



AL-Ard

Jurnal Teknik Lingkungan

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

Volume 05, Nomor 01
September 2019



Analisis Sifat Fisis Penyerapan Air pada *Paving Block* dengan Campuran Variasi Limbah Abu Ketel dan Limbah Botol Plastik
Yusrianti, Noverma, Oktavi Elok Hapsari

Kajian Kelayakan Kualitas Sumber Air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya dalam Rangka Menuju *Eco Campus*
Ninik Fadhillah, Muh. Ma'arif, Hanik Faizah, Latifatoel Chilmi, Elis Safitri

Analisis Kebisingan Kawasan Permukiman di Sepanjang *Frontage Road A.Yani* Surabaya
Dyah Ratri Nurmaningsih, Shinfi Wazna Auvaria, Widya Nilandita

Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Penyerapan Emisi Karbon Dioksida dari Sektor Transportasi di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau
Aryo Sasmita, Fatatulkhairani

Tumbuhan *Echinodorus Radicans* dan *Sagittaria Lancifolia* sebagai Fitoremediator Detergen dan Logam Berat
Rony Irawanto

Analisis Kualitas Air Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong, Kecamatan Rengel, Tuban
Dedy Suprayogi, Sulistiya Nengse, Abdul Hakim



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. Eni Purwati, M.Ag

Redaktur

Dedy Suprayogi, M.KL

Penyunting/ Editor

Shinfi Wazna Auvaria, MT

Sulistiya Nengse, MT

Ida Munfarida, MT

Sarita Oktorina, M.Kes

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT

Widya Nilandita, M.KL

Alamat Redaksi

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya

Jl. Jend. Ahmad Yani 117 Surabaya Jawa Timur 60237

Telp. 031-8493836 Fax. 031-8474347

Website : www.uinsby.ac.id

Email : uinsatekling@gmail.com

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas terselesainya edisi ketiga 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**.

Dalam volume.5 no.1 Jurnal Al-Ard ini menampilkan 6 artikel, yaitu: *pertama*, mengenai “Analisis Sifat Fisis Penyerapan Air pada *Paving Block* Dengan Campuran Variasi Limbah Abu Ketel dan Limbah Botol Plastik” yang ditulis oleh Yusrianti, Noverma, Oktavi Elok Hapsari; kedua, mengenai “Kajian Kelayakan Kualitas Sumber Air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya dalam Rangka Menuju *Eco Campus* “ yang ditulis oleh Ninik Fadhillah, Muh. Ma’arif, Hanik Faizah, Latifatoel Chilmi, Elis Safitri; *ketiga*, mengenai “Analisis Kebisingan Kawasan Permukiman di Sepanjang *Frontage Road A.Yani* Surabaya” yang ditulis oleh Dyah Ratri Nurmaningsih, Shifni Wazna Auvaria, Widya Nilandita; *keempat*, mengenai “Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Penyerapan Emisi Karbon Dioksida dari Sektor Transportasi di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau” yang ditulis oleh Aryo Sasmita, Fatatulhairani; *kelima*, mengenai “Tumbuhan *Echinodorus Radicans* dan *Sagittaria Lancifolia* sebagai Fitoremediator Detergen dan Logam Berat” yang ditulis oleh Rony Irawanto; *keenam*, mengenai “Analisis Kualitas Air Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong, Kecamatan Rengel, Tuban” yang ditulis oleh Dedy Suprayogi, Sulistiya Nengse, Abdul Hakim.

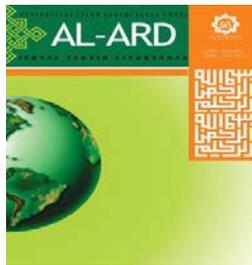
Semoga sajian artikel dalam jurnal ini mampu meningkatkan pemahaman mengenai lingkungan dan meningkatkan kesadaran bersama dalam pemanfaatan, pengembangan sekaligus pemeliharaan lingkungan dengan teknologi yang tepat guna. Kritik dan saran selalu kami harapkan sebagai perbaikan dan pengembangan jurnal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

Surabaya, September 2019

Salam Redaksi

DAFTAR ISI

Analisis Sifat Fisis Penyerapan Air pada <i>Paving Block</i> dengan Campuran Variasi Limbah Abu Ketel dan Limbah Botol Plastik. Yusrianti, Noverma, Oktavi Elok Hapsari	Hal. 1- 8
Kajian Kelayakan Kualitas Sumber Air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya dalam Rangka Menuju <i>Eco Campus</i> . Ninik fadhillah, Muh. Ma'arif, Hanik Faizah, Latifatoel Chilmi, Elis Safitri	Hal. 9-16
Analisis Kebisingan Kawasan Permukiman di Sepanjang <i>Frontage Road</i> A.Yani Surabaya. Dyah Ratri Nurmaningsih, Shinfi Wazna Auvaria, Widya Nilandita	Hal. 17-25
Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Penyerapan Emisi Karbon Dioksida dari Sektor Transportasi di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau. Aryo Sasmita, Fatatulhairani	Hal. 26-35
Tumbuhan <i>Echinodorus Radicans</i> dan <i>Sagittaria Lancifolia</i> Sebagai Fitoremediator Detergen dan Logam Berat. Rony Irawanto	Hal. 36-44
Analisis Kualitas Air Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong, Kecamatan Rengel, Tuban. Dedy Suprayogi, Sulistiya Nengse, Abdul Hakim.	Hal. 45-53



