



# Al-Ard

Jurnal Teknik Lingkungan

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

Volume 06, Nomor 02  
Maret 2021



**Pengaruh Rasio Padat/Cair dan Waktu Pengadukan pada Proses Ekstraksi Silika dari *Palm Oil Fly Ash* (POFA)**  
Fika Rahma Yuni, Lita Darmayanti, Dewi Fitria

**Pemetaan dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan pada Industri Pengolahan Kayu di Kecamatan Siak, Provinsi Riau**  
Aryo Sasmita, Muhammad Reza, Rodesia Mustika Rozi

**Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS pada Air Buangan Industri Tahu**  
Muhammad Al Kholif, Ida Istaharoh, Pungut, Joko Sutrisno, Sri Widyastuti

**Rancang Bangun *Biofilter* untuk Pengolahan Limbah Cair Kegiatan Sentra Wisata Kuliner di Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya**  
Apri Yulianto, Arlini Dyah Radityaningrum, Ro'du Dhuha Afrianisa

**Utilization of Cockle Shell (*Anadara Granosa*) as Partial Replacement of Fine Aggregates in Concrete**  
Ranno Marlany Rachman, Try Sugiyarto Soeparyanto, Edward Ngii

**Pemetaan Tingkat Kebisingan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel**  
Dyah Ratri Nurmaningsih



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

**DEWAN REDAKSI**  
**AL-ARD: JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN**

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

**Penanggung Jawab**

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag

**Ketua Redaksi**

Dedy Suprayogi, M.KL

**Redaktur**

Shinfi Wazna Auvaria, MT

**Penyunting/ Editor**

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT

Ida Munfarida, MT

Sarita Oktorina, M.Kes

Sulistiya Nengse, MT

Widya Nilandita, M.KL

**Reviewer**

Dr. Asep Sofyan, ST, MT

Dr. Gina Lova Sari, ST, MT

Dr. Ranno Marlany Rachman, ST, M.Kes

Dr. Andy Mizwar, ST, M.Si

Dr. Maritha Nilam Kusuma, ST.MT

Arya Rezagama, ST, MT

Achmad Chusnun Ni'am, S.Si, 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 : [uinsatekling@gmail.com](mailto:uinsatekling@gmail.com)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas terselesainya edisi keenam 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.6 no.2 Jurnal Al-Ard ini menampilkan 6 artikel, yaitu: *pertama*, mengenai “**Pengaruh Rasio Padat/Cair dan Waktu Pengadukan pada Proses Ekstraksi Silika dari Palm Oil Fly Ash (POFA)**” yang ditulis oleh Fika Rahma Yuni, Lita Darmayanti, Dewi Fitria; *kedua*, mengenai “**Pemetaan dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan pada Industri Pengolahan Kayu di Kecamatan Siak, Provinsi Riau**” yang ditulis oleh Aryo Sasmita, Muhammad Reza, Rodesia Mustika Rozi; *ketiga*, mengenai “**Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS pada Air Buangan Industri Tahu**” yang ditulis oleh Muhammad Al Kholif, Ida Istaharoh, Pungut, Joko Sutrisno, Sri Widyastuti; *keempat*, mengenai “**Rancang Bangun Biofilter untuk Pengolahan Limbah Cair Kegiatan Sentra Wisata Kuliner di Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya**” yang ditulis oleh Apri Yulianto, Arlini Dyah Radityaningrum, Ro’du Dhuha Afrianisa; *kelima*, mengenai “**Utilization of Cockle Shell (*Anadara Granosa*) as Partial Replacement of Fine Aggregates in Concrete**” yang ditulis oleh Ranno Marlany Rachman, Try Sugiyarto Soeparyanto, Edward Ngii; *keenam*, mengenai “**Pemetaan Tingkat Kebisingan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel**” yang ditulis oleh Dyah Ratri Nurmaningsih.

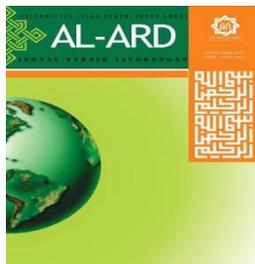
Semoga sajian artikel dalam jurnal ini mampu meningkatkan pemahaman mengenai lingkungan dan meningkatkan kesadaran bersama dalam pemanfaatan, pengembangan sekaligus pemeliharaan lingkungan dengan teknologi yang tepat guna. Kritik dan saran selalu kami harapkan sebagai perbaikan dan pengembangan jurnal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

Surabaya, Maret 2021

Salam Redaksi

## DAFTAR ISI

<b>Pengaruh Rasio Padat/Cair dan Waktu Pengadukan pada Proses Ekstraksi Silika dari <i>Palm Oil Fly Ash</i> (POFA)</b> Fika Rahma Yuni, Lita Darmayanti, Dewi Fitria	Hal. 60-67
<b>Pemetaan dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan pada Industri Pengolahan Kayu di Kecamatan Siak, Provinsi Riau</b> Aryo Sasmita, Muhammad Reza, Rodesia Mustika Rozi	Hal. 68-76
<b>Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS pada Air Buangan Industri Tahu</b> Muhammad Al Kholif, Ida Istaharoh, Pungut, Joko Sutrisno, Sri Widyastuti	Hal. 77-85
<b>Rancang Bangun <i>Biofilter</i> untuk Pengolahan Limbah Cair Kegiatan Sentra Wisata Kuliner di Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya</b> Apri Yulianto, Arlini Dyah Radityaningrum, Ro'du Dhuha Afrianisa	Hal. 86-95
<b>Utilization of Cockle Shell (<i>Anadara Granosa</i>) as Partial Replacement of Fine Aggregates in Concrete</b> Ranno Marlany Rachman, Try Sugiyarto Soeparyanto, Edward Ngii	Hal. 96-103
<b>Pemetaan Tingkat Kebisingan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel</b> Dyah Ratri Nurmaningsih	Hal. 104-110



## Pengaruh Rasio Padat/Cair dan Waktu Pengadukan pada Proses Ekstraksi Silika dari *Palm Oil Fly Ash* (POFA)

Fika Rahma Yuni<sup>1</sup>, Lita Darmayanti<sup>2,\*</sup>, Dewi Fitria<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

\*[litadarmayanti@eng.unri.ac.id](mailto:litadarmayanti@eng.unri.ac.id)

### Abstract

Palm oil fly ash (POFA) is one of the solid wastes produced from burning palm kernel shells and coir as a steam generator for palm oil mills. POFA has a high silica content and might potentially to be used as an adsorbent. The removal of impurity metals and the separation of  $\text{SiO}_2$  by extraction process is a way to improve the performance of silica. The extraction process is influenced by several factors including the solid/liquid ratio and the stirring time. This study used a solid/liquid ratio of 1: 8, 1:10, 1:12 and a stirring time of 120; 150; 180; and 210 minutes. The results showed the highest mass of silica deposits was at a ratio of 1:12 and stirring time of 210 minutes with a mass of 18.35 grams or 73.4% of 25 grams of POFA with a silica content of 47.97% and a silica surface area 8.18  $\text{m}^2/\text{g}$ . Silica from each variation was tested on peat water. The highest removal efficiency of color, organic matter, and Fe were 80%, 46%, and 37% respectively by the extracted silica with a solid/liquid ratio 1:12 and stirring time 210 minutes.

Keywords: adsorption, extraction, peat water, POFA, silica

### Abstrak

Abu terbang sawit (POFA) merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran cangkang dan sabut sawit sebagai pembangkit uap untuk konsumsi pabrik sawit. POFA memiliki kandungan silika yang tinggi dan berpotensi digunakan sebagai adsorben. Penghilangan logam pengotor dan pemisahan  $\text{SiO}_2$  dengan proses ekstraksi merupakan solusi untuk meningkatkan kinerja silika. Proses ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah rasio padat/cair dan waktu pengadukan. Penelitian ini menggunakan rasio padat/cair 1:8, 1:10, 1:12 dan waktu pengadukan 120; 150; 180; dan 210 menit. Hasil penelitian menunjukkan massa endapan silika terbanyak pada rasio 1:12 dan waktu pengadukan 210 menit dengan massa sebanyak 18,35 gram atau 73,4% dari 25 gram POFA dengan kadar silika 47,97% dan luas permukaan silika sebesar 8,18  $\text{m}^2/\text{g}$ . Silika dari setiap variasi diujikan pada air gambut. Efisiensi penyisihan warna, zat organik, dan Fe tertinggi terdapat pada silika hasil ekstraksi dengan rasio padat/cair 1:12 dan waktu pengadukan 210 menit yaitu sebesar 80%, 46%, dan 37%.

Kata kunci: adsorpsi, air gambut, ekstraksi, POFA, silika

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil sawit terbesar dengan luas areal perkebunan sawit yaitu seluas 14,4 juta hektar dan produksi sawit mencapai 45,8 juta ton. Areal perkebunan sawit tersebar di 25 provinsi di Indonesia dan Provinsi Riau merupakan provinsi dengan areal perkebunan sawit terluas yaitu 2,81 juta hektar dan menjadi produsen CPO terbesar dengan produksi sebesar 9,13 juta ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2019). Perkembangan industri sawit terus meningkat dan akan berdampak pada limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS)

(Endriani, 2018). Dalam pengolahan satu ton TBS sawit akan menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong sebanyak 20%, limbah cangkang (*shell*) 6%, serabut (*fiber*) 12%, dan lumpur sawit (*solids*) 2% (Setya dkk, 2016). Limbah padat berupa cangkang dan serabut sawit digunakan sebagai bahan bakar ketel (*boiler*) untuk menghasilkan energi mekanik dan panas (Endriani, 2018). Hasil pembakaran limbah tersebut pada temperatur sekitar 700-1.000 °C akan menghasilkan abu sawit yang disebut juga dengan *Palm Oil Fly Ash* (POFA) (Tangchirapat, 2007).

POFA belum banyak dimanfaatkan dan tidak terkelola dengan baik (Endriani, 2018),

sebagian POFA digunakan sebagai pupuk pada tanaman sawit sementara jumlahnya terus meningkat, jika POFA tidak dimanfaatkan dengan tepat dapat merusak lahan dan mencemari lingkungan. POFA dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi, lebih dari 50% (Sarifah, 2017), berpotensi digunakan sebagai adsorben murah untuk menghilangkan logam berat karena porositasnya yang tinggi dan memiliki karakteristik yang sama dengan karbon aktif (Keng dkk, 2014).

Penghilangan logam pengotor dan pemisahan  $\text{SiO}_2$  merupakan solusi untuk meningkatkan pemanfaatan silika sebagai adsorben. Menurut Kalapathy dkk (2002), secara umum metode untuk mendapatkan silika dalam suatu *raw material* adalah ekstraksi. Ekstraksi silika dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu jenis pelarut, rasio padat/cair, temperatur, waktu ekstraksi, dan pengadukan yang mempengaruhi keberhasilan dari proses ekstraksi (Srivastava dkk, 2013). Proses ekstraksi dilakukan dengan *hydrothermal alkali treatment* yaitu memanaskan campuran abu terbang dengan larutan alkali (NaOH, KOH) (Querol dkk, 2002). Berdasarkan penelitian Suka dkk (2008), Daifullah dkk (2013) dan Galang dkk (2013), menunjukkan bahwa larutan alkali KOH dapat digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi silika. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan digunakan pelarut KOH agar senyawa silika mudah terambil dari POFA. POFA yang berkadar silika tinggi memiliki permukaan berpori dan kapasitas adsorpsi yang kuat (Keng dkk, 2014). Silika hasil ekstraksi dari limbah POFA diharapkan dapat digunakan sebagai adsorben untuk penyisihan zat organik, warna dan logam Fe dalam air gambut.

Air gambut secara kuantitatif merupakan salah satu sumber daya air yang masih melimpah dan berpotensi untuk diolah menjadi air bersih, namun secara kualitatif menggunakan air gambut masih menjadi masalah. Salah satu ciri air gambut adalah kadar warna yang tinggi. Senyawa aromatik yang terdiri dari asam humat, asam fulvat, dan humin merupakan komponen utama yang menyebabkan konsentrasi air gambut berwarna. Warna pada air gambut juga dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi Fe yang cukup tinggi yang ditandai dengan warna merah kecokelatan (Rusdianasari dkk, 2018). Banyak cara untuk menghilangkan senyawa

aromatik, salah satunya dengan adsorpsi. Proses adsorpsi merupakan metode yang memiliki kelebihan dari metode pengolahan lainnya, karena selain paling efisien untuk mengadsorpsi logam berat, penghilangan zat warna, dan organik beracun, proses adsorpsi tidak rumit dalam pengerjaan dan ekonomis (Keng dkk, 2014; Qi dkk, 2019).

Berdasarkan paparan tersebut, menunjukkan silika hasil ekstraksi dari POFA berpotensi digunakan sebagai adsorben. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh rasio padat/cair dan waktu ekstraksi pada ekstraksi silika dari POFA (*Palm Oil Fly Ash*). Silika hasil ekstraksi dari POFA akan diuji kemampuannya sebagai adsorben untuk menyisihkan zat organik, warna, dan logam Fe pada air gambut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan ukuran 100 mesh, *beaker glass*, kertas saring *Whatman* no.41, pH meter, *hot plate* model SH-2A, *magnetic stirrer*, *jar test*. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah abu terbang sawit (*Palm Oil Fly Ash*) yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara V (PTPN V) Sei. Galuh, Riau. Abu sawit ini digunakan sebagai sumber silika yang diperlukan dalam penelitian ini, kalium hidroksida (KOH) sebagai ekstraktan, asam klorida (HCl), akuades, dan air gambut.

### 2.2 Ekstraksi Silika

Sejumlah POFA direndam dalam larutan KOH (rasio 1:8) dengan konsentrasi KOH 3 M. Sampel kemudian dipanaskan dengan temperatur 80°C dan diaduk selama tertentu (120, 150, 180 dan 210 menit). Selanjutnya sampel disaring dan untuk mengendapkan silika, ke dalam filtrat ditambahkan larutan HCl 1 M bertahap hingga pembentukan endapan silika berhenti (rentang pH 6,5-7). Setelah itu endapan dipisahkan dan dicuci dengan akuades panas untuk menghilangkan kelebihan asam. Silika yang diperoleh dikeringkan pada temperatur 110 °C untuk menghilangkan air. Variasi rasio padat/cair dan waktu ekstraksi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Rasio Padat/Cair dan Waktu Ekstraksi

Waktu Rasio Padat/Cair	Waktu			
	120	150	180	210
1:8	A-1	A-2	A-3	A-4
1:10	B-1	B-2	B-3	B-4

Waktu	120	150	180	210
Rasio Padat/Cair	C-1	C-2	C-3	C-4
	1:12	C-1	C-2	C-3

### 2.3 Proses Adsorpsi

Hasil ekstraksi digunakan sebagai adsorben. Sebanyak 3 gram ekstrak silika dicampurkan dengan 250 ml sampel air gambut kemudian diaduk menggunakan *jar test* dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Air lalu disaring kemudian disimpan pada botol sampel untuk diukur kandungan zat organik (SNI 6989.22:2004), warna (SNI 6989.80:2011), dan logam Fe (SNI 6989.4:2004). Proses adsorpsi dilakukan secara duplo. Efisiensi penyisihan dihitung dengan persamaan berikut:

$$Efisiensi (\%) = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$C_{in}$  = Konsentrasi zat organik, warna atau Fe pada sampel sebelum perlakuan.

$C_{out}$  = Konsentrasi zat organik, warna atau Fe pada sampel setelah perlakuan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik POFA (*Palm Oil Fly Ash*)

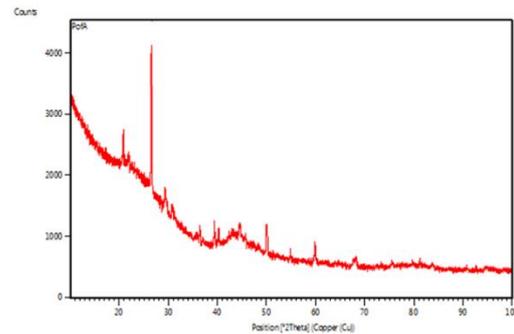
Komposisi senyawa limbah POFA perlu diuji untuk memperlihatkan senyawa-senyawa yang terkandung di POFA yang dijadikan bahan baku. Hasil analisa POFA yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Unsur/senyawa	Persentase (%)
Silika (SiO <sub>2</sub> )	51,01
Kalium (K <sub>2</sub> O)	11,17
Aluminium (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,03
Kalsium (CaO)	2,79
Magnesium (MgO)	9,57
Klor (Cl)	2,07
Posfat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	7,33
ZnO	0,01
Rb <sub>2</sub> O	0,02

Komponen utama yang terdapat pada POFA adalah silika yaitu sebesar 51,01%. Komposisi tersebut mengindikasikan bahwa POFA tersebut dapat dijadikan sebagai bahan

adsorben karena sebagian besar tersusun atas oksida logam terutama SiO<sub>2</sub>

Untuk mengetahui struktur dan fase yang terdapat pada POFA, dilakukan pengujian difraksi Sinar-X (XRD). Hasil uji XRD adsorben silika dapat dilihat pada Gambar 1.

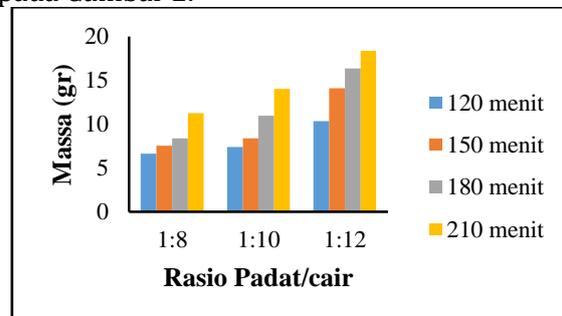


Gambar 1 Hasil Uji XRD POFA

Karakterisasi dengan XRD, menunjukkan bahwa puncak silika terdapat pada kisaran  $2\theta=26,55^\circ$  ( $d= 3,36\text{\AA}$ ) dengan intensitas relatif 100% merupakan jenis SiO<sub>2</sub> kuarsa, sedangkan  $2\theta=44,5^\circ$  ( $d= 2,03\text{\AA}$ ) dan  $50,5^\circ$  ( $d= 1,82\text{\AA}$ ) dengan intensitas relatif berturut-turut 21,51% dan 20,62% merupakan SiO<sub>2</sub> kristobalit. Pada hasil XRD tersebut menunjukkan bahwa puncak-puncak yang intensitasnya.

### 3.2 Pengaruh Rasio Padat/Cair dan Waktu Ekstraksi terhadap Massa Endapan Silika

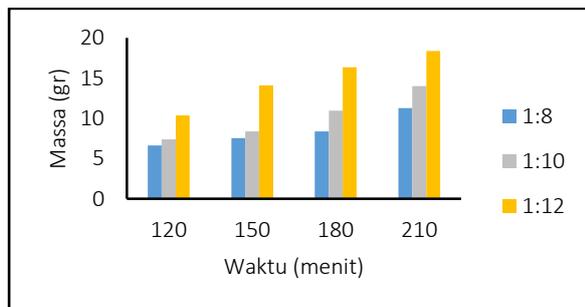
Rasio padat/cair dan waktu ekstraksi merupakan salah satu parameter yang penting dan mempengaruhi proses ekstraksi. Kedua hal tersebut juga dapat mempengaruhi hasil ekstraksi silika yang diperoleh. Pengaruh rasio padat/cair terhadap massa endapan silika yang dapat diekstrak dari POFA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh Rasio Padat/Cair terhadap Massa Endapan Silika

Berdasarkan Gambar 2, massa endapan silika terbanyak diperoleh pada rasio padat/cair 1:12 dan waktu ekstraksi 210

menit sebanyak 18,35 gram atau 73,4% dari 25 gram POFA, sedangkan massa endapan silika terendah diperoleh pada rasio padat/cair 1:8 dan waktu ekstraksi 120 menit sebanyak 6,61 gram. Massa endapan silika yang diperoleh semakin banyak seiring dengan peningkatan KOH yang digunakan, pada rasio padat/cair 1:8, 1:10, 1:12, endapan silika yang dihasilkan berturut-turut yaitu sebanyak 11,25 gram, 14,01 gram dan 18,35 gram. Penelitian ini memperoleh endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian Widodo dkk (2017) yang melakukan penelitian ekstraksi silika dari ampas tebu (*bagasse*), pada proses ekstraksi yang dilakukan Widodo dkk (2017) diperoleh kondisi terbaik pada penggunaan rasio padat/cair 1:10, dan menghasilkan massa endapan silika sebanyak 33,54 gram atau hanya 33,54% dari 100 gram abu. Ini dipengaruhi oleh banyaknya pelarut yang dapat berkontak langsung dengan *fly ash*. Banyaknya pelarut yang digunakan cukup berpengaruh terhadap pembentukan endapan silika hasil ekstraksi. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap massa endapan silika yang dapat diekstrak dari POFA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Massa Endapan Silika

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa endapan silika yang dihasilkan pada rasio padat/cair 1:12 semakin banyak seiring dengan peningkatan waktu ekstraksi yang digunakan pada proses ekstraksi yaitu berturut-turut 10,33 gram, 14,08 gram, 16,33 gram dan 18,35 gram pada waktu ekstraksi 120, 150, 180 dan 210 menit. Peningkatan tersebut juga terjadi pada rasio padat/cair 1:8 dan 1:10. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama waktu yang digunakan pada proses ekstraksi maka filtrat yang dihasilkan

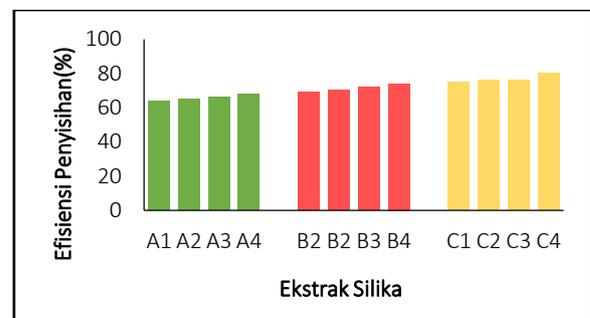
juga semakin banyak sehingga kemungkinan pembentukan endapan juga semakin besar, dengan meningkatnya waktu ekstraksi maka kontak antara zat terlarut dengan pelarut semakin lama.

### 3.3 Kinerja Silika dalam Menyisihkan Warna, Zat Organik dan Fe pada Air Gambut

Silika dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyisihkan warna, zat organik dan Fe pada air gambut. Pengaruh silika dalam menyisihkan warna pada air gambut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3 Efisiensi Penyisihan Warna oleh Ekstrak Silika

Rasio padat/cair	Ekstrak silika	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	Efisiensi (%)
1:8	A1	1717	625	63,6
	A2		605,5	64,7
	A3		579	66,2
	A4		548,5	68,0
1:10	B1	1717	539,1	68,6
	B2		515	70,0
	B3		478,5	72,1
	B4		449,5	73,8
1:12	C1	1717	436	74,6
	C2		413,5	75,9
	C3		405,5	76,4
	C4		350	79,6



Gambar 4. Penyisihan Warna oleh Ekstrak Silika

Gambar 4. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan warna tertinggi sebesar 80%, sedangkan persentase penyisihan terendah sebesar 63,6%.

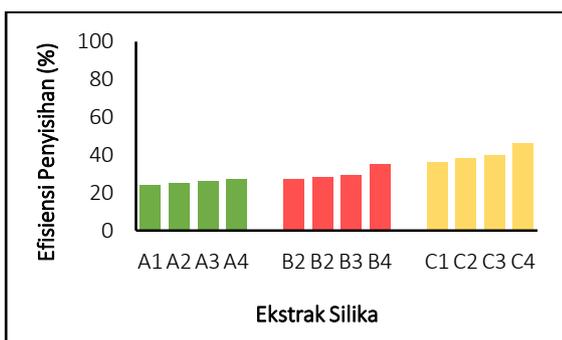
Penelitian Chen dkk (2012) menggunakan silika yang berasal dari abu sekam padi untuk menyisihkan konsentrasi warna pada larutan *methylene blue*. Hasil terbaik pada penelitian Chen dkk (2012) terdapat pada dosis 10 g/l abu sekam padi dan waktu kontak 150 menit sebesar 100%, sedangkan pada penelitian ini menggunakan dosis 12 g/l dan waktu kontak 60 menit menghasilkan persentase penyisihan lebih

rendah dibandingkan penelitian Chen dkk (2012). Dari penelitian Chen dkk (2012) dapat dilihat bahwa hal ini terjadi karena air gambut terdiri dari berbagai parameter di antaranya adalah zat organik, dan zat warna yang tinggi sehingga menyebabkan sulitnya teradsorpsi secara sempurna, sedangkan pada larutan *methylene blue* hanya memiliki satu jenis parameter yaitu zat warna sehingga lebih mudah diadsorpsi oleh silika.

Komposisi zat organik pada air gambut yang terdiri dari asam humat, asam fulvat, dan humin dengan berat molekul berbeda merupakan komponen utama air gambut yang menyebabkan air gambut berwarna. Pengaruh silika dalam menyisihkan konsentrasi zat organik pada air gambut yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4 Efisiensi Penyisihan Zat Organik oleh Ekstrak Silika

Rasio padat/cair	Ekstrak silika	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	Efisiensi (%)
1:8	A1	615,8	471,1	23,5
	A2		462,2	25,0
	A3		454,5	26,2
	A4		450,6	26,9
1:10	B1	615,8	449,5	27,1
	B2		443,5	28,0
	B3		437,0	29,0
	B4		402,9	34,6
1:12	C1	615,8	396,1	35,7
	C2		379,2	38,5
	C3		367,4	40,4
	C4		331,8	46,2



Gambar 5 Penyisihan Zat Organik oleh Ekstrak Silika

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan efisiensi penyisihan zat organik setelah proses adsorpsi menggunakan ekstrak silika dari POFA. Efisiensi penyisihan zat organik tertinggi yaitu sebesar 46%, sedangkan terendah sebesar 23,5%. Mahmud dkk (2012) menggunakan tanah lempung gambut yang mengandung silika yang tinggi dengan dosis 0,5 gr/l dengan waktu kontak 360 menit

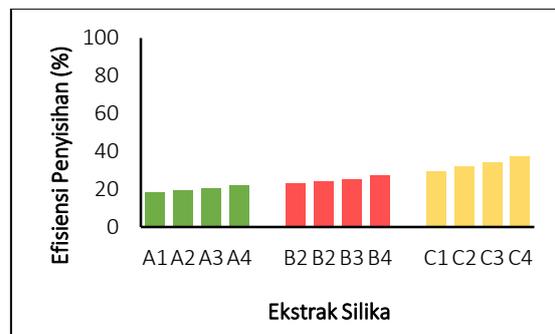
menyisihkan bahan organik alami pada air gambut sebesar 49% sedangkan pada penelitian ini berhasil menyisihkan zat organik pada dosis 12 g/l sebesar 46%. Hasil penelitian ini lebih rendah dibanding penelitian Mahmud dkk (2012) karena konsentrasi zat organik yang tinggi dan waktu kontak yang sedikit dibanding penelitian Mahmud dkk (2012) sehingga menyebabkan adsorben belum cukup dalam menyerap semua senyawa zat organik yang terkandung pada air gambut.

