasan pada lima saluran yaitu: saluran C-D, saluran K-M, saluran M1-M, saluran P1-Q1 dan saluran Q-T yang masing-masing saluran membutuhkan jumlah biodrain yang tidak sama tergantung besarnya debit limpasan (Qr) dan Panjang saluran.

Pada saluran K-M dengan debit limpasan (Qr) sebesar 0,005 m<sup>3</sup>/detik dan panjang saluran 29 m membutuhkan 5

biodrain dengan jarak masing-masing biodrain yaitu 6 meter.

Pada saluran M1-M dengan debit limpasan (Qr) sebesar 0,01 m<sup>3</sup>/detik dan panjang saluran 41 m membutuhkan 12 biodrain dengan jarak masing-masing biodrain yaitu 3,5 meter.

Pada saluran P1-Q1 dengan debit limpasan (Qr) sebesar 0,01 m<sup>3</sup>/detik dan panjang saluran 41 m membutuhkan 30 biodrain dengan jarak masing-masing biodrain yaitu 3,5 meter.

Pada saluran Q-T dengan debit limpasan (Qr) sebesar 0,025 m<sup>3</sup>/detik dan panjang saluran 77 m membutuhkan 30 biodrain dengan jarak masing-masing biodrain yaitu 2,6 meter.

#### 4. KESIMPULAN

Dari uraian hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Saluran air atau drainase di dalam kampus UIN Sunan Ampel memiliki permasalahan dengan kemiringan atau nilai gradien hidrolik ( $i=0$ ) pada saluran C-D, K-M, M1-M, P1-Q1 dan QT. Sehingga pada saluran tersebut menyebabkan genangan. Maka diperlukan biodrain untuk Mengurangi tinggi genangan pada saluran drainase
- Biodrain memiliki fungsi efektif dalam meningkatkan jumlah air yang meresap ke dalam tanah dari debit limpasan secara penuh.
- Berdasarkan perhitungan pada saluran C-D diperlukan sebanyak 16 biodrain, saluran K-M diperlukan sebanyak 5 biodrain, saluran M1-M diperlukan sebanyak 12 biodrain, saluran P1-Q1 diperlukan sebanyak 12 biodrain dan saluran Q-T diperlukan sebanyak 30 biodrain.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto A. (2017). *Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode pada Proyek Apartemen the Frontage Surabaya*. Tugas Akhir-RC14-1501 ITS.
- Das, Braja M. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Terjemahan oleh Noor Endah & Indra Surya Mochtar. Jilid I, Jakarta: Erlangga.
- Hasmar, H. (2012). *Drainase Terapan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

- Sumarto CD. (1995). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Edisi ke-2 Penerbit Erlangga.
- Syariah dkk (2020). Laporan Akhir Masterplan Kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya Tahun Anggaran 2020
- Martha, Hakim, Nugraheni. (2018). *Kajian Air Hujan Melalui Lubang Resapan Biopori (Lrb) Di Uin Sunan Ampel Surabaya*: Jurnal Teknik Lingkungan Vol.4 No.1 - September 2018(01-07)
- Notodarmojo S. (2005). *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB
- Ridwan. (2019). *Evaluasi Sistem Drainase Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya*. Laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Fakultasn Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya
- Sibarani, Penelitian Biopori Untuk Menentukan Laju Resap Air Berdasarkan Variasi Umur Dan Jenis Sampah, [digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10743-Paper.pdf](http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10743-Paper.pdf)
- Soenarto. (2018). *Aliran Air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi offset
- Sutarman E. (2009). Concept and application of Soil Mechanic, ANDI. Yogyakarta, 1st edition

## **Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem *Upflow*, Variasi Bahan Filtrasi, dan Pengaruhnya terhadap Penurunan Logam Besi dan Mangan**

**Rosdiana Rosdiana<sup>1</sup>, Muhammad Baguz Fatusman<sup>2</sup>, Al Amin Siharis<sup>3</sup>, Wa Ndibale<sup>4</sup>, Moch. Assidieq<sup>5</sup>, Ilham Ilham<sup>6</sup>, Bernadetha Susianti<sup>7</sup>, Dwiprayogo Wibowo<sup>8,\*</sup>**

<sup>1,2,4,5,8</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Kendari 93237 – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Kendari 93237 – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

<sup>6</sup> Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari 93231 – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

<sup>7</sup> PT. Jara Silica, Jenu, Kabupaten Tuban 62352 – Jawa Timur, Indonesia.

\* [dwiprayogo@umkendari.ac.id](mailto:dwiprayogo@umkendari.ac.id)

---

### **Abstract**

Water cleanliness plays an important role as a parameter in observing the quality of water that is suitable for consumption for every human life. This is certainly reflected in the health of a healthier life, but so far it is still low in the water quality that is suitable for community use. This study presents a simple technology to design water filtration using an up-flow system (bottom to up) and finds the effectiveness of the filtration media in reducing the content of iron (Fe) and manganese (Mn) metals in groundwater. Water samples were taken from Bukit Fadiah Asri Housing, Kendari City, and tested using three variations of media composition consisting of fiber, gravel, activated charcoal, black sand, and silica which flowed from bottom to top by gravity. Based on these results indicate that type B media material consisting of gravel, palm fiber, black sand, activated charcoal, silica, and palm fiber with a media thickness of 10 cm has a very good level of effectiveness which can reduce the metal content of Fe by 75% and Mn by 66%. This simple and inexpensive filtration media can be applied to the community to neutralize groundwater turbidity and reduce Fe and Mn metal content because it is used as an adsorption medium for heavy metals in water.

Keywords: Water, Filtering, Media, Upflow, Design.

### **Abstrak**

Kebersihan air menjadi parameter penting untuk melihat kualitas air yang laik konsumsi bagi setiap manusia. Air bersih tentunya mencerminkan kesehatan hidup yang lebih sehat, namun beberapa daerah masih jauh dari kata laik kualitas air untuk digunakan masyarakat. Penelitian ini menghadirkan teknologi sederhana untuk melihat efektifitas penyaringan air sistem *upflow* (bawah ke atas) dan variasi susunan bahan filtrasi untuk melihat seberapa besar penurunan kadar logam besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air tanah. Pengujian air tanah yang diperoleh dari Perumahan Bukit Fadiah Asri Kota Kendari diuji menggunakan tiga variasi susunan media dengan bahan penyaring terdiri dari ijuk, kerikil, arang aktif, pasir malang, dan silika yang dialirkkan dari bawah ke atas secara gravitasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa efektivitas material media tipe B yang tersusun dari krikil, ijuk, pasir malang, arang aktif, silika, dan ijuk dengan ketebalan media masing-masing 10 cm mempunyai tingkat efektivitas sangat baik dimana dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 75% dan Mn sebesar 66%. Alat filtrasi sederhana dan berbiaya rendah ini dapat diterapkan bagi masyarakat untuk menetralisir kekeruhan air tanah dan menurunkan logam Fe dan Mn karena sebagai media adsorpsi logam berat dalam air.

Kata Kunci: Air, Penyaringan, Media, Upflow, Desain.

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan air bersih menjadi salah satu prioritas utama masyarakat untuk digunakan dalam peruntukannya dan mencerminkan kesehatan suatu lingkungan rumah tangga (Islam et al., 2021; Yuningsih, 2019). Parameter ini disebabkan kebutuhan air bersih untuk keperluan air minum, memasak, dan mencuci menjadi alasan utama kenapa masyarakat membutuhkan air bersih dalam segala sesuatu aktivitas (Noviana et al., 2018; Pramono & Andana, 2019). Secara umum, air bila ditinjau dari segi kualitasnya terbagi atas dua diantaranya air bersih dan air kotor (kurang bersih), dasar pembagian kualitas ini mengingat air merupakan bahan cair yang bening sehingga ketika terakumulasinya suatu bahan pengotor maka secara cepat air mengalami pencemaran maka dikategorikan dalam air limbah (air tidak layak pakai) (Hema et al., 2021; Neshart et al., 2021; Riyanti et al., 2018).

Saat ini, inisiatif masyarakat untuk keperluan air bersih bersumber dari air permukaan (*surfacewater*) yang bersumber dari air danau dan sungai, air tanah (*groundwater*) berupa air sumur dangkal/dalam (sumur bor), mata air, dan air hujan yang turun ke permukaan bumi (Novianti, 2020; Ulfah, 2018). Pemanfaatan air tanah (*groundwater*) menjadi solusi alternatif masyarakat untuk memperoleh air bersih, namun kondisi ini nyatanya tidak sesuai ekspektasi dengan harapan memperoleh air bersih, malah menimbulkan masalah baru yaitu air yang diperoleh terkadang keruh dan mengandung lumpur pasir (Sarasanty, 2020; Shanty & DJ, 2020).

Beberapa faktor utama akibat air tanah keruh yaitu bisa disebabkan oleh kondisi geohidrologi kurang baik, struktur tanah yang kurang baik, banyaknya kandungan logam dalam tanah, dan atau lapisan tanah yang mengandung beberapa lumpur terjerap dengan air tanah (Kodoatie, 2021; Wibowo, 2019). Sebagaimana air merupakan zat cair/pelarut universal maka air tanah juga dapat melarutkan beberapa mineral dalam tanah dengan persentase 75,3% zat kimia anorganik dan 24,7% zat kimia organik (Triwuri & Prasadi, 2020). Tingginya zat anorganik yang larut dalam air tanah sebab air mudah melarutkan zat ionik dan partikel dalam lapisan tanah yang dilalui seperti besi (Fe), mangan (Mn), alumunium (Al), barium (Ba),

tembaga (Cu), kromium (Cr), kadmium (Cd), dan lain-lain (Purwoto et al., 2018; Triwuri & Prasadi, 2020).

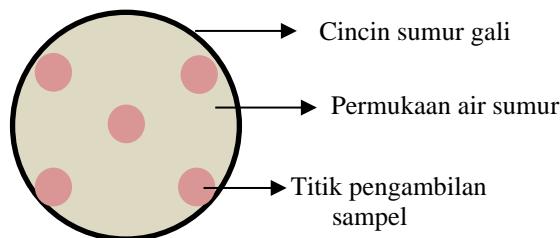
Kadar Fe dan Mn dapat kita temukan dalam lapisan tanah berbentuk oksida seperti ferri oksida ( $Fe_2O_3$ ) dan mangan oksida ( $MnO_2$ ) yang berikatan membentuk senyawa terlarut berupa bikarbonat ferrokarbonat ( $FeCO_3$ ) dan mangankarbonat ( $MnCO_3$ ) (Nugraha et al., 2020; Samosir & Rusli, 2021). Konsentrasi Fe dalam air biasanya cukup besar mendominasi unsur yang lain yang diperkirakan mencapai 25 mg/L (Maesara & Kunaefi, 2018). Jika dibandingkan air tanah dan permukaan, kandungan logam Fe pada air permukaan cenderung lebih kecil karena disebabkan oleh beberapa butiran halus oksida yang dibawa oleh air permukaan seperti  $Fe_2O_3$ , koloid, atau bahan organik kompleks (Rouf, 2020). Selain itu, keberadaan logam Mn juga relatif kecil kurang dari 1 mg/L, dalam air logam Mn membentuk ion tetravalen ( $Mn^{4+}$ ) atau dalam organik kompleks (Huang et al., 2018; Mursalim et al., 2017). Kondisi kekeruhan air tanah dapat disebabkan kehadiran kadar Fe dan Mn memberikan cirikhas warna coklat kekuningan yang bila digunakan untuk mencuci terjadi perubahan warna pada pakaian, perpipaan, peralatan, dan sebagainya (Indrawati & Fakhrudin, 2016). Selain itu, kondisi ini akan memperparah penurunan tekanan pada fluida yang mengalir dalam pipa (*headloss*) serta air menjadi berasa dan berbau Fe sehingga merangsang pertumbuhan bakteri. Bila konsentrasi logam terlarut dalam air melebihi batas baku mutu akan menyebabkan berbagai masalah seperti gangguan teknis yaitu mengotori bak, wastafel, kloset, korosif pada saluran pipa. Gangguan fisik kondisi air tanah yaitu timbulnya warna, bau, dan rasa, serta menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan pencernaan, terakumulasinya bakteri, pengendapan sistem metabolisme tubuh, dan menyebabkan berbagai macam penyakit (Febrina & Astrid, 2014; Prabarini & Okayadnya, 2014). Oleh karena itu, pentingnya menjaga kualitas dan kuantitas air bebas dari logam terlarut dengan mengurangi kadar Fe dan Mn yang berlebihan dalam air dengan teknik filtrasi merupakan teknik pemisahaan suatu zat koloid yang terdispersi didalam air dengan melewatkkan medium penyaring sehingga partikel pembawa dalam air terjerap pada kisi material filtrasi.

Berdasarkan penelitian Rasman dan Saleh (2016), penurunan kadar Fe dengan sistem filtrasi menggunakan media kerikil, arang tempurung kelapa, dan pasir silika dapat menurunkan kadar Fe mencapai 89,2%. Penelitian oleh Kurniawati et al. (2017) juga memperlihatkan kinerja yang baik dengan menggunakan media filtrasi pasir vulkanik dapat menurunkan kadar Mn dimana sebelum perlakuan dari rata-rata 0,62 mg/L menjadi 0,02 mg/L atau turun rata-rata sebesar 0,6 mg/L. Penelitian ini, kami menghadirkan desain alat filtrasi sederhana dan memvariasikan susunan material filtrasi dengan harapan untuk mengurangi kandungan Fe dan Mn dalam air dengan memperhitungkan teknis yang cukup sederhana dan hanya membutuhkan biaya pembuatan yang relatif murah dan mudah dilaksanakan. Studi pendahuluan sampel air di wilayah Perumahan Bukit Fadiah Asri Kota Kendari, Sulawesi Tenggara (Sultra) mencirikan air tanah memiliki warna air kuning kecoklatan yang kemungkinan besar mengandung logam Fe dan Mn diatas baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum (Permenkes, 2010).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air tanah dilakukan di sekitar wilayah Perumahan Bukit Fadiah Asri Kota Kendari - Sultra pada titik koordinat 4°01'11.8"S 122°31'37.4"E (Gambar 2). Teknik pengambilan sampel air dilakukan secara acak lima titik sudut dalam sumur gali (Gambar 1) kemudian dimasukkan dalam wadah botol kaca berukuran masing-masing 2 Liter dan 5 botol tersebut dihomogenkan menjadi satu bagian untuk memperoleh validasi data. Kemudian sampel dianalisis sebelum dan sesudah melewati alat filtrasi untuk diuji kandungan logam Fe dan Mn.