Analisis Sifat Fisis Penyerapan Air Pada *Paving Block* Dengan Campuran Variasi Limbah Abu Ketel dan Limbah Botol Plastik

Yusrianti ¹, Noverma ², Oktavi Elok Hapsari ³

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

yusrianti_sabang@uinsby.ac.id

Abstract

The quality of paving blocks affected by the composition of the material used in the mixture. The addition of boiler ash and plastic waste is expected to improve the quality of paving blocks. Boiler ash has a fine grain size and high silica content which can be an alternative to cement. Whereas plastic bottle waste is a type of material that is difficult to decompose which is good for increasing the strength of paving blocks. Paving blocks usually applied to lightweight pavement, sidewalks, parks, and surface layers whose function can absorb water on the surface. This study aims to analyze the percentage of water absorption from paving blocks added with boiler ash waste and plastic bottle waste. The method was carried out experimentally in the laboratory with variations in the percentage increase in the addition of kettle ash and plastic bottle waste. Water absorption from paving blocks is obtained by measuring the percentage of water content after and before soaking for 24 hours, and dry weight after roasting. The results showed that the addition of boiler ash waste and plastic bottle waste significantly affected the absorption value. The value of absorption of paving blocks for the quality of class A construction based on SNI 03-0691, 1996 was obtained in the addition of 5% kettle ash waste and 0%, 0.5% and 1% Plastic Bottle waste.

Keywords: kettle ash, plastic waste, *paving block*, water absorption.

Abstrak

Kualitas paving block dipengaruhi komposisi material yang dipergunakan pada campurannya. Penambahan limbah abu ketel dan limbah plastic diharapkan dapat meningkat mutu paving block. Abu ketel memiliki ukuran butiran halus dan kandungan silikat tinggi yang dapat menjadi alternative pengganti semen. Sedangkan limbah botol plastik merupakan jenis bahan yang sulit terurai, sehingga baik untuk meningkatkan kekuatan paving block. Paving block biasanya diaplikasikan untuk perkerasan kelas ringan, trotoar, taman, dan lapisan permukaan yang fungsinya dapat menyerap air di permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persentase penyerapan air dari paving block yang dtambahkan dengan limbah abu ketel dan limbah botol plastic. Metode dilakukan secara eksperimental di laboratarium dengan variasi persentase penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastic. Penyerapan air dari paving block diperoleh dengan mengukur persentase kandungan air setelah dan sebelum dilakukan perendaman selama 24 jam, dan berat kering setelah dioven. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastic cukup berpengaruh terhadap nilai persentase penyerapan. Nilai penyerapan paving block untuk mutu konstruksi kelas A berdasarkan SNI 03-0691, 1996, diperoleh pada penambahan limbah abu ketel 5 % dan limbah Botol Plastik 0%, 0,5 % dan 1%.

Kata Kunci: abu ketel, limbah plastik, *paving block*, penyerapan air.

1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan perkerasan kelas ringan, trotoar, taman, dan lapisan permukaan yang fungsinya dapat menyerap air di permukaan. Paving block sering digunakan karena kemudahan dalam pemasangan dan perawatannya.

Untuk konstruksi perkerasan jalan, paving block dapat menjadi alternatif ekonomis dan paving block juga memiliki kekuatan, daya

tahan serta estetika yang indah untuk permukaan sehingga dapat diterapkan di daerah komersial, kota dan industri seperti area parkir, wilayah pejalan kaki, persimpangan lalu lintas dan jalan (El Nouhy, 2012)

Penelitian bahan tambah material buatan pada paving block sudah diteliti, seperti pada penelitian (Adibroto, 2014) dengan penambahan serat ijuk, plastik dan kawat,

penelitian (Kusuma, 2012) dengan pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai bahan campuran paving block serta penelitian (Dewi dan Mahyudin, 2018) melakukan analisis sifat fisis dan ketahanan terhadap natrium sulfat paving block dengan variasi serbuk cangkang langkitang dan penambahan serat ijuk.

Pemanfaatan serta penggunaan ulang limbah padat proses produksi gula masih belum tertangani secara optimal, sedangkan ketersediaan limbah padatnya semakin bertambah seiring dengan berjalannya proses produksi. Limbah padat akan terus bertambah seiring dengan proses produksi salah satunya adalah abu ketel. Abu ketel adalah limbah yang dihasilkan oleh pembakaran ampas tebu pada boiler secara kimiawi. Menurut (Rompas dkk, 2013), dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silikat tinggi maka limbah abu ampas tebu diharapkan sebagai bahan pengganti semen dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena berkurangnya emisi gas rumah kaca karbon dioksida (CO₂) akibat dari proses pembuatan semen.