Silika sebagai senyawa silika yang berstruktur amorf mengandung gugus aktif, yaitu gugus silanol ( $\equiv\text{Si-OH}$ ) dan siloksan ( $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ ) yang dapat mengadsorpsi kation. Siloksan dan silanol ini berperan sebagai ligan yang akan menyediakan elektron bebas yang digunakan untuk berikatan dengan kation (Aeni dkk, 2017).

Warna pada air gambut juga dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi Fe yang cukup tinggi yang ditandai dengan warna merah kecokelatan (Rusdianasari dkk, 2018). Pengaruh silika untuk penyisihan konsentrasi Fe pada air gambut dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 5 Efisiensi Penyisihan Fe oleh Ekstrak Silika

Rasio padat/cair	Ekstrak silika	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	Efisiensi (%)
1:8	A1	0,321	0,263	18,1
	A2		0,262	18,4
	A3		0,259	19,3
	A4		0,250	22,1
1:10	B1	0,321	0,248	22,7
	B2		0,244	24,0
	B3		0,243	24,4
	B4		0,236	26,5
1:12	C1	0,321	0,228	29,0
	C2		0,219	31,8
	C3		0,213	33,6
	C4		0,204	36,5



Gambar 6 Penyisihan Logam Fe oleh Ekstrak Silika

Gambar 6 menunjukkan konsentrasi penyisihan Fe setelah adsorpsi dengan adsorben ekstrak silika mengalami peningkatan. Penelitian Bhatnagar dan Patel (2015) menunjukkan bahwa metode adsorpsi menggunakan adsorben silika dari abu sekam padi mampu menyisihkan logam nikel dengan hasil terbaik sebesar 81%. Penelitian ini menyisihkan logam lebih rendah dibanding penelitian Bhatnagar dan Patel (2015), yakni 36,5% sedangkan apabila menggunakan POFA secara langsung sebagai adsorben hanya mampu menyisihkan Fe yaitu sebesar 2%. Hasil penyisihan yang diperoleh dipengaruhi oleh dosis yang digunakan hal ini ditunjukkan dengan penelitian Bhatnagar dan Patel (2015) yang menggunakan dosis 40 g/l, sedangkan penelitian ini menggunakan dosis yang lebih kecil yakni 12 g/l. Dosis adsorben yang kecil menyebabkan adsorben tidak dapat menyerap mendegradasi semua logam Fe pada air gambut. Besarnya kemampuan adsorpsi juga dipengaruhi oleh banyaknya adsorben yang digunakan.

### 3.4 Karakterisasi XRF, XRD dan Luas Permukaan pada Silika

Silika hasil ekstraksi dari POFA dimanfaatkan sebagai adsorben dalam pengolahan air gambut, dari proses adsorpsi yang dilakukan didapatkan bahwa silika dengan rasio padat/cair 1:12 dan waktu ekstraksi 210 menit merupakan adsorben terbaik dalam efisiensi penyisihan zat organik, warna dan Fe pada air gambut. Silika dikarakterisasi dengan menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi unsur-unsur dalam silika. Hasil analisa silika hasil ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Komposisi Silika Hasil Ekstraksi

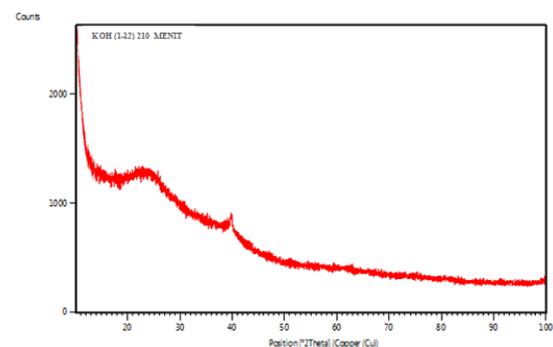
Unsur/senyawa	Persentase (%)
Silika (SiO <sub>2</sub> )	47,97
Kalium (K <sub>2</sub> O)	35,27
Aluminium (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,54
Kalsium (CaO)	0,89
Magnesium (MgO)	0,68
Klor (Cl)	12,31
Posfat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,29
ZnO	0,01
Rb <sub>2</sub> O	0

Pada penelitian ini kandungan silika yang diperoleh dari hasil ekstraksi dengan

massa terbanyak adalah sebesar 47,97%. Adsorben silika yang dibuat dalam penelitian ini masih belum sempurna, karena masih ada pengotor yang belum terlarutkan. Hal ini kemungkinan juga dipengaruhi oleh perlakuan pencucian setelah penambahan HCl. Proses pencucian perlu dilakukan untuk menghilangkan kelebihan asam serta senyawa pengotor yang terbentuk selama proses ekstraksi. Pada penelitian ini pencucian dilakukan masih kurang sehingga pengotor seperti ion K dan Cl masih ada dan ikut mengendap bersama silika, semakin sering dilakukan pencucian dengan volume akuades yang semakin banyak, maka sampel yang dihasilkan akan semakin tinggi kemurniannya.

Fatony dkk (2015) melakukan penelitian terhadap silika dari *fly ash* batubara yang diproduksi oleh PLTU Paiton dan didapatkan ekstraksi silika dari abu terbang batu bara dengan rasio 1:6 dan waktu ekstraksi 180 menit dengan kadar silika 31%. Hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Fatony dkk (2015). Hal ini dikarenakan pengaruh dari rasio padat/cair dan waktu ekstraksi yang digunakan lebih tinggi dari penelitian Fatony dkk (2015).

Untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat pada adsorben, dilakukan pengujian XRD. Hasil uji XRD adsorben silika dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Uji XRD Silika Hasil Ekstraksi

Berdasarkan hasil uji XRD (Gambar 7.), puncak yang landai pada kisaran  $2\theta = 20-22^\circ$ . Silika dengan puncak melebar di sekitar  $2\theta = 20-23^\circ$  menunjukkan struktur amorf (Kalapathy dkk, 2002).

Proses ekstraksi membantu melarutkan ion-ion pengotor dalam POFA sehingga dapat membantu meningkatkan luas permukaan spesifik POFA. POFA yang digunakan dalam penelitian ini memiliki luas permukaan sebesar 3,85 m<sup>2</sup>/g. Pada penelitian ini luas permukaan meningkat menjadi 8,18 m<sup>2</sup>/g.

Luas permukaan adsorben semakin besar maka semakin besar pula daya adsorpsinya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Iftekhar (2018), hal ini dikarenakan mekanisme adsorpsi berhubungan dengan luas permukaan adsorben. Luas permukaan ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Pori-pori inilah yang menyebabkan silika mempunyai kemampuan untuk menyerap.

#### 4. KESIMPULAN

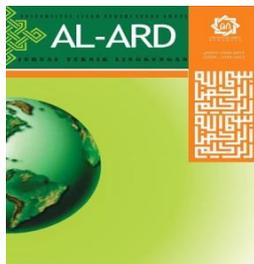
Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh rasio padat/cair dan waktu pengadukan pada proses ekstraksi silika dari *Palm Oil Fly Ash* (POFA) dan kemudian diujikan sebagai adsorben untuk penyisihan warna, zat organik, dan besi (Fe) pada air gambut maka diambil beberapa kesimpulan yakni:

1. Rasio padat/cair dan waktu pengadukan terbaik pada rasio padat/cair 1:12 dan waktu pengadukan 210 menit yakni sebanyak 18,35 gram atau 73,4% dan kadar silika sebesar 47,97%.
2. Efisiensi penyisihan konsentrasi warna, zat organik, dan Fe terbaik terdapat pada silika hasil ekstraksi dengan rasio padat/cair 1:12 dan waktu pengadukan 210 menit, yakni efisiensi penyisihan warna, zat organik tertinggi, dan Fe tertinggi sebesar 80%, 46%, dan 37%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aeni d. N, Hadisantoso E. B., dan Suhendar, D. (2017). Adsorpsi Ion Logam Mn<sup>2+</sup> Dan Cu<sup>2+</sup> Oleh Silika Gel Dari Abu Ampas Tebu. *Al-Kimiya*, Vol. 4, No. 2, Hal.70-80.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Perkebunan Indonesia Kelapa Sawit Indonesia 2018-2020*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Bhatnagar M. K., Patel A. (2015). Adsorption of Nickel (II) by Silica from Rice Husk. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Vol.5, No. 7, Hal. 1290-1293
- Chen, X. G., Lv, S., Liu, S., Zhang P., Zhang A., Sun Jie., dan Ying Ye. (2012). Adsorption of Methylene Blue by Rice Hull Ash. *Separation Science and Technology*, Vol. 47, Hal: 147-156.
- Daifullah, A. A. M., Girgis, B. S. dan Gad, H. M. H.. (2003). Utilization of Agro-residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans. *Materials Letters*, Vol. 57, Hal. 1723–1731
- Endriani, D., dan Ritonga A., H. (2018). The Influence of Addition Palm Shell Ash to Mineralogy and Physical Properties of Clay Soil. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 13, No. 4, Hal. 15-18.
- Fatony, M. H. A., Haryati, T., Mintadi, M. (2015). Ekstraksi Silika Dari Fly Ash Batubara (Studi Pengaruh Variasi Waktu Ekstraksi, Jenis Asam Dan pH). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 54-58.
- Galang, M. F. A., Muhammad Rizal Hanafie Sy M. R., M. R., Mardina, P. (2013). Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH. *Konversi*, Vol. 2 No. 1, Hal. 28-31.
- Iftekhar, S., Ramasamy, D. L., Srivastava, V., Asif, M. B., Sillanpaa, M. (2018). Understanding the Factors Affecting the Adsorption of Lanthanum using Different Adsorbents: A critical review. *Chemosphere*, Vol. 204, Hal. 413-430.
- Kalapathy, U., Proctor, A., dan Schultz, J. (2002). An improved method for production of silica from rice hull ash. *Bioresources Technology*, Vol. 85, Hal. 285-289.
- Keng, P. S., Lee, S. L., Ha, S. T., Hung S. T., dan Ong, S. T. (2014). Removal of Hazardous Heavy Metals from Aqueous Environment by Low-Cost Adsorption Materials. *Civil and Environmental Engineering Faculty Publications*. Vol. 3, No. 1.
- Mahmud, Notodarmojo S., Padmi T., Soewondo P. (2012). Adsorpsi Bahan Organik Alami (Boa) Air Gambut Pada Tanah Lempung Gambut Alami Dan Teraktivasi: Studi Keseimbangan Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi. *Info Teknik*, Vol. 13 No. 1, Hal. 28-38.
- Qi, L., Teng, F., Deng, X., Zhang, Y., dan Zhong, X. (2019). Experimental on Adsorption of Hg (II) with Microwave-Assisted Study Alkali-Modified Fly Ash. *Powder Technology*, Vol. 351, Hal. 53–158.
- Querol, X., Moreno, N., Umana, J.C., Alastuey, A., Hernandez, E., Lo´pez-Soler, dan Plana, F. (2002). Synthesis of Zeolites from Coal Fly Ash: An Overview. *International Journal of Coal Geology*, Vol. 50, Hal. 413–423.
- Rusdianasari, Bow, Y., Dewi, T. (2018). Peat Water Treatment by

- uElectrocoagulation using Aluminium Electrodes. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Hal. 258.
- Sarifah, J. dan Pasaribu, B. (2017). Pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit guna meningkatkan stabilitas tanah lempung. *Buletin Utama Teknik* Vol. 13, No. 1, Hal. 55-61.
- Setya, Y. S, D., Saputra<sup>2</sup>, E., Olivia, M. 2016. Performance of Blended Fly Ash (FA) and Palm Oil Fuel Ash (POFA) Geopolymer Mortar in Acidic Peat Environment. *Materials Science Forum*. Vol. 841, Hal. 83-89
- Srivastava, K., Shringi, N., Devra, V., dan Rani, S. (2013). Pure Silica Extraction from Perlite: Its Characterization and Affecting factors. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 2, Hal. 2936-2941.
- Suka, I.G., Simanjuntak, W., Sembiring, S., dan Trisnawati, E., (2008). Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi. *MIPA*. Vol. 37, No. 1, Hal. 47-52.
- Tangchirapat, W., Saeting, T., Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, K., dan Siripanichgorn A. (2007). Use of Waste Ash from Palm Oil Industry in Concrete. *Waste Management*, Vol. 27, Hal. 81–88.
- Widodo, L. U., Soedjono, G. A., Pratiwi, L. P. (2017). Rasio Abu Bagasse Dengan Naoh Terhadap Proses Pengambilan Silika. *Jurnal Teknik Kimia* Vol. 11, No. 2, Hal. 45.



## Pemetaan dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan pada Industri Pengolahan Kayu di Kecamatan Siak, Provinsi Riau

Aryo Sasmita<sup>1,\*</sup>, Muhammad Reza<sup>2</sup>, Rodesia Mustika Rozi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

\*[aryosasmita@lecturer.unri.ac.id](mailto:aryosasmita@lecturer.unri.ac.id)

---

### Abstract

In its operational activities, CV. X, which is engaged in wood processing, has the potential to cause noise from machines used in the pallet production process. Noise in this company can affect the health and comfort of workers. This study aims to determine the level of noise produced by the production machine, the length of time of exposure, noise mapping and noise control efforts. The noise measurement method refers to the noise mapping method and the instrument used is the Sound Level Meter (SLM). The data obtained were then processed into contour maps with variations in blue, green, yellow, purple and red. The results showed the highest noise level was 99.4 dB and the lowest noise level was 67,3 dB. Based on the results of calculations using the NIOSH equation from 128 measurement points of the noise mapping method, there are 38 points with a noise level > 85 dB which indicates the exposure time is above the standard recommended by NIOSH. The highest noise level was 99.4 dB with an exposure time of 0,3 hours and the lowest noise level was 67.3 dB with an exposure time of 475 hours. Control measures that can be made to reduce noise include control from sources, transmission lines, and receivers.

Keywords: Noise Mapping, NIOSH, Grid Method, Surfer 13, Wood Processing Industry.

### Abstrak

Dalam kegiatan operasionalnya CV. X yang bergerak pada pengolahan kayu, berpotensi menimbulkan kebisingan yang berasal dari mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi pallet. Kebisingan di perusahaan ini dapat berpengaruh terhadap kesehatan dan kenyamanan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh mesin produksi, lama waktu pemaparan, pemetaan kebisingan dan upaya pengendalian kebisingan. Metode pengukuran kebisingan mengacu pada metode *noise mapping* dan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Data yang diperoleh kemudian diolah menjadi peta kontur dengan variasi warna biru, hijau, kuning, ungu dan merah. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan tertinggi sebesar 99,4 dB dan tingkat kebisingan terendah sebesar 67,3 dB. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan NIOSH dari 128 titik pengukuran metode noise mapping terdapat 38 titik dengan tingkat kebisingan >85 dB yang menunjukkan waktu pemaparan di atas standar yang sudah direkomendasikan NIOSH. Tingkat kebisingan tertinggi sebesar 99,4 dB dengan lama pemaparan selama 0,3 jam dan tingkat kebisingan terendah sebesar 67,3 dB dengan lama pemaparan selama 475 jam. Upaya pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengurangi kebisingan seperti pengendalian dari sumber, jalur transmisi, dan penerima.

Kata Kunci: Pemetaan Kebisingan, NIOSH, Metode Grid, *Surfer 13*, Industri Pengolahan Kayu.

---

### 1. PENDAHULUAN

Industrialisasi yang berkembang sangat pesat dikarenakan adanya kemajuan teknologi sehingga memunculkan persaingan diantara masing-masing industri. Untuk memenangkan persaingan tersebut adalah dengan meningkatkan produktivitas dan menekan biaya sekecil-kecilnya. Peningkatan produktivitas erat hubungannya dengan

peningkatan keselamatan kerja. Keselamatan kerja adalah upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menimbulkan kerugian berupa cedera, cacat atau kematian, kerugian harta benda dan kerusakan peralatan atau mesin. Dalam hal ini, karyawan atau pekerja merupakan salah satu bagian yang harus mendapat perhatian, khususnya dibidang kesehatan yang akan berdampak pada produktivitas yang dihasilkan. Untuk

mencapai hal tersebut maka pekerja di fasilitasi kondisi yang nyaman, aman dan efisien (Arpian, 2018).

Faktor-faktor berpengaruh terhadap kondisi pekerja di tempat kerja yaitu faktor fisik, kimia, biologi dan ergonomik. Kondisi fisik lingkungan tempat kerja dimana para pekerja beraktivitas sehari-hari memiliki bahaya langsung maupun tidak langsung bagi keselamatan dan kesehatan pekerja salah satunya yaitu kebisingan (Rejeki, 2015). Dalam setiap proses industri, pekerja tidak bisa lepas dari kebisingan yang berasal dari suara mesin, peralatan kerja, dan suara-suara dari tempat kerja yang dapat mengganggu performa dalam bekerja (Suma'mur, 2009).

Pertumbuhan industri yang meningkat tanpa adanya upaya pengamanan dari alat-alat industri memiliki efek samping seperti penyakit akibat kerja, cacat, dan kematian para pekerja. Kecelakaan kerja dapat terjadi karena kondisi alat atau material yang kurang baik atau berbahaya (Sasmita dkk, 2018).

Permenakertrans no 13 tahun 2011 menyatakan nilai ambang batas (NAB) kebisingan yang diijinkan sebesar 85 dB dengan paparan selama 8 jam sehari dan 5 hari kerja atau 40 jam kerja dalam seminggu. Hal ini merupakan standar pedoman pengendalian agar tenaga kerja masih dapat terpapar kebisingan tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan dalam pekerjaannya (Suma'mur, 2009). Jika pekerja melebihi batas paparan yang telah direkomendasikan maka dianggap berbahaya bagi dirinya (NIOSH, 1998).

Objek Penelitian adalah Perusahaan Pengolahan Kayu CV. X terletak Kelurahan Teratak Buluh, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar Provinsi Riau. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memproduksi kayu olahan seperti pallet. Menurut Priambada (2017) pallet atau *fall* adalah landasan atau tempat pijakan barang. Biasanya ada pada *container* yang digunakan sebagai alas untuk pengangkutan barang agar barang yang diangkut tidak rusak terkena air. *Pallet* juga berfungsi sebagai alas atau fondasi pada barang untuk memudahkan pemindahan menggunakan forklip. Pallet juga digunakan untuk pengemasan barang yang memiliki berat yang besar seperti mesin-mesin.

Dalam aktivitas produksinya perusahaan pengolahan kayu ini melibatkan puluhan tenaga kerja dan menggunakan berbagai macam mesin. Mesin yang digunakan

diantaranya mesin penyerutan kayu, pemotongan, belah, *nailer gun* dan generator serta jumlah mesin yang banyak dalam satu ruangan berpotensi menimbulkan kebisingan. Kebisingan tersebut dapat mengganggu lingkup wilayah pekerjaan dan merambat melalui udara kepada tenaga kerja sehingga berdampak buruk terhadap kesehatan pekerja. Perusahaan beroperasi dengan jam kerja selama 8 jam sehari dan 6 hari seminggu.

Berdasarkan survei dan pemberian lembar kuisioner yang melibatkan 70 orang pekerja didapatkan hasil bahwa adanya keluhan dari pekerja tentang kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin yang memproduksi. Oleh karena itu peneliti tertarik melakukan pengukuran tingkat kebisingan di lokasi penelitian, sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa memberikan masukan terhadap pengelola perusahaan terhadap dampak buruk dari kebisingan yang ditimbulkan, untuk melindungi tenaga kerja dari paparan kebisingan.

Untuk penyelesaian masalah di lokasi penelitian perlu dilakukan suatu pemetaan tingkat kebisingan berdasarkan metode *noise mapping*. *Noise mapping* ialah pemetaan kebisingan yang menggambarkan pola tingkat kebisingan pada suatu lingkup wilayah. Dalam bidang industri biasanya *noise mapping* digunakan untuk memprediksi pola distribusi kebisingan di sekitar pabrik, yang bertujuan untuk merancang langkah-langkah untuk mengontrol dan mengurangi penyebaran kebisingan dan dengan demikian memenuhi undang-undang kebisingan yang berlaku (Casas *et al*, 2014).

Tujuan penelitian ini adalah mengukur tingkat kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin produksi di lokasi penelitian. Memetakan tingkat kebisingan dengan program *surfer 13*. Menganalisa perbandingan tingkat kebisingan yang terjadi di lokasi penelitian dengan baku mutu tingkat kebisingan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 13 tahun 2011. Melakukan perhitungan waktu maksimal paparan terhadap tingkat kebisingan yang ditimbulkan berdasarkan metode perhitungan NIOSH. Merekomendasikan pengendalian aspek kebisingan berdasarkan peta persebaran kebisingan di lokasi penelitian

## 2. METODE PENELITIAN

### Instrumen Penelitian

Dalam Penelitian ini instrumen penelitian yang akan dipakai adalah:

1. *Sound Level Meter* manual yang mempunyai rentang pengukuran 35 – 130 dB untuk mengukur tingkat kebisingan. Alat ini juga dilengkapi alat pengukur arah angin, kelembapan, suhu dan kecepatan angin.
2. *Software Surfer* 13 untuk membuat kontur kebisingan.
3. *Global Positioning System (GPS)* untuk menentukan koordinat lokasi pengukuran.
4. Alat ukur panjang jarak/meteran untuk mengukur jarak grid di lapangan.

### Lokasi Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian terlebih dahulu dilakukan penelitian pendahuluan dengan observasi serta menyebarkan kuisioner terhadap pekerja guna mengetahui pendapat pekerja terhadap suara bising yang ditimbulkan. Setelah diketahui tempat penelitian maka dilakukan penentuan titik penelitian dengan mengukur jarak menggunakan meteran dan metode persegi (*grid*).

Adapun untuk mengukur jarak metode *grid*, terlebih dahulu dihitung berapa banyak jumlah titik kebisingan dilapangan dapat menggunakan persamaan 1.

Pengukuran dilakukan di lokasi penelitian dengan luas total 4.343,50 m<sup>2</sup> dan luas *hotspot* per masing-masing Ruang yaitu 8,28 m<sup>2</sup> Ruang Produksi I, 40,81 m<sup>2</sup> Ruang *Milling* dan 13,73 m<sup>2</sup> Ruang Produksi II dengan luas total *hotspot* pada ketiga Ruang tersebut adalah 62,82 m<sup>2</sup>. Dimana *hotspot* itu adalah luas total area yang

menjadi sumber bising seperti luas mesin *Band Saw* pada Ruang *Milling*.

Hasil perhitungan jumlah titik pengukuran kebisingan di industri pengolahan kayu dengan menggunakan persamaan yaitu (Nathanail, 2004):

$$N = kA/a \dots \dots \dots \text{Persamaan (1)}$$

Dimana:

N= Jumlah dari sampling point

A=luas total area (unit yang sama dengan hotspot area)m<sup>2</sup>

a = hotspot area, (unit yang sama dengan total area) m<sup>2</sup>

k = shape konstanta

Circular k : 1,08

Plume shaped k : 1,25

Eliptical k : 1,80

Pilihan konservatif jika tidak ada informasi pada hotspot shape k : 1.50

$$N = 1,50 \times 4.343,50 / 62,82$$

$$N = 103,71 \approx 104 \text{ titik}$$

Jarak antar titik grid :

$$d = \sqrt{A/N} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2)}$$

Dimana:

N = Bilangan dari sampling point

A = luas total area (m<sup>2</sup>)

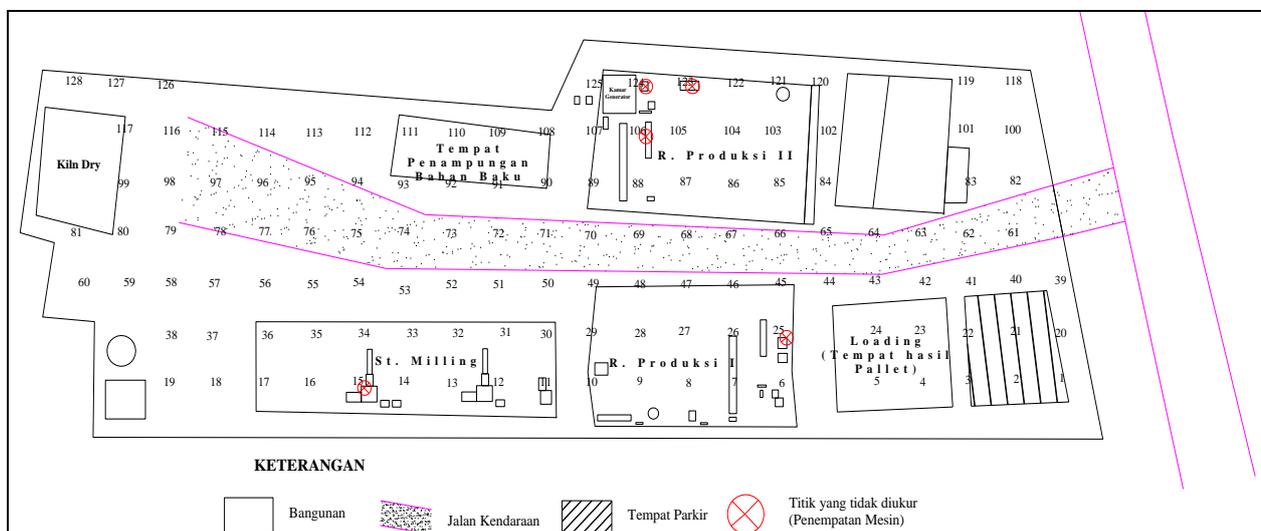
d = jarak grid (m)

$$d = \sqrt{4.343,50/107}$$

$$d = \sqrt{41,76}$$

$$d = 6,46 \text{ m}$$

Dari perhitungan didapat jarak maksimal adalah 6,46 m, namun untuk memudahkan perhitungan jarak dilapangan maka jarak antar titik digunakan 5 m x 5 m. karena jarak antar grid menjadi 5m, sehingga titik pengukuran kebisingan menjadi 128 titik.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Metode Pengukuran Kebisingan

Pengukuran dimulai dari jam 7.00 WIB s/d 12.00 WIB, dilanjutkan pada pukul 01.00 WIB s/d 03.00 WIB dan dilanjutkan pada pukul 04.00 WIB s/d 05.00 WIB. Hal ini dikarenakan pada jam berikut aktivitas kerja di lokasi penelitian sedang berlangsung dan pada saat ini mesin-mesin yang digunakan dalam keadaan hidup atau menyala sehingga dapat diketahui tingkat kebisingan yang ditimbulkan. Pada saat jam istirahat kerja pengukuran kebisingan tidak dilakukan. Pengukuran dilakukan selama 1 hari dengan tahapan penelitian yang diawali dengan penandaan titik dengan jarak interval yang sama diseluruh lokasi.