**Gambar 1.** Teknik Pengambilan Sampel Air dalam Sumur Gali (Air Tanah)

### 2.2. Preparasi Sampel Air

Selanjutnya, tahap preparasi sampel di laboratorium dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> 65% (Merck, Germany) sebanyak 3,5 mL dengan jumlah air sampel sebanyak 1000 mL selanjutnya di destruksi panas tertutup dengan suhu 150°C selama 15 menit. Kemudian, air disaring untuk memisahkan residu dan filtrat. Filtrat yang diperoleh diuji menggunakan instrumen spektroskopi serapan atom (SSA) (*AAS Instrument for Perkin Elmer Analyst 400*) untuk diperoleh kandungan logam Fe dan Mn pada sampel. Metode ini dilakukan secara berulang sebelum melalui alat filtrasi dan sesudah alat filtrasi.

### 2.3. Desain Alat Filtrasi

Pembuatan alat filtrasi sederhana yang terbuat dari susunan kaca berbentuk balok yang terdiri atas dua buah. Dimana bagian atas meja (Gambar 3) dibuat dudukan dengan desain sistem alir gravitasi untuk menampung air yang akan di saring. Selanjutnya media balok berada dibawah untuk proses filtrasi yang diisikan media filtrasi. Susunan media yang digunakan dalam proses filtrasi divariasikan dengan 3 variasi model, yaitu dari atas ke bawah (A) krikil, arang aktif, pasir malang, silika, ijuk; (B) krikil, ijuk, pasir malang, arang aktif, silika, ijuk; dan (C) krikil, ijuk, arang aktif, silika, ijuk. Masing-masing material penyaring sebelum dimasukkan dalam media balok dicuci dan dikeringkan sampai bersih kemudian disusun dengan ketebalan 10 cm. Sistem pengujian air tanah dilakukan dengan sistem *upflow* terhadap kinerja tekanan dari gaya gravitasi.

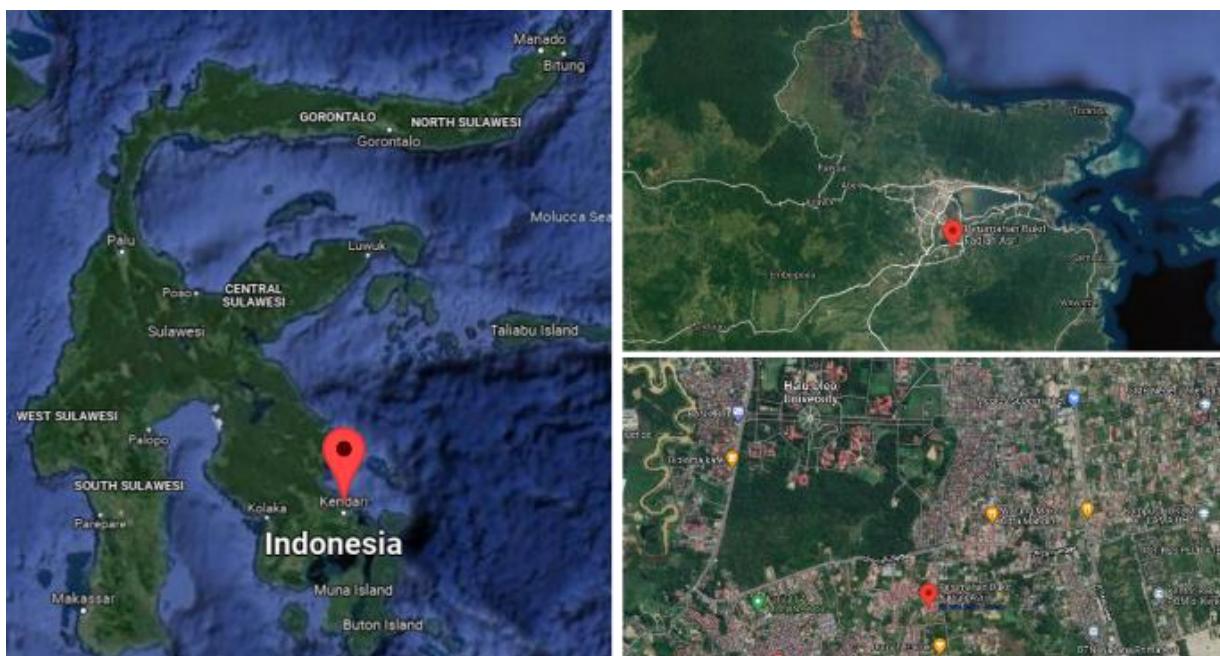
### 2.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk melihat penurunan kadar Fe dan Mn pada setiap media filter menggunakan prosedur analisis kimia menggunakan instrumentasi SSA. Analisis data meliputi angka kandungan penurunan dan efektifitas penurunan kandungan kandungan Fe dan Mn pada sampel.

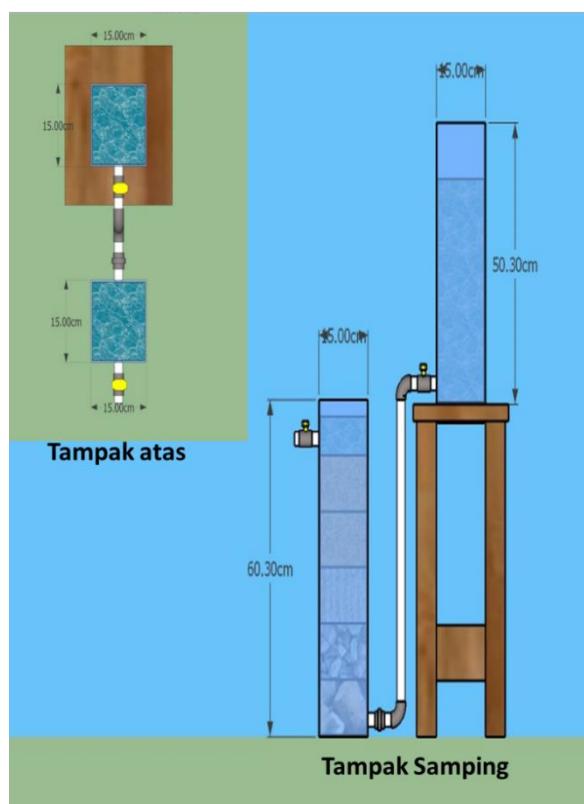
$$\% \text{ Efektifitas} = \left( \frac{P_{\text{awal}} - P_{\text{akhir}}}{P_{\text{awal}}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Selanjutnya, data yang diperoleh disajikan dengan membandingkan baku mutu air bersih berdasarkan Permenkes RI

No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum (Permenkes, 2010).



**Gambar 2.** Lokasi Pengambilan Air Tanah di Perumahan Bukit Fadiah Asri Kota Kendari – Sultra (Googlemaps)



**Gambar 3.** Rancangan Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem *Upflow*

**Tabel 1.** Hasil Uji Laboratorium Sampel sebelum Perlakuan Filtrasi

No.	Parameter Pengujian	Satuan analisis	Hasil analisis	Standar Baku Mutu (Permenkes RI)	Metode analisis
1	Besi (Fe)	mg/L	0,638	0,300	Instrumen SSA
2	Mangan (Mn)	mg/L	0,518	0,400	Instrumen SSA

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Awal Sampel Air Tanah

Keperolehan air tanah diambil dari sumur bor warga pada masing-masing rumah di Perumahan Bukit Fadiah Asri Kota Kendari. Perlakuan awal yang dilakukan adalah menentukan kadar logam Fe dan Mn sebelum dilakukan proses filtrasi melalui alat yang didesain. Hasil analisis menggunakan AAS dapat dilihat pada Tabel 1. Sumber mata air tanah merupakan salah satu sumber pemenuhan kebutuhan masyarakat Perumahan Bukit Fadiah Asri akan air bersih. Berdasarkan pengujian sampel awal, kadar Fe dan Mn dalam air sumur bor melebihi baku mutu yang diijinkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air tanah adalah dengan cara proses filtrasi. Berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar Fe dalam sampel awal air sumur bor sebesar 0,638 mg/L dan kadar Mn dalam sampel awal air sumur bor sebesar 0,518 mg/L, dimana kadar logam Fe dan Mn air tanah melebihi baku mutu yang ditetapkan sehingga air tersebut tidak laik digunakan dan perlu pengolahan lebih lanjut menggunakan alat filtrasi agar dapat dipakai untuk keperluan sehari-hari terutama untuk konsumsi.



**Gambar 4.** Kondisi Air di Perumahan Bukit Fadiah Asri

Gambar 4 menunjukkan bahwa kondisi awal air sampel yang berada di Perumahan Bukit Fadiah Asri. Kondisi air keruh dan memiliki warna kuning kecoklatan. Menurut (Tando, 2019) bahwa kondisi perubahan warna air tanah dipengaruhi oleh struktur tanah dan kondisi lapisan tanah. Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4 memungkinkan bahwa di daerah sekitar memiliki tanah berwarna kuning yang telah terkontaminasi oleh beberapa zat kimia anorganik yang berada didalam lapisan tanah. Tingginya kandungan Fe dan Mn dapat diasumsikan bahwa

kandungan tanah disekitar perumahan tersebut mengandung kaya akan batuan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , karena proses geohidrologi peresapan air *runoff* dari permukaan tanah masuk ke dalam tanah maka kandungan Fe yang terlarut membentuk ferobikarbonat ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ), ferosulfat ( $\text{FeSO}_4$ ), ferohidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), dan kompleks Fe-organik. Air tanah mengandung Fe terlarut dapat membentuk ion ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ketika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara maka cepat mengalami proses oksidasi dari ion  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) (Prabarini & Okayadnya, 2014). Menurut (Febrina & Astrid, 2014) bahwa  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dapat mengendap dan cenderung memiliki warna kuning kecoklatan. Jelas bila konsentrasi logam Fe meningkat dalam air selaras dengan pertumbuhan bakteri *Fe Crenothrix* dan *Gallionella* yang memanfaatkan ion  $\text{Fe}^{2+}$  sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya dan mengendapkan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Selain itu, logam Mn juga mencirikan perubahan warna air dan menimbulkan rasa. Dasar penentuan logam Mn dalam air tanah karena memiliki toksisitas yang relatif sudah tampak walau konsentrasi rendah. Berdasarkan hasil analisis logam Mn berada  $< 1 \text{ mg/L}$  ini dicurigai bahwa lapisan tanah mengandung asam tinggi sebab pada kondisi pH normal Mn tidak larut dalam air melainkan membentuk oksida  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , dan  $\text{MnCO}_3$  meskipun oksidasi  $\text{Mn}^{2+}$  berjalan relatif lambat. Banyak kasus menjelaskan bahwa manfaat lain dari logam Mn dengan konsentrasi dibawah 0,5 mg/L menjaga kesehatan otak dan tulang, peningkatan pertumbuhan rambut dan kuku, dan meningkatkan kinerja enzim dalam metabolisme tubuh. Disisi lain juga bersifat neurotoksik seperti insomnia, gangguan syaraf, keram otot (Febrina & Astrid, 2014). Oleh sebab itu, dibutuhkan solusi untuk dilakukan penyaringan air untuk mengurangi kandungan logam Fe dan Mn dalam air tanah.

#### 3.2. Desain Alat Filtrasi dan Variasi Susunan Media

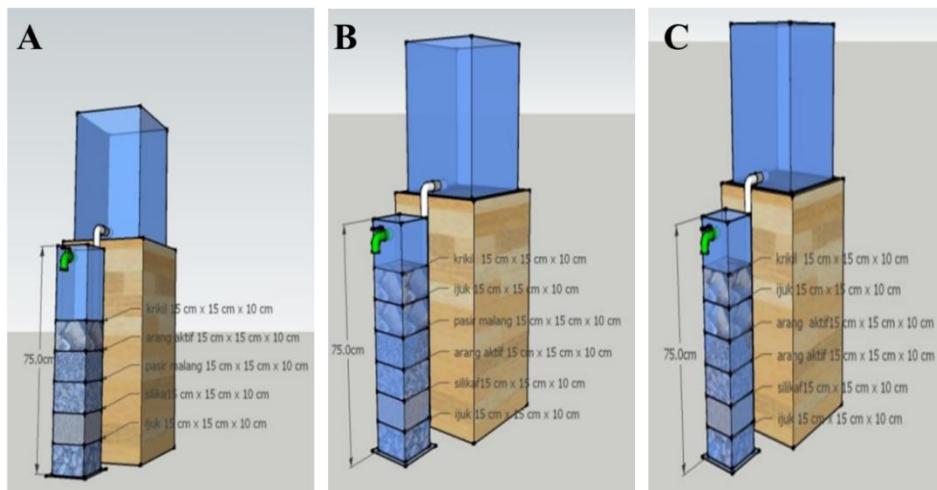
Alat filtrasi yang dibuat menganut sistem alir gaya gravitasi dengan memanfaatkan daya dorong dari atas ke bawah, namun sistem kinerja alir dibuat melalui sistem *upflow* dimana pipa yang dibuat masuk melalui media filtrasi dari bawah dengan outlet diatas (Gambar 5). Setelah dilakukan pembuatan alat filtrasi yang masing-masing dinding terbuat dari sambungan kaca agar diketahui gerak air

yang disaring. Pelaksanaan teknisnya dimana media yang digunakan perlu dilakukan pencucian dan dikeringkan seperti pasir malang, silika, krikil dan ijuk. Proses pencucian media yang digunakan dilakukan agar memastikan media tersebut bebas dari zat pengotor sehingga kinerja media optimal dalam proses adsorpsi bahan-bahan anorganik atau organik pada sampel air.