Limbah botol plastik saat ini juga menjadi permasalahan yang serius, karena setiap tahunnya angka kenaikan limbah plastik yang terbawa ke laut dan tidak terurai sekitar 1 (satu) ton perharinya, jelas ini akan berdampak sangat buruk terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup. Plastik merupakan limbah yang akan terus menjadi permasalahan lingkungan apabila tidak tertangani secara baik. Menggunakan campuran plastik pada paving block akan memperkuat struktur paving karena plastik tergolong limbah yang sulit terurai.

Polyethylene Terephthlate (PET) merupakan salah satu jenis polimer jernih serta kuat dengan sifat-sifat penahan gas dan kelembaban. Kemampuan plastik PET untuk menampung karbon dioksida menjadi sangat ideal dalam penggunaan botol-botol minuman ringan (Arif, 2013). Sehingga, plastik PET sering digunakan sebagai botol air minum kemasan.

Melihat kondisi limbah plastik yang meningkat, beberapa lembaga pemerintah, organisasi swasta dan para peneliti melakukan berbagai studi dan proyek penelitian mengenai kelayakan, kesesuaian lingkungan dan kinerja menggunakan limbah plastik dibidang konstruksi yang lebih baik dan biaya yang efektif. Salah satunya penelitian yang

dilakukan oleh (Vanitha, 2015), menyimpulkan bahwa limbah plastik dapat digunakan dalam campuran beton semen yang dimodifikasi dalam konstruksi perkerasan kaku, biaya konstruksi akan berkurang dan juga membantu mengurangi teknik pembuangan limbah plastik ke dalam tanah dan pembakaran yang memiliki dampak terhadap lingkungan.

Tujuan penelitian adalah mengetahui serta menganalisa seberapa besar efek penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastik terhadap kadar penyerapan air *paving block*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan penelitian beberapa pengujian yang terlaksana di Laboratorium Pengujian Bahan Jalan, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VIII Sidoarjo. Pengambilan data berupa sampel limbah abu ketel diperoleh dari Pabrik Gula Kremboong, Sidoarjo dan limbah plastik yang digunakan merupakan limbah dari botol plastik (PET).

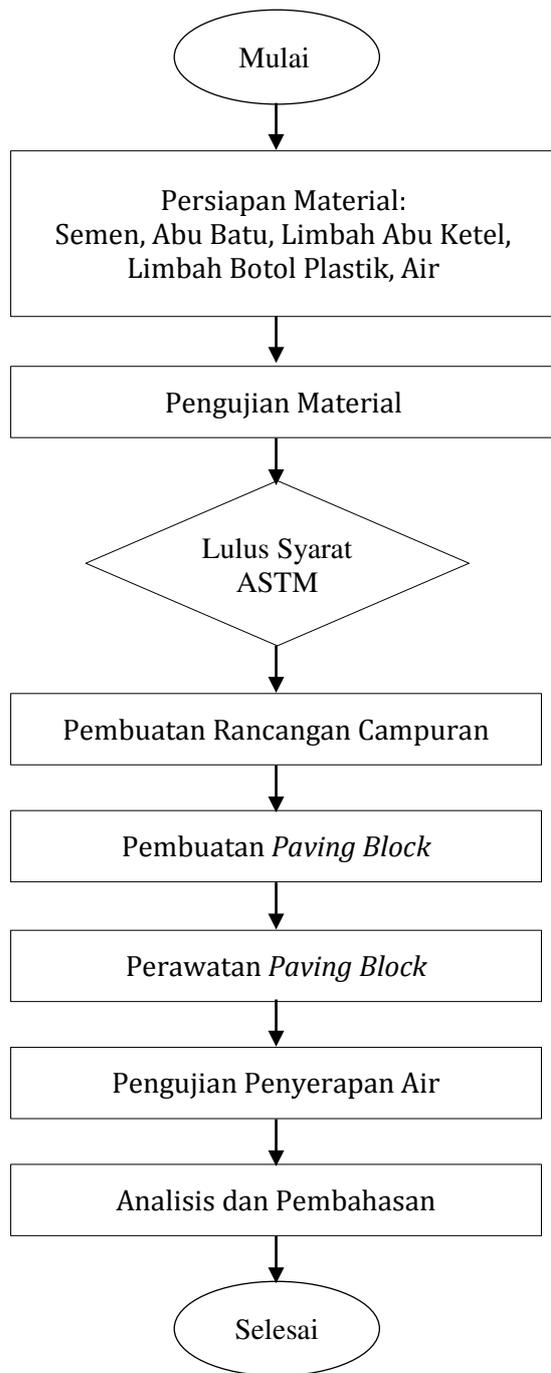
Rancangan campuran (*mix design*) dilakukan untuk mengetahui jumlah material yang akan digunakan. Perhitungan *mix design* mengacu pada perbandingan komposisi 1 : 3, perbandingan ini digunakan untuk paving block berukuran 10,5 x 21 x 6 cm dengan berat 3 kg. Berikut Tabel 1, persyaratan penyerapan air paving block sesuai SNI-03-0691-1996.