Pengukuran ini dilakukan secara langsung, dengan alat *Sound Level Meter*. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan sebanyak tiga kali pada 1 titik dengan pembacaan setiap 5 detik, kemudian dirata-ratakan sehingga didapatkan nilai kebisingan rata-rata pada setiap titik pengukuran (Sasmita dkk, 2018). Selain pengukuran kebisingan, data lain yang dikumpulkan adalah titik koordinat, kelembaban udara, temperatur dan kecepatan angin.

### Metode Perhitungan Tingkat Pemaparan Maksimal yang Diijinkan

Adapun perhitungan lama pekerja terpapar kebisingan dihitung dengan metode (NIOSH, 1998). Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{480}{2^{(L-85)/3}} \dots \dots \dots \text{persamaan (3)}$$

Dimana

T = lama pemaparan maksimal yang diijinkan pada titik tersebut (menit)

L = tingkat kebisingan pada titik tersebut.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Sumber Bising

Dari hasil pengukuran kebisingan pada kawasan penelitian, diketahui bahwa sumber suara bising yang ada pada lokasi penelitian (Gambar 1) berasal dari proses kerja mesin-mesin produksi yang digunakan untuk pengerjaan pallet. Data pada Tabel 1 merupakan sumber bising yang terdapat di lokasi penelitian.

Tabel 1. Identifikasi Sumber Bising

No	Lokasi	Sumber Bising
1	Ruang Produksi I	1. Mesin Potong 2. Mesin Ketam 3. Mesin Belah

No	Lokasi	Sumber Bising
		4. Mesin Ketam Balok 5. Kompresor 6. Mesin Paku Tembak
2	Ruang Produksi II	1. Generator 2. Mesin Potong 3. Mesin Ketam 4. Mesin belah 5. Mesin <i>Knife Sharpener</i>
3	Ruang Milling	Mesin <i>Sawmill</i> yang digunakan untuk membelah kayu/log menjadi kepingan papan dan balok.
4	Jalan Kendaraan	Suara Kendaraan pengangkut bahan baku kayu dan bahan jadi

### Pengukuran Tingkat Kebisingan dengan Metode Grid

Setelah dilakukan pengukuran pada setiap titik didapatkan nilai kebisingan rata-rata pada titik tersebut.

Hasil Pengukuran tingkat kebisingan diperoleh data dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan

Titik pengukuran	Tingkat Kebisingan	Keterangan
1, 23, 20, 21, 22, 39, 40, 41, dan 100	66 dB – 70 dB (tidak melebihi baku mutu Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011)	Titik tersebut merupakan titik dengan intensitas kebisingan terendah. Hal ini dikarenakan titik tersebut berada pada area tempat parkir yang berada pada bagian tepi dan berjarak cukup jauh dari mesin-mesin produksi.
4, 5, 24, 38, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 77, 80, 81, 82, 83, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 126, 127, dan 128.	70 dB – 76 dB (tidak melebihi baku mutu Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011)	Titik tersebut berada pada area pos satpam, <i>kiln dry</i> , dan musholla dimana pada area tersebut tidak menghasilkan sumber suara dan berjarak cukup jauh dari mesin-mesin produksi.
42, 43, 44, 63, 64, 65, 66, 67, 84, 102, 120, 85, 48, 49, 50, 30, 51, 52, 53, 54, 55, 36, 37, 18, 19, 59, 79, 78, 76, 75, 74, 73, 72, 71, 70, 69, 68, 114, 112, 111, 110, 109, dan 108.	76 dB – 85 dB (tidak melebihi baku mutu Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011)	Titik tersebut berjarak dekat dengan mesin-mesin.
10, 17, 31, 45, 86, 89, 103 dan 121	85 dB – 89 dB (melebihi baku mutu Peraturan Menteri	Titik tersebut berada pada bagian tepi area produksi dan saw milling.

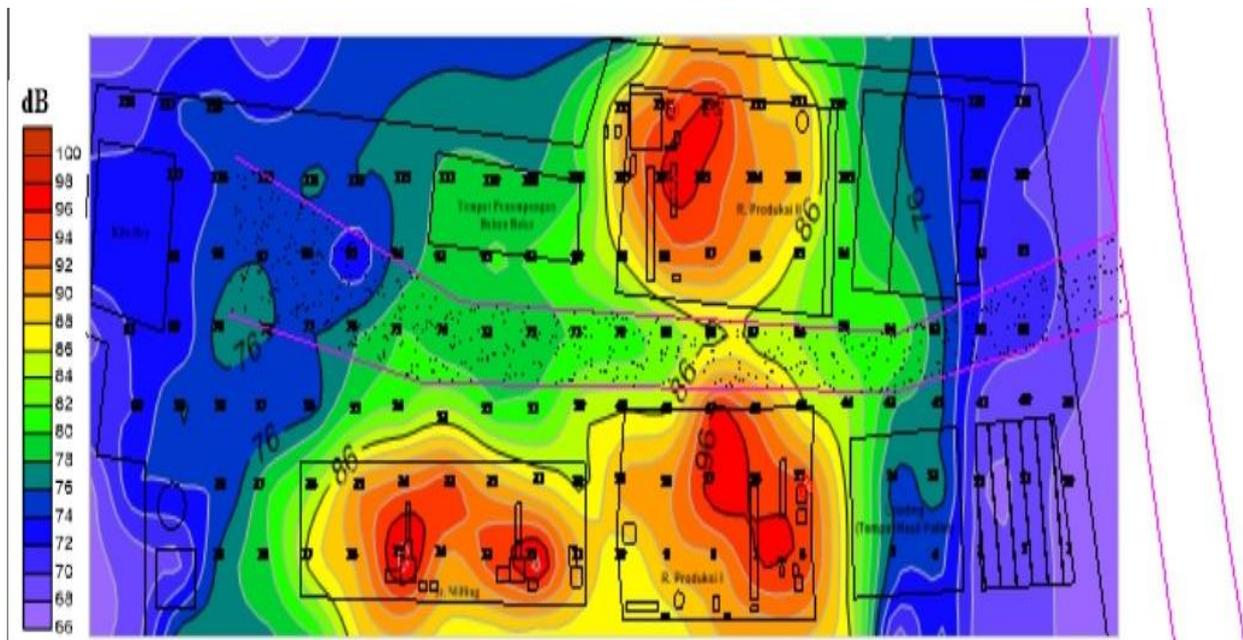
Titik pengukuran	Tingkat Kebisingan	Keterangan
	Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011)	
7, 27, 47, 12, 15, 123, 125, dan 106	> 89 dB (melebihi baku mutu Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011)	Pada titik ini merupakan sumber bising dan area yang sangat berbahaya bagi pekerja.

Dari hasil pengukuran kebisingan kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan *Software Surfer 13*, data yang diperlukan adalah titik koordinat (x dan y) dan juga data rata-rata tingkat kebisingan (z). Koordinat dan data rata-rata tingkat kebisingan dimasukkan ke dalam *worksheet Surfer 13* kemudian

disajikan dalam bentuk peta kontur. Pola sebaran tingkat kebisingan di kelompokkan sebagai berikut :

1. Warna ungu menggambarkan tingkat kebisingan 66 dB – 70 dB.
2. Warna biru menggambarkan tingkat kebisingan 70 dB – 75 dB.
3. Warna hijau menggambarkan tingkat kebisingan 75 dB – 85 dB.
4. Warna kuning menggambarkan tingkat kebisingan 85 dB – 90 dB.
5. Warna orange menggambarkan tingkat kebisingan 90 dB – 95 dB.
6. Warna merah menggambarkan tingkat kebisingan > 95 dB.

Berikut adalah peta pola tingkat kebisingan dilokasi studi.



Gambar 2. Peta Tingkat Kebisingan Dilokasi Studi

Berdasarkan Gambar 2 terdapat beberapa lokasi yang memiliki intensitas kebisingan tinggi yaitu > 92 dB yang ditandai dengan warna orange dan merah yang melebihi ambang batas baku mutu dikarenakan lokasi tersebut merupakan daerah dekat sumber bising dari mesin yang sedang beroperasi. Lokasi tersebut ruang produksi I, ruang produksi II dan ruang *milling*. Lokasi tersebut memiliki intensitas kebisingan tinggi yaitu > 89 dB yang ditandai dengan warna orange dan merah yang melebihi ambang batas baku mutu dikarenakan lokasi tersebut merupakan daerah dekat sumber bising dari mesin yang sedang beroperasi.

### Analisis Waktu Paparan Menggunakan Rumus NIOSH

Berdasarkan pola penyebaran kebisingan di lokasi penelitian, maka dilakukan perhitungan pada titik pengukuran yang dikelompokkan berdasarkan intensitas tingkat kebisingan melebihi ambang baku mutu (>85 dB) dan intensitas tingkat kebisingan tidak melebihi ambang baku mutu (<85 dB) Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13 Tahun 2011 dan untuk menentukan lama paparan kebisingan yang diperbolehkan maka digunakan metode perhitungan *NIOSH* dari persamaan (2).

Dilakukan perhitungan *NIOSH*, pada titik yang tingkat kebisingannya tidak melebihi ambang

baku mutu (<85 dB) yaitu titik 51 dengan tingkat kebisingan 80,7 dB

$$T = \frac{480}{2^{(L-85)/3}}$$

$$T = \frac{480}{2^{(80,7-85)/3}} = 1306 \text{ menit} = 21,8 \text{ jam}$$

Artinya pada titik 51, pada titik tersebut pekerja terpapar kebisingan berturut-turut paling lama adalah selama 21,8 menit, jika tidak menggunakan APD atau upaya pengurangan kebisingan. Nilai ini dinyatakan aman, mengingat pekerja hanya bekerja 8 jam sehari.

Salah satu titik dengan tingkat kebisingan melebihi ambang baku mutu (>85 dB), yaitu titik 12 dengan tingkat kebisingan 99,4 dB

$$T = \frac{480}{2^{(L-85)/3}}$$

$$T = \frac{480}{2^{(99,4-85)/3}} = 17 \text{ menit} = 0,3 \text{ jam}$$

Artinya pada titik 12, pada titik tersebut pekerja terpapar kebisingan berturut-turut paling lama adalah selama 17 menit, jika tidak menggunakan APD atau upaya pengurangan kebisingan. Titik 12 merupakan titik dengan kebisingan tertinggi, karena titik tersebut jaraknya sangat dekat dengan mesin yang sedang beroperasi. Titik yang tingkat kebisingan yang melebihi baku mutu kebisingan sehingga lama waktu pemaparan yang diperbolehkan kurang dari 8 jam kerja. Pada titik-titik ini diperlukan penanganan lebih lanjut sehingga tidak menyebabkan penyakit akibat kerja, khususnya resiko kerusakan atau gangguan pendengaran yang disebabkan oleh waktu terpapar kebisingan yang melebihi standar.

### Pengaruh Kondisi Meteorologi dan Lingkungan terhadap Kebisingan

Saat pengukuran tingkat kebisingan juga dilakukan pengambilan data pendukung meteorologi meliputi temperatur, kelembapan, dan kecepatan angin. Data tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Meteorologi saat Penelitian	
Kondisi Meteorologi	Nilai Terukur
Temperatur	29 <sup>o</sup> C - 37,1 <sup>o</sup> C
Kelembapan udara	48,9 % - 77 %
Kecepatan angin	0 - 1,2 m/s

Temperatur udara pada saat melakukan pengukuran di titik sampling antara 29<sup>o</sup>C - 37,1<sup>o</sup>C. Suhu udara pada saat sampling dilakukan tidak berpengaruh terhadap tingkat

tekanan suara yang terbaca pada *Sound Level Meter*. Hal ini dikarenakan *Sound Level Meter* bekerja pada range suhu antara -10<sup>o</sup>C hingga 50<sup>o</sup>C (14-122<sup>o</sup>F) (SNI 7231, 2009).

Dari hasil pemetaan dan pengukuran diketahui temperatur tertinggi pada area proses produksi pallet yaitu berada pada titik 12 dengan tingkat kebisingan 99,4 dB dimana suhu area tersebut 35,5<sup>o</sup>C. Titik ini terletak di ruang *sawmill* dengan jarak sangat dekat dengan sumber bising yaitu mesin *sawmill*. Sedangkan temperatur terendah pada area proses produksi pallet terletak pada titik 120 dengan tingkat kebisingan 79,0 dB dan suhu area tersebut 30<sup>o</sup>C dimana titik ini terletak jauh dari sumber bising.

*Sound Level Meter* tidak dipengaruhi oleh kelembapan nisbi hingga 90 % (SNI 7231, 2009). Tetapi yang perlu diperhatikan adalah ketika kondisi hujan atau berkabut alat ukur kebisingan harus tetap terjaga agar pori-pori pada *wind screen* tidak tertutup oleh air atau endapan lainnya.

Data meteorologi yang terukur di titik sampling, nilai kelembapan udara yang terukur pada area proses produksi dengan tingkat kebisingan tertinggi yaitu pada titik 12 dengan intensitas kebisingan 99,4 dB dan temperatur udara 35,5<sup>o</sup>C sebesar 68,6 %. Sedangkan nilai kelembapan udara yang terukur pada area proses produksi dengan tingkat kebisingan terendah pada titik 120 dengan intensitas kebisingan 79,0 dB dan temperatur udara 30<sup>o</sup>C sebesar 75,7 %.

Kecepatan angin salah satu media perantara bunyi. Semakin kencang kecepatan angin maka secara tidak langsung akan mempengaruhi hasil pengukuran kebisingan. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa kecepatan angin tertinggi mencapai 1,2 m/s yang terletak pada salah titik yaitu titik 55 dan kecepatan angin terendah yaitu 0 m/s yang terletak pada salah satu titik yaitu titik 27. Menurut Mediastika (2005) bahwa kebisingan sangat bergantung pada salah satunya adalah kecepatan angin. Di kondisi ini, kecepatan angin pada saat pengukuran tidak lebih dari 5 m/s, menyebabkan tidak ada pengaruh terhadap perubahan tingkat tekanan suara yang terukur pada alat *Sound Level Meter* (PermenLH No 7, 2009).

### Upaya Pengendalian Kebisingan

Upaya Pengendalian yang dilakukan dapat dibedakan menjadi 3 sistematis, yaitu penegndalian di sumber, pengendalian di jalur

transmisi suara dan pengendalian di penerima.

#### 1. Pengendalian dari sumber bising

Berdasarkan hasil observasi dan pemetaan kebisingan di lokasi penelitian dapat tergambar bahwa setiap unit dengan proses kerja menggunakan mesin yang bising. Salah satu upaya pengendalian dari sumber agar tingkat bising yang dihasilkan oleh sumber dapat dihilangkan tidak dapat dilakukan. Hal ini dikarenakan mesin tersebut merupakan alat utama dalam proses kerja yang dilakukan. Sehingga yang dapat dilakukan adalah membuat *enclosure* (bangunan peredam sumber bising). Pembuatan *enclosure* pada area lokasi studi hanya dapat dilakukan pada kamar *generator* yang berada pada ruang produksi II. Diketahui dari hasil penelitian lapangan bahwa kamar generator hanya berupa dinding yang terbuat dari papan kayu sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi suara kebisingan yang ditimbulkan generator dengan memasang *enclosure*. *Enclosure* yang terbuat dari bahan polikarbonat, kaca, aluminium, baja, kayu lapis, dan bahan komposit mampu mengurangi kebisingan untuk frekuensi 10 kHz sebesar 19–25 dB, dan akan meningkat menjadi 40–48 dB untuk frekuensi 40 Hz (Mikulski, 2020). Dengan demikian maka tingkat kebisingan pada titik 12 yang mencapai 99,4 dB bisa menjadi lebih rendah yaitu antara 75-85 dB.

#### 2. Pengendalian pada jalur transmisi suara

Adapun pengendalian dari jarak dengan pemasangan penghalang kebisingan atau *sound barrier*. Penghalang kebisingan ini bertujuan agar suara bising yang dihasilkan dari mesin – mesin yang sedang beroperasi tidak menyebar keluar dari ruang produksi. Penghalang kebisingan ini untuk memblokir jalur langsung antara sumber suara dan penerima dan juga membalikkan suara. *Barrier* mampu melakukan pengurangan kebisingan dari 5 dB hingga 20 dB (Bentsen, 2010). *Barrier* yang dibuat berupa dinding tembok pada tiang – tiang ruang produksi. Pembuatan *barrier* dapat dilakukan diseluruh lokasi penelitian, hal tersebut dikarenakan berdasarkan hasil observasi lapangan, lokasi tersebut secara keseluruhan merupakan area terbuka dimana ruang produksi tidak ditutupi dengan dinding.

Hal ini menyebabkan bising yang dihasilkan dari kegiatan penggergajian dan pembuatan pallet menjadi menyebar pada area di lokasi penelitian.

Hal lain yang dapat dilakukan adalah dengan pemasangan *noise warning sign* merupakan pemasangan tanda yang menyatakan bahwa suatu area merupakan area dengan potensi bahaya kebisingan (memiliki tingkat kebisingan diatas 85 dB) dan juga merupakan larangan untuk tidak memasuki area tersebut tanpa alat pelindung pendengaran. Penempatan *noise warning sign* dapat dilakukan disetiap lokasi dengan intensitas kebisingan tertinggi.

#### 3. Pengendalian di penerima kebisingan

Dilakukan dengan menggunakan alat pelindung pendengaran seperti *earplug*, *earmuff* dan *helmet*. Pada lokasi penelitian belum terdapat alat pelindung pendengaran yang wajib dipakai oleh pekerja. Pekerja hanya menggunakan masker dan sarung tangan sebagai alat pelindung diri. Penggunaan alat perlindungan diri ini dapat dilakukan pada setiap pekerja yang terpapar kebisingan tinggi. Pullat (1992) mengatakan pemakaian *earplug* dapat mengurangi tingkat kebisingan sebesar 30 dB dan *earmuff* mampu mengurangi kebisingan antara 40 dB - 50 dB. Untuk titik 12 yang tingkat kebisingannya mencapai 99,4 dB, akan bisa turun hingga 49 - 59 dB, sehingga pekerja dapat bekerja lebih lama di lokasi tersebut.

Selain itu hal yang bisa dilakukan adalah rotasi Kerja untuk lokasi yang kebisingannya lebih dari 85 dB. Pengendalian ini bisa dilaksanakan dengan mengurangi waktu pemaparan terhadap pekerja dengan cara pengaturan jadwal kerja dan istirahat, sehingga saat bekerja, pekerja masih berada dalam batas aman. Pengaturan jadwal kerja ini disesuaikan antara pemaparan intensitas kebisingan dengan waktu maksimum yang diizinkan untuk setiap area kerja. Cara pengaturan waktu kerja dan istirahat adalah jika pekerja sudah berada di lingkungan kerja yang bising sesuai dengan batas waktu yang diperbolehkan, maka pekerja tersebut harus istirahat dahulu dengan meninggalkan tempat kerjanya selama beberapa menit, dan kembali lagi ke tempat kerja tersebut untuk bekerja

seperti biasa. Pengendalian kebisingan pada pekerja dapat juga dilakukan dengan melakukan pelatihan tentang K3. Pelatihan dapat meningkatkan kesadaran pekerja akan pentingnya usaha perlindungan diri dari setiap bahaya di tempat kerja salah satunya kebisingan.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Pemetaan tingkat kebisingan di lokasi penelitian dibagi menjadi kebisingan tinggi ditandai dengan warna kuning, orange, merah berada pada rentang > 85 dB. Kebisingan sedang berada pada rentang 75 dB - 85 dB ditandai dengan warna hijau. Sedangkan untuk tingkat kebisingan rendah berada pada rentang < 75 dB ditandai dengan warna biru dan warna ungu.
2. Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan terdapat 24 titik kebisingan tertinggi yang berada diatas baku mutu tingkat kebisingan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Per.13/Men/X/2011 sebelum dilakukan pengendalian. Untuk titik kebisingan yang paling tertinggi adalah 99,4 dB pada titik 12.
3. Berdasarkan pengukuran tingkat kebisingan pada setiap titik, maka waktu lama pemaparan yang direkomendasikan oleh NIOSH bervariasi, dan tergantung dari hasil pengukuran yang didapat. Waktu pemaparan paling singkat yang diperbolehkan yaitu pada titik 12 dengan waktu pemaparan 17 menit dikarenakan titik pengukuran ini berada paling dekat dengan sumber bising.
4. Upaya pengendalian yang dapat dilakukan untuk area tingkat kebisingan tertinggi yaitu dengan melakukan pengendalian dari sumber berupa melakukan maintenance pada mesin secara rutin, dan membuat enclosure/bangunan peredam sumber bising untuk kamar generator. Untuk pengendalian dari jalur transmisi suara dapat dilakukan dengan membuat barrier berupa dinding tembok, membuat alat sekat peredam serta pemasangan noise warning sign. Dan untuk pengendalian dari penerima dapat dilakukan dengan pemakaian alat

pelindung diri, rotasi kerja/shift kerja, memberikan training K3/pelatihan K3.

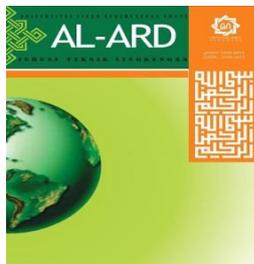
#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Arpian, I. D. (2018). Penerapan Alat Pelindung Diri Tangan Pada Pekerja Bagian Produksi. *HIGEIA Journal of Public Health Research and Development*. Vol. 2, No.3.
- Bendtsen, Hans. 2010. *Noise Barrier Design: Danish and Some European Examples*. Reprint Report: UCPRC-RP-2010-04
- Casas, WJP., Cordeiro, EP., Mello, TC and Zannin, PHT. 2014. Noise mapping as a tool for controlling industrial noise pollution. *Journal of Scientific & Industrial Research* Vol. 73, April 2014, pp. 262-266
- Mediastika, C. E. (2005). *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Jakarta: Erlangga.
- Mikulski, W. 2020. Reducing the harmful effects of noise on the human environment. Sound insulation of industrial skeleton enclosures in the 10–40 kHz frequency range. *J Environ Health Sci Engineer* **18**, 1451–1463.  
<https://doi.org/10.1007/s40201-020-00560-2>
- Nathanail, C.Paul., Bardos, Paul. (2004). *Reclamation of Contaminated Land*, EPP & Land Quality Press : Nottingham.
- National Institute of Occupational Safety Hazards (NIOSH). (1998). *Criteria For A Recommended Standard*. U.S Department Of Health And Human Service : Ohio.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 tentang *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja*.
- Priambada, K. D. (2017). Pemanfaatan Limba`123457789p0h Kayu Palet Dalam Penciptaan Hiasan Terarium. *Skripsi*. Fakultas Bahasa dan Seni, Jurusan Pendidikan Seni Rupa. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pullat, B.M.. 1992. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. Prentice Hall Inc: United States of America.
- Rejeki, S. (2015). *Sanitasi, Hygiene, dan K3 (Kesehatan & Keselamatan Kerja)*. Bandung: Rekayasa Sains.
- Sasmita, Aryo., Asmura, J., Ambarwati, NR. 2018. Pengendalian Kebisingan dengan Metode *Conceptual Model* di Pabrik Kelapa

Sawit PT. Tunggal Perkasa Plantations.  
*Jurnal Sains dan Teknologi* 17 (2),  
September 2018: 61 - 68

Standar Nasional Indonesia 7231: 2009.  
*Metoda Pengukuran Intensitas Kebisingan  
di Tempat Kerja*. Jakarta.

Suma'mur. (2009). *Higiene Perusahaan dan  
Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta:  
Sagung Seto



## Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS pada Air Buangan Industri Tahu

Muhammad Al Kholif<sup>1,\*</sup>, Ida Istaharoh<sup>2</sup>, Pungut<sup>3</sup>, Joko Sutrisno<sup>4</sup>, Sri Widyastuti<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

\*[alkholif87@unipasby.ac.id](mailto:alkholif87@unipasby.ac.id)

### ABSTRACT

Tofu industrial wastewater is a contributor to environmental pollution. Wastewater contains high levels of COD and TSS. The purpose of this study was to determine the effectiveness of reducing pollutant loads in tofu liquid waste by using the phytoremediation method using water jasmine (*Echinodorus Palaefolius*). The initial stage of the research was a preliminary test to determine the initial content of the waste. The acclimatization process is carried out by observing the process of plant growth during the research process. To maximize plant growth, dilution is carried out with various concentrations of 25% wastewater with 75% diluting water and 50% wastewater with 50% diluting water. Sampling was carried out every 12 hours for 5 days. The results showed that the highest effectiveness of COD reduction occurred in dilution 25% with a residence time of 12 hours at 39.83%, while for TSS parameters the highest effectiveness was at diluting 25% with a residence time of 12 hours by 69%.