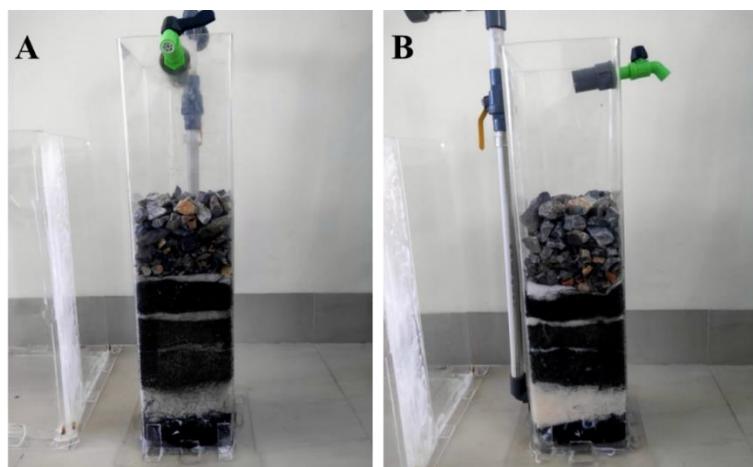
Bahan filtrasi divariasikan dengan 3 model susunan didalam alat filtrasi (Gambar 5). Variasi bahan yang pertama (Gambar 5A) dari atas kebawah terdiri dari material krikil, arang aktif, pasir malang, silika, ijuk; (Gambar 5B) krikil, ijuk, pasir malang, arang aktif, silika, ijuk; dan (Gambar 5C) krikil, ijuk, arang aktif, silika, ijuk. Ketebalan pada setiap material media filtrasi sebesar 10 cm, dimana fungsi dari material filtrasi sebagai media adsorpsi logam Fe dan Mn.

Kemudian sistem filtrasi air tanah dimasukkan dalam wadah penampung yang berada diatas dudukan meja dan dengan

pemanfaatan gaya gravitasi air masuk melalui pipa turun menuju ke media filtrasi yang paling bawah. Hal ini dimaksudkan agar pergerak air sedikit melambat dan pada akhirnya proses penyaringan terjadi sangat optimal karena adanya waktu jeda pergerakan air untuk proses adsorpsi dengan media filtrasi. Proses adsorpsi yang terjadi dalam alat filtrasi adalah terjadi kontak terhadap pengotor dalam air dengan permukaan material filtrasi maka terjadi interaksi fisika antar partikel terjerap pada kisi-kisi pori material karena adanya gaya tarik-menarik (Widayatno, 2017). Proses filtrasi pada alat (Gambar 6) yang telah didesain dan digunakan menggunakan proses filtrasi *upflow* yaitu sistem pengolahan yang pada dasarnya adalah mengalirkan limbah cair melewati suatu media penyaring dengan arah aliran dari bawah media menuju ke atas media (Neles et al., 2020; Sulianto et al., 2020; Trigunarso et al., 2019).



Gambar 5. Desain Alat Filtrasi dengan Variasi Susunan Media (A) Tipe A, (B) Tipe B, dan (C) Tipe C



Gambar 6. Desain Alat Filtrasi Sederhana Sistem *Upflow*, A) Tampak Depan, dan B) Tampak Samping

**Tabel 2.** Hasil Analisis Kadar Fe dan Mn pada Masing-Masing Variasi Media A, B, dan C

Parameter Pengujian	Kondisi Awal	Variasi Media			Standar Baku Mutu (Permenkes RI)			
		A	Efektivitas (%)	B	Efektivitas (%)			
Kadar Fe	0,638	0,204	68%	0,157	75%	0,348	45%	0,300
Kadar Mn	0,518	0,216	58%	0,176	66%	0,426	18%	0,400

### 3.3. Efektivitas Susunan Media terhadap Proses Filtrasi

Setelah air dilewatkan dengan variasi media, dilanjutkan pengujian kadar logam dalam air menggunakan instrumen SSA. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media filtrasi pada media tipe A, kadar Fe dalam air tanah mengalami penurunan menjadi 0,204 mg/L dengan efektivitas sebesar 68%. Pada susunan media tipe B, kadar Fe juga mengalami penurunan hingga 0,157 mg/L dengan efektivitas sebesar 75%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa susunan media tipe B dapat menurunkan secara efektif kadar Fe pada air tanah. Sedangkan susunan media tipe C sebesar 0,348 mg/L dengan efektivitasnya mencapai 45%. Berdasarkan data tersebut memperhatikan bahwa kadar Fe terjadi penurunan dengan susunan media tipe A dan B, sedangkan tipe C tidak masuk dalam standar baku mutu.

Selain itu, kadar Mn setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media filter tipe A, kadar Mn dalam air tanah mengalami penurunan menjadi 0,216 mg/L dengan efektivitas sebesar 58%. Pada tipe B, kadar Mn juga mengalami penurunan hingga 0,176 mg/L dengan tingkat efektivitas sebesar 66%, yang dimana merupakan kadar terendah. Sedangkan pada tipe C, kadar Mn dalam air sumur bor mencapai kadar tertinggi yaitu 0,426 mg/L dengan persentase efektivitas mencapai 18%.

Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sulianto et al. (2020), dan Pakasi (2014), menunjukkan bahwa sistem aliran *upflow* dalam proses penyaringan air sangat efektif dalam menurunkan kadar Fe dapat mencapai 100% dan kadar Mn mendekati 80%. Proses ini tergantung pada daya serap susunan media dan tinggi alat filtrasi. Proses adsorpsi atau daya serap menjadi faktor penting ketika air melewati masing-masing material media filtrasi sehingga terjadi ikatan kimia pada padatan material media filtrasi dan akhirnya terbentuk adsorbat pada permukaannya. Efektivitas yang ditunjukkan dari variasi susunan media filtrasi pada tipe B dimana susunan krikil, ijuk, pasir malang, arang aktif, silika, ijuk (atas ke bawah)

air awal melewati ijuk untuk perlakuan awal menghilangkan komponen partikel besar yang masuk bersamaan dengan air, kemudian masuk melalui pori-pori pasir silika yang rapat mengakibatkan beberapa partikel besar terperangkap tidak dapat menembus pasir dan terjerap antar kisi permukaan silika. Selanjutnya, air masih melewati susunan arang aktif dan pasir malang yang sangat efektif dalam mengadsorpsi komponen terlarut dalam air seperti ion logam dan partikel organik lainnya. Menurut Maulidiyah et al. (2015) arang aktif memiliki luas permukaan pori yang sangat baik dalam mengadsorpsi logam dan bakteri dalam proses penjernihan air. Berdasarkan hasil Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa kadar Fe dan Mn dengan susunan media tipe A dan B dapat menurunkan kadar logam sesuai dengan standar baku mutu.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini dimana alat filtrasi sederhana dengan sistem *upflow* dapat secara efektif menurunkan kadar Fe sebesar 75% dan Mn sebesar 66% dengan susunan media filtrasi tipe B dimana masing-masing media yang disusun dari atas ke bawah adalah krikil, ijuk, pasir malang, arang aktif, silika, ijuk.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo dalam menganalisis air tanah menggunakan instrumen spektroskopi serapan atom dan Laboratorium Teknik Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan – Universitas Muhammadiyah Kendari dalam perancangan alat filtrasi sederhana ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Febrina, A., & Astrid, A. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 36–44.  
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/download/369/341>  
Hema, H., Assiddieq, M., Ndibale, W., Ilham, I., &

- Wibowo, D. (2021). Analisis Kualitas Air dengan Parameter TSS, BOD, Deterjen dan Fosfat (PO4) pada Sungai Wanggu Kota Kendari. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 13(2), 34–40.
- Huang, L., Liu, Y., Yu, J., Zhu, Y., Pan, F., Xuan, T., Brik, M. G., Wang, C., & Wang, J. (2018). Highly stable K2SiF6: Mn4+@ K2SiF6 composite phosphor with narrow red emission for white LEDs. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(21), 18082–18092.
- Indrawati, I., & Fakhrudin, S. D. (2016). Isolasi dan Identifikasi Jamur Patogen pada Air Sumur dan Air Sungai di Pemukiman Warga Desa Karangwangi, Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Biodjati*, 1(1), 27–38.
- Islam, F., Priastomo, Y., Mahawati, E., Utami, N., Budiastutik, I., Hairuddin, M. C., Fatma, F., Akbar, F., Ningsih, W. I. F., & Adiningsih, R. (2021). *Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan*. Yayasan Kita Menulis.
- Kodoatie, R. J. (2021). *Tata ruang air tanah*. Penerbit Andi.
- Kurniawati, S. D., Santjoko, H., & Husein, A. (2017). Pasir vulkanik sebagai media filtrasi dalam pengolahan air bersih sederhana untuk menurunkan kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan kekeruhan air sumur gali. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 20–25.
- Maesara, S. A., & Kunaefi, T. D. (2018). Penyisihan besi dan zat organik menggunakan karbon aktif dari kulit durian sebagai media filtrasi removal of iron and organic matter by activated carbon from durian peels as filtration media. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(2), 167–177.
- Maulidiyah, Wibowo, D., Hikmawati, Salamba, R., & Nurdin, M. (2015). Preparation and characterization of activated carbon from coconut shell-doped TiO2 in water medium. *Oriental Journal of Chemistry*, 31(4), 2337–2342.  
<https://doi.org/10.13005/ojc/310462>
- Mursalim, L. O., Ruslan, A. M., Safitri, R. A., Azis, T., Maulidiyah, Wibowo, D., & Nurdin, M. (2017). Synthesis and photoelectrocatalytic performance of Mn-N-TiO2/Ti electrode for electrochemical sensor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 267(1), 012006.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/267/1/012006>
- Neles, N., Adami, A., Ilham, I., & Wibowo, D. (2020). Penerapan Geometri dalam Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik: Studi Kasus Perumahan Mutiara Sartika, Kota Kendari. *Al-Ard : Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–9.
- Neshart, N., Rosdiana, R., Wibowo, D., & Sukri, A. S. (2021). Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Metode Biofilter Anaerob-Aerob. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 1(1), 14–19.
- Noviana, S., Arisanty, D., & Normelani, E. (2018). Pemanfaatan Air Sungai Kanal Tamban untuk Kebutuhan Air Bersih Masyarakat di Kecamatan Tamban Kabupaten Barito Kuala. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 5(1), 33–43.
- Novianti, D. (2020). Pemanfaatan Potensi Air Tanah di Wilayah Rawan Kekeringan (Studi kasus di Desa Suruh, Kecamatan Suruh Kabupaten Trenggalek). *Cakrawala: Jurnal Litbang Kebijakan*, 14(2), 100–112.
- Nugraha, F. A., Kirmi, H., Haryanto, B., & Afiffa, M. (2020). Analisis Penggunaan Media Tandan Sawit dan Kompos dengan Sistem Aerobic Wetland dalam Mengolah Air Asam Tambang. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 35–44.
- Pakasi, F. G. (2014). Efektivitas Saringan Pasir Up Flow Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Baku. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 4(1), 1–9.
- Permenkes, R. I. (2010). Persyaratan Kualitas Air Minum (Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010). *Jakarta: Percetakan Negara*.
- Prabarini, P., & Okayadnya, D. (2014). Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33–41.
- Pramono, G. E., & Andana, R. (2019). Analisis Kebutuhan Air Dan Pembangunan Sistem Pengairan Menggunakan Pompa Air Di Kampung Cengal Desa Karacak. *Abdi Dosen: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 3(3), 216–221.
- Purwoto, S., Rusdiyantoro, R., & Sembodo, B. P. (2018). Treatment Koagulan, Filtrasi, Ferrolite, Manganese Greensand, dan Resin pada Air Baku dalam Penurunan TDS, Kekeruhan, Kesadahan, Khlorida, Mangan, dan E. Coli. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 16(2), 1–10.

- Rasman, R., & Saleh, M. (2016). Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali (Eksperimen). *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(3), 159–167.
- Riyanti, A., Marhadi, M., & Saputra, N. W. (2018). Perencanaan Sistem Plumbing Air Bersih dan Air Buangan Gedung SMK Negeri 3 Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 35–40.
- Rouf, N. A. (2020). Kajian Pemanfaatan Koagulan Recovery Aluminium dan Besi dari Abu Terbang. *Jurnal Purifikasi*, 20(1), 28–39.
- Samosir, G. B. G., & Rusli, H. A. R. (2021). Pemanfaatan Fly Ash Bottom Ash dan Tawas Untuk Menetralkan Air Asam Tambang. *Bina Tambang*, 6(4), 102–111.
- Sarasanty, D. (2020). Optimalisasi Kualitas Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat Desa Bleberan Kecamatan Jatirejo Mojokerto Menuju Desa Open Defecation Free Berbasis Sosialisasi. *Prosiding SNP2M (Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat) UNIM*, 2, 232–236.
- Shanty, D., & DJ, R. S. (2020). Ketercapaian Sasaran 4K dalam Pelaksanaan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) di PDAM Tirta Dharma Kota Malang. *Jurnal Reka Lingkungan*, 8(2), 112–120.
- Sulianto, A. A., Aji, A. D. S., & Alkah, M. F. (2020). Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar Mangan dengan Aliran Upflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 72–80.
- Tando, E. (2019). Upaya efisiensi dan peningkatan ketersediaan nitrogen dalam tanah serta serapan nitrogen pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa L.*). *Buana Sains*, 18(2), 171–180.
- Trigunarso, S. I., Mulyono, R. A., & Suprawihadi, R. (2019). Alat Pengolah Air Tanah Menjadi Air Bersih dengan Proses Kombinasi Aerasi-Filtrasi Upflow (Desain Rancang Bangun). *Jurnal Kesehatan*, 10(1), 53–60.
- Triwuri, N. A., & Prasadi, O. (2020). Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang Berdasarkan Mineral Mikro. *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, 5(01), 31–36.
- Ulfah, M. (2018). Pemanfaatan Air Permukaan dan Air Tanah. *Seminar Nasional Hari Air Sedunia*, 1(1), 125–130.
- Wibowo, M. (2019). Model Penetuan Kawasan Resapan Air untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 1(1), 1–7.
- Widayatno, T. (2017). Adsorpsi logam berat (Pb) dari limbah cair dengan adsorben arang bambu aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Yuningsih, R. (2019). Strategi promosi kesehatan dalam meningkatkan kualitas sanitasi lingkungan. *Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 10(2), 107–118.