Tabel 1. Persyaratan Penyerapan Air Mutu *Paving Block*

Jenis	Kegunaan	Kadar Air Rata-rata Maks (%)
A	Perkerasan Jalan	3
B	Tempat Parkir Mobil	6
C	Pejalan Kaki	8
D	Taman Kota	10

(Sumber: SNI 03-0691, 1996)

Rancangan komposisi campuran menggunakan metode SNI-03-0691-1996, beberapa variasi benda uji yang terdapat dalam tabel 2. dan diagram alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 2. Variasi Benda Uji

Konsentrasi Abu Ketel	Konsentrasi Limbah Plastik	Jumlah Benda Uji
0.0%	0.0%	3
0.0%	0.5%	3
0.0%	1.0%	3
3.0%	0.0%	3
3.0%	0.5%	3

Konsentrasi Abu Ketel	Konsentrasi Limbah Plastik	Jumlah Benda Uji
3.0%	1.0%	3
5.0%	0.0%	3
5.0%	0.5%	3
5.0%	1.0%	3
7.0%	0.0%	3
7.0%	0.5%	3
7.0%	1.0%	3
Sub Total		36

(Sumber: Data Primer, 2019)

Pengujian Penyerapan

Perlakuan pada benda uji (*paving block*) sebelum dilakukan pengovenan adalah perendaman selama 1 hari untuk pengujian penyerapan. Tahapan pengujian *paving block*, disajikan pada Gambar 2 sampai 6.

Pengujian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- *Paving block* dimasukkan dan direndam dalam bak perendam dengan suhu ruangan selama ± 24 jam



Gambar 2. Perendaman Paving Block (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Benda uji diangkat dari bak perendam, dan sisa air ditiriskan ± 1 menit.



Gambar 3. Paving Block Ditiriskan (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Permukaan *paving block* kemudian diseka dengan kain agar dapat mengurangi sisa air yang terdapat pada *paving block*.
- *Paving block* lalu ditimbang.
- *Paving block* dikeringkan dalam oven pengering pada suhu 105°



Gambar 4. Pengovenan *Paving Block*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Benda uji dikeluarkan dari dalam oven kemudian didinginkan pada suhu ruang.



Gambar 5. Pendinginan *Paving Block*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Menimbang benda uji.



Gambar 6. Penimbangan *Paving Block*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

Pendinginan dilakukan agar hasil yang diperoleh ketika ditimbang dengan neraca lebih akurat. Pengujian daya serap air melalui persentase dari perbandingan antara selisih

massa basah dengan massa kering. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 pengujian daya serap air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Daya serap air} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots (1)$$

Keterangan:

m_b = massa basah benda uji (gr)

m_k = massa kering benda uji (gr)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian penyerapan air di *paving block* bertujuan untuk dapat mengetahui berapa persen (%) kemampuan benda uji (*paving block*) pada masing - masing variasi. Pada perendaman umur 1 hari atau 24 jam, hasil yang di dapatkan melalui perhitungan dan pengujian ini kerapatan setiap benda uji. Semakin rapat material *paving block* yang diuji, maka nilai kuat tekannya semakin meningkat. Karena kerapatan pada benda uji sangat mempengaruhi nilai resapan airnya.

Densitas dengan serapan air berbanding terbalik. Maloney (1993) dalam Fitri (2002) menyatakan semakin rendah densitas maka daya serap air akan semakin besar, semakin tinggi densitas *paving block*, maka ikatan antar partikel semakin rapat sehingga menyebabkan rongga udara dalam *paving block* mengecil. Keadaan ini mengakibatkan air akan sulit untuk mengisi rongga tersebut dan Trisna (2012), memperkuat hasil pengujian dimana semakin tinggi persentase serat, densitas papan semakin kecil sedangkan daya serap air papan semakin besar.

Dengan demikian, semakin rendah densitas maka daya serap air akan semakin besar. Penentuan daya serap air pada *paving block* diperoleh dari hasil pengukuran massa basah dan massa kering yang diukur menggunakan neraca ohaus. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air *paving block* dapat dihitung dengan persamaan (1).

Pengujian serapan air dengan menggunakan timbangan, dan menimbang benda uji dalam keadaan kering dan basah. Pangestuti (2014), menyatakan sisa pembakaran ampas tebu atau abu ketel yang dipergunakan, secara fisik berwarna hitam dan menyerupai arang serta mempunyai daya serap (hidrolisis) terhadap air yang tinggi. Sifat hidrolisis yang dimiliki tersebut dimungkinkan mengganggu reaksi pengikatan agregat oleh semen. Ini disebabkan karena untuk mengikat agregat, semen membutuhkan

air yang cukup. Disamping itu, air yang banyak akan diserap oleh abu ketel yang terdapat pada campuran.

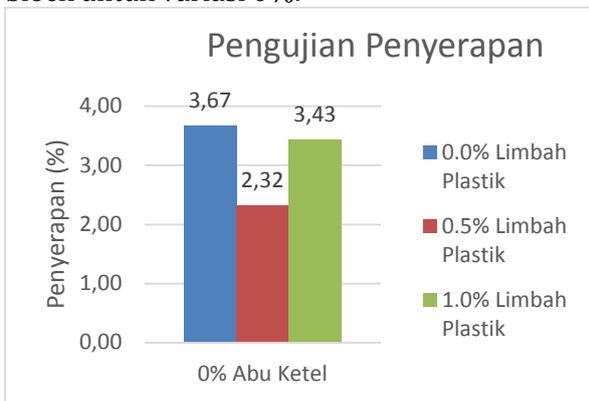
Perendaman dilakukan selama 24 jam atau 1 hari di laboratorium sebelum dilakukan penimbangan berat basah dan di oven untuk mendapatkan berat kering pada benda uji. Berikut hasil penyerapan air pada paving block.