Keywords : tofu wastewater, phytoremediation, *echinodorus palaefolius*, COD, TSS.

### ABSTRAK

Air limbah industri tahu merupakan salah satu penyumbang terjadinya pencemaran lingkungan. Air limbah tahu banyak mengandung kadar COD dan TSS. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui efektivitas penurunan beban pencemar pada limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi yang menerapkan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*). Tahap awal penelitian yaitu dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui kadar awal dari limbah tersebut. Proses aklimatisasi dilakukan dengan jalan melihat proses pertumbuhan tanaman selama proses penelitian. Untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman, maka dilakukan pengenceran dengan variasi konsentrasi 25% air limbah dengan 75% air pengencer dan 50% air limbah dengan 50% air pengencer. Pengambilan sampel dilakukan setiap 12 jam sekali selama 5 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi penurunan COD terjadi pada pengenceran 25% dengan waktu tinggal 12 jam sebesar 39,83% sedangkan untuk parameter TSS efektifitas tertinggi pada pengenceran 25% dengan waktu tinggal 12 jam sebesar 69%.

Kata Kunci: Air limbah industri tahu, COD, fitoremediasi, tanaman melati air, TSSa.

## 1. PENDAHULUAN

Air buangan industri tahu yang dibuang ke lingkungan memiliki kadar pencemar organik yang tinggi dan terdapat padatan tersuspensi terlarut. Senyawa organik seperti BOD, COD dan TSS merupakan pencemar utama dalam beberapa kasus air limbah salah satunya adalah air buangan industri tahu. Tingginya senyawa pencemar tersebut akan berdampak pada kualitas lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan (Kaswinarni, 2007). Kajian untuk mengetahui teknologi pengolahan limbah yang tepat sudah pernah dilakukan. Dimana, kajian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat efektif, efisien, kekurangan, kelebihan serta dampaknya

terhadap lingkungan dan masyarakat (Subekti, 2011). Pengolahan air limbah secara fitoremediasi sudah lama dikembangkan termasuk untuk mengolah air limbah yang mengandung logam berat. Kemampuan tanaman dalam mengakumulasi pencemar menjadikan teknologi fitoremediasi masih sangat digunakan untuk mengolah air buangan (Wandana & Laksmono, 2010).

Konsep dasar dari pengolahan dengan sistem fitoremediasi ini yaitu, fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, rhizofiltrasi dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan (Hidayati, 2005). Penerapan fitoremediasi dalam pengolahan air limbah sering

digunakan dalam teknologi wetland. Penggunaannya yang sederhana, mudah dan murah serta efisien dalam menurunkan kadar pencemar pada air limbah mengakibatkan wetland banyak diterapkan sebagai pengolahan air limbah (Gupta et al., 2016).

Melihat kondisi air limbah industri tahu yang semakin hari semakin berkembang dan limbah yang dibuang ke lingkungan juga begitu banyak, maka alasan utama pemilihan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) adalah tanaman ini sering digunakan dalam penerapan fitoremediasi. Selain itu kemampuan dalam mereduksi beban pencemar terbilang cukup berhasil (Sutyasmi & Susanto, 2013). Penurunan beban pencemar air limbah industri penyamakan kulit dengan sistem wetland menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS secara berturut-turut sebesar 45-95%, 15-75% dan 34-95% (Sutyasmi & Susanto, 2013).

Tujuan utama dari penelitian yang dilakukan adalah mengkaji efektivitas tanaman hipeakumulator (tanaman melati air) dalam menurunkan kadar COD dan TSS yang terkandung dalam air limbah industri tahu dengan membandingkan variasi pada pengenceran yang dilihat dari segi waktu tinggal. Jenis tanaman yang digunakan adalah tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*). Proses penyerapan bahan pencemar akan terjadi secara alamiah melalui akar tanaman, dan mikroorganisme yang saling berinteraksi. Mikroorganisme akan menempel pada akar tanaman. Tanaman yang menghasilkan oksigen dapat membantu dalam proses pertumbuhan mikroorganisme pengurai limbah (Zhang, 2012).

Pada penelitian ini diperlukan penelitian pendahuluan guna mengetahui kadar awal limbah. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan propagasi untuk tanaman uji, tahap aklimatisasi dan variasi konsentrasi. Tahap propagasi dilakukan untuk pembiakan tanaman supaya mencapai pertambahan jumlah, memelihara sifat-sifat penting dari tanaman, dan juga untuk mempertahankan eksistensi jenisnya (Askari & De Klerk, 2018). Tahap aklimatisasi dilakukan untuk mengetahui tingkat penyesuaian diri tumbuhan tersebut terhadap lingkungan yang baru. Sedangkan konsentrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi maksimum pada air limbah cucian tahu yang dapat menyebabkan tumbuhan mati.

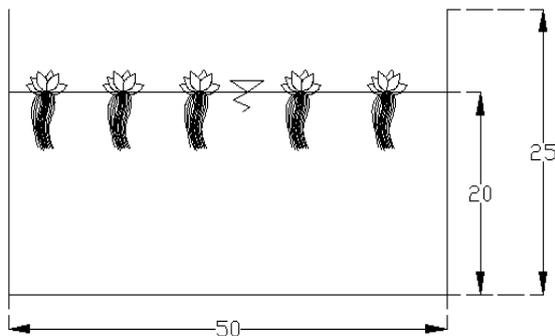
Pada beberapa penelitian yang sejenis dengan menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) menggunakan media tanam biochar tempurung kelapa guna memaksimalkan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dapat tumbuh dengan baik (Al Kholif dkk., 2020). Secara garis besar selama proses penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penyisihan kadar COD dan TSS masih memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. Namun jika dilihat secara spesifik untuk setiap parameter menunjukkan bahwa tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) kurang efektif dalam menurunkan kadar pencemar pada air limbah cucian tahu dikarenakan asam (cuka) dalam air limbah cucian tahu yang terlalu tinggi sehingga tanaman Melati Air kurang optimal dalam mendegradasi limbah terlebih jika tidak terdapat media tanam.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus polifolius*) untuk meremediasi air limbah cucian tahu guna menurunkan beban pencemar COD dan TSS pada limbah. Pada penelitian ini akan diketahui efektivitas penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah cucian tahu dengan tanaman Melati Air (*Echinodorus polifolius*). Tanaman Melati Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman yang memiliki karakteristik jumlah daun, rumpun akar, umur, serta tinggi tanaman yang relatif sama, dengan biomassa sama. Kemudian melakukan tahap propagasi dan aklimatisasi serta pengenceran. Proses aklimatisasi tanaman Melati Air dapat berlangsung selama kurang lebih 14 hari dengan penggunaan air bersih selama 2 hari, 4 hari menggunakan 25% air limbah tahu, 4 hari berikutnya menggunakan 50% air limbah tahu dan 4 hari selanjutnya menggunakan 100% air limbah tahu. Proses aklimatisasi dapat dikatakan berhasil jika terjadi perubahan morfologi pada daun, batang dan akar (Al Kholif dkk., 2020). Untuk memaksimalkan proses pertumbuhan tanaman, maka pH dan suhu harus tetap di jaga. pH dan suhu optimal yang baik untuk tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) adalah pada pH 4,5-7 dan rentang suhu 25-35°C (Setiyanto dkk., 2016).

Uji laboratorium kembali dilakukan untuk mengetahui kadar awal logam COD dan TSS. Reaktor penelitian terbuat dari bahan plastic

berbentuk persegi panjang dengan dimensi ukuran 50 cm x 20 cm x 25 cm. Sistem aliran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan sistem *batch*. Untuk memaksimalkan hasil penelitian, maka sampel air limbah industri tahu dilakukan pengenceran. Hal ini dikarenakan kadar asam dalam air limbah industri tahu sangat tinggi. Jika dilakukan tanpa pengenceran, maka dapat dipastikan tanaman Melati Air (*Echinodorus polifolius*) akan mengalami mati. Variasi pengenceran yang diterapkan adalah 25% sampel air limbah ditambah dengan 75% air dan 50% sampel air limbah ditambah dengan 50% air. Proses pengambilan sampel dilakukan setiap 12 jam sekali untuk kedua variasi selama 5 hari. Adapun ilustrasi reaktor fitoremediasi untuk pengolahan air limbah industri tahu disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Reaktor Fitoremediasi

Pengumpulan data dilakukan setiap 12 jam sekali dalam waktu 5 hari pada setiap variabel penelitian. Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis data. Analisis data menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dimana:

a = Konsentrasi awal

b = Konsentrasi akhir

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji pendahuluan

Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa pada air limbah cucian tahu sebelum diberi perlakuan telah terkandung beban pencemar COD dan TSS yang cukup tinggi. Uji pendahuluan limbah cair tahu pada parameter COD sebesar 3670,88 mg/l dan parameter TSS sebesar 686,67 mg/l. Dari data tersebut menunjukkan bahwa parameter COD dan TSS air limbah cucian tahu melebihi baku mutu

berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. Mengacu dari ketentuan tersebut maka upaya penanganan air limbah harus dilakukan sebelum dibuang ke badan air. Pada penelitian ini perlakuan air limbah industri tahu dilakukan dengan fitoremediasi menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*). Dengan beban karakteristik yang begitu besar, maka untuk memaksimalkan hasil penelitian dilakukan beberapa perlakuan pengenceran pada air limbah.

Merujuk dari data awal yang telah diperoleh, dimana kadar COD mencapai 3670,88 mg/L dapat dikatakan bahwa kadar tersebut masih sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar awal parameter COD pada industri tahu di Desa Kemantren Kecamatan Tulangan. Kadar COD awal pada industri tahu tersebut mencapai 4895,9 mg/L dan kadar BOD mencapai 1899,9 mg/L. Rata-rata nilai pH pada reaktor tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) yaitu sebesar 6,4-6,6, sedangkan kadar suhu pada inlet mencapai 25,5-27,1°C dan pada outlet mencapai 25,7-26,9 °C (Al Kholif dkk., 2020). Pada penelitian lain diperoleh kadar BOD, COD, dan TSS sebelum pengolahan berturut-turut sebesar 3.468 mg/l, 9.680 mg/l, 1.055 mg/l (Sari dkk., 2017). Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa semua parameter melebihi baku mutu oleh karena itu perlu suatu pengolahan limbah cair agar tidak membahayakan lingkungan.

#### 3.2 Pengamatan fisik tanaman

Pada penelitian tanaman Melati Air (*Echinodorus polifolius*) dengan ketiga pengenceran yang digunakan dengan kedua waktu tinggal mengalami perubahan fisik yang menurun dari hari ke hari terutama pada hari ke lima dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

Reaktor A

Reaktor B



Gambar 2. Kondisi Fisik Tanaman pada Hari Ke-5

Keterangan :

Reaktor A : Tanaman Melati Air dengan pengenceran 25% : 75%

Reaktor B : Tanaman Melati Air dengan pengenceran 50% : 50%

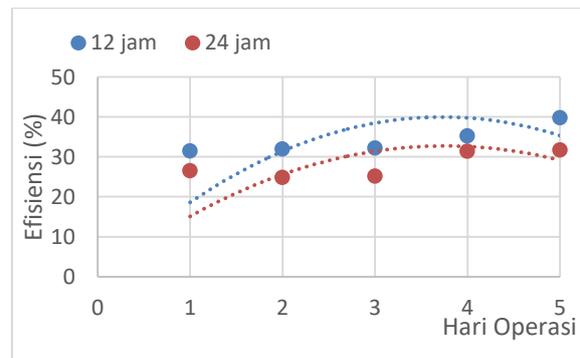
Tanaman Melati Air (*Echinodorus polifolius*) terjadi penurunan kesuburan dari hari pertama sampai hari kelima penelitian. Hal ini disebabkan karena adanya zat asam dalam air limbah. Selain itu tidak adanya bantuan media tanam yang dapat digunakan untuk memaksimalkan penguraian limbah sehingga kinerja tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) bisa menjadi ringan. Semakin besar konsentrasi limbah yang dipaparkan semakin cepat pula tanaman mengalami penurunan kualitas kesuburannya.

Proses penyerapan air limbah dengan sistem fitoremediasi terjadi ketika ada kontak antara air limbah dengan tanaman. Air limbah akan di uraikan oleh tanaman melalui proses penyerapan pada akar kemudian menuju ke batang dan ranting setelah itu di keluarkan di daun.

### 3.3 Perubahan parameter COD dalam air limbah cucian tahu

#### 1. Efektivitas penurunan parameter COD 25% : 75%

Data hasil laboratorium menunjukkan adanya penurunan beban pencemar baik sebelum dan sesudah diberi perlakuan tanaman melati air. Dari data hasil penurunan tersebut dapat dianalisis efektivitas presentase beban pencemar yang dapat diturunkan menggunakan melati air. Data tersebut dianalisa meliputi efektivitas penurunan COD dan pada air limbah tahu dengan perbandingan konsentrasi 25% : 75% dimana terdiri dari 25% air limbah dan 75% air pengencer. Efektivitas penurunan parameter COD pada air limbah industri tahu dengan menggunakan tanaman Melati Air yang akan ditunjukkan pada Gambar 3 dengan konsentrasi 25% : 75%.



Gambar 3. Efektivitas Penurunan Parameter COD pada Perbandingan 25% : 75%

Data Efektivitas penurunan parameter COD dengan pengenceran 25% : 75% seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas diketahui bahwa efektivitas tertinggi untuk kedua waktu tinggal (td) terjadi pada hari kelima, dimana pada td 12 jam mencapai nilai efektif yakni sebesar 39,83% dan pada td 24 jam sebesar 31,75%. Terdapat sedikit perbedaan dengan penelitian lain dimana pada waktu operasi 12 jam, pereduksian kadar COD dapat mencapai 28,25% pada hari ke-4 penelitian. Sedangkan pada waktu pengoperasian selama 18 jam diperoleh nilai efisiensi sebesar 41,68% (Al Kholif dkk., 2020).

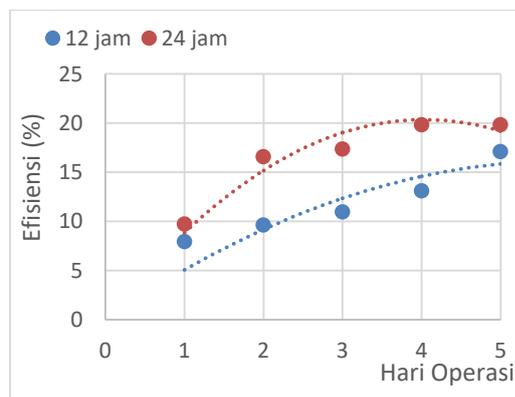
Menurut Riyanti dkk, (2019) Efisiensi penurunan COD limbah cair tahu dengan pada Sistem *Sub-Surface Flow Wetland* menggunakan Melati Air dengan media tanam pecahan genteng, karbon aktif, pasir silika dan batu zeolit pada hari ke-15 dengan konsentrasi 125 mg/l. Padmaningrum dkk, (2014) mengemukakan bahwa tanaman Melati Air dengan media tanam gabungan air sumur dan koral dapat dipergunakan untuk menurunkan nilai COD sebesar 446,890 mg/l. Sedangkan menurut (Setiyanto dkk, (2016) bahwa *Constructed wetlands* pada kontrol sebelum pengolahan kadar COD mampu menurunkan sebesar 86,18 mg/l dan setelah masuk pengolahan *constructed wetlands* Melati Air dengan gabungan karbon aktif, kerikil dan pasir kadar COD sebesar 60,52 mg/l.

Tanaman Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm), Kiapu (*Pistia stratiotes*) dan Bayongbong (*Phragmites karka*) dengan media zeolit, arang aktif dan kerikil mempunyai kemampuan menurunkan bahan pencemar dengan efektivitas sebagai berikut ; TSS yakni 76,70 %, BOD<sub>5</sub> yakni 83,31%, COD yakni 44,78 %, ammonia sebesar 88,45 %, ortofosfat yakni 70,33 %, dan nitrat

sebesar 68,42 % (Harahap, 2014). Penurunan konsentrasi TSS metode fitoremediasi pada perlakuan variasi massa tumbuhan eceng gondok 1 kg sebesar 88,42% (Alfarokhi, 2016).

## 2. Efektivitas penurunan parameter COD 50% : 50%

Pada perbandingan 50% air limbah dengan 50% air pengencer untuk penurunan kada COD sudah mulai terlihat hasil yang lebih baik sejak hari ke-3 penelitian. Dari data hasil penurunan tersebut sehingga dapat dianalisis efektivitas presentase beban pencemar yang dapat diturunkan menggunakan melati air. Data tersebut dianalisa meliputi efektivitas penurunan COD dan pada air limbah tahu dengan perbandingan konsentrasi 50% : 50% dimana terdiri dari 50% air limbah dan 50% air pengencer. Efektivitas penurunan parameter COD yang akan ditunjukkan pada Gambar 4 dengan konsentrasi 50% : 50%.



Gambar 4. Efektivitas Penurunan Parameter COD pada Perbandingan 50% : 50%

Dari data efektivitas penurunan parameter COD dengan perbandingan 50%:50% diketahui bahwa efektivitas tertinggi terjadi pada hari kelima dengan td 12 jam yakni sebesar 17,11% dan sebesar 19,84% pada td 24 jam. Dari data efektivitas penurunan parameter COD pada gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar paparan limbah yang diberikan semakin rendah efisiensi penurunan.

Penurunan COD untuk tanaman bambu air, kangkung dan Eceng Gondok berturut-turut adalah 74,54%, 83,03%, dan 64,08% dalam menurunkan limbah cair tahu (Erawati & Kusumandari, 2014). Tanaman air memberikan efektivitas pengurangan COD sebesar 66,98% menggunakan media koral, kerikil dan ijuk dalam mengolah limbah cair industri penyamakan kulit (Prayitno & Sholeh, 2014). Pengolahan menggunakan *constructed*

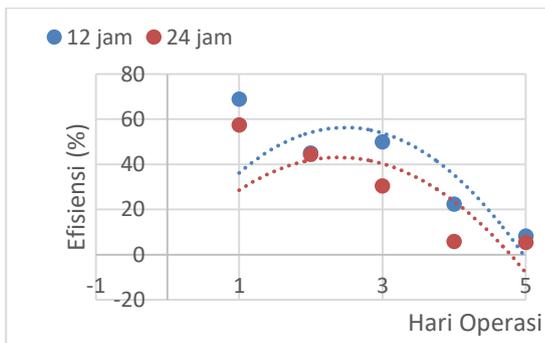
*wetland* dengan jenis aliran horizontal *subsurface* menggunakan tanaman *Typha Angustifolia* mampu menurunkan parameter COD sebesar 90,59% yang terjadi pada waktu tinggal 1 hari dengan beban organik 500 mg/L COD. Dapat disimpulkan bahwa *Typha Angustifolia* yang diterapkan yaitu mampu menghilangkan kadar COD pada air buangan industri tahu (Fajar & Handajani, 2014).

Pada sistem pengolahan secara alamiah yang sama dengan sistem *wetland* terkadang membawa sedimen dalam proses pengalirannya. Beberapa rangkaian sedimen membawa sejumlah besar nutrisi dari Loess Plateau dan daerah irigasi pertanian hulu ke Delta Sungai Kuning (Wang & Liang, 2000). Dengan demikian, nutrisi dalam sedimen yang terkandung dalam tanah basah sangat penting dalam menjaga kesehatan ekosistem muara di wilayah ini (Peng et al., 2010; Zhao et al., 2016).

## 3.4 Perubahan Parameter TSS dalam air limbah cucian tahu

### 1. Efektivitas penurunan parameter TSS 25% : 75%

Dari data hasil laboratorium dapat diketahui penurunan beban pencemar sebelum dan sesudah diberi perlakuan tanaman melati air. Dari data hasil penurunan tersebut dapat dianalisis efektivitas presentase beban pencemar yang dapat diturunkan menggunakan melati air. Terjadi perbedaan yang signifikan antara penurunan COD dan TSS. Pada data TSS bahkan terjadi minus atau tanaman yang digunakan tidak lagi dapat beroperasi dengan baik terutama pada konsentrasi 50%:50%. Hal ini terjadi karena pengaruh air limbah yang begitu pekat sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman pengurai. Faktor pengenceran juga yang sama dengan volume limbah dapat juga mempengaruhi hasil akhir yang diperoleh Efektivitas penurunan parameter TSS yang akan ditunjukkan pada Gambar 5 dengan konsentrasi 25% : 75%.



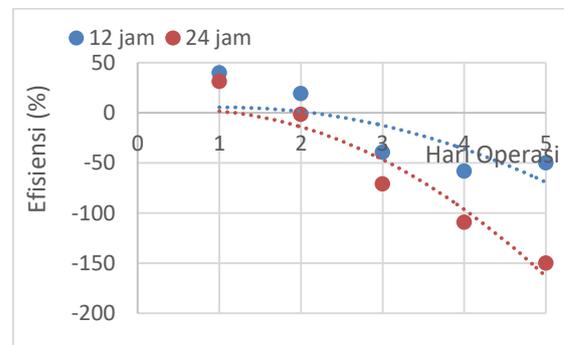
Gambar 5. Efektivitas Penurunan Parameter TSS pada Perbandingan 25% : 75%

Data efektivitas penurunan parameter TSS pada perbandingan 25%:75% diketahui bahwa efektivitas tertinggi pada hari pertama pada td 12 jam yakni sebesar 69% dan sebesar 57,35% pada td 24 jam. Pada hari berikutnya kadar TSS tidak lagi mengalami peningkatan efisiensi dan justru mengalami penurunan efisiensi. Terjadinya penurunan efisiensi dikarenakan oleh kemampuan tanaman Melati Air tidak dapat mereduksi kadar TSS pada air limbah industri tahu. Hal ini berbeda jauh dengan yang terjadi pada kadar COD.

Sistem kombinasi *constructed wetland* dan filtrasi menggunakan tumbuhan Melati Air dengan media tanam pecahan genteng, karbon aktif, pasir, silika dan batu zeolit terbukti efektif dalam mereduksi parameter pencemar limbah cair industri tahu dengan konsentrasi BOD, TSS dan minyak lemak secara berurut berkisar 97 mg/L, 40 mg/L dan 4,2 mg/L (Kasman dkk, 2018). Hal ini terjadi karena pada penelitian tersebut menggunakan media tanam seperti tanam pecahan genteng, karbon aktif, pasir silika dan batu zeolit. Pada perlakuan dengan penanaman Melati Air dengan metode lahan basah buatan yang menggunakan tanah sebagai bantuan filter dimana kadar TSS mengalami penurunan menjadi 235 mg/L pada waktu penanaman 3 hari (Arimbi, 2017). *Subsurface Wetland* Melati Air dengan media tanam kerikil dengan ketebalan 1-2 cm dapat menurunkan kandungan TSS sebesar 34 mg/L (S Desak Made & Sugito, 2013). Konsentrasi TSS pada air buangan juga dapat dilakukan dengan kombinasi filtrasi dan fitoremediasi. Penghilangan kadar TSS terbaik terdapat pada hari ke 15 dengan penurunan efektivitas 140,62 mg/L dan efisiensi 60,61% menggunakan tanaman air yang berbeda (Santoso dkk, 2014).

## 2. Efektivitas penurunan parameter TSS 50% : 50%

Pada perbandingan konsentrasi 50%:50% terjadi penurunan efisiensi yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan konsentrasi 25%:75%. Pada perbandingan ini kinerja tanaman Melati Air hanya efektif pada hari pertama sedangkan sisanya mengalami minus atau tanaman tersebut tidak lagi menyerap kadar TSS yang terdapat pada air limbah tahu. Terjadinya penurunan efisiensi yang sangat signifikan dikarenakan pada penelitian ini tidak menggunakan media tanam seperti tanah dan lainnya dalam proses penelitiannya. Efektivitas penurunan parameter TSS yang akan ditunjukkan pada Gambar 6 dengan konsentrasi 50%:50%.



Gambar 6. Efektivitas Penurunan Parameter TSS pada Perbandingan 50% : 50%

Dari data efektivitas penurunan parameter TSS 50%:50% diketahui bahwa efektivitas tertinggi terjadi pada hari pertama dengan td 12 jam yakni sebesar 40% dan sebesar 31% pada td 24 jam. Pada hari ketiga penurunan TSS kurang maksimal dikarenakan waktu operasi yang digunakan pada penelitian ini terlalu lama sehingga menjadikan tanaman mengalami kejenuhan sehingga kinerja tanaman sudah tidak bisa maksimal dalam menyerap polutan bahkan sampai meningkatkan kadar TSS (minus) pada air limbah cucian tahu. Hal ini dikarenakan tingginya karakteristik air limbah cucian tahu yang tidak dapat dinetralkan menggunakan tanaman Melati Air.

Dari data efektivitas penurunan parameter TSS pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa semakin besar paparan limbah yang diberikan semakin rendah efisiensi penurunan. Hal tersebut dikarenakan semakin besar paparan limbah yang diberikan semakin banyak padatan yang dihasilkan. Sedangkan pada penelitian ini tidak terdapat media tanam.

Menurut Sari dkk, (2017) Tanaman Melati Air mampu menurunkan beban pencemar untuk parameter TSS dengan media batu kali dan kerikil ukuran 1-2cm yaitu pada konsentrasi 7% dengan waktu tinggal 216 jam mencapai 72,7%. Rahadian dkk (2017) mengemukakan bahwa terjadi penyisihan TSS sebesar 34-46% menggunakan kayu apu dalam menurunkan limbah laundry dengan penambahan nutrisi hidroponik. Penyisihan TSS sebesar 75,52%-80,96% dengan tanaman *Canda Indica* dengan media tanam berupa pasir, tanah humus dan kerikil (Nirmala dan Ratni, 2017). Puspawati, (2017) mengemukakan bahwa kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi dengan menggunakan pasir kuarsa, zeolite dan arang serta tanaman eceng gondok dapat menurunkan kadar TSS sebesar 86.64% pada td 90 menit dan COD 85.53% pada td 120 menit. Tjokrokusumo dan Sahwan, (2003) mengemukakan bahwa tanaman potensial penyerap dapat menurunkan BOD, COD, dan TSS berturut-turut sebesar 64; 67; 65%.