## Studi Model *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks* terhadap Pola Persebaran Lindi di TPA Ngipik Kabupaten Gresik

Abdillah Akmal Karami <sup>1,\*</sup>, Ida Munfarida <sup>2</sup>, Shinfy Wazna Auvaria <sup>3</sup>, Yusuf Tirto Negoro <sup>4</sup>

<sup>1234</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia  
[\\*akmalkarami123@gmail.com](mailto:akmalkarami123@gmail.com)

### Abstract

Leachate is a secondary product from piles of waste that decomposition of microorganism. Ngipik landfill is a landfill with an open dumping waste management system. This causes the soil and ground water to be suspected of being polluted due to landfill leachate. For this reason, it is necessary to identify the pattern of distribution and pollution of landfill leachate in order to determine how far the landfill leachate moves. This research uses the analytical solution method of *Ogata-Banks* and *Domenico-Robbins* to build a model for the distribution of contaminants in groundwater. The model was formed using MATLAB with COD and BOD parameters. The model data is validated with field data obtained from wells around the landfill. The results of measuring the quality of 3 wells are 29.8-31.8 °C, pH 5.7-6.4, DO 4.6-8 mg/L, COD 36.5-140.5 mg/L, and BOD 12.1-40.35 mg/L. The model simulation shows that COD and BOD are not detected at a distance of ± 278 m and ± 401 m. The validation results of the two models show that the *Domenico-Robbins* model has an error of 0.0016 for COD and 0.000467 for BOD, while *Ogata-Banks* has an error of 0.00287 for COD and 0.00417 for BOD.

Keywords: *Domenico-Robbins*, Leachate, *Ogata-Banks*.

### Abstrak

Lindi merupakan hasil produk sekunder dari tumpukan sampah yang mengalami dekomposisi mikroorganisme. TPA Ngipik merupakan TPA dengan sistem pengelolaan sampah *open dumping*. Hal ini menyebabkan tanah dan air tanah diduga tercemar akibat lindi TPA. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi terkait pola penyebaran dan pencemaran lindi TPA guna mengetahui seberapa jauh lindi TPA bergerak. Penelitian ini menggunakan metode solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins* untuk membangun model penyebaran kontaminan pada air tanah. Model dibentuk menggunakan MATLAB dengan parameter COD dan BOD. Selanjutnya data model divalidasi dengan data lapangan yang didapatkan dari sumur sekitar TPA. Hasil pengukuran kualitas air sumur pada 3 titik lokasi sampling sebesar 29,8-31,8 °C, pH 5,7-6,4, DO 4,6-8 mg/L, COD 36,5-140,5 mg/L, dan BOD 12,1-40,35 mg/L. Simulasi model menunjukkan bahwa COD dan BOD tidak terdeteksi pada jarak ± 278 m dan ± 401 m. Hasil validasi kedua model menunjukkan bahwa model *Domenico-Robbins* memiliki rata-rata eror sebesar 0,0016 untuk COD dan 00,000467 untuk BOD, sedangkan *Ogata-Banks* memiliki eror sebesar 0,00287 untuk COD dan 0,00417 untuk BOD.

Kata Kunci: *Domenico-Robbins*, Lindi, *Ogata-Banks*.

## 1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan produk akhir dari proses pemanfaatan materi berupa kelebihan bahan yang tidak dapat digunakan kembali. Karakteristik sampah di wilayah Asia secara umum berupa 70 sampai 80% organik & sisanya residu (Mishra dkk., 2019). Tahun 2021, sekitar 67,2 ton sampah di Indonesia akan menumpuk jika tidak diolah dengan baik, dimana rincian sampah yang telah diolah didaur ulang sekitar 7% sedangkan sisanya

tetap ditimbun dan dibuang di TPA (Juliardi & Wiyanti, 2018).

Seiring dengan peningkatan jumlah timbulan sampah, dampak yang ditimbulkan akibat timbulan sampah menjadi masalah tersendiri salah satunya timbulan lindi dari tumpukan sampah tanpa pengolahan. Air dari tumpukan sampah umumnya secara homogen bercampur dengan air eksternal berupa air hujan sehingga dapat terjadi sewaktu-waktu.. (Wang dkk., 2018).

Lindi berasal dari beberapa timbulan sampah yang terhomogen dengan air hujan maupun dari air yang lainnya. Lindi tersebut keluar dari tumpukan sampah dan tidak dapat dikendalikan maka akan mengakibatkan terjadinya rembesan ke dalam tanah sehingga menimbulkan tercampurnya air tanah dengan lindi. Terlebih lagi, timbulan sampah di TPA juga mempunyai kandungan zat organik dengan tingkat kandungan mineral tinggi. Karakteristik lindi dari TPA tergantung pada umur lokasi TPA. Pertama, fase awal pada TPA (kurang dari 5 tahun), pH yang terkandung dalam lindi sekitar 4 - 6,5 umumnya terjadi pembentukan asam alkanoat lindi pada TPA dengan kurun waktu相对 lama dimana memiliki sifat pH basa antara kadar pH 8 - 8,5 (Rana, et al., 2018). Air lindi memiliki rasio parameter COD dan BOD yang sangat rendah dengan nilai <0,4 yang menandakan zat organik air lindi memiliki sifat yang sulit untuk terdegradasi (Zaman & Istirokhatun, 2014).

Lindi TPA memiliki konsentrasi tinggi berupa ammonium, senyawa organik, ion logam berat dan lain-lain. Beberapa konsentrasi tersebut dianggap sebagai air limba tahan api, sehingga jika akan dilakukan pengolahan lindi membutuhkan biaya cukup tinggi (Ye dkk., 2017). Selain itu, karakteristik khusus pada lindi tergantung pada tingkat pengelolaan, jenis sampah, siklus hidrogeologi dan sistem di suatu tempat, yaitu TPA. Umumnya lindi dipengaruhi oleh proses penguraian kimia, fisika, dan biologi baik dengan anaerob maupun aerob (Arsyadi, 2017).

Lindi memiliki tingkat rasio rata-rata kurang dari 4 antara parameter COD dan BOD. Hal ini biasanya ditandai sebagai senyawa organik dalam lindi lebih sukar didegradasi oleh mikroorganisme secara biologis (Zaman & Istirokhatun, 2014). Lindi umumnya mengandung nilai BOD dan COD dengan jumlah besar dimana mencerminkan konsentrasi bahan organik terlarut. Lindi memiliki jumlah konsentrasi polutan cukup besar sekitar 404 mg/L untuk BOD dan 838,1 mg/L untuk COD (Arbain, dkk., 2007). Jumlah tersebut melebihi ambang batas berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor P.59 tahun 2016 sehingga memerlukan perlakuan khusus.

Lindi berasal dari tumpukan sampah hasil dekomposisi bahan karbon organik terlarut dari tempat pembuangan sampah. Kelarutan zat pencemar organik dapat sedikit terurai dengan ditingatkannya karbon organik tinggi dalam lindi (Konig & Weiss, 2009).

Pengukuran COD dan BOD umumnya berfungsi untuk menghitung tingkat oksigen yang dibutuhkan sebagai pengoksidasi zat pencemar pada lindi sampah. Hal ini dapat menunjukkan bahwa jika tingkat kebutuhan oksigen tinggi maka semakin kecil tingkat *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut. Selain itu, mikroorganisme juga memerlukan tingkat oksigen tinggi guna menguraikan zat kontaminan (Arbain dkk., 2007).

TPA Ngipik adalah salah satu TPA yang masih beroperasi di Kabupaten Gresik Jawa Timur. Menurut data SPKP Kabupaten Gresik Tahun 2020 menyebutkan bahwa timbulan sampah yang masuk ke TPA sebesar 582,11 m<sup>3</sup>/hari. Kondisi pengelolaan sampah di TPA Ngipik masih menerapkan metode *Open Dumping* dengan tanpa pengolahan sampah lanjutan. Jika lindi dibuang secara langsung di lingkungan maka akan menyebabkan kerusakan secara permanen. Kerusakan ini akan memiliki potensi mencemari air tanah dibawahnya (Arbain dkk., 2007). Penyebaran lindi juga dapat mengakibatkan biomagnifikasi berupa gangguan Kesehatan pada sumur warga di sekitar TPA (Pardosi & Nugroho, 2019).

Penelitian ini menggunakan persamaan pembentuk aliran atau biasa disebut sebagai *Governing*. Persamaan ini perlu penyelesaian berupa solusi numerik atau analitik agar dapat menginterpretasikan hasil sesuai kebutuhan. Salah satu fungsi persamaan pembentuk aliran yaitu untuk menggambarkan pola penyebaran polutan utama dari tiap-tiap parameter kontaminan dari sumber kontaminan menuju daerah pencemaran yang akan dituju (Pidriansy, 2013). Salah satu penyelesaian persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan 2 model rumus yaitu *Domenico-Robbins* dan *Ogata-Banks*. Penggunaan kedua rumus model ini untuk menggambarkan pola penyebaran kontaminan berupa lindi TPA hingga jarak terjauh dari TPA. Pola penyebaran lindi ini diasumsikan terjadi di dalam tanah sehingga air tanah yang berada dibawahnya ikut tercemar sehingga lindi akan terakumulasi dengan air tanah dan bergerak menjauh dari TPA. Hasil simulasi model tersebut akan divalidasi dengan menggunakan data lapangan sehingga akan memunculkan model yang relatif akurat tingkat eror dari kedua model tersebut.

Berdasarkan permasalahan diatas, bentuk penyelesaian dengan menggunakan solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*

bisa dijadikan alat untuk memodelkan proses pergerakan penyebaran lindi TPA Ngipik sebagai informasi bagi masyarakat sekitar TPA. Selain itu, penelitian ini digunakan sebagai bentuk pentingnya pengelolaan lindi di TPA agar dapat melakukan tindakan pencegahan terkait dampak pencemaran lindi jika benar-benar terjadi dampak buruk oleh lindi dan

dapat memberikan saran pengelolaan lindi dari jarak penyebaran lindi.

## 2. METODE PENELITIAN

### *Tempat dan Waktu Penelitian*



Gambar 1. Lokasi Titik Sampling  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Penelitian dilakukan dengan menentukan titik lokasi pengambilan sampel air lindi dan air tanah dengan menggunakan sistem *sample survey method*. Selanjutnya, penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan mudahnya mobilitas, biaya dan waktu penelitian (Williams, 2014).

Berdasarkan Gambar 1 Terdapat 1 titik pengambilan sampel lindi menggunakan kode T1 pada koordinat 7°9'9.31"S, 112°37'53.65"E. Sampel air tanah diambil dari 3 titik yang dibedakan berdasarkan jarak yang bervariasi dan mewakili populasi (Pidriansy, 2013), yaitu titik 1 dengan kode S1 memiliki koordinat 7°9'8.10"S, 112°37'53.65"E, titik 2 dengan kode S2 memiliki koordinat 7°9'04.47"S, 112°37'57.09"E, dan titik 3 dengan kode S3 memiliki koordinat 7°09'08.15"S, 112°38'0.83"E yang merupakan pemukiman warga setempat.

Jarak titik pengambilan sampel air tanah secara berturut-turut dari S1 sampai dengan S3 yaitu 96 meter, 183 meter, dan 225 meter yang berlokasi di TPA Ngipik Kabupaten Gresik dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan

Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Kota Surabaya untuk pengujian sampel lindi dan air tanah.

Pengambilan sampel dilaksanakan selama satu hari pada pagi hari, untuk menunjukkan karakteristik air lindi dan tanah sesungguhnya (Kurniawan, 2019).

### *Prosedur Penelitian dan Analisis Data*

Pada penelitian ini memiliki prosedur yang dimulai dari persiapan dengan identifikasi masalah yang ditemukan sesuai kondisi tempat penelitian. Selanjutnya dilakukan pengkajian dengan studi literatur yang dapat untuk menentukan lokasi sampling dan mempersiapkan alat serta bahan untuk pengambilan data maupun pengujian sampel. Kemudian, didapatkan data sekunder yaitu peta topografi wilayah tempat penelitian dan peta jenis tanah dan wilayah studi penelitian menurut DLHK Gresik Tahun 2020. Sedangkan data primer, diambil dari data lokasi pengambilan sampel menurut SNI 6989:2008 dan karakteristik lindi dan kualitas air tanah dengan parameter BOD (SNI 6989.72:2009, 2009); COD (SNI 06-6989.2:2004, 2004); DO

(SNI 6989.72:2009, 2009); pH (SNI 6989.11:2019, 2004); serta suhu (SNI 06-6989.23:2005, 2019).

Pengambilan sampel air tanah berdasarkan (SNI 6989.58:2008, 2008) dan pengambilan air lindi berdasarkan (SNI 6989.59:2008, 2008) dengan pengambilan sampel sesuai dengan metode *duplo* dan pengambilan sesaat (*grab sampling*).

Penelitian ini menggunakan dua model analitik, yaitu model (Domenico & Robbins, 1985a) dan (Ogata & Banks, 1961) dengan hasil validasi model (RMSE) berfungsi untuk membandingkan keakuratan dalam memprediksi pola persebaran lindi pada lokasi penelitian.