Tabel 3. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 0%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
0.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2683.8	2596.1	3.38	3.67
	1B	2782.5	2681.2	3.78	
	1C	2678.2	2579.1	3.84	
0.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2977.0	2921.0	1.92	2.32
	1B	2999.7	2921.5	2.68	
	1C	2780.5	2716.1	2.37	
0.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2864.9	2761.3	3.75	3.43
	1B	2981.3	2897.1	2.91	
	1C	2613.6	2522.0	3.63	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 3, menunjukkan hasil pengujian variasi 0,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata- rata umur 1 hari adalah 3,67 %. Untuk variasi 0,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata - rata yang diperoleh adalah 2,32%. Dan pada variasi 0,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata –rata yang diperoleh adalah 3,43 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 0%.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 0%

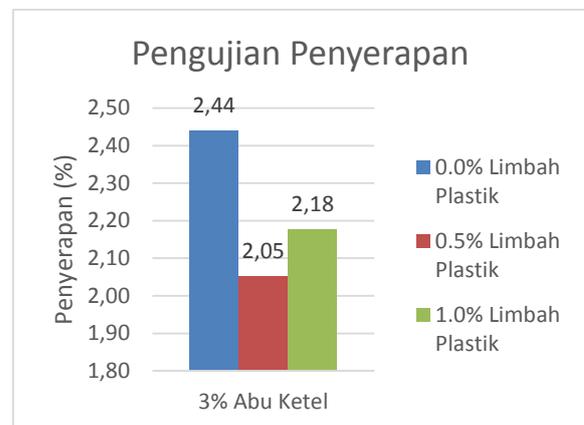
Pada Gambar 7, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving murni tanpa campuran memiliki rata - rata diatas 3% sedangkan pada campuran yang menggunakan plastik terlihat random kenaikannya. Hal ini menunjukkan bahwa paving yang ditambahkan plastik daya serapnya tinggi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 3%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
3.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2845.3	2790.8	1.95	2.44
	1B	2807.0	2763.5	1.57	
	1C	2923.6	2816.7	3.80	
3.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2759.6	2714.4	1.67	2.05
	1B	2740.9	2663.7	2.90	
	1C	2838.8	2794.4	1.59	
3.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2792.6	2729.4	2.32	2.18
	1B	2841.4	2786.3	1.98	
	1C	2897.1	2833.8	2.23	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 4, menunjukkan hasil pengujian variasi 3,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata- rata umur 1 hari adalah 2,44 %. Untuk variasi 3,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata - rata yang diperoleh adalah 2,05%. Dan pada variasi 3,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata – rata yang diperoleh adalah 2,18 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 3%.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 3%

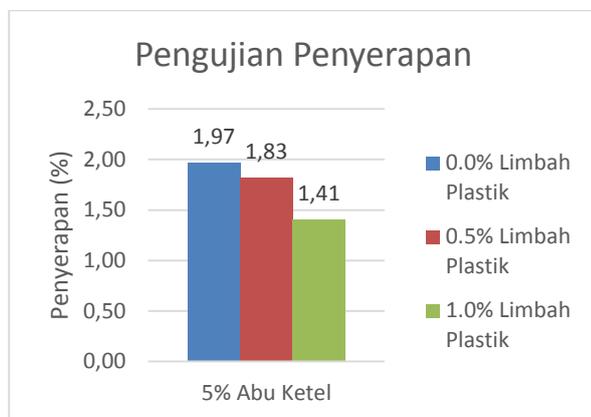
Pada Gambar 8, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving dengan variasi campuran 3% abu ketel dan plastik menunjukkan daya serap terbesar terdapat pada komposisi 3% abu ketel dan 0% plastik.

Tabel 5. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 5%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
5.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	3107.4	3058.8	1.59	1.97
	1B	2962.9	2894.4	2.37	
	1C	2912.7	2856.8	1.96	
5.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2964.1	2916.4	1.64	1.83
	1B	2936.0	2887.9	1.67	
	1C	2775.9	2716.8	2.18	
5.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	3107.0	3062.2	1.46	1.41
	1B	3053.7	3006.5	1.57	
	1C	3116.6	3079.9	1.19	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 5, menunjukkan hasil pengujian variasi 5,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata-rata umur 1 hari adalah 1,97 %. Untuk variasi 5,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 1,83%. Dan pada variasi 5,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 1,41 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 5%.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 5%

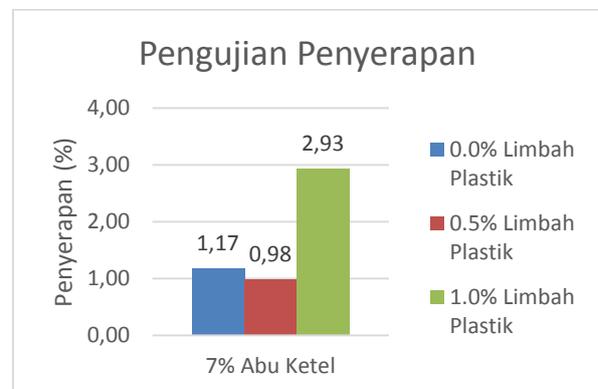
Pada Gambar 9, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving block dengan menggunakan variasi campuran 5% abu ketel dan plastik berada di bawah 2%. Semakin bertambahnya campuran variasi pada paving, daya serap air benda uji paving block semakin kecil.