Kualitas tanah lahan basah secara signifikan dipengaruhi oleh banyak proses lingkungan kritis termasuk endapan sedimen, interaksi air tawar-air asin, akresi delta dan pertukaran bahan-energi (Bai et al., 2012). Dengan demikian tanah dibutuhkan dalam lahan basah sebagai endapan sedimen. Faktor kunci adalah bahwa sistem ini tidak terbatas pada sedimen. Penyebaran sedimen oleh mekanisme alami dan / atau rekayasa dapat mengurangi hilangnya lahan basah pesisir di beberapa delta terbesar di dunia (Edmonds, 2012; Nittrouer et al., 2012).

Untuk memaksimalkan hasil pada TSS seharusnya dilakukan pengolahan pendahuluan sebelum masuk ke dalam reaktor pengolahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanaman Melati Air tidak begitu berhasil dalam menurunkan kadar TSS pada air limbah Tahu.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diaman tanaman Melati Air kurang efektif dalam menurunkan beban pencemar pada limbah cair tahu jika tidak terdapat media tanam. Hal itu terbukti dengan adanya hasil data penelitian yang menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi penurunan COD pada konsentrasi perbandingan 25%:75% dengan waktu tinggal 12 jam yaitu sebesar 39,83%. Pada parameter TSS efektifitas tertinggi pada

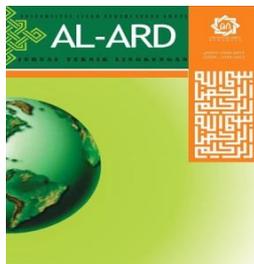
konsentrasi 25%:75% dengan waktu tinggal 12 jam sebesar 69%. Namun besar presentasi tersebut menunjukkan nilai yang masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Pungut, Sugito, Sutrisno, J., & Dewi, W. S. (2020). Pengaruh Waktu Tinggal dan Media Tanam pada Constructed Wetland untuk Mengolah Air Limbah Industri Tahu. *Jurnal Al Ard*, 5(2), 107-115.
- Alfarokhi, A. I. (2016). *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Tumbuhan Fitoremediasi Dalam Proses Pengolahan Limbah Tambak Udang Vannamei* [UII Yogyakarta]. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/1271>
- Arimbi, A. (2017). *Efektivitas Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius) dalam Menurunkan Kadar Bod (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) serta TSS (Total Suspended Solid) pada Limbah Cair Tempat Pematangan Ayam di Kecamatan Delitua Kabupaten Deli Serdang tahun 2017*. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/2138>
- Askari, N., & De Klerk, G.-J. (2018). Growth of Lily Bulblets In Vitro, a Review. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2), 133-143. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.268870.263>
- Bai, J., Xiao, R., Zhang, K., & Gao, H. (2012). Arsenic and heavy metal pollution in wetland soils from tidal freshwater and salt marshes before and after the flow-sediment regulation regime in the Yellow River Delta, China. *Journal of Hydrology*, 450-451, 244-253. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.006>
- Edmonds, D. A. (2012). Restoration sedimentology. In *Nature Geoscience* (Vol 5, Number 11, bll 758-759). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/ngeo1620>
- Erawati, E., & Kusumandari, D. S. (2014). Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Tanaman terhadap Fitoremediasi Limbah Tahu. *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya*

- Alam Indonesia.  
<http://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/5331>
- Fajar, A., & Handajani, M. (2014). Efisiensi Penyisihan Organik Limbah Cair Industri Tahu Dengan Aliran Horizontal Subsurface Pada Constructed Wetland Menggunakan Typha Angustifolia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20(1), 78–87.
- Gupta, P., Ann, T. W., & Lee, S. M. (2016). Use of biochar to enhance constructed wetland performance in wastewater reclamation. *Environmental Engineering Research*, 21(1), 36–44.  
<https://doi.org/10.4491/eer.2015.067>
- Harahap, S. (2014). Penggunaan Reaktor Biofilter Bermedia Zeolit-Arang Aktif dan Tumbuhan Air Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Menurunkan Tingkat Pencemaran Perairan. *Ijas*, 4(1996), 31–41.
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *HAYATI Journal of Biosciences*, 12(1), 35–40.  
[https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30321-7](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30321-7)
- Kasman, M., Riyanti, A., Sy, S., & Ridwan, M. (2018). Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam Sistem Kombinasi Constructed Wetland dan Filtrasi. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 39.  
<https://doi.org/10.24960/jli.v8i1.3832.39-46>
- Kaswinarni, F. (2007). Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu (Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal, dan Gagak Sipat Boyolali). In *Universitas Diponegoro*.
- Nittrouer, J. A., Best, J. L., Brantley, C., Cash, R. W., Czapiga, M., Kumar, P., & Parker, G. (2012). Mitigating land loss in coastal Louisiana by controlled diversion of Mississippi River sand. *Nature Geoscience*, 5(8), 534–537.  
<https://doi.org/10.1038/ngeo1525>
- Padmaningrum, R. T., Aminatun, T., & Yuliati. (2014). Pengaruh Biomasa Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) Dan Teratai (*Nyphaea firecrest*) Terhadap Kadar Fosfat. *Penelitian Saintek*, 19(2), 64–74.
- Peng, J., Chen, S., & Dong, P. (2010). Temporal variation of sediment load in the Yellow River basin, China, and its impacts on the lower reaches and the river delta. *Catena*, 83(2–3), 135–147.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.08.006>
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. (2013). *Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha lainnya*.
- Prayitno, P., & Sholeh, M. (2014). Peningkatan Kualitas Air Limbah Terolah Industri Penyamakah Kulit Menggunakan Taman Tanaman Air dengan Tumbuhan Bambu Air. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 30(1), 23.  
<https://doi.org/10.20543/mkpv30i1.120>
- Puspawati, S. W. (2017). *Alternatif Pengeolahan Limbah Industri Tempe dengan Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi*.
- Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. (2019). Efektivitas Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 16.  
<https://doi.org/10.33087/daurling.v2i1.19>
- S, D. M., & Sugito. (2013). Penurunan TSS dan Phospat Air Limbah PUSKESMAS Janti Kota Malang dengan Wetland. *Jurnal Teknik WAKTU*, 11(01), 93–101.  
<http://digilib.unipasby.ac.id/files/disk1/12/gdlhub--sugito-577-1-penuruna-d.pdf>
- Santoso, U., Mahreda, E. S., Shadiq, F., Biyatmoko, D., Sumber, P., Alam, D., & Lingkungan, D. (2014). Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Melalui Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Sistem Lahan Basah Buatan Menggunakan Tumbuhan Air yang Berbeda. *EnviroScienteeae*, 10(3), 157–170.  
<https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/es/article/view/1978>
- Sari, K. L., As, Z. A., & Hardiono, H. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 449.  
<https://doi.org/10.31964/jkl.v14i1.61>
- Setiyanto, R. A., Darundiati, Y. H., & Joko, T. (2016). Efektivitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Malati Air

- (*Echinodorus Palaefolius*) dan Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(1), 436-441.
- Subekti, S. (2011). Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. *Seminar Nasional Sain dan Teknologi*, 1, 61-66.
- Sutyasmi, S., & Susanto, H. B. (2013). Penggunaan tanaman air (bambu air dan melati air) pada pengolahan air limbah penyamakan kulit untuk menurunkan beban pencemar dengan sistem wetland dan adsorpsi. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 29(2), 69. <https://doi.org/10.20543/mkqp.v29i2.193>
- Tjokrokusumo, S. W., & Sahwan, F. L. (2003). Tanaman Potensial Penyerap Limbah Studi Kasus di Pulau Batam. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 4(2), 8-15.
- Wandana, R., & Laksmono, R. (2010). Pengolahan Limbah Laundry dengan Tanaman kayu Apu, (Rido dan Rudy Laksmono) 60. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(2), 60-64.
- Wang, Z. Y., & Liang, Z. Y. (2000). Dynamic characteristics of the yellow river mouth. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25(7), 765-782. [https://doi.org/10.1002/1096-9837\(200007\)25:7<765::AID-ESP98>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200007)25:7<765::AID-ESP98>3.0.CO;2-K)
- Zhang, Y. (2012). Design of a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Reuse in Mount Pleasant, Utah. *Master thesis*, 1-98. <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1232&context=gradreports>
- Zhao, Q., Bai, J., Huang, L., Gu, B., Lu, Q., & Gao, Z. (2016). A review of methodologies and success indicators for coastal wetland restoration. *Ecological Indicators*, 60, 442-452. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.003>



## Rancang Bangun *Biofilter* untuk Pengolahan Limbah Cair Kegiatan Sentra Wisata Kuliner di Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya

Apri Yulianto<sup>1</sup>, Arlini Dyah Radityaningrum<sup>2,\*</sup>, Ro'du Dhuha Afrianisa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya, Indonesia

\*[dyah@itats.ac.id](mailto:dyah@itats.ac.id)

---

### Abstract

The development of culinary business at Culinary Tourism Centre (CTC) has produced domestic wastewater from dish washing activities and food residues. One CTC in Tambaksari District, Surabaya City has not had Wastewater Treatment Plant (WWTP) yet. The CTC only has equalization tank for accommodating wastewater before discharged into the water body. This research aimed to determine the characteristics of domestic wastewater from the CTC and to design the appropriate WWTP in the CTC. The standard was based on the Regulation of the East Java Governor Number 72 Year 2013. The result showed that the concentrations of TSS, grease and oil, BOD, COD were 14 mg/L, 1.59 mg/L, 1154.8 mg/L, and 2054.8 mg/L, respectively. The WWTP units consisted of a grease trap, an equalization tank, primary sedimentation tank, anaerobic tank, aerobic tank, and secondary sedimentation tank. The estimated cost to build the WWTP was IDR 278,093,774.

Keywords: anaerobic tank, aerobic tank, culinary tourism centre, domestic wastewater characteristics.

### Abstrak

Perkembangan usaha kuliner di Sentra Wisata Kuliner (SWK) menghasilkan limbah cair domestik yang berasal dari air buangan kegiatan pencucian peralatan makanan dan sisa makanan. Salah satu SWK di Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya masih belum memiliki pengolahan limbah cair hanya memiliki bak kontrol sebagai penampung limbah cair sebelum dibuang ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik limbah cair yang dihasilkan dari SWK tersebut dan merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai. Standar baku mutu limbah cair yang digunakan sesuai dengan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi TSS, minyak lemak, BOD, dan COD masing-masing adalah 14 mg/L, 1,59 mg/L, 1154,8 mg/L, dan 2054,8 mg/. Unit IPAL direncanakan terdiri atas *grease trap*, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik, bak aerobik, dan bak pengendap akhir. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk pembangunan IPAL di SWK tersebut yaitu Rp. 278.093.774.

Kata Kunci: karakteristik limbah cair domestik, sentra wisata kuliner, unit bak aerobik, unit bak anaerobik.

---

### 1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya memiliki sekitar 44 SWK yang mengakomodasi sekitar 1.300 Pedagang Kaki Lima (PKL) di seluruh wilayah Kota Surabaya (Kurniawan, 2014). Salah satu SWK di Kecamatan Tambak Sari, Kota Surabaya (SWK X) merupakan SWK yang cukup besar dan mempunyai luas tanah 854 m<sup>2</sup> (Pemerintah Kota Surabaya, 2018). Jumlah pengunjung saat hari kerja diperkirakan kurang lebih 30 pengunjung/hari. Peningkatan jumlah pengunjung terjadi apabila sudah memasuki hari libur. Perkembangan usaha para pedagang kaki lima

di SWK Kota Surabaya berdampak pada meningkatnya produksi limbah cair domestik dari pencucian peralatan makanan dan sisa makanan, seperti lemak, nasi, sayuran dan lain-lain (Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2019).

Limbah dari kegiatan SWK merupakan jenis limbah organik seperti sisa makanan, sampah sayuran, kulit buah-buahan, dan lainnya yang berpotensi untuk membusuk (Andiese, 2011). Limbah cair rumah makan/restoran mengandung minyak, lemak dari sisa-sisa makanan serta deterjen (Zahra & Purwanti, 2015). Hal ini berpotensi terhadap

timbulnya bau yang tidak sedap karena karakteristik pencemar BOD, COD, TSS yang belum memenuhi standar baku mutu (Zahra & Purwanti, 2015). Jumlah dan jenis bahan organik dalam limbah cair domestik kegiatan SWK dipengaruhi oleh jenis makanan yang dijual (Purnawan *et al.*, 2018). Menurut Zaharah *et al.*, (2018) minyak, lemak dan TSS adalah parameter utama dalam limbah cair rumah makan yang potensial menurunkan kualitas air pada badan air penerima. Selain itu, gumpalan minyak dan lemak dari limbah dapur kegiatan rumah makan dapat mengakibatkan penyumbatan pada saluran pipa pembuangan (Sein, 2011).

Pengolahan limbah cair di SWK X saat ini hanya berupa bak kontrol tanpa bidang resapan, sehingga masih diperlukan suatu unit IPAL yang sesuai standar. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan IPAL pada SWK X sehingga effluen yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu yang disyaratkan. Pengolahan limbah cair rumah makan dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kombinasi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *wetland* secara kontinyu (Mardianto, 2014). Berdasarkan penelitian Mardianto (2014), kinerja unit kombinasi ABR dan *wetland* tersebut mampu mencapai persentase efisiensi penyisihan TSS 72,4%, BOD 57,1%, COD 58,7%, serta minyak dan lemak 94,3%. Efluen hasil pengolahan memiliki konsentrasi TSS, BOD, COD, serta minyak dan lemak, masing-masing sebesar 86 mg/L, 50,84 mg/L, 249,5 mg/L, dan 18 mg/L. Nilai tersebut telah memenuhi baku mutu yang diisyaratkan, kecuali COD yang masih diatas baku mutu. Biofilter anaerobik juga merupakan salah satu alternatif pengolahan untuk limbah cair domestik berupa air bekas cucian (*grey water*), baik dari kegiatan dapur maupun *laundry* (Radityaningrum dan Kusuma, 2017). Biofilter dengan kombinasi sistem anaerobik-aerobik juga mampu mengolah limbah cair industri tahu hingga mencapai konsentrasi BOD, COD, TSS limbah tahu, masing-masing sebesar 15,9 mg/L, 22,0 mg/L, 1,5 mg/L (Khusna Mufida *et al.*, 2016). Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik limbah cair yang dihasilkan dari SWK X di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya dan merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi literatur, survei kondisi eksisting di SWK X, pengambilan sampel limbah cair domestik di SWK X untuk uji karakteristik, penentuan debit limbah cair di SWK X, dan analisis data untuk perencanaan IPAL. Tahapan perencanaan IPAL meliputi penentuan alternatif pengolahan untuk IPAL di SWK X, perencanaan detail IPAL/*Detailed Engineering Design* (DED), dan estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk konstruksi IPAL.

Data primer berupa kualitas dan debit limbah cair domestik yang diperoleh melalui pengambilan sampel di SWK X. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode grab sampling, yaitu mengambil sampel sesaat pada satu waktu dan lokasi tertentu (SNI 6989.59:2008). Pengambilan sampel dilakukan pada hari Senin, saat jam makan siang (pukul 13.00). Sampe diambil sebanyak 2 Liter menggunakan wadah berupa jerigen dari bahan plastik. Sampel limbah cair domestik diambil dari outlet bak kontrol di SWK X. Parameter uji karakteristik limbah cair domestik terdiri atas TSS, minyak dan lemak, BOD, dan COD. Standar baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. Sedangkan pengukuran debit dilakukan selama 7 hari untuk mengetahui fluktuasi debit tiap hari yang keluar dari outlet di SWK X. Pengukuran debit ini dilakukan sehari 2 kali, pada waktu makan siang dan makan malam, yaitu pukul 13.00 dan 20.00 WIB. Data sekunder yang digunakan sebagai data penunjang atau pendukung adalah berupa data-data dari pihak SWK X dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) 2019 Kota Surabaya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

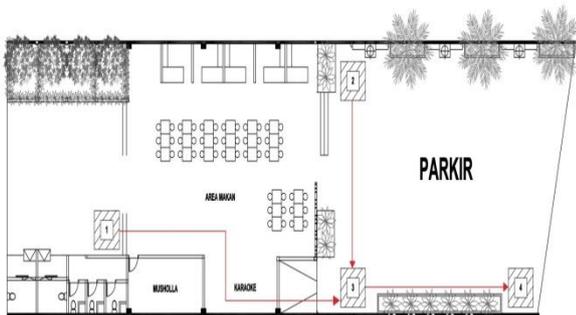
### Kondisi Eksisting SWK X

Perencanaan IPAL ini berlokasi pada SWK X, di daerah Kapas Krampung, yaitu di Jl. Raya Karang Asem Nomor 58-60, Ploso, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya, Jawa Timur (Gambar 1). SWK ini sudah lama berdiri sejak tahun 2017. SWK X Surabaya menjual berbagai macam makanan dan minuman dan beroperasi setiap hari dari pukul 10.00 - 23.00 WIB. Sampai saat ini total jumlah pedagang adalah 20 pedagang. Fasilitas yang tersedia di SWK X adalah toilet dan musholla, yang disediakan oleh pihak pengelola SWK X.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan IPAL  
Sumber: Google Earth

SWK X pada saat ini masih belum memiliki unit IPAL. Kegiatan dari SWK tersebut menghasilkan limbah *black water* dan *grey water*. Limbah *black water* di SWK X langsung masuk ke saluran tangki septik, sedangkan *grey water* yang merupakan buangan air bekas mandi, buangan sisa makanan, seperti nasi, sayuran, minyak lemak dan air sisa pencucian peralatan makanan langsung dialirkan ke dalam bak kontrol. Adapun denah bangunan SWK X ditunjukkan dalam Gambar 2.

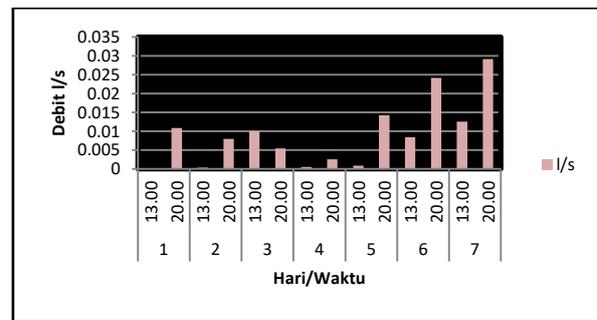


Gambar 2. Layout Bangunan SWK X

SWK X memiliki luas sekitar 854 m<sup>2</sup> dengan panjang 61 m dan lebar 14,05 m. SWK X tersebut memiliki 4 buah bak kontrol untuk buangan dari saluran drainase dan *grey water*. Bak kontrol yang pertama menampung air buangan dari toilet, yang kemudian dialirkan menuju ke bak kontrol ketiga. Sedangkan bak kontrol kedua menerima buangan dari wastafel tiap penjual/pedagang dan langsung dialirkan ke bak kontrol ketiga. Dari bak kontrol ketiga, limbah cair dialirkan menuju ke bak kontrol keempat, untuk kemudian dibuang ke badan air penerima.

### Kuantitas Limbah Cair

Debit limbah cair domestik hasil pengukuran di SWK X selama 7 hari ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perhitungan Debit Air Limbah SWK X

Berdasarkan perhitungan grafik di atas, dapat dilihat bahwa debit air limbah terbesar terjadi pada hari ke-7 (hari Minggu), pukul 20.00 WIB, yaitu sebesar 0,03 L/s. Hal ini dikarenakan pada pada hari libur dan malam hari, SWK banyak dikunjungi oleh konsumen. Oleh karena itu, produksi limbah cair yang dihasilkan juga semakin meningkat. Dari hasil perhitungan debit di atas, didapatkan debit rata-rata air limbah dari SWK X, yaitu 0,01 L/s. Debit limbah cair yang digunakan dalam perencanaan ini adalah debit limbah cair maksimum harian. Pemilihan debit ini bertujuan untuk mengantisipasi jika terjadi lonjakan atau penambahan debit yang tidak terduga. Debit yang digunakan untuk perancangan ini yaitu sebesar 0,03 L/s.

### Kualitas Limbah Cair

Kualitas limbah cair domestik di SWK X ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Limbah Cair Domestik di SWK X

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
1.	TSS	mg/L	14	50
2.	Minyak Lemak	mg/L	1,59	10
3.	BOD	mg/L	1154,8	30
4.	COD	mg/L	2054,8	50

Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter TSS dan minyak lemak memiliki nilai di bawah baku mutu. Hal ini dapat disebabkan karena daya beli atau pengunjung berkurang selama adanya pandemi COVID-19 ini. Namun, untuk parameter BOD dan COD masih melebihi baku mutu. Nilai COD yang melebihi baku mutu ini diduga berasal dari penggunaan detergen pada kegiatan pencucian peralatan dapur.

### Penentuan Alternatif Pengolahan

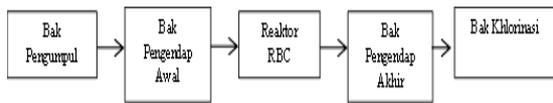
Alternatif jenis unit IPAL yang direncanakan pada SWK X ini adalah sebagai berikut:

• Alternatif 1 (Biofilter Anaerob-Aerob/BAA)



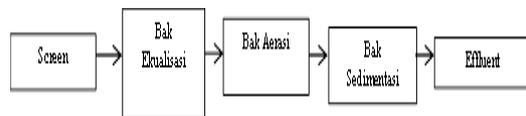
Gambar 4. Alternatif Biofilter Anaerob – Aerob

• Alternatif 2 (Rotating Biological Contactor/RBC)



Gambar 5. Alternatif RBC

• Alternatif 3 (Extended Aeration/EA)



Gambar 6. Alternatif Extended Aeration

Kriteria yang digunakan untuk penilaian kelebihan dan kekurangan 3 alternatif IPAL yang telah disajikan pada Gambar 4 s/d 5, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Alternatif

Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
Alternatif 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengolahannya mudah</li> <li>- Biaya investasi awal rendah</li> <li>- Lumpur yang dihasilkan sedikit</li> <li>- Tidak membutuhkan energi pengolahan</li> <li>- Kebutuhan lahan sedikit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu tinggal 24 jam</li> <li>- Waktu start-up lebih lama</li> </ul>
Alternatif 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengoperasian dan perawatan mudah</li> <li>- Kebutuhan energi rendah</li> <li>- Lumpur yang dihasilkan sedikit</li> <li>- Stabil terhadap fluktuasi beban</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensitif terhadap perubahan temperatur</li> <li>- Waktu kontaknya lama</li> <li>- Kebutuhan lahan besar</li> <li>- Biaya investasi besar</li> </ul>
Alternatif 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi pengolahan baik dengan kemampuan removal yang besar</li> <li>- Hasil effluent lebih baik</li> <li>- Dapat beradaptasi dengan kondisi influent air limbah yang melonjak tiba-tiba</li> <li>- Membutuhkan sedikit aerasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan ketelitian agar beroperasi dengan baik</li> <li>- Terjadi bulking pada lumpur aktif</li> <li>- Terdapat buih</li> <li>- Jumlah lumpur yang dihasilkan besar</li> <li>- Biaya operasional besar</li> <li>- Membutuhkan waktu aerasi 24 – 36 jam</li> </ul>

Sumber : Firmansyah & Razif (2016), Priyanka (2012), Adi et al, (2016)

Penentuan jenis unit IPAL pada SWK X dilakukan berdasarkan penilaian kelebihan dan kekurangan pada 3 alternatif pengolahan, sebagai berikut:

1. Kebutuhan dan Ketersediaan Lahan  
Lahan yang dibutuhkan untuk konstruksi IPAL harus disesuaikan dengan ketersediaan lahan di lokasi perencanaan.
2. Investasi Awal  
Investasi awal adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan unit IPAL, yang terdiri atas biaya konstruksi unit, yang termasuk biaya pembelian bahan material dan peralatan konstruksi.
3. Operasional dan Pemeliharaan  
Tingkat keahlian dan jumlah operator yang melakukan operasional dan pemeliharaan unit IPAL perlu dipertimbangkan, karena mempengaruhi kinerja unit IPAL setelah beroperasi.
4. Kinerja Unit IPAL  
Kinerja unit IPAL dapat ditentukan berdasarkan capaian persentase efisiensi penyisihan polutan dalam unit IPAL (Tabel 3) dan kemampuan dalam mengatasi fluktuasi bebas hidrolik dan beban organik.

Tabel 3. Efisiensi Pengolahan

BAA	RBC	EA
BOD = 80-90%	BOD = 75-90%	BOD = 60-80%
COD = 80-90%	COD = 80 - 85%	COD = 60-80%
TSS = 50-70%	TSS = 50-65%	TSS = 60-85%

Sumber : Sakinah & Purwanti (2018), Nasoetion et al., (2017), Kementerian Kesehatan RI (2011), Wulandari (2014)

Dilihat dari efisiensi pengolahan ketiga alternatif pengolahan limbah tersebut, jenis pengolahan biofilter anaerobik-aerobik memiliki efisiensi pengolahan paling tinggi dibandingkan jenis pengolahan RBC dan extended aeration.

Penentuan unit IPAL juga didasarkan atas penilaian terhadap 3 alternatif pengolahan yang ditinjau dari aspek kebutuhan dan ketersediaan lahan, investasi awal, operasional dan perawatan, serta kinerja unit IPAL. Range penilaian mulai dari 1 – 3 berdasarkan kelebihan masing-masing alternatif pengolahan dari yang terendah sampai tertinggi (Priyanka, 2012). Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian terhadap 3 jenis alternatif pengolahan.

Tabel 4. Efisiensi Pengolahan

No.	Kriteria Penilaian	Nilai (%)	Penilaian		
			BAA	RBC	EA
1.	Kebutuhan dan Ketersediaan Lahan	20	3	3	1
2.	Investasi Awal	15	1	1	3
3.	Operasional dan Pemeliharaan	15	3	2	1
4.	Kinerja Unit IPAL	50	3	2	3
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

Sumber : Priyanka (2012)

Berdasarkan penilaian kelebihan dan kekurangan tiap unit alternatif, maka alternatif pengolahan yang sesuai dengan kondisi SWK X yaitu pengolahan menggunakan biofilter anaerob-aerob. Hal ini dikarenakan jenis pengolahan dengan teknologi biofilter anaerob-aerob tidak membutuhkan lahan yang luas, tidak menggunakan energi dalam pengolahannya, serta pengoperasian dan perawatannya cenderung mudah untuk diterapkan di SWK X.