Berikut perhitungan dalam model Domenico-Robbins dalam persamaan 1:

$$C_{(x,y,z)} = \left(\frac{C_0}{8}\right) \exp\left\{\left(\frac{x}{2a_x}\right)\left[1 - \left(1 + \frac{4\lambda a_x}{v}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right. \\ \left. \operatorname{erfc}\left[\frac{Rx - vt\left(1 + \frac{4\lambda a_x}{v}\right)^{\frac{1}{2}}}{2(Ra_x vt)^{\frac{1}{2}}}\right]\right\} \\ \left\{\operatorname{erf}\left[\frac{(y+\frac{Y}{2})}{2(a_y x)^{\frac{1}{2}}}\right] - \operatorname{erf}\left[\frac{(y-\frac{Y}{2})}{2(a_y x)^{\frac{1}{2}}}\right]\right\} \left\{\operatorname{erf}\left[\frac{(z+\frac{Z}{2})}{2(a_z x)^{\frac{1}{2}}}\right] - \operatorname{erf}\left[\frac{(z-\frac{Z}{2})}{2(a_z x)^{\frac{1}{2}}}\right]\right\} \quad (1)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi pencemar pada titik sumber
- x = posisi dari sumber pencemar keluar
- y = posisi dari titik tengah sumber pencemar
- z = posisi vertikal
- v = laju air tanah
- t = waktu (jam)
- $\lambda$  = kecepatan peluruhan (/jam)
- Y = panjang sumber pencemar (cm)
- Z = Tinggi Muka air tanah (cm)
- $a_x$  = Koefisien dispersivitas x (cm)
- $a_y$  = Koefisien dispersivitas y (cm)
- $a_z$  = Koefisien dispersivitas z (cm)

Berikut perhitungan dalam model Ogata-Banks dalam persamaan 2:

$$C_{(x,t)} = \frac{C_0}{2} \left\{ \operatorname{erfc}\left(\frac{Rx - v_x t}{2\sqrt{RD_x t}}\right) + \left( \exp\left(\frac{v_x x}{D_x}\right) * \operatorname{erfc}\left(\frac{Rx + v_x t}{2\sqrt{RD_x t}}\right) \right) \right\} \quad (2)$$

Dimana:

- C<sub>0</sub> = Konsentrasi pencemar pada titik sumber (mg/L)
- T = waktu (jam)

X	= posisi dari sumber pencemar terhadap titik x (cm)
V <sub>x</sub>	= Laju air tanah (cm/jam)
D <sub>x</sub>	= Konstanta dispersi (cm <sup>2</sup> /jam)
C	= Konsentrasi pencemar pada titik x (mg/L)

Pengujian validasi model dihitung sesuai dengan rumus *Root Mean Square Error* (RMSE), dengan rumus persamaan sebagai berikut (Ghilani & Wolf, 2011):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{Jumlah Data} \left( \frac{Data Asli - Data Hasil Model}{n} \right)^2} \quad (3)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengukuran Karakteristik Lindi

Lindi memiliki karakteristik bervariasi yang tergantung dari tingkat pengelolaan serta pengolahan yang dilakukan seperti dekomposisi biologi, fisika dan kimia secara anaerob maupun aerob oleh mikroorganisme jenis pengurai. Terbentuknya air lindi juga disebabkan oleh beberapa faktor dari jenis sampah yang dihasilkan dari kawasan daerah TPA, siklus hidrologi serta penerapan sistem pengoperasian (Rana dkk., 2018). Tabel 1 merupakan hasil pengukuran karakteristik air lindi yang diambil dari titik sampel inlet saluran drainase menuju IPAL TPA Ngipik Kabupaten Gresik.

Tabel 1. Karakteristik Lindi

Parameter	Unit	Hasil Uji Sampel	Baku Mutu
COD	mg/L	891,8	300
pH	-	6,7	6 - 9
BOD	mg/L	268,14	150
DO	mg/L	3,2	-
Suhu	°C	32,1	-

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Catatan: Standar Baku Mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah LHK No.P.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi di TPA.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tingginya tingkat COD dan BOD pada lindi TPA Ngipik. Hal ini menandakan bahwa tingkat oksigen terlarut untuk kebutuhan mikroorganisme menguraikan dan mengoksidasi bahan organik cukup tinggi (Andika, dkk., 2020). Hal ini juga berkaitan dengan DO, Ketika BOD tinggi maka DO akan rendah karena terdapat bakteri pengurai sehingga menyebabkan tingkat oksigen dalam lindi menjadi berkurang (Sawyer dkk., 2003). pH lindi pada TPA tergolong sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan karena pH lindi berfluktuatif

disebabkan oleh kegiatan respirasi atau fotosintesis organisme akuatik. Angka pH lindi di TPA berkisar antara 1,5 sampai dengan 9,5 (Yatim & Mukhlis, 2013).

#### *Hasil Pengukuran Kualitas Air Tanah*

Air tanah pada kawasan TPA umumnya memiliki kemungkinan terbesar untuk dapat terkena kontaminasi pencemar akibat lindi (Arbain dkk., 2007). Pengukuran kualitas air tanah sekitar TPA Ngipik dapat ditinjau pada Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Tanah

Parameter	Unit	Hasil Uji Sampel			Baku Mutu
		S1	S2	S3	
pH	-	5,8	6,4	5,7	6 - 9
COD	mg/L	140,5	41	36,5	10 - 80
DO	mg/L	5,3	8	4,6	6
BOD	mg/L	40,35	13,8	12,1	2 - 12
Suhu	°C	31,8	29,8	30,1	22 - 28

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Catatan: Standar Baku Mutu sesuai dengan PP RI No.22 Tahun 2021 Tentang Baku Mutu Air Nasional (Lampiran VI)

#### *Model Analitik*

Simulasi model dilakukan dengan mempersiapkan data asumsi model yang berfungsi untuk membangun model itu sendiri. Data ini terdiri data primer dan sekunder yang dikombinasikan jadi satu sesuai dengan kebutuhan rumus model yaitu solusi analitik *Ogata-Banks* dan *Domenico-Robbins*. Data asumsi model dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengembangan Model

Parameter	Nilai	Unit	Sumber Data
Waktu (t)	18	Tahun	Data Primer
Kedalaman Sumur (m)	4	m	Data Primer
Porositas Tanah (n)	0,37	-	(USDA, 1999)
Dispersivitas Transversal ( $a_y$ )	0,33	m	(Tong & Rong, 2013)
Konduktivitas Hidrolik (K)	0,42	m/hari	(USDA, 1999)
BOD (C0)	268,14	mg/L	Laboratorium
Kd BOD	0,114	L/kg	(USDA, 1999)
Dispersivitas Universal ( $a_z$ )	0,056	m	(Tong & Rong, 2013)
Dispersivitas Longitudinal ( $a_x$ )	0,1	m	(Tong & Rong, 2013)
Lebar Sumber Pencemar (m)	351,22	m	Data Primer
Kd COD	0,136	L/kg	(USDA, 1999)
COD (C0)	891,8	mg/L	Laboratorium

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak semua komposisi model terdiri dari data sekunder atau studi literatur, seperti konsentrasi pencemar, kedalaman sumur, lebar sumber, dan waktu. Data konsentrasi pencemar lindi diperoleh dari pengukuran di laboratorium berupa kadar BOD dan COD masing-masing sebesar 268,14 mg/L dan 891,8 mg/L. Pemilihan parameter ini didasarkan pada tingkat ketahanan dan toksitasnya di lingkungan. Parameter tersebut juga termasuk senyawa metilen klorida. Senyawa ini merupakan senyawa organik yang biasa ditemukan pada lindi TPA (Domenico & Robbins, 1985). Selain itu, kedua parameter ini juga dapat memprediksi umur TPA dengan perbandingan rasio antara COD dan BOD (Zaman & Istirokhatur, 2014). Data kedalaman sumur, waktu TPA, dan lebar sumber pencemar lindi diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan. Untuk nilai dispersivitas universal ( $a_z$ ), transversal ( $a_y$ ), dan longitudinal ( $a_x$ ) didapatkan dari studi literatur dari (Tong & Rong, 2013). Selain itu, kecepatan air tanah pada model ini menggunakan konduktivitas hidrolis yang diperoleh dari data sekunder TPA Ngipik tahun 2021 yaitu dengan jenis tanah Alluvial sebesar 0,42 m/hari. Koefisien distribusi masing-masing parameter COD dan BOD sebesar 0,136 L/kg dan 0,114 L/kg. Data porositas tanah, konduktivitas hidrolik dan koefisien distribusi diperoleh dari (USDA, 1999).

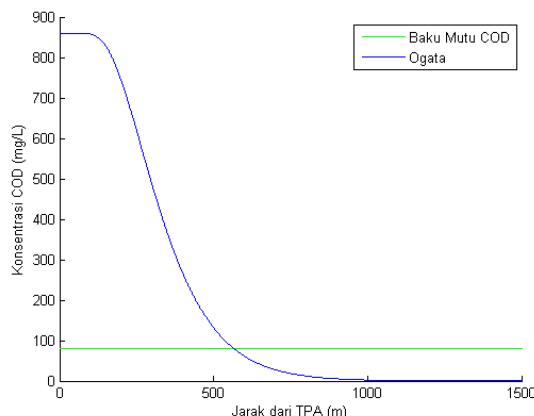
#### *Hasil Simulasi Model*

Perhitungan simulasi model menggunakan MATLAB dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu retardasi, kecepatan air tanah dan lain-lain sesuai dengan data yang dibutuhkan oleh kedua model tersebut.

Hasil pengukuran kualitas air tanah TPA Ngipik pada Tabel 2 titik lokasi sampling S1, S2, dan S3 berturut-turut menunjukkan hasil COD sebesar 140,5 mg/L, 41 mg/L, dan 36,5 mg/L. Sedangkan parameter BOD didapatkan hasil sebesar 400,35 mg/L, 13,8 mg/L dan 12,1 mg/L. Untuk hasil model *Ogata-Banks* parameter COD pada S1, S2, dan S3 berturut-turut menunjukkan angka 140,4975 mg/L, 40,9988 mg/L, dan 36,4951 mg/L. Sedangkan parameter BOD didapatkan hasil sebesar 40,345 mg/L, 13,7963 mg/L, dan 12,0962 mg/L. Untuk simulasi model *Domenico-Robbins* pada S1, S2, dan S3 berturut-turut menunjukkan hasil COD sebesar 140,5001 mg/L, 41,0037 mg/L, dan 36,501 mg/L. Sedangkan hasil simulasi model 2 dimensi

parameter BOD pada S1, S2, dan S3 berturut-turut yaitu 40,3506 mg/L, 13,8001 mg/L, dan 12,1007 mg/L.

Simulasi model dilakukan untuk memprediksi situasi lingkungan akibat kadar kontaminan lindi akibat adanya TPA Ngipik. Selain itu, output model ini juga berguna untuk menghitung kondisi lingkungan pada tahun yang akan datang serta penggambaran bagaimana model distribusi lindi berdasarkan pada kadar COD dan BOD dalam kurun waktu tertentu.

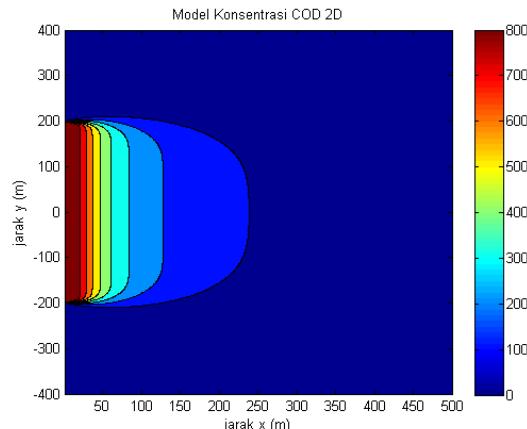


Gambar 2. Hasil Simulasi COD (Ogata-Banks)  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Gambar 2 dan 5 menunjukkan informasi mengenai model distribusi lindi pada  $t = 18$  tahun dengan model satu arah atau 1 dimensi. Output laporan berupa konsentrasi kontaminan lindi pada kadar COD dan BOD tersebar dan terurai pada posisi  $\pm 568$  m dan  $\pm 738$  m dari TPA. Untuk jarak masing-masing  $\pm 68$  m dan  $\pm 85$  m, parameter COD dan BOD mulai menyebar karena infiltrasi tanah, sehingga seiring berjalanannya waktu konsentrasi COD dan BOD menurun seiring dengan bertambahnya jarak antara tempat

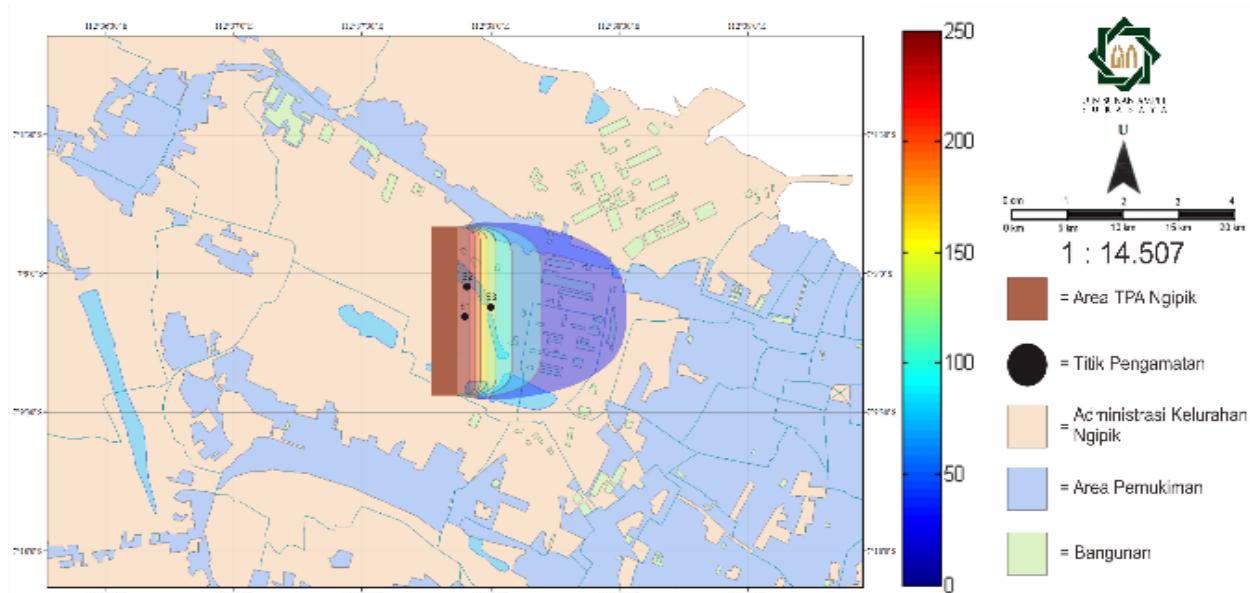
pembuangan sampah dan pencemaran lokasi meningkat.