Tabel 6. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 7%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
7.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2952.9	2920.9	1.10	1.17
	1B	2986.0	2960.4	0.86	
	1C	2789.9	2747.1	1.56	
7.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2934.3	2905.8	0.98	0.98
	1B	2942.6	2918	0.84	
	1C	2710.8	2680.9	1.12	
7.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2811.6	2753.0	2.13	2.93
	1B	2867.2	2823.0	1.57	
	1C	2704.0	2573.1	5.09	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Table 6, menunjukkan hasil pengujian variasi 7,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata-rata umur 1 hari adalah 1,17 %. Untuk variasi 7,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 0,98%. Dan pada variasi 7,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 2,93 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 7%.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 7%

Pada Gambar 10, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving block dengan menggunakan variasi campuran 7% abu ketel dan plastik berada di bawah 2%. Semakin bertambah variasi limbah plastik, semakin tinggi nilai penyerapan.

Daya serap yang dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang terdapat pada paving block, semakin rendah porositas yang terdapat pada paving block akan menambah kekuatannya. Dengan proses pemadatan yang dilakukan secara mekanik, memungkinkan kepadatan paving block yang dihasilkan tinggi, sehingga tidak terdapat banyak rongga dalam paving block. Pada variasi 0 % limbah botol plastik dengan penambahan abu ketel sebesar 0% penyerapan 3,67%; 3% penyerapan 2,44%, 5% penyerapan 1,97%; dan 7% yaitu 1,17 %, hal ini terlihat abu ketel dapat berperan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan menutupi rongga yang ada, sebaliknya setelah penambahan limbah botol plastik nilai penyerapan air menjadi rendah dan tinggi di beberapa variasi. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena struktur dari limbah botol plastik tidak dapat menyerap air serta ukuran/bentuk cacahan limbah botol plastik dan waktu proses pengadukan campuran.

Sejalan dengan penelitian (Arif, 2013) yang memperoleh daya serap air mengalami penurunan pada penambahan konsentrasi PET dikarenakan serat PET buruk dalam hal penyerapan air dan penelitian (Agyeman, 2019), Paving block yang tidak menggunakan limbah plastik menyerap air lebih banyak. Penelitian ini menggunakan limbah plastik dari berbagai macam limbah. Dalam perkembangan konstruksi yang cepat dan di daerah yang tergenang air, paving block yang dihasilkan memiliki keunggulan karena sifat keawetan yang tinggi dan nilai daya serap air yang rendah sehingga lebih rendah terhadap dampak kimiawi, tekanan fisik dan kerusakan mekanis.

4. KESIMPULAN

Pada penyerapan air paving block menunjukkan variasi campuran 5% abu ketel dan limbah Botol Plastik 0%, 0,5 % dan 1% dengan hasil dibawah 2%, ini memenuhi persyaratan mutu paving block jenis A sesuai SNI 03-0691, 1996.

Penggunaan limbah sebagai bahan alternatif merupakan salah satu cara

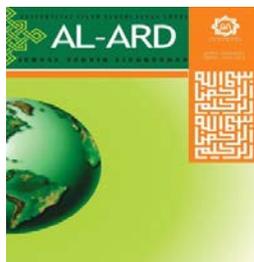
memanfaatkan limbah yang ada disekitar lingkungan, jika hal ini terus dikembangkan dan dikelola dengan baik, maka segala sesuatu yang terbuang yang tidak ternilai dapat dipergunakan kembali dengan tidak mengurangi manfaat bagi kehidupan. Penggunaan yang bijak dalam kehidupan sehari – hari atau minimal dengan memanfaatkan limbah disekitar untuk dijadikan hal yang berguna, karena kualitas yang sama dan penggunaan lebih ramah terhadap lingkungan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F., 2014. Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 10 No.1.
- Agyeman, S., Obeng-Ahenkora, N.K., Assiamah, S., Twumasi, G., 2019. Exploiting Recycled Plastic Waste as an Alternative Binder for Paving Blocks Production. *Case Studies in Construction Materials 11*. Elsevier
- Arif, F. 2013. Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Eco Olafie (Economic Plastic Fiber) Paving Block Yang Berkonsep Ramah Lingkungan Dengan Uji Tekan, Uji Kejut, Serapan Air. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*
- Dewi, M.S, Mahyudin, A., 2018. Analisis Sifat Fisis dan Ketahanan Atas Natrium Sulfat Paving Block dengan Variasi Serbuk Cangkang Langkitang (Faunus ater) dan Penambahan Serat Ijuk (Arrenge pinnata) . *Jurnal Fisika Unand Vo..7 N0.4*.
- El Nouhy, H., 2012. Properties of Paving Units Incorporating Slag Cement. *HBRC Journal*.
- Fitri, Hendra Setia C., 2002. *Pengembangan Teknologi Papan Komposit Dari Limbah Batang Pisang (Musa sp): Sifat Fisis dan Mekanis Papan Pada Berbagai Variasi Perekat dan Parafin* . Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Kusuma, E.W., 2012. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, UPN Veteran Jatim.
- Naibaho, R.A., Rohanah. A., Panggabean. S., 2015. Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Pemakaian Semen Pada Pembuatan Batako. *J. Rekayasa Pangan dan Pertanian*. Vol.3 No. 4.
- Pangestuti, E.K., 2014. Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Ampas Tebu Pada Paving Terhadap Jenis Semen PPC dan PCC.

Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. No.2
Vol.16 Juli 2014.

- Rompas, G.P., Pangouw, J.D., Pandaleke, R., Mangare, J.B.. 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.2, Januari 2013.
- SNI 03-0691-1996, *Bata Beton (Paving Block)*, Badan Standard Nasional.
- Trisna, H., Mahyudin, A., 2012. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk Dengan Penambahan Boraks (Dinatrium Tetraborat Decahydrate). *Jurnal Fisika Unand* Vol. 1 No.1, Oktober 2012.
- Vanitha, S., Omprakaash, P., Venugopal, N., 2015. Utilisation of Waste Plastics as a Partial Replacement of Coarse Aggregate in Concrete Blocks. *Indian Journal of Science and Technology*, Juli 2015.



Kajian Kelayakan Kualitas Sumber Air Tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya dalam Rangka Menuju Eco Campus

Ninik Fadhillah¹, Muh. Ma'arif², Hanik Faizah³, Latifatoel Chilmi⁴,
Elis Safitri⁵

^{1,2,3,4,5}UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia
ninikfadhillah@uinsby.ac.id

Abstract

The requirements of water in UIN Sunan Ampel Surabaya are supplied from the groundwater sources. The groundwater sources of UIN Sunan Ampel are originated from wells where the water is taken with a water pump. The main problem related to the use of groundwater as a water supply is the decline of its quality. The purpose of this study was to analyze the quality of the groundwater in UIN Sunan Ampel Surabaya based on the Minister of Health Regulation No. RI. 32 of 2017 and to formulate the right steps in improving the quality of the groundwater in Sunan Ampel UIN towards ECO CAMPUS. This research was a descriptive study. This study described the quality of water in the 6 locations of the groundwater sources in UIN Sunan Ampel Surabaya based on three parameters of water quality (physics, chemistry and biology). The results of this study indicated that there were differences in the quality of water from the 6 locations of groundwater sources in UIN Sunan Ampel in terms of physical, chemical and biological parameters, that is differences in TDS values, color scale, odor, taste, pH and *E. Coli* content. The quality of groundwater sources in UIN Sunan Ampel Surabaya based on physical parameter fulfilled the 95% of the environmental health standards and water health requirements for sanitation hygiene requirements regulated by government, but it did not fulfill the quality standards based on pH, TDS measurement and *Coliform* test MPN method. Improving the quality of ground water at UIN Sunan Ampel Surabaya is needed by improving the management system of sewers and latrines as well as the standard construction of wells.

Keywords: Groundwater, Smell, TDS, pH, *Coliform*.

Abstrak

Kebutuhan air di lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya disediakan dari sumber air tanah. Sumber air tanah UIN Sunan Ampel diantaranya berasal dari sumur gali yang airnya diambil dengan menggunakan pompa air. Masalah utama yang sering muncul berkaitan dengan penggunaan air tanah sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan air adalah tentang kualitas yang semakin menurun. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kualitas air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan Permenkes RI No. 32 tahun 2017 dan merumuskan langkah yang tepat dalam meningkatkan kualitas air tanah di UIN Sunan Ampel menuju ECO CAMPUS. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian ini mendeskripsikan kualitas air pada 6 lokasi sumber air tanah UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan 3 parameter kualitas air (fisika, kimia dan biologi). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kualitas air pada 6 lokasi sumber air tanah di UIN Sunan Ampel ditinjau dari parameter fisika, kimia dan biologi, yaitu perbedaan nilai TDS, skala warna, bau, rasa, pH dan kandungan *E. Coli*. Kualitas sumber air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan parameter fisika, 95% memenuhi standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi yang ditetapkan pemerintah, berdasarkan pengukuran pH dan TDS serta uji *Coliform* metode MPN sumber air tidak memenuhi standar baku mutu. Peningkatkan kualitas air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya perlu dapat dilakukan dengan perbaikan sistem tata kelola saluran pembuangan dan jamban serta konstruksi sumur yang sesuai standar.

Kata Kunci : Air Tanah, Bau, TDS, pH, *Coliform*.

1. PENDAHULUAN

Tersedianya air bersih di suatu lingkungan memiliki peran yang sangat penting dalam menciptakan suasana lingkungan yang bersih

dan sehat. UIN Sunan Ampel Surabaya sebagai bagian dari lingkungan akademik, berdasarkan data dari fortap dikti 2018 memiliki 17.860 mahasiswa dan 537 dosen,

berdasarkan data dari website pegawai UIN Sunan Ampel memiliki 358 staf tenaga kependidikan.