### DED

Unit pengolahan yang direncanakan pada IPAL SWK X terdiri atas unit *grease trap*, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik, bak aerobik, bak pengendap akhir. DED unit-unit pada IPAL tersebut adalah sebagai berikut:

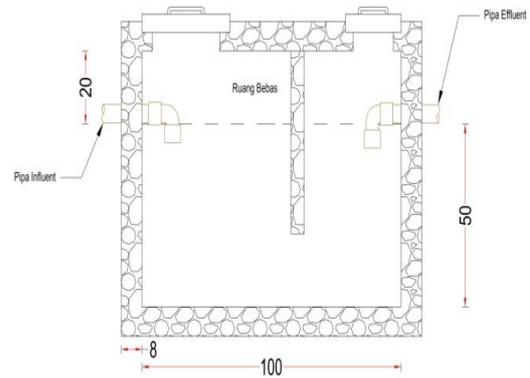
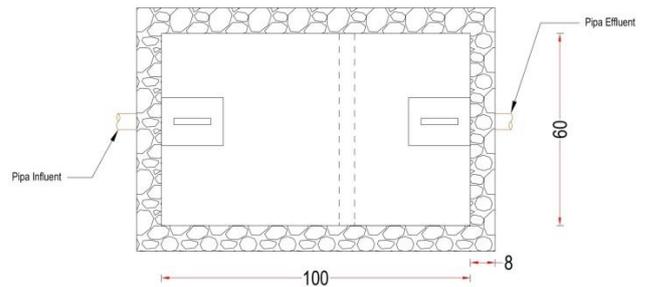
#### 1. Bak Pemisah Lemak (*Grease Trap*)

Debit = 0,03 L/s  
 = 2,6 m<sup>3</sup>/hari  
 Waktu tinggal = 30 menit – 60 menit  
 Volume bak yang diperlukan  
 $V = 60 / (60 \times 24) \text{ hari} \times 2,6 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 = 0,108 m<sup>3</sup>

Dimensi bak direncanakan

Panjang = 1 m  
 Lebar = 0,6 m  
 Kedalaman = 0,5 m  
 Freeboard = 0,2 m  
 Konstruksi = Beton K-275

Hasil perencanaan *Grease Trap* disajikan pada Gambar 7 dan 8.

Gambar 7. *Grease Trap* Tampak SampingGambar 8. *Grease Trap* Tampak Atas

#### 2. Bak Ekualisasi

Debit = 0,03 L/s  
 = 2,6 m<sup>3</sup>/hari  
 Waktu tinggal = 6 – 10 jam  
 Ditetapkan waktu tinggal = 9 jam  
 $V = 9 / 24 \text{ hari} \times 2,6 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 = 0,97 m<sup>3</sup> ~ 1 m<sup>3</sup>

Dimensi bak direncanakan

Panjang = 1 m  
 Lebar = 1 m  
 Kedalaman = 1 m  
 Freeboard = 0,2 m  
 Konstruksi = Beton K-275

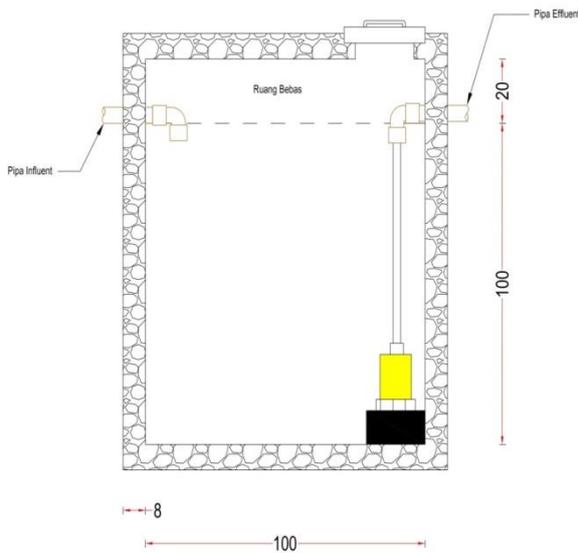
Cek waktu detensi

$$T_d = \frac{p \times l \times h}{Q \times 24 \text{ jam}}$$

$$= \frac{1 \times 1 \times 1}{2,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ jam}}$$

$$= 9 \text{ jam} \sim \text{memenuhi (6 - 10 jam)}$$

Pompa yang digunakan adalah jenis pompa celup submersible pump. Hasil perencanaan bak ekualisasi disajikan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Bak Ekualisasi Tampak Samping

$$= 1,56 \text{ m}$$

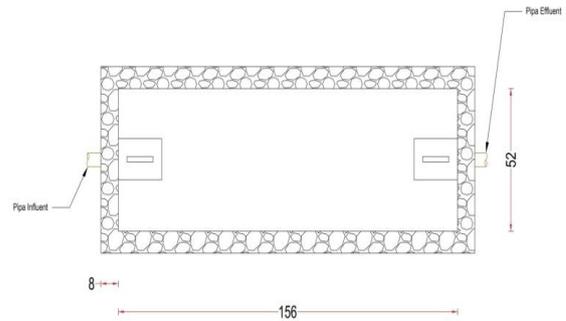
Check waktu detensi

$$T_d = V/Q$$

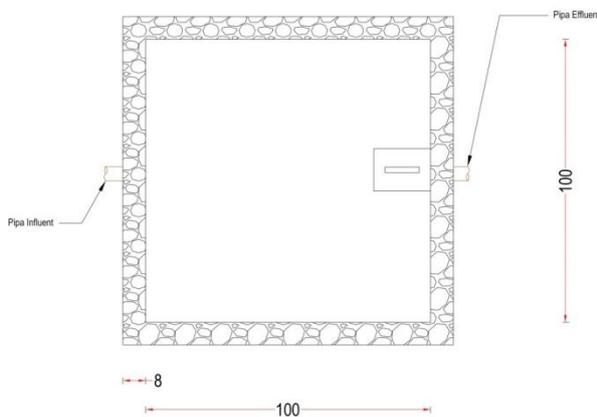
$$T_d = (0,54 \text{ m}^3)/(0,108 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 5 \text{ jam} \sim \text{memenuhi (5 jam)}$$

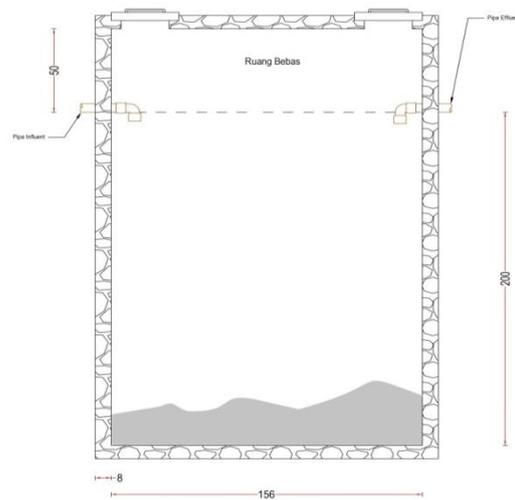
Perencanaan bak pengendap awal disajikan pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Bak Pengendap Awal Tampak Atas



Gambar 10. Bak Ekualisasi Tampak Atas



Gambar 12. Bak Pengendap Awal Tampak Samping

### 3. Bak Pengendap Awal

Debit = 0,03 L/s  
 = 0,00003 m<sup>3</sup>/detik  
 Waktu tinggal rata-rata = 3 - 5 jam  
 Waktu tinggal = 5 jam  
 = 18000 detik

Volume Bak

$$V = Q \times t$$

$$= 0,00003 \text{ m}^3/\text{detik} \times 18000 \text{ detik}$$

$$= 0,54 \text{ m}^3$$

Luas Permukaan

h = 2 m  
 Freeboard = 0,5 m  
 A = V/h  
 A = (0,54 m<sup>3</sup>)/2  
 = 0,27 m<sup>2</sup>

Dimensi Bak

Rasio P : L = 3 : 1  
 A = p x l  
 0,27 m<sup>2</sup> = L<sup>2</sup>  
 L = 0,52 m  
 P = 3 x L  
 = 3 x 0,52 m

### 4. Bak Anaerobik

Debit = 0,03 L/s  
 = 2,6 m<sup>3</sup>/hari  
 Waktu tinggal rata-rata = 5 - 8 jam  
 Beban BOD 0,5 - 4 kg BOD/m<sup>3</sup>. Hari  
 Beban BOD dan COD  
 BOD = Q x kadar BOD  
 = 2,6 m<sup>3</sup> /hari x 692,88 g/m<sup>3</sup>  
 = 1801,48 g/hari  
 = 1,80 kg/hari  
 COD = Q x kadar COD  
 = 2,6 m<sup>3</sup> /hari x 1232,88 g/m<sup>3</sup>  
 = 3205,48 g/hari  
 = 3,205 kg/hari

Volume media yang diperlukan  
 Standar beban BOD untuk pengolahan  
 biofilter (1 kg BOD/m<sup>3</sup>. Hari)

$$\text{Volume} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}}$$

$$= \frac{1,80 \text{ kg/hari}}{2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

$$= 0,9 \text{ m}^3$$

Volume bak anaerobik

Volume media biofilter 60% dari total volume reaktor

$$\text{Volume} = 100/60 \times 0,9 \text{ m}^3$$

$$= 1,5 \text{ m}^3$$

Direncanakan memiliki 2 ruang pada 1 bak anaerobik:

$$\text{Volume bak} = 1,5 \text{ m}^3 : 2$$

$$= 0,75 \text{ m}^3$$

Waktu tinggal didalam reaktor anaerob

$$T = \frac{\text{Volume bak}}{Q \times 24 \text{ jam/hari}}$$

$$= \frac{0,75 \text{ m}^3}{2,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}}$$

$$= 6,9 \text{ jam} \sim 7 \text{ jam/bak}$$

Dimensi bak anaerobik direncanakan

$$P = 4,5 \text{ m}$$

$$l = 3 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

Tinggi ruang bebas = 0,5 m

$$V = P \times L \times h$$

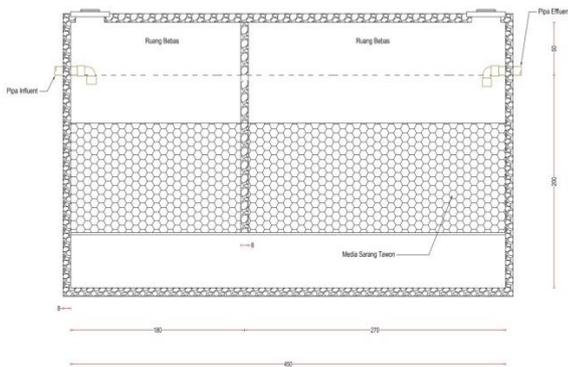
$$= 4,5 \times 3 \times 2$$

$$= 27 \text{ m}^3$$

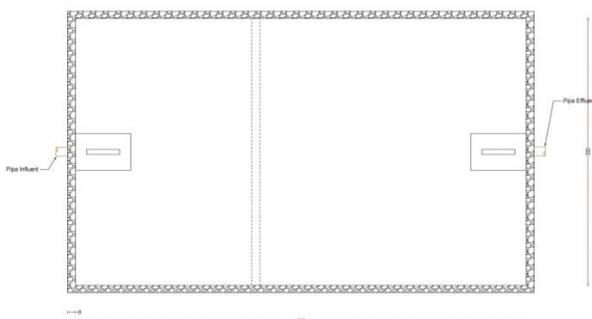
Jumlah ruang = Dibagi 2 ruangan

Konstruksi = Beton K-275

Bak Anaerobik yang direncanakan, disajikan pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Bak Anaerobik Tampak Samping



Gambar 14. Bak Anaerobik Tampak Atas

## 5. Bak Aerobik

$$\text{Debit} = 0,03 \text{ L/s}$$

$$= 2,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Waktu tinggal rata-rata} = 5 - 8 \text{ jam}$$

$$\text{Beban BOD} 0,5 - 4 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

Beban BOD dan COD

$$\text{BOD} = Q \times \text{kadar BOD}$$

$$= 2,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 103,93 \text{ g/m}^3$$

$$= 270,21 \text{ g/hari} \sim 0,27 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = Q \times \text{kadar COD}$$

$$= 2,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 184,93 \text{ g/m}^3$$

$$= 480,81 \text{ g/hari}$$

$$= 0,48 \text{ kg/hari}$$

Volume media yang diperlukan

Standar beban BOD untuk pengolahan biofilter (1 kg BOD/m<sup>3</sup>. Hari)

$$\text{Volume} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}}$$

$$= \frac{0,27 \text{ kg/hari}}{1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Volume reaktor yang diperlukan

Volume media biofilter aerobik 40% dari total volume reaktor

$$\text{Volume} = 100/(40) \times 0,27 \text{ m}^3$$

$$= 0,68 \text{ m}^3$$

Waktu tinggal pada bak aerobik

$$t_d = \frac{\text{Volume reaktor}}{Q \times 24 \text{ jam/hari}}$$

$$= \frac{0,68 \text{ m}^3}{2,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ jam/hari}}$$

$$= 6,27 \text{ jam} \sim 6 \text{ jam}$$

Dimensi bak aerobik

Direncanakan 2 ruang

Ruang aerasi

$$\text{Panjang} = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,86 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 1,3 \times 1,86 \times 2 = 4,84 \text{ m}^3$$

Ruang media biofilter

$$\text{Panjang} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,86 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times 1,86 \times 2$$

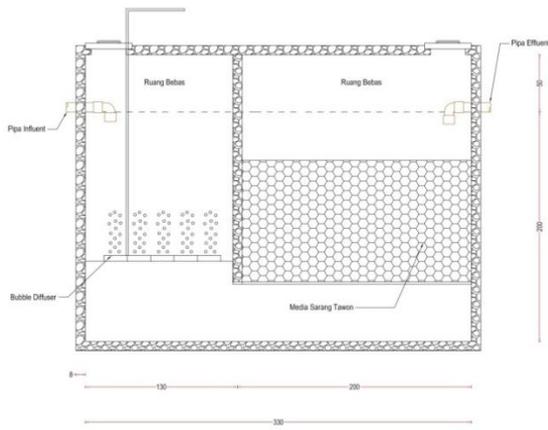
$$= 7,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = \text{Vol. aerasi} + \text{Vol. media}$$

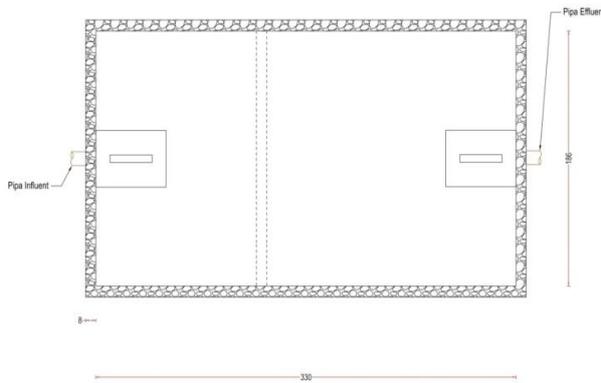
$$= 4,84 + 7,44$$

$$= 12,28 \text{ m}^3$$

Bak Aerobik yang direncanakan disajikan pada Gambar 15 dan 16.



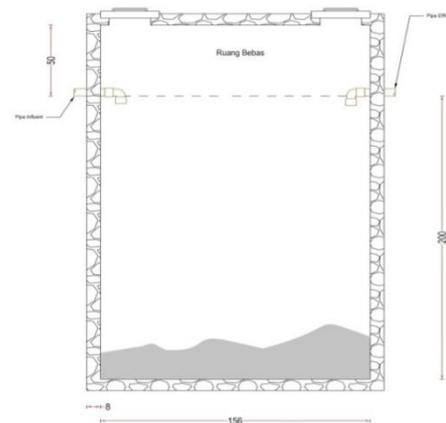
Gambar 15. Bak Anaerobik Tampak Samping



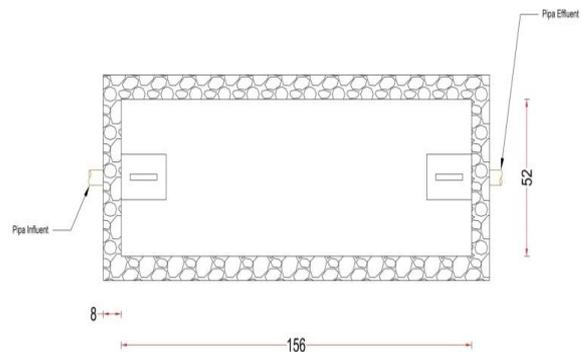
Gambar 16. Bak Anaerobik Tampak Atas

= 5 jam ~ memenuhi (5 jam)

Bak Pengendap akhir yang direncanakan, disajikan pada Gambar 17 dan 18.



Gambar 17. Bak Pengendap Akhir Tampak Samping



Gambar 18. Bak Pengendap Akhir Tampak Atas

6. Bak Pengendap Akhir

Debit = 0,03 L/s  
 = 0,00003 m<sup>3</sup>/detik  
 Waktu tinggal rata-rata = 3 - 5 jam  
 Waktu tinggal = 5 jam  
 = 18000 detik

Volume Bak

$$V = Q \times t$$

$$= 0,00003 \text{ m}^3/\text{detik} \times 18000 \text{ detik}$$

$$= 0,54 \text{ m}^3$$

Luas Permukaan

$$h = 2 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5 \text{ m}$$

$$A = V/h$$

$$A = (0,54 \text{ m}^3)/2$$

$$= 0,27 \text{ m}^2$$

Dimensi Bak

$$\text{Rasio P : L} = 3 : 1$$

$$A = p \times l$$

$$0,27 \text{ m}^2 = L^2$$

$$L = 0,52 \text{ m}$$

$$P = 3 \times L$$

$$= 3 \times 0,52 \text{ m}$$

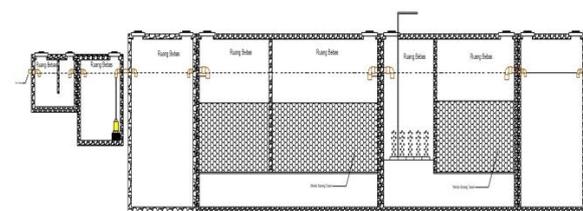
$$= 1,56 \text{ m}$$

Check waktu detensi

$$T_d = V/Q$$

$$T_d = (0,54 \text{ m}^3)/(0,108 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Kebutuhan lahan untuk konstruksi IPAL di SWK X adalah 23,5 m<sup>2</sup>. Adapun *layout* IPAL di SWK X dapat dilihat dalam Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Bangunan Unit IPAL SWK

Profil hidrolis dalam perencanaan ini diperhitungkan berdasarkan elevasi muka air yang direncanakan dalam unit IPAL dan kondisi eksisting elevasi tanah pada rencana lokasi IPAL. Hasil perhitungan profil hidrolis tiap unit IPAL disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Profil Hidrolis

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Grease Trap			3,80
	Headloss Jatuhan	0,00001	3,80
	Headloss Belokan	0,000016	3,80
	Headloss Kecepatan	0,00002	3,80
Bak Ekuivalisasi	Headloss Kecepatan	0,000012	3,80
Bak Pengendap Awal	Headloss Kecepatan	0,000025	3,80
Bak Anaerobik	Headloss Jatuhan	0,0000055	3,80
	Headloss Media Filter	0,0035	3,80
	Headloss Kecepatan	0,00002	3,80
	Headloss Belokan	0,0000022	3,80
Bak Aerobik	Headloss Jatuhan	0,0000083	3,80
	Headloss Kecepatan	0,000019	3,80
	Headloss Media Filter	0,0035	3,79
	Headloss Belokan	0,0000033	3,79
Bak Pengendap Akhir	Headloss Kecepatan	0,000025	3,79
Outlet			3,79

### Estimasi RAB

Rekapitulasi estimasi untuk RAB konstruksi unit IPAL di SWK X ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi RAB Konstruksi IPAL di SWK X

No.	Uraian	Biaya Per unit	Jumlah Unit	Total
1.	Grease Trap	Rp. 13.757.164	1	Rp. 13.757.164
2.	Bak Ekuivalisasi	Rp. 5.883.686	1	Rp. 5.883.686
3.	Bak Pengendap Awal	Rp. 32.238.111	1	Rp. 32.238.111
4.	Bak Anaerobik	Rp. 93.432.584	1	Rp. 93.432.584
5.	Bak Aerobik	Rp. 64.271.016	1	Rp. 64.271.016
6.	Bak Pengendap Akhir	Rp.32.238.111	1	Rp.32.238.111
<b>Total RAB IPAL SWK X</b>				<b>Rp. 241.820.673</b>
<b>Pajak</b>			<b>15%</b>	<b>Rp. 36.273.101</b>
<b>Total</b>				<b>Rp. 278.093.774</b>

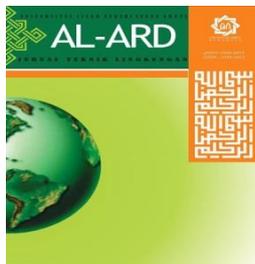
## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik limbah cair domestik di SWK X di Kecamatan Tambak Sari, Kota Surabaya adalah TSS 14 mg/L, minyak lemak 1,59 mg/L, BOD 1154,8 mg/L, dan COD 2054,8 mg/L. Parameter TSS dan minyak lemak masih memenuhi standar baku sesuai dengan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. Namun BOD dan COD masih di atas standar baku mutu. IPAL di SWK X direncanakan menggunakan teknologi biofilter anaerob-aerob dengan luas lahan yang dibutuhkan yaitu 23,5 m<sup>2</sup>. Unit IPAL yang direncanakan dengan biofilter anaerob - aerob mampu menurunkan nilai BOD dan COD hingga mencapai konsentrasi masing-masing sebesar 0,28 mg/L dan 0,5 mg/L. Nilai ini telah memenuhi standar baku dalam Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. Adapun estimasi RAB konstruksi IPAL di SWK X adalah sebesar Rp. 278.093.774.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. P., Razif, M., & Moesriati, A. (2016). Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 2–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16937>
- Andiese, V. W. (2011). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Metode Kolam Oksidasi. *Jurnal Universitas Tadulako*, 1(2), 103–110. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JTSI/article/view/691/595>
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2019). *PETUNJUK TEKNIK PENGELOLAAN LIMBAH CAIR KEGIATAN RESTORAN/RUMAH MAKAN TAHUN 2019 PEMERINTAH KOTA SURABAYA DINAS LINGKUNGAN HIDUP. 031*.
- Firmansyah, Y. R., & Razif, M. (2016). Perbandingan Desain Ipal Anaerobic Biofilter Dengan Rotating Biological Contactor Untuk Limbah Cair Tekstil Di Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 166–171. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17862>
- Kementerian Kesehatan RI. (2011). Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Kementerian Kesehatan RI*, 24(2), 1–9. [http://dx.doi.org/10.1016/j.asw.2013.04.001%5Cnhttp://journals.cambridge.org/abstract\\_S0140525X00005756%5CnLib](http://dx.doi.org/10.1016/j.asw.2013.04.001%5Cnhttp://journals.cambridge.org/abstract_S0140525X00005756%5CnLib)

- scanned%5Cnhttp://www.br-  
ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/  
1293%5Cnhttp://www-  
psych.nmsu.edu/~pfoltz/reprints/Edme  
dia99.html%5Cnhttp://urd.
- Khusna Mufida, D., Sholichin, M., & Cahyani, C. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Menggunakan Kombinasi Sistem Anaerobik-aerobik pada Pabrik Tahu "Duta" Malang. *Jurnal Teknik Pengairan*, 1(1), 1-12. <http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Perencanaan-Instalasi-Pengolahan-Air-Limbah-IPAL-dengan-Menggunakan-Kombinasi-Sistem-Anaerobik-Aerobik-pada-Pabrik-Tahu-DUTA-Malang-Diana-Khusna-Mufida-115060400111068.pdf>
- Kurniawan, E. P. (2014). (2014). Dampak Penataan Pedagang Kaki Lima (PKL) Ke Dalam Sentra Wisata Kuliner Di Kota Surabaya Putra ☒. *Jurnal Universitas Airlangga*, 9.
- Mardianto, W. (2014). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Sistem Kombinasi Abr Dan Wetland Dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.6746>
- Nasoetion, Saputra, D. A. W., Saputra, M., & Ergantara, R. I. (2017). Evaluasi dan Redesign Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RS. Pertamina Bintang Amin Bandar Lampung. *Jurnal Universitas Malahayati*, 1(03), 75-86.
- Pemerintah Kota Surabaya. (2018). Laporan Kinerja Instansi Pemerintah. *Dinas Perumahan Rakyat Dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya Dan Tata Ruang*, 53(9), 1689-1699.
- Priyanka, A. (2012). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Learning Center). *Jurnal Universitas Indonesia*, 1-105.
- Purnawan, Warisaura, A. D., & Setyaningrum, A. (2018). PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN DENGAN SISTEM KOMBINASI PRESIPITASI-AEROBIC BIOFILTER. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 11(1), 47-53.
- Radityaningrum dan Kusuma. (2017). PERBANDINGAN KINERJA MEDIA BIOFILTER ANAEROBIC BIOFILTER DALAM PENURUNAN TSS , BOD , COD PADA GREY WATER. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2), 25-34.
- Sakinah, D. S., & Purwanti, I. F. (2018). Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.29178>
- Sein, L. O. (2011). *Removal of Total Suspended Solids and Oil Grease Using Flotation Unit. May.*
- SNI 6989.59:2008. (n.d.). Air dan air limbah – Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. *Sni 6989.59:2008*, 59, 19. [http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/SNI\\_-6989-59-2008\\_Metoda-Pengambilan-Contoh-Air-Limbah.pdf](http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/SNI_-6989-59-2008_Metoda-Pengambilan-Contoh-Air-Limbah.pdf)
- Wulandari, P. R. (2014). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju - Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 499-509. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jtisl/article/download/1336/pdf>
- Zaharah, T. A., Nurlina, N., & Moelyani, R. R. (2018). Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan grease trap termodifikasi karbon aktif. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 1(3), 25-33. <https://doi.org/10.36813/jplb.1.3.25-33>
- Zahra, L. Z., & Purwanti, I. F. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D35-D39. <http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/8882>



## Utilization of Cockle Shell (*Anadara Granosa*) as Partial Replacement of Fine Aggregates in Concrete

Ranno Marlany Rachman<sup>1,\*</sup>, Try Sugiyarto Soeparyanto<sup>2</sup>, Edward Ngii<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

\*[rannorachman@uho.ac.id](mailto:rannorachman@uho.ac.id)

### Abstract

This research aims to utilize the waste *Anadara granosa* (Cockle Shell) as a substitute for smooth aggregate in the concrete mixture and determine its effect on the compressive strength of concrete. The Cockle Shell waste from Kendari Bay, which after cleaning, soaking, and drying in the sun, then mashed until it becomes a powder (4.75 mm). The test object is 20 concrete samples, cylindrical with a size of 10 x 20 cm (K-250 quality). The variations of Cockle Shell powder consist of 0% (control), 10%, 20%, and 30% of the volume of fine aggregate, and 0.5 water-cement ratios. The results show that the slump value exceeds the normal concrete slump value (160 mm) with the respective values are 165 mm (10% substitution concrete), 180 mm (20% substitution concrete), and 180 mm (30% substitution concrete) Meanwhile, the compressive strength of the concrete after 28 days of curing period are 20.78 Mpa (0%), 21.95 Mpa (10% substitution concrete), 21.17 Mpa (20% substitution concrete), and 24.28 Mpa (30% substitution concrete).