Sedangkan Gambar 3 dan 6 menggambarkan skema distribusi lindi dengan model dua dimensi. Model ini mampu mengidentifikasi pola distribusi yang seragam terkait polutan COD dan BOD lindi yang secara langsung terangkut oleh air tanah dari TPA Ngipik yang tersebar pada jarak  $\pm 278$  m dan  $\pm 401$  m dari TPA dengan  $t = 18$  tahun. Kedua parameter ini mengalami peristiwa dispersi seiring dengan bertambahnya jarak antara TPA dengan sumur di sekitar TPA Ngipik. Grafik dan gambar yang dibentuk sangat beragam tergantung dari rumus model yang digunakan sehingga semakin jauh posisi kontaminan yang ditempuh dari TPA maka semakin terdispersi kedua pencemar tersebut.

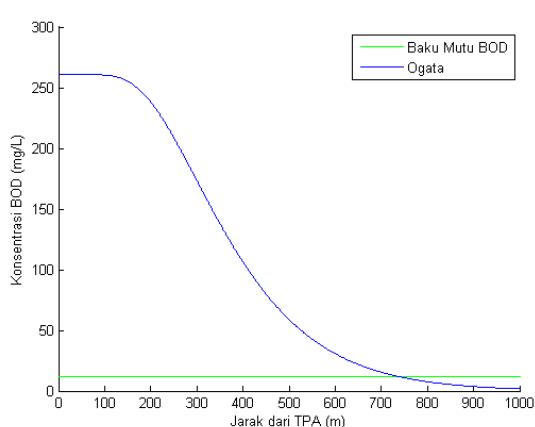


Gambar 3. Hasil Simulasi COD (Domenico-Robbins)  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Gambar 4 dan 7 menunjukkan prediksi COD dan BOD jika TPA mencapai 18 tahun. Terlihat bahwa sumur-sumur penduduk yang tinggal di sekitar TPA akan selalu tercemar oleh parameter COD dan BOD pada jarak tertentu.

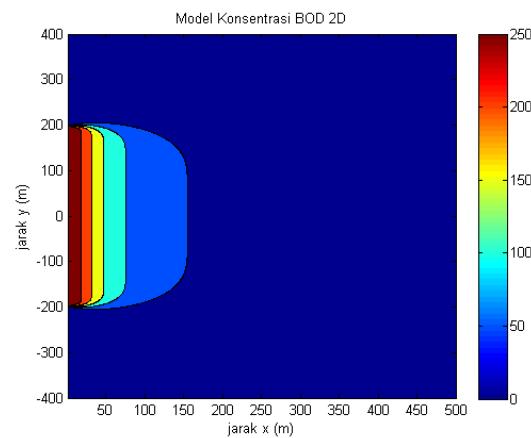


Gambar 4. Peta Sebaran COD pada  $t=18$  tahun  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)



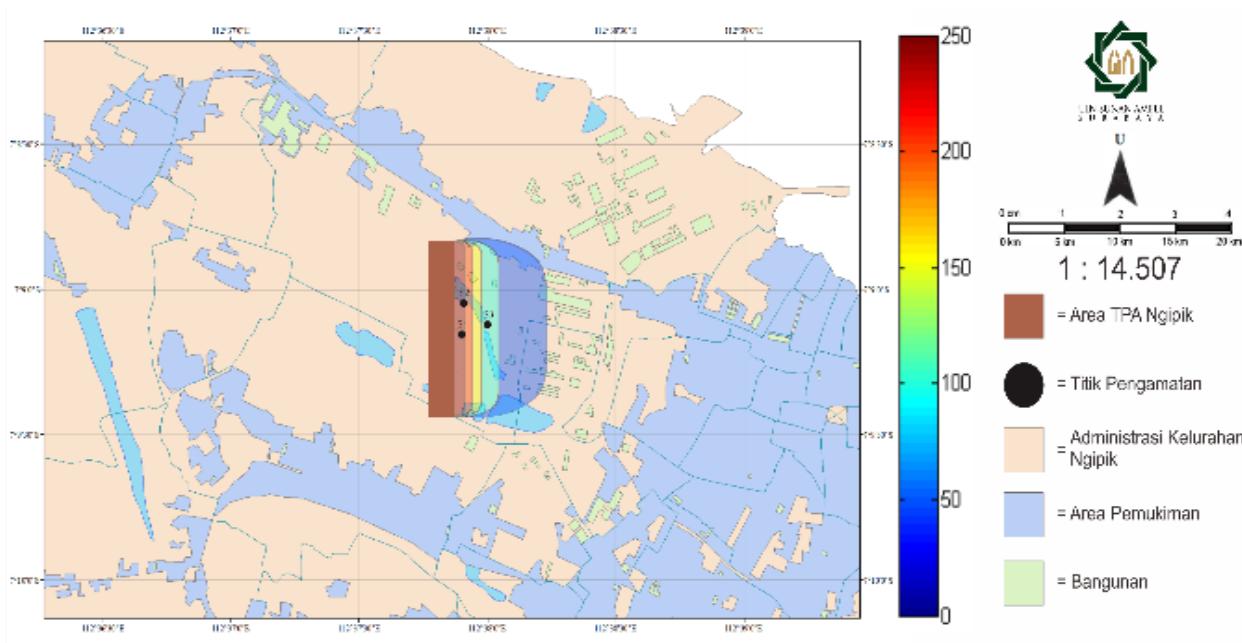
Gambar 5. Hasil Simulasi BOD (Ogata-Banks)  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Model *Ogata-Banks* merupakan model solusi analitik memiliki output 1 dimensi yang digunakan untuk menggambarkan penyebaran polutan baik pada aiar tanah maupun air tanah. Jika model ini (Ogata & Banks, 1961) memiliki nilai porositas ( $n$ ) dan dispersivitas ( $D$ ) besar maka akan menghasilkan eror yang besar. Sedangkan model *Domenico-Robbins* merupakan solusi multidimensi atau solusi analitik untuk mensimulasikan transpor pencemar pada air tanah. Model *Domenico-Robbins* juga memiliki eror jika dispersivitas longitudinal bernilai nol dan sangat sensitif terhadap tingkat dispersivitas yang digunakan (Domenico & Robbins, 1985a).



Gambar 6. Hasil Simulasi BOD (Domenico-Robbins)  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Diagram distribusi lindi untuk tahun tertentu dapat menggunakan model berbentuk 1 atau 2 dimensi. Beberapa parameter dari dapat diubah menjadi secara individual atau terhadap metode lain pada saat yang sama (Notodarmojo, 2005). Hasil kalibrasi dapat dikatakan sesuai apabila perbandingan antara data lapangan dengan data model mengeluarkan nilai eror kecil atau hamper mendekati angka nol. Nilai eror yang dihasilkan dari rumus RMSE akan semakin kecil jika selisih antara kedua data tersebut juga kecil. Hal ini akan memberikan informasi bahwa model dapat digunakan sebagai pemodelan pencemar air tanah khususnya pada parameter tertentu karena hanya terjadi perbedaan kecil terhadap data lapangan. Hasil kalibrasi model dievaluasi dengan hasil uji lapangan, salah satunya menggunakan rumus RMSE.



Gambar 7. Peta Sebaran COD Pada t=18 tahun

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Tabel 4 menunjukkan perbedaan error yang signifikan. Berdasarkan hasil error, solusi analitik Ogata-Banks memiliki nilai error yang lebih tinggi daripada solusi analitik Domenico-Robbins. Model solusi analitik Domenico-Robbins lebih akurat atau cocok digunakan untuk pemodelan distribusi kontaminan dalam air tanah. Solusi analitik tersebut memiliki bentuk matematis sedemikian rupa sehingga akan menghasilkan suatu nilai berupa bilangan yang mendekati nol (Rosidi, 2019).

Tabel 4. Data Pengujian Eror Model

Sampel	RMSE			
	COD		BOD	
	Ogata	Domenico	Ogata	Domenico
S1	0.00250	0.0001	0.00500	0.0006
S2	0.00120	0.0037	0.00370	0.0001
S3	0.00490	0.0010	0.00380	0.0007
Rata-Rata	0.00287	0.0016	0.00417	0.000467

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Berdasarkan pembahasan diatas, TPA Ngipik berpotensi berakibat fatal terhadap kesehatan tanah dan air tanah khususnya daerah sekitar TPA. Peristiwa tersebut dapat mengekspos masyarakat di sekitar TPA untuk diserang oleh infeksi biologis air tanah yang berpotensi terkontaminasi oleh lindi TPA melalui rembesan ke dalam tanah. Menurut (Karami, 2022), sistem pengolahan sampah *Open Dumping* sebaiknya ditutup dan diganti dengan metode ramah lingkungan, yaitu *sanitary landfill* untuk kota besar atau

metropolitan, serta metode *controlled landfill* untuk kota kecil dan menengah.

#### 4. KESIMPULAN

Simulasi model menunjukkan bahwa COD dan BOD tidak terdeteksi pada jarak  $\pm 278$  m dan  $\pm 401$  m. Model *Domenico-Robbins* memiliki rata-rata error 0,0016 untuk COD dan 0,000467 untuk BOD, sedangkan *Ogata-Banks* memiliki error 0,00287 untuk COD dan 0,00417 untuk BOD. Perbandingan verifikasi formal model solusi analitik Ogata-Banks menghasilkan nilai kesalahan lebih besar daripada solusi analitik Domenico-Robbin. Hal ini dapat dikategorikan bahwa solusi analitik *Domenico-Robbins* lebih akurat daripada solusi analitik *Ogata-Banks*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit ( Ppks ) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Arbain, Mardana, M., & Sudana, I. (2007). Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya Di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar. *ECOTROPHIC*, 3(8), 55–60.
- Arsyadi, A. Q. (2017). *Identifikasi Persebaran Air Lindi Di Tpa Ngipik Kabupaten*

- Gresik Dengan Menggunakan Metode Resistivitas 2d Konfigurasi Wenner-Schlumberger.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Domenico, P. A., & Robbins, G. A. (1985a). A New Method of Contaminant Plume Analysis. *Ground Water*, 23(4), 476-485. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1985.tb01497.x>
- Domenico, P. A., & Robbins, G. A. (1985b). A New Method of Contaminant Plume Analysis. *Ground Water*, 23(4), 476-485. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1985.tb01497.x>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2011). Adjustment computations: Spatial data analysis. Dalam *International Journal of Geographical Information Science* (Vol. 25). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.501335>
- Juliardi, A. R. N. R., & Wiyanti, R. I. (2018). The test ability of fish Tawes to leachate garbage dump (TPA) Benowo. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012223>
- Karami, A. A. (2022). *Pemodelan pola persebaran Lindi di TPA Nngipik Kabupaten Gresik menggunakan solusi analitik ogata-banks dan domenico-robbins* (Undergraduate, UIN Sunan Ampel Surabaya). UIN Sunan Ampel Surabaya. Diambil dari <http://digilib.uinsby.ac.id/51528/>
- Konig, L. F., & Weiss, J. L. (2009). *Groundwater: Modelling, management and contamination*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Kurniawan, A. (2019). *Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan*. Malang: Wineka Media.
- Mishra, S., Tiwary, D., Ohri, A., & Agnihotri, A. K. (2019). Impact Of Municipal Solid Waste Landfill Leachate On Groundwater Quality In Varanasi, India. *Groundwater For Sustainable Development*, 9(100230).
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: ITB Press.
- Ogata, A., & Banks, R. B. (1961). A solution of the differential equation of longitudinal dispersion in porous media. Dalam *Geological Survey (U.S.); Professional paper*. Washington: UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE.
- Pardosi, I. P., & Nugroho, R. (2019). Pengelolaan Sampah Melalui Recycle Untuk Kemandirian Masyarakat Di Kelurahan Sekardangan Kebupaten Sidoarjo. *Jurnal Pendidikan Untuk Semua*, 8(2).
- Pidriansy, Q. (2013). *Kajian Pencemaran Air Tanah Dangkal dan Analisis Resiko Kesehatan Manusia Akibat Lindi dari Landfill (Studi Kasus: TPA Burangkeng, Bekasi)*. Institut Teknologi Bandung.
- Rana, R., Ganguly, R., & Gupta, A. K. (2018). Indexing method for assessment of pollution potential of leachate from non-engineered landfill sites and its effect on ground water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6417-1>
- Rosidi, M. (2019). *Metode Numerik Menggunakan R Untuk Teknik Lingkungan*. Bandung: Piktochart. Diambil dari [https://bookdown.org/moh\\_rosidi2610/Metode\\_Numerik/](https://bookdown.org/moh_rosidi2610/Metode_Numerik/)
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science* (5th ed). Boston: McGraw-Hill.
- SNI 06-6989.2:2004. (2004). *Air dan Air Limbah—Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 06-6989.23:2005. (2019). *Air dan Air Limbah—Bagian 23: Cara uji suhu dengan termometer*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 6989.11:2019. (2004). *Air dan Air Limbah—Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 6989.58:2008. (2008). *Air dan Air Limbah—Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 6989.59:2008. (2008). *Air dan Air Limbah—Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 6989.72:2009. (2009). *Air dan Air Limbah—Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia*.

- (Biochemical Oxygen Demand / BOD). Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Tong, W., & Rong, Y. (2013). Domenico Spreadsheet Analytical Manual. Diambil 7 Juni 2022, dari [http://www.waterboards.ca.gov/losangeles//water\\_issues/programs/ust/publications](http://www.waterboards.ca.gov/losangeles//water_issues/programs/ust/publications).
- USDA. (1999). *Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys* (2 ed.). Washington, DC: United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Diambil dari [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051232.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf)
- Wang, K., Li, L., Tan, F., & Wu, D. (2018). Treatment of landfill leachate using activated sludge technology: A review. *Archaea*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1039453>
- Williams, R. L. (2014). Survey Sampling and Weighting. *Encyclopedia of Health Economics*, 3, 371–374. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375678-7.00703-3>
- Yatim, E. M., & Mukhlis, M. (2013). Pengaruh lindi (leachate) sampah terhadap air sumur penduduk sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) air dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 7(2), 54–59.
- Ye, Z. L., Hong, Y., Pan, S., Huang, Z., Chen, S., & Wang, W. (2017). Full-scale treatment of landfill leachate by using the mechanical vapor recompression combined with coagulation pretreatment. *Waste Management*, 66, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.026>
- Zaman, B., & Istirokhatun, T. (2014). *Penyisihan Bod Dan Cod Dalam Lindi Pada Constructed Wetland Menggunakan Typha Angustifolia Dengan Pengaruh Debit Dan Jumlah Tumbuhan Yang Berbeda (Studi Kasus: Tempat Pembuangan Sampah Kawasan Industri Terboyo, Semarang, Jawa Tengah)*. Doctoral Dissertation, Diponegoro University.

## Studi Rona Awal Lingkungan Pembangunan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Gohong

Restu Hikmah Ayu Murti<sup>1,\*</sup>, Yuliana Sukarmawati<sup>2</sup>, Muhammad Abdus Salam Jawwad<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Universitas Pembangunan Nasional Veteran jawa Timur, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Politeknik Negeri Bali, Jimbaran, Indonesia

[restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id](mailto:restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id)

### Abstract

The local government of Pulang Pisau, Central Kalimantan plans to build a Final Processing Site (TPA) located in Gohong Village, Kahayan Hilir District. The Gohong Final Waste Processing Site (TPA) will be managed to be built with a sanitary landfill system located in Gohong Village, Kahayan Hilir District, Pulang Pisau Regency at an area of 64.260 m<sup>2</sup>. Based on this, it is necessary to conduct an initial environmental study of the initial environment components before planning and physical development begins, to be managed and monitored during the activity. This study uses two types of data, which are secondary data and primary data. Secondary data includes topographic data and rainfall at the construction site, while the primary data applied is groundwater and river water quality data, as well as water biota analysis. The results of the initial baseline study for the planned location of the Gohong TPA development show that this area has an intermediate category of rainfall (100-300 mm), with a contour slope of 0 - 8°. Soil types at the site of the development plan are podsol and alluvial types. The quality of river water around the location of the development plan is class 4 PP 22 of 2021, except for BOD and coliform parameters, and has biological components with diverse species with healthy ecosystems. Groundwater quality meets the standards of Permenkes 32 of 2017 in addition to the coliform parameter.

Keyword: initial baseline, landfill, Gohong, Pulang Pisau

### Abstrak

Pemerintah daerah Pulang Pisau, Kalimantan Tengah merencanakan untuk membangun Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang terletak di Desa Gohong Kecamatan Kahayan Hilir. Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Gohong direncanakan untuk dibangun dengan sistem sanitary landfill yang berlokasi di Desa Gohong, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau seluas 64.260 m<sup>2</sup>. Berdasarkan hal tersebut diperlukan studi lingkungan awal mengenai komponen-komponen lingkungan awal sebelum perencanaan dan pembangunan fisik dimulai, untuk kemudian dikelola dan dipantau selama kegiatan berjalan. Studi ini menggunakan dua jenis data yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi data topografi dan curah hujan di lokasi pembangunan, sedangkan data primer yang digunakan adalah data kualitas air tanah dan sungai, serta analisa biota air. Hasil studi rona awal lokasi rencana pembangunan TPA Gohong menunjukkan wilayah ini memiliki curah hujan kategori menengah (100-300 mm), dengan kemiringan kontur 0 - 8°. Jenis tanah di lokasi rencana pembangunan merupakan tanah jenis podsoll dan aluvial. Kualitas air sungai di sekitar lokasi rencana pembangunan merupakan jenis air kelas 4 PP 22 Tahun 2021 kecuali pada parameter BOD dan koliform, dan memiliki komponen biologis dengan spesies beragam dengan ekosistem yang sehat. Kualitas air tanah memenuhi standar Permenkes 32 Tahun 2017 selain pada parameter kolifom.

Kata Kunci: rona awal, tempat pembuangan akhir, Gohong, Pulang Pisau.

### 1. PENDAHULUAN

Pembuangan limbah padat merupakan masalah yang tersebar luas di daerah perkotaan maupun pedesaan di banyak negara maju dan berkembang (Abdel & Mansour, 2018). Pengelolaan limbah padat yang tepat sangat penting untuk menghindari polusi,

dampak lingkungan, dan ancaman terhadap kesehatan masyarakat. Masalah limbah padat terutama timbul dari pengelolaan tempat pembuangan yang tidak memadai (Vaverková dkk, 2022). Selama proses dekomposisi sampah yang menumpuk akan menghasilkan lindi dan biogas yang berinteraksi dengan

lingkungan (Gutiérrez-Gil, Zafra-Mejía, & Alarcón-Hincapié, 2018).

Kabupaten Pulang Pisau saat ini belum memiliki infrastuktur pemrosesan akhir sampah yang representatif dan memenuhi syarat. Hal ini mengakibatkan pengelolaan sampah di wilayah Kabupaten Pulang Pisau belum memadai.

Untuk menghadapi masalah tersebut pemerintah daerah Pulang Pisau, Kalimantan Tengah merencanakan untuk membangun Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang terletak di Desa Gohong Kecamatan Kahayan Hilir.

Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Gohong direncanakan untuk dibangun dengan sistem sanitary landfill yang berlokasi di Desa Gohong, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau seluas 64.260 m<sup>2</sup>, dengan daerah layanan seluas 8.997 km<sup>2</sup>.

Sistem sanitary landfill merupakan sistem pengelolaan sampah dengan cara menimbun dan menumpuk sampah di lokasi cekung, memadatkannya, dan kemudian diurug dengan tanah. Produk sampingan dari limbah padat yang ditimbun di TPA memiliki efek buruk pada lingkungan sekitar dan manusia yang tinggal lebih dekat dengan lokasi TPA (Njoku, Edokpayi, & Odiyo, 2019). Kelebihan dari sanitary landfill ini adalah dapat meminimisasi dampak negatif yang ditimbulkan sampah serta dapat memanfaatkan gas metan yang dihasilkan dari proses penguraian sampah (Ragab, 2019).

Sebagaimana tertuang di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PermenLHK, 2021). Dampak dai suatu pembangunan harus dikelola dan dipantau. Berdasarkan hal tersebut diperlukan studi lingkungan awal mengenai komponen-komponen lingkungan sebelum perencanaan dan pembangunan fisik dimulai, untuk kemudian dikelola dan dipantau pada lokasi yang akan dilakukan pembangunan. Studi rona awal lingkungan ini bertujuan untuk dapat menyediakan data dasar, agar menjadi acuan untuk merencanakan pengelolaan TPA Gohong nantinya..

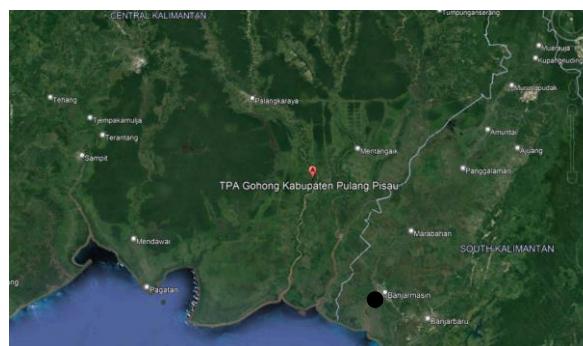
## 2. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan dua jenis data yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi data jenis tanah, topografi dan curah hujan di lokasi pembangunan, sedangkan data primer yang digunakan adalah data kualitas air dan analisa biota air. Data sekunder diperoleh

dari situs resmi yang disediakan oleh pemerintah, sedangkan data primer diperoleh dari hasil uji laboratorium.

### Wilayah Studi

Wilayah studi yang direncanakan akan menjadi lokasi pembangunan TPA Gohong ini berada di wilayah Desa Gohong, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Peta peta lokasi rencana pembangunan TPA Gohong dijelaskan pada Gambar 1.

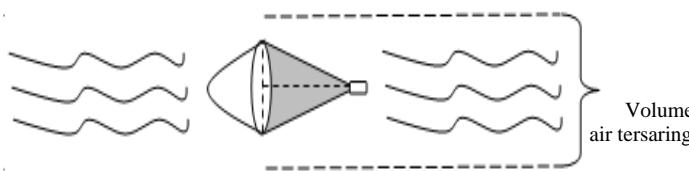


Gambar 1. Peta Lokasi Rencana Pembangunan TPA Gohong  
(Sumber: Citra Satelit, 2022)

### Pengambilan Sampel di Lapangan

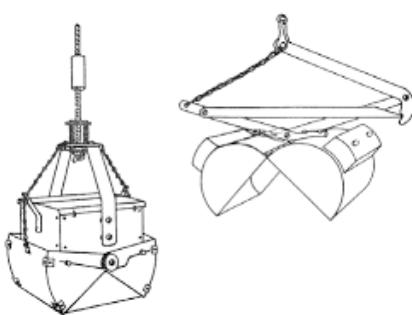
Pengambilan sample air di anak sungai Kahayan sebagai badan air terdekat dilakukan pada tanggal 17 Desember 2021. Sample air diuji oleh laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Katingan. Pengambilan sample menggunakan SNI 6989 57-2008 sebagai acuan. Titik pengambilan sample air badan air terletak pada koordinat S: 02°40'07,5" E: 114°15'08,6" dan koordinat pengambilan air tanah adalah sebagai berikut S:02°39'35,9", E:1140 15'2,2". Parameter yang diamati adalah pH, DO, TSS, BOD, COD, Fosfat, Nitrat sebagai N, dan MPN Fecal Coliform dalam air.

Sampel biota air berupa plankton dan bentos. Bentos pada perairan diambil menggunakan ponar grab untuk mengambil sedimen pada permukaan dangkal, sedangkan plankton menggunakan plankton net dengan menggunakan metode towing net. Kecepatan gerakan jaring sekitar 3.8 Km/Jam. Ilustrasi pengambilan sample plankton dengan menggunakan metode towing net dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Pengambilan Sample Plankton Dengan Menggunakan Metode Towing Net

Analisa plankton dilakukan di Laboratorium riset UPN "Veteran" Jawa Timur dengan menggunakan miroskop dan preparat sedgewick rafter counting chamber. Ilustrasi ponar grab untuk pengambilan sampel bentos dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Ponar Grab untuk Pengambilan Sampel Bentos.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis studi rona awal lingkungan di lokasi rencana pembangunan TPA Gohong dibedakan menjadi dua komponen yaitu komponen fisika dan komponen biologis. Komponen fisika terdiri dari analisis data curah hujan, kualitas Air Badan Air, topografi, geografi dan jenis tanah. Sedangkan untuk komponen biologi terdiri dari analisa data biota air yang ditemukan di lokasi rencana pembangunan.

#### KOMPONEN FISIKA Curah Hujan

Data curah hujan di Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah mempunyai pola yang bervariasi curah hujan relatif tinggi pada bulan Januari hingga April sedangkan pada bulan Mei hingga September curah hujan relatif lebih rendah. Data curah hujan sangat penting untuk studi rona awal pembangunan suatu TPA, karena akan berkaitan dengan produksi lindi yang akan dihasilkan ketika TPA beroperasi. Data curah hujan Kabupaten Pulang Pisau dijelaskan pada Tabel 1.

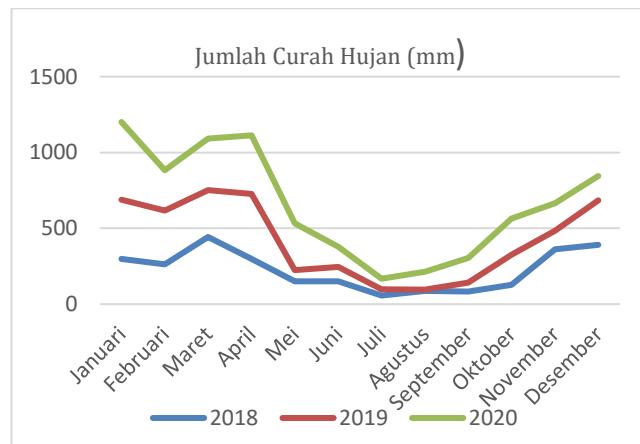
Tabel 1. Data Curah Hujan Kabupaten Pulang Pisau

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm)
-------	-------------------------

	2018	2019	2020
Januari	298	391	512
Februari	262	356	264
Maret	443	309	339
April	299	428	385
Mei	151	73	308
Juni	150	95	134
Juli	57	41	70
Agustus	87	9	119
September	83	59	162
Oktober	128	198	238
November	362	123	180
Desember	392	293	161

(Sumber: Stasiun Meteorologi Tjilik Riwut Palangka Raya, BMKG, 2022)

Kabupaten Pulang Pisau mempunyai iklim tropis basah dengan rentang curah hujan yang cukup tinggi dari tahun 2018-2020 adalah 9mm hingga 512mm. Secara umum kategori curah hujan Kabupaten Pulang Pisau termasuk kategori menengah (100-300 mm). Grafik curah hujan kab. Pulang Pisau tahun 2018-2020 dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik curah hujan kab. Pulang Pisau Tahun 2018-2020

(Sumber: Stasiun Meteorologi Tjilik Riwut Palangka Raya)