Keywords: Cockle Shell, compressive strength, concrete technology.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang Kerang *Anadara granosa* (Kerang darah) sebagai material pengganti agregat halus pada campuran beton dan mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan beton. Limbah cangkang kerang berasal dari Teluk Kendari, yang setelah dibersihkan, direndam dan dijemur kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk (4.75 mm). Benda uji berupa 20 sampel beton silinder 10 x 20 cm (mutu K-250) dengan variasi serbuk kerang 0% (kontrol), 10%, 20% dan 30% dari volume agregat halus, dan 0.5 faktor air semen. Hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai slump pada penggunaan serbuk kerang melebihi nilai slump beton normal (160 mm) dengan nilai masing-masing adalah 165 mm (beton substitusi 10%), 180 mm (beton substitusi 20%) dan 180 mm (beton substitusi 30%). Sementara itu, kuat tekan beton yang diperoleh pasca 28 hari masa *curing* adalah Sedangkan kuat tekan beton yang diperoleh pasca 28 hari adalah 20,78 (0%), Mpa, 21,95 Mpa (beton substitusi 10%), 21,17 Mpa (beton substitusi 20%) dan 24,28 Mpa (beton substitusi 30%).

Kata kunci: kulit kerang, kuat tekan, teknologi beton.

### 1. INTRODUCTION

The development of concrete made in the current era uses recycled materials to reduce environmental impact due to the decreasing number of natural materials in nature for making concrete. Efforts are made to find a substitute for concrete materials that are commonly used, by looking for alternative materials that come from residual or waste materials that can be reused as other alternatives for making concrete. The study of construction waste to be used as a substitute

for concrete has been widely applied (Mo et al., 2018).

Industrial in Indonesia is growing rapidly includes the construction sector (Mochtar, 2004 and Pamulu, 2010). Concrete is a material in construction that is often using in current developments. Concrete is obtained from mixing fine aggregate materials such as sand and coarse aggregates such as gravel, with the addition of adhesives such as cement and water, resulting in a chemical process that makes the concrete solid and strong (Andika

and Safarizki, 2019). Technically concrete is always required to meet the challenges of construction material requirements. The concrete should have good quality and durability/strength, but sometimes ignore the economic value and environmental (Arbi, 2015).

The solid product of a mixture of cement, water, fine gravel (sand), and coarse gravel (crushed gravel) is defined as concrete. Sometimes to improve the quality of the concrete, other materials are added (admixture). Efforts to increase the concrete strength that always in a stable condition, the research about concrete mixture composition that can produce a good quality need to be improved. In current conditions, concrete is used in almost every construction, especially in the infrastructure sector. This has an impact on the high demand for concrete. Efforts were made to find a substitute for concrete mixtures that are continuously being developed to meet the growing demand for concrete by utilizing recycled materials (Ngii et al., 2020).

Most of the material used in construction work is concrete combined with steel or other types [Yu et al., 2011 and Pinru et al., 1987]. Concrete construction can be found in the manufacture of buildings, roads, weirs, waterways, and others which are generally divided into two namely lower construction and upper structure (Jiexi et al., 2011) Generally concrete is a mixture of cement, coarse aggregates, fine aggregates, and water. Materials are added to the mixture usually to change the properties of concrete and to be more economical (Neville, 1995 and Luck, 2008).

The method that can use to increase the strength and adhesion of concrete is a new concrete mix material. The new concrete material is the residual that is no longer used (Katrina, 2014). The material of concrete is continuously developed to obtain new material of the concrete structure, both coarse and fine aggregate.

The alternative that can be used for fine aggregate mixture is Cockle Shell. The Cockle Shell can be used as a concrete material because of its hard, strong, and solid structure. To make the concrete mixture from Cockle shells to be strong, additional cement is needed as a binder to make it strong and solid. The Cockle shells must be crushed until smooth and sieved to obtain a powder the same size, which can cause cracks in the concrete which can result in concrete that is easily damaged and crushed. The more Cockle Shell powder is added into the concrete mixture, the less cement is used so that will affect the shape of the concrete to become uneven. The strength of the concrete will also affect because more water is needed in the concrete mixture (Nguyen, 2017).

Cockle Shell contains calcium (CaO), alumina, and silica which can improve the characteristics of concrete (Lertwattanakruk, 2012). One of the types of Cockle Shell that can be used as fine aggregate is *Anadara granosa* (Erni et al., 2016). The Cockle Shell has the same slit attached to each other at the shell boundaries. The ribs on both halves of the shell are very prominent. The shell is slightly larger in length relative to the height of the protrusion (Siregar, 2009).

The Cockle Shell (*Anadara granosa*) is one of the many shells found in Indonesian waters and widely consumed by the community because of the protein content tall one. According to (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, 2011) shellfish production value Cockle Shell (*Anadara granosa*) in Indonesia in 2011 is 373,202 tons and if compared to the previous year experienced an increase of 44.12%. Cockle Shell is a part of the shells that couldn't get on consumption, so it's just left pile up into household waste (Andika and Safarizki, 2019). Cockle Shell waste is generally disposed of around the beach as it is not used anymore (Nurul et al., 2014).

Previous research about Cockle Shell generally used a variation of the cement water factor that affected the compressive strength of the concrete and generally used the quality

of class 1 concrete, K-100 to K-200. This research will try to utilize Cockle Shell (*Anadara granosa*) as a substitute for fine aggregate with a constant cement water factor of 0.5 with K-250 concrete quality.

## 2. METHODS

### A. Material

The material used in this study is the amount of Cockle Shell waste found in Kendari bay (Figure 1).



Figure 1. Blood Cockle Shell (*Anadara Granosa*) Waste

The Cockle Shell is cleaned then soaked for 24 hours. After the soaking step, the shells are dried under the sun, then mashed using a crusher (hammer and vibratory roller) to produce a fine powder that can pass through filter No. 4 (4.75 mm) (Vijayakumar. et al., 2013). Cockle Shell consists of several chemical compositions, The chemical composition can be seen in Table 1

Table 1. Chemical Composition of Cockle Shell

No.	Component	Level of Cockle Shell ash (% Weight)
1.	CaO	55,1038
2.	SiO <sub>2</sub>	0,924
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0017
4.	MgO	0,9475
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,2283

### B. Manufacturing of Test Material

The composition of the test object used the K-250 concrete quality (Gaus. Et al., 2019). Specimens were made of 20 samples (28 days) with variations of the substitution of Cockle Shell from 0% (as control), 10%, 20%, and 30% with a 0,5 water-cement ratio.

### C. Slump test

The ability of a concrete structure is influenced by several things. One thing that can affect the performance of concrete is the concrete mixture. To determine the strength of the concrete mixture, it can be done by using a slump test. The slump test is carried out to determine the strength of the concrete so that it can achieve good strength (Hoang and Pham, 2016).

The slump test is a simple test to determine the workability of concrete before it is accepted and applied in casting work (Ferraris, 1999). The results of the numerical on the slump are generated through the test results by filling fresh concrete on a cone which is known as the abrams cone. After that, the cone is pulled upwards until the concrete in it moves down. The amount of reduction is known as the slump value. If the value is greater, the fresh concrete will become thinner (Surahyo et al., 2019).

The test material is made by the determined composition. Then, it is put into a cylindrical mold measuring 10 cm x 20 cm and flattened with a vibrating machine or by pounding the cylinder using a rubber hammer. The concrete is stored for 24 hours. After 24 hours, the concrete is removed from the mold and soaked in a reservoir or bucket for 28 days (SNI, 1991).

### D. Mortar making

The purpose of the deterioration test is to determine the level of ease of concrete work expressed in certain values. Slump is defined as the amount of decrease in height in the center of the middle of the concrete superficies measured instantly after the slump test is lifted (SNI, 2008).

Slump testing is carried out using a cone-shaped instrument that has a diameter of 10 cm above the hole, a lower hole diameter of 20 cm, a height of 30 cm, and equipped with ears to lift fresh concrete and compactor sticks with a diameter of 1.6 cm 60 cm in length.

The value of decline is influenced by the cement water factor. The higher of cement water factor is, the slump value will be higher, which uses a lot of water and less cement, so

the cement paste becomes runnier and produces a higher slump value. The greater value of the slump test means that the concrete mixture is easier to do (Scanlon, 1994).

#### E. Mortar treatment (curing)

Curing is generally implemented as a concrete treatment, which aims to keep the concrete from losing water too quickly, or as a measure of the effectiveness and temperature of the concrete, as soon as the concrete finishing process is completed and the total setting time is reached (Sajedi and Razak, 2011).

Curing or Concrete Treatment is carried out when the concrete has started to harden, which aims to keep the concrete from losing water quickly and as an act of maintaining the humidity/temperature of the concrete so that the concrete can reach the desired concrete quality (Jennings et al., 2008).

The implementation of concrete treatment is carried out after the concrete undergoes or enters the hardening phase (for exposed concrete surfaces) or after the concrete formwork is demolished for a certain duration which is intended to ensure that the conditions necessary for the reaction process of chemical compounds contained in the concrete mixture are maintained. The curing process in concrete plays an important role in the development of strength and durability of concrete. The implementation of curing treatment is carried out immediately after the concrete experiences or enters the hardening phase or after the opening of the mold, for a certain duration which is intended to ensure that the conditions necessary for the reaction process of the chemical compound (Andrade et al., 1999)

After 28 days, the test object is removed from the soaking area and cleaned from sticky soil. The clean specimens were then weighed and ready to be tested for compressive strength.

#### F. Compressive strength test

The purpose of the compressive test is to establish the strength of the concrete against the compressive power. The quality of a structure of the concrete of compressive strength identifies that the higher the compressive strength, the higher the strength of the structure and the quality of the concrete produced (SNI, 1990).

The percentage of compressive strength of concrete is obtained through standard testing using a testing machine by giving a multilevel compressive load with the speed of increasing certain loads on cylindrical concrete test specimens and cubes to crush. The Compressive strength test using ASTM C-39 CO-325.4 = 2000 kN capacity compression machine tool.

### 3. RESULT AND DISCUSSION

The results test carried out in this study was the slump test where the slump test, was then followed by the Compressive Strength test

#### A. Slump Test

Table 2. Slump Test Results.

N o.	Test Object	Slump value (mm)
1.	Normal concrete 0%	160
2.	Substitution concrete 10%	165
3.	Substitution concrete 20%	180
4.	Substitution concrete 30%	182

Based on the results in table 2 the slump test results show an increase. In normal concrete, the slump test value is 160 mm. whereas in concrete substitution with the addition of 10% powder from Cockle Shell, the slump test value is 165 mm. this means that there is an increase in the slump value of 5 mm. This increase could be due to the cement water factor.

In addition to 20% Cockle Shell powder substitution, the slump test value is 180 mm, meaning that there is an increase of 20 mm from the value of the normal concrete slump test. This increase can occur because, in addition to the water factor, it is also influenced by the length of stirring,

stirring quickly will make the slump test value stable or increase.

In the addition of 30% Cockle Shell powder substitution, the slump test value was 182 mm, meaning that there was an increase of 22 mm from the normal concrete slump test value. This increase was not too significant compared to the slump value at the addition of 20% Cockle shell powder, this was because the added cement water factor was the same so that the difference in the slump test value was not too different. In addition, the material to fill the cavities between the aggregates which is expected to increase the density and reduce the permeability of the concrete mixture works well.

The slump value is influenced by the cement water factor. The higher the *fas*, the higher the slump value, namely using a lot of water and less cement, so that the cement paste is thinner and results in a higher slump value. The greater the slump test value, the easier the concrete mix is to work (Hardagung et al., 2014).

The constant water-cement ratio value of 0.5 in the sample indicates an increase in the slump test value for the addition of Cockle Shell powder substitution compared to without addition, this indicates that the constant cement water factor tends to increase the slump test value.

Slump represents the height of mix in cone decrease against stirring height after the mold is removed. Slump is the guideline used to find out the level of dilution of the concrete mix, the higher the level elasticity, the easier it is workmanship (high workability value). Collapse often occurs in sand-deficient concrete, indicating low cohesion, resulting in the concrete's ability to plastic deform. The slump test is useful for checking for changes in moisture content of the material and aggregate gradation similar. If the amount of water is constant then the slump test is useful to show it is differences in gradation or incorrect weight ratios. (Van, 2017).

This shows that the level of workability in the slump test is quite good. In a slump test, if the concrete mixture is too liquid, it can cause the quality of the concrete to under and longer to dry. While too dry a concrete mixture too can cause

the mixture to rough and difficult to mold (Schowalter and Christensen, 1998).

When the amount of water is constant, the slump is useful to indicate a difference in the graph or an incorrect weight ratio. The weakness of the slump test, cannot measure the weariness of a concrete mixture (Humaidi and Hafizh, 2011).

## B. Compressive Strength

Table 3. Value of Compressive Strength.

Substitution Material Variations	Curing time (day)	Average value Compressive strength (Mpa)
0 %	28	20,78
10%	28	21,17
20%	28	21,95
30%	28	24,28

Based on Table 3, the results of the compressive strength test for each substituted concrete specimen at 10%, 20%, and 30% at 28 days increased compared to normal concrete. The results of the normal concrete compressive strength test have a value of 20.78 MPa, while for substitution each 10%, 20%, and 30% resulted in 21.17 Mpa, 21.95 Mpa, and 24.28 Mpa.

The Increasing of compressive strength concrete with a mixture of Cockle Shell powder materials (Anadara Granosa) happened to the nature of the shells that are relatively very hard, strong, wrapped by a thick coat, and the composition of chemical compounds that influence the process of increasing strength and relatively high resistance (Nguyen et al., 2017). A significant increment in strength due to pozzolanic properties (calcium hydroxide CaOH) in cockle shell powder which indicate the formation strength in concrete (Ong and Kassim, 2019).

Curing of concrete specimens is one of the treatment treatments to strive for the durability of concrete. This test aims to determine the effect of immersion on the compressive strength of the concrete test object after several days of age through immersed in water with the specified immersion time to obtain good concrete quality

The compressive strength of concrete by being cured by immersion turns out to have a higher strength and finish than left in the open space without curing. Where the strength of

the cured concrete exceeds the compressive strength of the initial plan compressive strength. Meanwhile, for concrete that is not cured, the compressive strength obtained is less than the planned compressive strength (Kaplan, 1980).

The value of the compressive strength of concrete can be influenced by variations in the slump test with the addition of the amount of water, but the use of the same water-cement ratio for each variation in the value of the slump test shows that the compressive strength of the concrete increases at high slump test values (Karim et al., 2020).

In general, concrete contains air cavities of about 1% - 2%, cement paste (cement and water) about 25% - 40%, and aggregate (fine aggregate and coarse aggregate) around 60% - 75%. Concrete that lacks fine grains in the aggregate becomes non-cohesive and easily bleeds. To overcome this condition is usually given additional material in the form of fine solid grains that function as a filler.

This addition is usually made to thin concrete, where the concrete lacks fine aggregate and concrete with the usual cement content but needs to be pumped over long distances. The important thing to know about the properties of fresh concrete is workability. Workability is level easy workability of concrete in mixing, kneading, pouring in molds, and compaction without reduce the homogeneity of concrete and the concrete does not experience excessive bleeding (separation) to achieve desired concrete strength (Hardagung et al., 2014).

#### 4. CONCLUSION

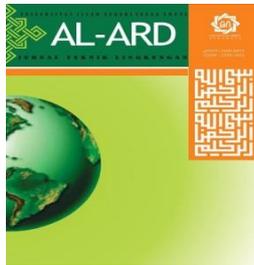
The test showed that at constant cement water factor 0.5 with K-250 concrete quality, the highest compressive strength test was the substitution of 30% with the value of 24.28 Mpa, and the lowest compressive strength value was the substitution of 10% with the value of 21, 17 Mpa. The compressive strength test results in substitution concrete are higher than the normal concrete compressive strength test with a value of 20.78 MPa. It can be concluded that the use of Cockle Shell as ingredients substitution is effective to increase the concrete compressive strength test

#### 5. REFERENCES

- Andika, R., & Safarizki, H. A. (2019). Utilization of Cockle Shell Waste (Anadara Granosa) As An Additional and Complementary Material Against The Compressive Strength Normal CONCRETE. *MoDuluS: Media Communication World Civil Sciences*, 1(1), 1-6.
- Andrade, C., Sarría, J., & Alonso, C. (1999). Relative humidity in the interior of concrete exposed to natural and artificial weathering. *Cement and concrete research*, 29(8), 1249-1259.
- Arbi, M. H. (2015). The Effect of Cockle Shell Substitution with Fine Aggregate on the Compressive Strength of Concrete. *Lanterana: Scientific Journal of Science and Technology*, 147421.
- Erni, S., H. Gagoek, and K. Purwanto. (2016). Green concrete made of oyster shell waste to support green building material. *Jurnal Teknologi* 78.5.
- Ferraris, C. F. (1999). Measurement of the rheological properties of high performance concrete: state of the art report. *Journal of research of the national institute of standards and technology*, 104(5), 461.
- Gaus, Abdul, et al. (2019). Experimental Study of the Use of Pumice Sand in the Rigid Pavement." *EPI International Journal of Engineering* 2.1: 61-66.
- Hardagung, H. T., Sambowo, K. A., & Gunawan, P. (2014). Study of slump value, pressure strength and elasticity modulus of betond with additional materials of paras ash filler. *Civil Engineering Matrix*, 2 (2), 131-137.
- Hoang, N. D., & Pham, A. D. (2016). Estimating Concrete Workability Based on Slump Test with Least Squares Support Vector Regression. *Journal of Construction Engineering*.
- Humaidi, M., & Hafizh, M. (2011). Effect Of Slump Value On Compressive Strength. *Journal INTEKNA*, Year XI, No. 2,: 140 - 145

- Jennings, H. M., Bullard, J. W., Thomas, J. J., Andrade, J. E., Chen, J. J., & Scherer, G. W. (2008). Characterization and modeling of pores and surfaces in cement paste: correlations to processing and properties. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 6(1), 5-29.
- Jiexi, Zhang, Guo Fucheng, and Lei Gang. (2011). "Study on construction methods of shallow- buried tunnel under condition of upper- soft lower- hard ground by numerical simulation." *Chinese Journal of Underground Space and Engineering* : S1
- Karim, A., Meidiani, S., & Ramadhani, R. (2020). Experiment study of the combination of slump test value with fixed  $f_{as}$  in the making of normal concrete  $f_c'25$  mpa. *TEKNIKA: Journal of Engineering*, 7 (2), 235-242.
- Kaplan, S. A. (1980). Factors affecting the relationship between rate of loading and measured compressive strength of concrete. *Magazine of Concrete Research*, 32(111), 79-88.
- Katrina, G. (2014). Utilization of shellfish waste as a substitute for sand and bagasse ash as a cement substitution in a K-225 quality concrete mixture. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(3), 308-313.
- Lertwattanakul, Pusit, Natt Makul, and Chalothorn Siripattaraprat. (2012). Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. *Journal of environmental management* 111: 133-141.
- Luck, Joe D., et al. (2008). Solid material retention and nutrient reduction properties of pervious concrete mixtures. *Biosystems engineering* 100.3 : 401-408.
- Mochtar, Krishna. (2004). Pricing strategy in the Indonesian construction industry." *Civil Engineering Dimension* 4.2 : 85-93.
- Mo, K. H., Alengaram, U. J., Jumaat, M. Z., Lee, S. C., Goh, W. I., & Yuen, C. W. (2018). Recycling of seashell waste in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 162, 751-764.
- Ngii, E., Mustika, W., Sukri, A. S., Balaka, R., Sriyani, R., & Welendo, L. (2020). The effect of Cockle Shell s partial substitution of coarse aggregates on the mechanical properties of shellfish concrete (Berang). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 419, No. 1, p. 012064). IOP Publishing.
- Nguyen, Dang Hanh, et al. (2017). Durability of pervious concrete using crushed seashells." *Construction and Building Materials* 135 : 137-150.
- Neville, Adam M. (1995). *Properties of concrete*. Vol. 4. London: Longman.
- Nurul Huda, Ali, Istikamah Subuki, and Muhammad Hussain Ismail. 2014. Synthesized Hydroxyapatite Powder from Cockle Shell via Chemical Precipitation Method." *Advanced Materials Research*. Vol. 911. Trans Tech Publications,
- Ong, B. P., & Kassim, U. (2019). Performance of concrete incorporating of clam shell as partially replacement of ordinary Portland cement (OPC). *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 55(1), 12-21.
- Pamulu, Muhammad Sapri. (2010). Strategic management practices in the construction industry: a study of Indonesian enterprises. Diss. Queensland University of Technology.
- Pinru, Zhu, et al. (1987). Analysis and experiments of interaction of steel and concrete composite beam." *Journal of Building Structures* 6 : 42.
- Sajedi, F., & Razak, H. A. (2011). Effects of curing regimes and cement fineness on the compressive strength of ordinary Portland cement mortars. *Construction and Building Materials*, 25(4), 2036-2045.
- Scanlon, John M. (1994). Factors influencing concrete workability." Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials. ASTM International.

- Schowalter, W. R., and G. Christensen. (1998). Toward a rationalization of the slump test for fresh concrete: comparisons of calculations and experiments." *Journal of Rheology* 42.4 : 865-870.
- Siregar, S. M. (2009). Utilization of shells and epoxy resin on the characteristics of polymer concrete. University of Northern Sumatra.
- SNI 03-2493-1991, Method of Making and Careing Concrete Test in Laboratory
- SNI 1972:2008, Concrete slump test method
- SNI 03-1974-1990 Test method for concrete compressive strength
- Surahyo, A., Surahyo, & Luby. (2019). *Concrete Construction*. Springer International Publishing.
- Van Gobel, F. M. (2017). Value of Concrete Compressive Strength on Certain Concrete Slumps. *RADIAL: Journal of Civilization Science, Engineering and Technology*, 5 (1), 22-33.
- Vijayakumar, G., H. Vishaliny, and D. Govindarajulu. (2013). Studies on glass powder as partial replacement of cement in concrete production." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 3.2 : 153-157.
- Yu, Jianguo, et al. (2011). Prediction of fatigue crack growth in steel bridge components using acoustic emission." *Journal of Constructional Steel Research* 67.8 : 1254-1260.



## Pemetaan Tingkat Kebisingan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Dyah Ratri Nurmaningsih<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

\*[dyahratrin@gmail.com](mailto:dyahratrin@gmail.com)

---

### Abstract

UIN Sunan Ampel is a campus with strategic location, because it is close to various public facility buildings, such as health facilities, offices and entertainment, as well as its presence near public transportation / traffic access which is quite high. This certainly has positive and negative impacts on the campus environment of UIN Sunan Ampel. The positive impact is in the form of ease mobilization for campus community, while one of the negative impacts is noise (noise pollution) caused by traffic around the campus, which can interfere when the teaching and learning process takes place. This research method is quantitative descriptive. Noise data obtained with a sound level meter at 12 sampling points. The data is analyzed by statistical methods and the results are compared with the noise quality standard based on the Decree of the Minister of Environment No. Kep - 48 / MENLH / 11/1996. Then a noise distribution map was made with the application of Surfer 11. The results showed that the value of the noise level at the UIN Sunan Ampel campus had exceeded the permitted quality standard. The noise distribution map shows that the highest noise value is shown in red with the noise level value  $\geq 70$  dbA. The risk due to noise that occurs at UIN Sunan Ampel campus has exceeded the limit is not conducive environmental condition, such as an impact on learning convenience.

Keywords: noise, sound level meter and surfer 11

### Abstrak

Kampus UIN Sunan Ampel merupakan kampus dengan lokasi yang cukup strategis, karena dekat dengan berbagai bangunan fasilitas umum, seperti fasilitas kesehatan, perkantoran maupun hiburan, serta keberadaannya dekat akses transportasi umum/lalu lintas yang cukup tinggi. Hal tersebut tentunya memberikan dampak positif dan negatif di lingkungan kampus UIN Sunan Ampel. Dampak positifnya berupa kemudahan mobilisasi bagi civitas akademik, sedangkan salah satu dampak negatifnya berupa kebisingan (polusi suara) yang ditimbulkan oleh lalu lintas di sekitar kampus, yang dapat mengganggu ketika proses belajar mengajar berlangsung. Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Data kebisingan yang diperoleh dengan alat *sound level meter* pada 12 titik sampling, data tersebut dianalisis dengan metode statistik dan hasilnya dibandingkan dengan baku mutu kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep - 48/MENLH/11/1996. Kemudian dibuat peta persebaran kebisingan dengan aplikasi Surfer 11. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tingkat kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel telah melampaui baku mutu yang diijinkan. Peta persebaran kebisingan menunjukkan bahwa nilai kebisingan tertinggi ditunjukkan warna merah dengan nilai tingkat kebisingan  $\geq 70$  dbA. Resiko akibat kebisingan yang terjadi di kampus UIN Sunan Ampel telah melampaui batas, hal ini menyebabkan kondisi lingkungannya tidak kondusif sehingga dapat berdampak pada kenyamanan belajar.

Kata kunci: kebisingan, *sound level meter* dan surfer 11

---

### 1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya sebagai salah satu pusat pendidikan dengan kelengkapan fasilitas yang tinggi menjadikannya sebagai salah satu kota dengan kualitas pendidikan terbaik di Indonesia. Selain keunggulan pada kuantitasnya, pendidikan di kota Surabaya juga memiliki keunggulan jika dilihat dari segi kualitasnya. Keberadaan berbagai perguruan

tinggi di Surabaya, baik perguruan tinggi negeri (PTN) maupun swasta (PTS), dengan kuantitas dan kualitas yang unggul, menjadikan Kota Surabaya sebagai salah satu kiblat pendidikan di wilayah Indonesia Timur (Profil Kota Surabaya, 2016). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya merupakan salah satu perguruan tinggi yang diminati sebagai pilihan tempat untuk belajar.

Selain kelengkapan fasilitas yang baik, kondisi kampus yang tenang dan nyaman sangat mempengaruhi proses belajar mengajar, sehingga dosen sebagai tenaga pengajar dapat menyampaikan ilmunya dengan baik dan mahasiswa juga dapat menyerap ilmu dengan maksimal.

Kampus UIN Sunan Ampel merupakan kampus dengan lokasi yang cukup strategis, karena dekat dengan berbagai bangunan fasilitas umum, seperti fasilitas kesehatan, perkantoran maupun hiburan, serta keberadaannya dekat akses transportasi umum/lalu lintas. Hal tersebut tentunya memberikan dampak positif dan negatif di lingkungan kampus UIN Sunan Ampel. Dampak positifnya berupa kemudahan mobilisasi bagi civitas akademik, sedangkan salah satu dampak negatifnya berupa kebisingan (polusi suara) yang ditimbulkan oleh lalu lintas di sekitar kampus, yang dapat mengganggu ketika proses belajar mengajar berlangsung.

Dari latar belakang yang telah diuraikan, peneliti ingin mengkaji lebih lanjut mengenai analisis kebisingan di lingkungan kampus UIN Sunan Ampel terhadap civitas akademik dan resikonya. Sumber kebisingan dalam penelitian ini ditimbulkan akibat kegiatan lalu lintas kendaraan di sekitar kampus terutama di jalan *frontage* sisi timur jalan A. Yani Surabaya dan juga dekat dengan jalur rel kereta api yang masih aktif. Artikel ini merupakan bagian dari laporan penelitian dengan judul Pemetaan Tingkat Kebisingan dan Resikonya serta Teknologi Penanganan Tepat Guna di UIN Sunan Ampel yang telah dilaksanakan pada tahun 2019, yang dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

## 2. METODE PENELITIAN

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan tujuan melakukan pemetaan tingkat kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel. Penelitian deskriptif kuantitatif merupakan penelitian yang menyajikan data dan informasi penelitian secara deskriptif yang sistematis, faktual dan aktual (Santoso, 2005). Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang pengumpulan data, penafsiran data serta tampilan hasilnya berupa angka.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di kampus UIN Sunan Ampel, dengan mengambil titik-titik sampling/pengamatan yang mewakili lokasi penelitian. Ada 12 titik lokasi sampling/pengamatan, antara lain:

1. Fakultas Adab dan Humaniora
2. Fakultas Dakwah dan Komunikasi
3. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
4. Fakultas Syariah dan Hukum
5. Fakultas Sains dan Teknologi
6. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam
7. Fakultas Ushuluddin dan Filsafat
8. Gedung Pusat Pengembangan Bahasa (SAC)
9. Gedung Kopertais
10. Masjid Ulul Albab
11. Laboratorium Integrasi
12. Gedung Twin Tower

### Teknik Analisa Data

Teknik analisa data penelitian pemetaan tingkat kebisingan di UIN Sunan Ampel akan dijelaskan sesuai dengan tahapan pelaksanaan penelitian yang meliputi:

1. Tahap persiapan penelitian  
Tahap persiapan penelitian berupa observasi awal di kampus UIN Sunan Ampel untuk menentukan area titik sampling, yaitu pada seluruh area di kampus UIN Sunan Ampel dan menentukan perumusan permasalahan yang terjadi di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Kemudian melakukan studi literatur yang terkait dengan penelitian. Serta menyelesaikan administrasi untuk perijinan pengambilan data penelitian.
2. Tahap pelaksanaan penelitian  
Beberapa tahapan pelaksanaan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

### Pengumpulan data primer

- 1) Kondisi geometrik dan lingkungan sekitar  
Data kondisi geometrik yang digunakan yaitu jarak titik pengamatan ke sumber suara/kebisingan, sedangkan Sedangkan kondisi lingkungan sekitar lokasi penelitian berupa diperkeras/ tidak menyerap bunyi atau berupa tanah/ menyerap bunyi.

## 2) Data kebisingan dengan alat *sound level meter*

Sesuai dengan isi Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep - 48/MENLH/11/1996, pengambilan data dengan alat *sound level meter* dilakukan selama 10 (sepuluh) menit pada setiap titik pengambilan data/pengamatan. Kemudian pembacaan data setiap 5 (lima) detik. Waktu pengukuran dilakukan pada siang hari pada tingkat aktifitas paling tinggi selama 16 (enam belas) jam ( $L_s$ ) pada selang waktu 06.00-22.00 WIB, yang mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran siang hari, sebagai contoh:

- L1 diambil pada jam 07.00 WIB, mewakili jam 06.00 - 09.00 WIB
- L2 diambil pada jam 10.00 WIB, mewakili jam 09.00 - 11.00 WIB
- L3 diambil pada jam 15.00 WIB, mewakili jam 14.00 - 17.00 WIB
- L4 diambil pada jam 20.00 WIB, mewakili jam 17.00 - 22.00 WIB

## 3) Data koordinat dengan alat GPS (*Global Positioning System*)

Untuk mengetahui posisi titik pengamatan, data tersebut diperoleh dengan menggunakan alat GPS, hal ini dilakukan untuk keperluan pemetaan tingkat kebisingan dengan peta kontur.

### Pengumpulan data sekunder

Data sekunder berupa *DEM (Digital Elevation Model)* dari *USGS National Map* untuk lokasi kota Surabaya dan data literatur yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan penelitian.

## 3. Tahapan tehnik analisis data dan pembahasan

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep- 48/MENLH/11/1996 mengenai Baku Mutu Kebisingan, menjelaskan metode pengolahan data tingkat kebisingan, yaitu dengan menggunakan analisa statistik, dengann langkah-langkah sebagai berikut:

- Hitung *range* ( $r$ ) minimal-maksimal dari data pengukuran
- Hitung jumlah kelas ( $k$ ) =  $1+3,3 \log n$
- Hitung perhitungan kelas ( $i$ ) =  $\frac{r}{k}$
- Hitung distribusi frekwensi

➤ Kemudian hitung  $LTM_5$  dengan rumus =  $10 \log \frac{1}{n} \sum T_n \cdot 10^{(0,1 L_n)} \text{ dB (A)}$

➤ Selanjutnya diperoleh tingkat kebisingan pada aktifitas siang hari ( $L_s$ ) diperoleh dengan rumus =  $10 \log \frac{1}{16} \sum T_1 \cdot 10^{(0,1 L_1)} + \dots + T_4 \cdot 10^{(0,1 L_4)} \text{ dB (A)}$

Setelah diperoleh nilai tingkat kebisingan, kemudian dibandingkan dengan baku tingkat kebisingan sesuai untuk peruntukannya yaitu kawasan Sekolah atau sejenisnya. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah kebisingan yang terjadi masih diperbolehkan atau tidak civitas akademika di lingkungan kampus UIN Sunan Ampel. Berikut Tabel 1 Baku Tingkat Kebisingan.

Tabel 1. Baku Tingkat Kebisingan

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dB (A)
<b>a. Peruntukan Kawasan</b>	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. perkantoran dan Perdaga	65
4. Ruang terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
<b>8. Khusus :</b>	
- Bandar Udara*	
- Stasiun Kereta Api*	
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	60
<b>b. Lingkungan Kegiatan</b>	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

(Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep- 48/MENLH/11/1996)

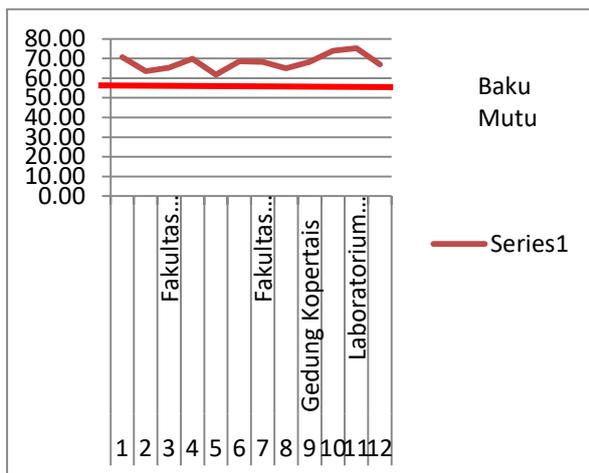
Hasil analisis tingkat kebisingan dan data koordinat pada 12 titik sampling digunakan untuk membuat peta sebaran kebisingan dengan menggunakan aplikasi Surfer 11

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

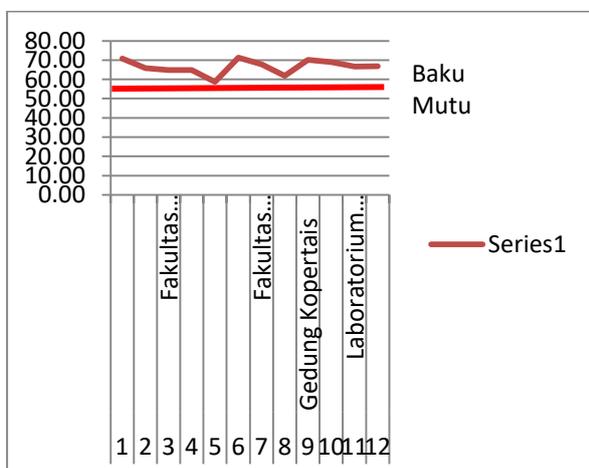
### Nilai Tingkat Kebisingan

Lokasi kampus UIN Sunan Ampel cukup strategis, karena berdekatan dengan prasarana transportasi yaitu *frontage* sisi timur jalan A. Yani Surabaya, yang merupakan akses utama yang menghubungkan Kota Surabaya dengan beberapa kota lainnya yang cukup padat. Fasilitas moda transportasi pendukung yang tersedia juga sudah lengkap dan nyaman. Hal ini memberikan dampak

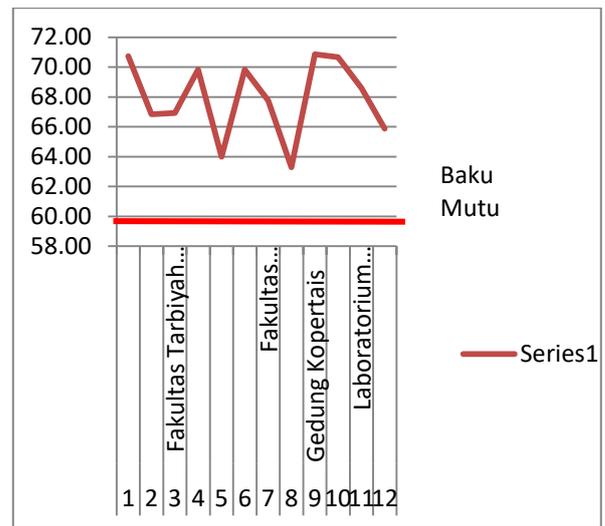
positif yaitu berupa kemudahan bagi masyarakat sekitar ataupun civitas akademika kampus UIN Sunan Ampel untuk melakukan aktifitas kegiatan sehari-hari. Selain dampak positif yang telah dijelaskan sebelumnya, timbul juga dampak negatif berupa kebisingan akibat aktifitas kendaraan bermotor di sekitar *frontage* sisi timur jalan A. Yani Surabaya. Kebisingan tersebut dapat mempengaruhi suasana di kampus UIN Sunan Ampel yang merupakan kawasan pendidikan untuk proses belajar mengajar yang membutuhkan suasana tenang dan nyaman. Selain sumber kebisingan yang ditimbulkan akibat aktifitas kendaraan bermotor pada *frontage* sisi timur jalan A. Yani Surabaya, sumber kebisingan juga dapat ditimbulkan karena aktifitas di dalam kampus UIN Sunan Ampel, seperti aktifitas kendaraan bermotor civitas akademika, kegiatan ekstra perkuliahan yang dilakukan oleh mahasiswa maupun kegiatan yang diadakan oleh pihak luar. Nilai tingkat kebisingan dijelaskan pada Gambar 1, 2, 3, dan 4.



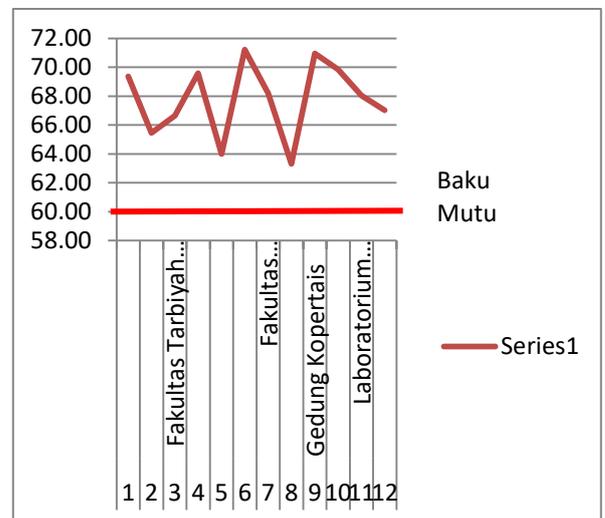
Gambar 1 Nilai Tingkat Kebisingan Pengukuran Selasa, 09 Juli 2019



Gambar 2 Nilai Tingkat Kebisingan Pengukuran Kamis, 11 Juli 2019



Gambar 3 Nilai Tingkat Kebisingan Pengukuran Selasa, 27 Agustus 2019



Gambar 4 Nilai Tingkat Kebisingan Pengukuran Kamis, 29 Agustus 2019

Gambar 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan nilai tingkat kebisingan yang terjadi pada 12 titik sampling telah melampaui baku mutu yang diijinkan yaitu maksimal sebesar 55 dbA untuk kawasan sekolah ataupun sejenisnya. Aktifitas dengan tingkat kebisingan tinggi terdapat pada jam 09.00-17.00 WIB, karena merupakan waktu padat aktifitas di kampus UIN Sunan Ampel. Pengukuran ini dilaksanakan pada hari Selasa 9 Juli dan 11 Juli 2019 pada saat libur perkuliahan mahasiswa, meskipun demikian, aktifitas di dalam kampus tetap tinggi, seperti aktifitas pegawai untuk melakukan kewajiban pekerjaan yang tetap berlangsung. Selain itu, beberapa kegiatan mahasiswa masih berlangsung, seperti kegiatan ekstra kampus atau kegiatan mahasiswa lainnya, serta kegiatan dari pihak luar yang mengadakan kegiatan di dalam kampus UIN Sunan Ampel. Selain itu aktifitas

kendaraan bermotor sepanjang *frontage* sisi timur jalan A. Yani juga memberikan kontribusi kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel.

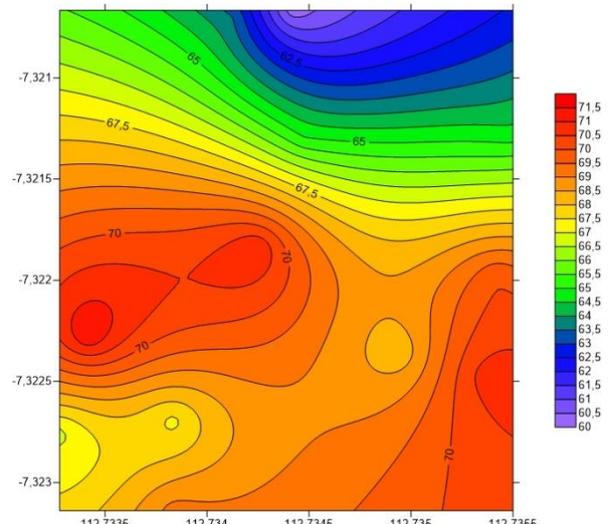
Pengukuran pada tanggal 27 dan 29 Agustus 2019, yakni pada waktu aktif perkuliahan mahasiswa menunjukkan bahwa nilai tingkat kebisingan telah melampaui baku mutu yang diijinkan untuk kawasan sekolah atau sejenisnya sebesar 55 dbA. Rata-rata nilai tingkat kebisingan tertinggi terjadi di sekitar gedung Kopertais yaitu sebesar 70,90 dbA, hal ini di karenakan aktifitas kendaraan bermotor yang tinggi pada jalan di depan gedung Kopertais, yang merupakan jalan akses keluar kampus bagi kendaraan bermotor terutama pada jam 14.00-17.00 WIB. Disamping itu gedung Kopertais berdekatan dengan gedung Twin Tower sisi selatan yang pada jam 16.00 WIB-selesai banyak terdapat aktifitas diskusi kelompok mahasiswa. Sedangkan nilai terendah sebesar 63,29 dbA pada gedung Pengembangan Pusat Bahasa (SAC), hal ini karena letak gedung tersebut tidak berdekatan dengan akses lalu lintas kendaraan di dalam kampus ataupun kegiatan ekstra perkuliahan mahasiswa.

### Peta Persebaran Kebisingan

Supriyatno (2017), dalam penelitiannya menggunakan aplikasi Surfer 11 untuk membuat peta persebaran kebisingan. Hasil penelitian menjelaskan bahwa pemetaan kebisingan pada kawasan pendidikan kota Pontianak pada masing-masing daerah telah melebihi ambang batas baku mutu kebisingan. Berdasarkan gambar kontur pada pemetaan kebisingan warna kontur terdiri atas 7 warna yaitu warna ungu, biru, hijau, kuning, merah, orange, dan putih. Penggolongan warna tersebut didasarkan atas nilai tingkat kebisingan. Warna ungu untuk tingkat kebisingan paling rendah dengan intensitas 52-57 dB, warna biru untuk tingkat kebisingan dengan intensitas kebisingan 58-61 dB, warna hijau untuk 9 tingkat kebisingan dengan intensitas 62-67 dB, warna kuning untuk tingkat kebisingan dengan intensitas 68 dB, warna merah untuk tingkat kebisingan dengan intensitas 69-73 dB, dan warna putih untuk tingkat kebisingan lebih dari 73 dB.

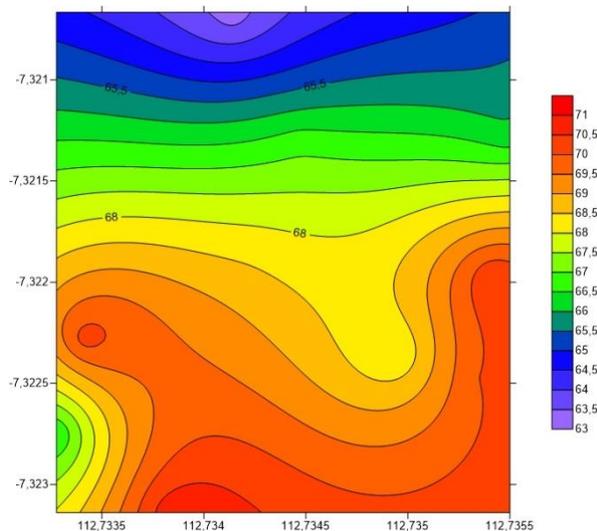
Pemetaan kebisingan di lingkungan Kampus UIN Sunan Ampel dilakukan dengan menggunakan aplikasi surfer 11, yang

sebelumnya sudah diperoleh data posisi koordinat pada tiap titik sampling. Data analisa tingkat kebisingan dan data posisi koordinat digunakan untuk membuat peta kontur, sehingga dapat dilihat bagaimana persebaran kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel. Peta sebaran tingkat kebisingan di Kampus UIN Sunan Ampel dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 5. Peta Sebaran Tingkat Kebisingan pada Pengukuran 9 dan 11 Juli

Pada gambar sebaran tingkat kebisingan, warna merah menandakan bahwa nilai tingkat kebisingan  $\geq 70$  dbA. Titik sampling yang berwarna merah adalah nilai rata-rata tingkat kebisingan yang dilakukan pada pengukuran 9 dan 11 Juli 2019 yang terletak pada gedung Fakultas Adab dan Humaniora Fakultas Adab dan Humaniora sebesar 70,75 dbA; Masjid Ulul Albab sebesar 70,47 dbA dan gedung Laboratorium Integrasi sebesar 70,95 dbA. Hal tersebut terjadi meskipun pengukuran dilakukan pada masa libur perkuliahan mahasiswa, akan tetapi masih terdapat kegiatan ekstra perkuliahan mahasiswa.



Gambar 6. Peta Persebaran Kebisingan pada Pengukuran 27 dan 29 Agustus 2019

Sedangkan peta sebaran tingkat kebisingan pada pengukuran 27 dan 29 Agustus 2019 yang diperlihatkan pada Gambar 6, menggambarkan bahwa warna merah menunjukkan nilai tingkat kebisingan  $\geq 70$  dbA. Nilai rata-rata tingkat kebisingan dengan warna merah terjadi pada gedung Fakultas Adab dan Humaniora sebesar 70,04 dbA; gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam sebesar 70,52 dbA; gedung Gedung Pusat Pengembangan Bahasa (SAC) sebesar 70,90 dbA dan gedung Kopertais sebesar 70,25 dbA.

#### 4. KESIMPULAN

1. Besar nilai tingkat kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel.

Nilai tingkat kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel berada di kondisi yang bising karena telah melampaui baku mutu yang diijinkan sebesar 55 dbA. Sumber kebisingan terbesar berasal dari aktifitas di dalam kampus, baik aktifitas kendaraan bermotor di dalam area kampus, maupun aktifitas ekstra perkuliahan..

2. Peta persebaran kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel.

Peta persebaran kebisingan di kampus UIN Sunan Ampel ditunjukkan dengan warna merah untuk nilai tingkat kebisingan  $\geq 70$  dbA dengan pengertian nilai tersebut merupakan nilai kebisingan yang sangat tinggi. Pada titik-titik tertentu yang menjadi tempat aktifitas civitas akademika akan terjadi nilai kebisingan  $\geq 70$  dbA, seperti gedung di dalam kampus yang dekat dengan akses jalan kendaraan bermotor keluar masuk kampus, serta tempat untuk aktifitas

forum diskusi mahasiswa atau kegiatan ekstra perkuliahan lainnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. Handayani, ID. Dan Nurweni, S. 2017. Analisis Tingkat Kebisingan Terhadap Aktivitas Belajar Mengajar di Fakultas Teknik Universitas Semarang. Pengembangan Rekayasa dan Teknologi, Vol 13, No. 2, Desember 2017
- Chaeran, M. 2008. Kajian Kebisingan Akibat Aktifitas di Bandara (Studi Kasus Bandara Ahmad Yani Semarang). Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Handoko, Sungging, 2010, Kebisingan dan Pengaruhnya pada Lingkungan Hidup. EDUCARE: Jurnal Pendidikan dan Budaya.
- Ikron, Djaja, M., dan Wulandari, R. 2007. Pengaruh Kebisingan Lalulintas Jalan terhadap Gangguan Kesehatan Prikologis Anak SDN Cipinang Muara Kecamatan Jatinegara Kota Jakarta Timur Propinsi DKI Jakarta. Jurnal Makara Kesehatan. Vol 11 No. 1 : (32-37). Juni 2007. ISSN: 2356-3656
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.K ep - 48/MENLH/11/1996. Tentang Baku Tingkat Kebisingan.
- Kolcaba, K. 2003. Comfort Theory and Practice: A Vision for Holistic Health Care and Research. New York: Spinger Publishing Company.
- Luxson, Muhammad, Sri Darlina dan Tan Malaka. 2010. Kebisingan di Tempat Kerja. STIK Bina Husada. Palembang.
- Maulana, R. M., Soelistijorini, R., dan Santoso, T. B. 2011. Pemetaan Kebisingan di Lingkungan Kampus Politeknik (PENS-ITS). Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. <http://repo.pens.ac.id/1334/2/Paper.pdf>
- Moriber, G. 1974. Environmental Science. Allyn and Bacee, Inc. Boston.
- Munfarida, I. Nurmaningsih, DR. 2019. Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Konsentrasi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Pemenuhan

Oksigen (O<sub>2</sub>) di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan Vol.4 No.2

- Nurwahid, M. D. 2014. Laporan Praktikum Pengukuran Kebisingan dari Sumber Bising Meson Gergaji Kayu dan Lalu Lintas dengan Sound Level Meter. Program Studi D IV Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Profil Kota Surabaya 2016. Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Surabaya
- Rahayu, S. Prihandono, T. handayani, RD. 2016. Pengaruh Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kenyamanan Siswa saat Pembelajaran di Sekolah Kecamatan Bangil Kabupaten Pasuruan. Jurnal Pembelajaran Fisika, Vol. 5 No. 1, Juni 2016, hal 10-16.
- Sagitawaty, L. A. 2001. Skripsi: Peranan Vegetasi Dalam Mereduksi Kebisingan Jalan Raya. Institut Pertanian Bogor.
- Santoso, Gempur. 2007. Metodologi Penelitian. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Satwiko, P. 2008. Fisika Bangunan. Andi Offset. Yogyakarta
- Slamento, 2003. Belajar dan Faktor-faktor yang Mempengaruhinya. Jakarta: Rineka Cipta.
- Supriyatno, A. Utomo, KP. Jati, DR. 2017. Pemetaan Kebisingan pada Kawasan Pendidikan Akibat Transportasi di Area Zoss (Zona Selamat Sekolah) di Kota Pontianak. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah Vol 5, No 1
- Susilo, B. H. 1998. Sistem Transportasi. Penerbit Gunadarma. Jakarta.