#### Topografi, Geografi dan Jenis Tanah

Pada bagian utara wilayah kabupaten Pulang Pisau merupakan wilayah perbukitan dengan ketinggian antara 50 - 100 m dari atas permukaan laut. Sedangkan dibagian selatan tewiri dari pesisir dan rawa-rawa dengan ketinggian 0-5m yang memiliki sudut elevasi 0-8° (Pemkab, 2022). Desa Gohong dilalui aliran sungai Kahayan yang merupakan salah satu sungai terpanjang di Kalimantan. Hasil pengujian kualitas air badan air dijelaskan pada Tabel 2 dan hasil pengujian kualitas air badan air dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Air Badan Air

No	Parameter	Satuan	Hasil pengujian	Baku Mutu Air Kelas IV	Metode Pengujian
1	pH ( <i>on-site</i> )	-	6.76	6-9	SNI 6989.11.2019
2	DO ( <i>on-site</i> )	mg/L	4.97	1 (batas min)	SNI 06-6989.14.2004
3	TSS	mg/L	14.0	400	SNI 6989.3.2019
4	BOD	mg/L	15.5	12	SNI 6989.72.2009
5	COD	mg/L	63.7	80	SNI 6989.2.2019
6	Fosfat, PO <sub>4</sub>	mg/L	0.05	-	SNI 06-6989.31.2005
7	Nitrat sebagai N	mg/L	1.0	20	Spektrometri
8	MPN Fecal Coliform	Jumlah/100mL	900x10 <sup>3</sup>	2000	SNI 19-3957-1995

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium DLH Kab. Katingan, 2022)

Tabel 3. Hasil Pengujian Kualitas Air Tanah

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Baku Mutu	Metode Pengujian
1	Kekeruhan ( <i>onsite</i> )	NTU	15.1	25	SNI 06-6989.25-2005
2	Temperature ( <i>onsite</i> )	mg/L	28.7	Suhu udara ± 3	SNI 06-6989.23-2005
3	pH	-	7.18	6.5-8.5	SNI 6989.11.2019
4	TDS	mg/L	799	1000	Horiba ES 71
5	Fe Terlarut	mg/L	0.291	1	SNI 6989.84.2019
6	Mn Terlarut	mg/L	0.0607	0.5	SNI 6989.84.2019
7	Nitrat sebagai N	mg/L	0.07	10	Spektrometri
8	Nitrit sebagai N	mg/L	0.008	1	SNI 6989.80.2011
9	Deterjen	mg/L	0.019	0.05	Spektrometri
10	Warna	TCU	<1	50	SNI 6989.80.2011
11	Rasa	-	Tidak berasa	Tidak berasa	Organoleptik
12	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	APHA 23 <sup>rd</sup> 2150 b (2017)
13	Fluorida (F)	mg/L	0.3	1.5	APHA 23 <sup>rd</sup> 4500 F D (2017)
14	Kesadahan	mg/L	14	500	APHA 23 <sup>rd</sup> , 2340 B (2017)
15	Pestisida Total	mg/L	< 0.0004	0.1	USEPA 8081 B (2007)
16	MPN Total Coliform	Jumlah/100 mL	230	50	SNI 06-4158-1996
17	MPN E.Coli	Jumlah/100 mL	230	0	APHA 23 <sup>rd</sup> Sec 9221 B & F

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium DLH Kab. Katingan, 2022)

Formasi geologi yang ada di pulang pisau terdiri atas susunan alluvium (Qa) dan batuan gunung api (Trv). Sedangkan jenis tanah yang ada di Kabupaten Pulang Pisau mengikuti topografi di wilayah tersebut. Jenis tanah pada Kabupaten Pulang Pisau bagian Utara didominasi oleh jenis podsoll dan alluvial, sedangkan di bagian selatan didominasi oleh jenis tanah gambut dan alluvial. Sedangkan dipinggir sungai didominasi oleh tanah jenis alluvial yang berasal dari endapan sungai.

Informasi mengenai rona awal Topografi, Geografi dan Jenis Tanah ini sangat penting untuk pembangunan fisik TPA Gohong, karena berkaitan dengan jenis teknologi membran apa yang akan digunakan (Keyikoglu dkk, 2021).

### Kualitas Air Badan Air (ABA)

Kondisi kualitas air badan air suatu daerah sangat tergantung dengan aktivitas yang berada di sekitar badan air. Badan air yang terdapat di sekitar lokasi proyek adalah Air

Badan Air sungai Kahayan. Kualitas air permukaan tersebut ditentukan oleh kadar zat pencemar yang terdapat di dalamnya yang dapat diketahui dengan melakukan pengujian kualitas badan air. Kemudian hasil pemeriksaan yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu kualitas air permukaan menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 Lampiran VI.

Hasil analisa pada Tabel 2 menunjukkan bahwa parameter pengukuran kualitas air badan air yang berada di TPA Pulang Pisau memenuhi baku mutu air kelas IV. Air Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Namun, pada parameter BOD dan Coliform menunjukkan angka yang melebihi baku mutu. Hal ini disebabkan karena kegiatan pembuangan sampah yang sudah dilakukan sebelum pembangunan TPA.

Semakin kecil kandungan TSS, BOD, Fosfat, Nitrat dan Fecal coliformnya maka dapat dikatakan kualitas air badan air tersebut semakin baik.

### Kualitas Air Tanah

Tabel 3 merupakan hasil analisa pengujian sample air sumur diambil di permukiman penduduk terdekat dari rencana pembangunan TPA Gohong. Pada Tabel 3 hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 Lampiran I.

Sampah yang dibuang ke TPA kemudian bercampur dengan air hujan akan terbawa aliran bawah tanah dan infiltrasi dari presipitasi. Sebuah kombinasi dari proses fisik, kimia, dan mikroba dalam limbah untuk mentransfer polutan dari bahan limbah ke air yang merembes menciptakan lindi tercemar yang kuat (Talalaj, 2014).

Sebelum proses pembangunan TPA perlu dilakukan pengujian terhadap air tanah yang digunakan untuk beraktifitas warga. Hal ini bertujuan untuk memantau dan pengelolaan guna mengurangi dampak kesehatan yang ditimbulkan (Amano, 2020). Dari hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh DLH Kab. Katingan tidak ada parameter uji dalam air yang melebihi baku mutu selain parameter koliform yang masih di atas baku mutu. Hal ini dipengaruhi oleh pembuangan sampah secara terbuka yang sudah dilakukan sebelum pembangunan TPA.

## KOMPONEN BIOLOGIS

### Biota Air

Di antara berbagai pengukuran kualitas lingkungan perairan, parameter biologis dianggap mewakili indikator kualitas air jangka pendek dan jangka panjang. Plankton spesies, yang sebagian besar memiliki rentang hidup pendek, berpotensi memberikan informasi jangka pendek tentang kualitas perairan(Hastuti, Hastuti, & Darmanti, 2018). Di sisi lain, benthos memiliki rentang hidup lebih lama, cenderung memberikan informasi yang lebih baik tentang kualitas perairan jangka panjang(Li, Zheng, & Liu, 2010). Dengan demikian, kajian indikator biologis kualitas lingkungan diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih tepat untuk mengidentifikasi kondisi ekosistem saat ini dan untuk memandu perumusan pengelolaan (Kenney dkk, 2009). Hasil uji plankton dan

bentos di anak sungai Kahayan dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Plankton dan Bentos di Anak Sungai Kahayan

Jenis	Nama
Plankton	1. <i>Chlamydomonas</i> sp
	2. <i>Cryptomonas</i> sp
	3. <i>Trachelomonas</i> sp
	4. <i>Rotifera</i>
	5. <i>Cladocera</i>
	6. <i>Copepoda</i>
Benthos	1. <i>Aelosomatidae</i>
	2. <i>Naididae</i>
	3. <i>Tubificidae</i>
	4. <i>Corbiculidae</i>
	5. <i>Sphaeriidae</i>

(Sumber: Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Hasil analisis terhadap plankton secara keseluruhan di perairan anak sungai Kahayan ditemukan enam jenis organisme plankton. Jenis-jenis plankton yang ditemukan dalam badan air di sekitar lokasi rencana pembangunan TPA kebanyakan merupakan jenis plankton yang berhabitat di air tawar wilayah lembab(Margulis & Chapman, 2009). *Trachelomonas* sp yang ditemukan pada badan air menunjukkan indikasi habitat yang kaya akan kandungan organik, mangan, dan zat besi dengan pH netral yang cenderung asam. Sedangkan *Rotifera* sp menunjukkan kualitas air dengan salinitas yang sangat rendah, karena sensitivitas *Rotifera* sp yang tidak dapat hidup di badan air dengan salinitas tinggi (Rianto, 2017).

Analisa terhadap benthos di sedimen badan air sekitar lokasi rencana pembangunan TPA berhasil mengidentifikasi lima jenis benthos. Benthos yang ditemukan sebagian besar merupakan famili cacing dengan habitat air tawar, seperti *Naedidae*, *Tubificidae*, dan *Aelosomatidae* (Chekanovskaya, 1962). *Sphaeriidae* merupakan bivalvia atau kerang dengan habitat alami air tawar (Bespalaya dkk, 2015). Secara umum, analisa komponen biologis plankton dan benthos di sekitar lokasi rencana pembangunan TPA menunjukkan variasi dan keberagaman yang baik, dan menunjukkan adanya ekosistem yang sehat pada badan air.

## 4. KESIMPULAN

TPA Gohong akan dibangun menggunakan sistem sanitary landfill guna meminimalisir

dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Sebelum dilakukan pembangunan perlu dilakukan studi mengenai rona lingkungan awal yang menjadi dasar pengelolaan lingkungan ketika TPA beroperasi.

Hasil studi rona awal lokasi rencana pembangunan TPA Gohong, Kabupaten Pulau Pisang, Kalimantan Tengah menunjukkan wilayah ini memiliki curah hujan kategori menengah (100 – 300 mm), dengan kemiringan kontur 0 – 8°. Jenis tanah di lokasi rencana pembangunan merupakan tanah jenis podsoll dan aluvial. Kualitas air sungai di sekitar lokasi rencana pembangunan merupakan jenis air kelas 4 PP 22 Tahun 2021 kecuali pada parameter BOD dan koliform, dan memiliki komponen biologis dengan spesies beragam dengan ekosistem yang sehat. Kualitas air tanah memenuhi standar Permenkes 32 Tahun 2017 selain pada parameter kolifom.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275-1290.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Agus Rianto, T. R. S., Ari Hepi Yanti. (2017). Komposisi Rotifera di Muara Sungai Kakap Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Protobiont*, 6, 64-71.
- Bespalya, Y., Bolotov, I., Aksanova, O., Kondakov, A., Gofarov, M., & Paltser, I. (2015). Occurrence of a Sphaerium species (Bivalvia: Sphaeriidae) of Nearctic origin in European Arctic Russia (Vaigach Island) indicates an ancient exchange between freshwater faunas across the Arctic. *Polar Biology*, 38(9), 1545-1551.  
doi:[10.1007/s00300-015-1656-5](https://doi.org/10.1007/s00300-015-1656-5)
- BMKG. (2022). Badan Pusat Statistik Kabupaten Pulang Pisau. doi:<https://pulpiskab.bps.go.id/indicator/151/45/1/jumlah-curah-hujan.html>
- Chekanovskaya, O. V. (1962). Aquatic Oligochaetes of the Fauna of the USSR. Moscow: Akad.
- Gutiérrez-Gil, V., Zafra-Mejía, C., & Alarcón-Hincapié, J. (2018). A Preliminary Study to Forecast the Leachate and Biogas Generation in a Municipal Solid Waste Landfill in Latin America. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 13, 14386-14392.
- Hastuti, E., Hastuti, R., & Darmanti, S. (2018). Plankton and benthos similarity indices as indicators of the impact of mangrove plantation on the environmental quality of silvofishery ponds. *Biodiversitas*, 19, 1558-1567. doi:[10.13057/biodiv/d190449](https://doi.org/10.13057/biodiv/d190449)
- Kenney, M., Sutton-Grier, A., Smith, R., & Gresens, S. (2009). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2, 99-128. doi:[10.1163/187498209X12525675906077](https://doi.org/10.1163/187498209X12525675906077)
- Keyikoglu, R., Karatas, O., Rezania, H., Kobya, M., Vatanpour, V., & Khataee, A. (2021). A review on treatment of membrane concentrates generated from landfill leachate treatment processes. *Separation and Purification Technology*, 259, 118182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118182>
- Kofi Owusu Ansah Amano, E. D.-B., Ebenezer Adom, Desmond Kwame Nkansah, Ernest Sintim Amoamah, Emmanuel Appiah-Danquah. (2020). Effect of waste landfill site on surface and ground water drinking quality. *Water and Environment Journal*, 715-729.  
doi:[doi.org/10.1111/wej.12664](https://doi.org/10.1111/wej.12664)
- Li, L., Zheng, B., & Liu, L. (2010). Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1510-1524. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.164>
- Margulis, L., & Chapman, M. J. (2009). Chapter Two - KINGDOM PROTOCTISTA. In L. Margulis & M. J. Chapman (Eds.), *Kingdoms and Domains (Fourth Edition)* (pp. 117-230). London: Academic Press.
- Njoku, P. O., Edokpayi, J. N., & Odiyo, J. O. (2019). Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 16(12), 2125. doi:[10.3390/ijerph16122125](https://doi.org/10.3390/ijerph16122125)

- Osama Ragab, A. A. A. A. D. (2019). Solid Waste Management and Design of a Sanitary Landfill for Sohar Area. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8(11).
- Pemkab. (2022). TOPOGRAFI, GEOLOGI, DAN JENIS TANAH KABUPATEN PULANG PISAU.  
doi:<https://www.pulangpisaukab.go.id/topografi-geologi-dan-jenis-tanah/>
- PermenLHK. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22.
- Talalaj, I. A. (2014). Assessment of groundwater quality near the landfill site using the modified water quality index. (1573-2959 (Electronic)).  
doi:10.1007/s10661-014-3649-1
- Vaverková, M. D., Paleologos, E. K., Adamcová, D., Podlasek, A., Pasternak, G., Červenková, J., . . . Winkler, J. (2022). Municipal solid waste landfill: Evidence of the effect of applied landfill management on vegetation composition. *Waste Management & Research*, 0734242X221079304.  
doi:10.1177/0734242X221079304