UIN Sunan Ampel Surabaya membutuhkan air untuk mencukupi aktifitas warganya. Kebutuhan air di lingkungan UIN Sunan Ampel disediakan dari sumber air tanah yang berasal dari sumur gali yang disedot dengan menggunakan pompa air dan PDAM. Masalah utama yang sering muncul berkaitan dengan penggunaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air adalah kualitasnya yang semakin menurun (Al Irsyadi, 2016).

Penurunan kualitas air tanah dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu: (1) adanya eksploitasi tanah oleh aktifitas rumah tangga dan industri, (2) berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang secara alami berfungsi sebagai penyaring dan penampung air hujan, (3) banyaknya limbah buangan rumah tangga yang bersifat polutif, (4) belum adanya konsep hijau untuk daur ulang air. (Hikam, 2014). Empat faktor tersebut dapat menimbulkan dan memicu adanya polusi air, sehingga dapat menjadi penyebab pencemaran air. Air dikatakan mengalami pencemaran jika unsur fisik, kimia dan biologinya menyimpang dari standart baku yang ditetapkan. Zat yang menyebabkan polusi air (polutan) dapat berbentuk padatan, air, ataupun gas (Zulkifli, 2014). Berdasarkan jenisnya polutan terdiri atas polutan organik dan anorganik (Darmono, 2001). Penelitian tentang kualitas air yang dilakukan oleh Mukhlis dkk (2007), mengungkapkan adanya pengaruh kondisi lingkungan sumur terhadap kualitas air sumur yang dapat dilihat dari adanya korelasi antara kandungan bakteri *E. coli* air sumur gali dengan jarak jamban. Sasongko (2017) dalam penelitiannya mengungkapkan adanya korelasi antara penurunan kualitas air sumur gali di sekitar sungai Kaliyasa dengan perilaku masyarakat yang pada umumnya membuang limbahnya ke sungai.

Berdasarkan letak geografisnya UIN Sunan Ampel terletak di wilayah Wonocolo dengan bentang alam wilayah berupa pemukiman padat penduduk dan perkantoran (dokumentasi Kecamatan Wonocolo, 2014). Kurang memiliki RTH dan belum memiliki konsep hijau untuk daur ulang air sehingga tergolong wilayah yang memiliki faktor penyebab penurunan kualitas air tanah. Penentuan kualitas sumber air tanah

dilakukan dengan pengukuran parameter-parameter yang telah ditetapkan pemerintah dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 yang meliputi parameter fisika, kimia serta biologi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti akan mengkaji kelayakan air tanah di UIN Sunan Ampel berdasarkan parameter fisika (Warna, Rasa, Bau, Suhu, Total Dissolve Solid atau TDS), kimia (pH, DO) dan biologi (kandungan bakteri *Coliform*) di laboratorium Terintegrasi UIN Sunan Ampel Surabaya dalam rangka memaksimalkan penggunaan sumber daya alam kampus untuk mendukung program *Eco Campus*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian ini akan mendeskripsikan kualitas sumber air tanah UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan 3 parameter kualitas air, yaitu fisika (warna, bau, rasa, suhu, TDS), kimia (pH, DO), dan biologi (total *Coliform*). Metode pemilihan lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode purposive sampel. Penetapan lokasi sampel diawali dengan survey jumlah sumur gali yang terdapat di UIN Sunan Ampel Surabaya sebagai sumber air tanah yang akan diteliti kualitasnya, kemudian ditetapkan lokasi sumur gali yang akan dijadikan sumber air tanah yang akan diteliti, dengan dasar lokasi tersebut harus mewakili wilayah utara, timur, selatan, barat dan tengah kampus sehingga didapatkan 6 lokasi sumur gali dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel air.

Pengambilan sampel air pada tiap-tiap sumur gali dilakukan satu tahap (single stage/phase). Pengambilan sampel diawali dengan menyiapkan water sampler dan menandai bagian tali dengan mengukur 8 meter dari bagian alat. Hasil air sumur gali yang berasal dari water sampler dimasukkan ke dalam botol sampel, selanjutnya mengukur suhu air dengan menggunakan termometer raksa dan mencatatnya. Menutup botol yang sudah diisi sampel, memberi label serta menuliskan lokasi tempat dan waktu pengambilan air. Memasukkan botol yang telah berlabel ke dalam box styrofoam kemudian dilakukan uji parameter fisika, kimia dan biologi di laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.

Peguajian parameter fisika pada penelitian ini meliputi warna, rasa, bau, suhu, TDS dengan cara sebagai berikut: Mengambil

sampel air tanah sumur gali yang ditempatkan dalam botol sampel, menuangkannya ke dalam beaker glass sebanyak 500 ml. Mengamati warna dan mencatatnya. Menguji rasa dan bau secara organoleptik dan mencatatnya. Mengukur nilai TDSnya dengan cara memasukkan DO meter ke dalam gelas beker sampai nilai TDS pada DO meter stabil, mencatat nilai tersebut. Pengukuran suhu sampel air tanah sumur gali sudah dilakukan pada saat pengambilan sampel untuk menghindari pengaruh faktor lingkungan terhadap suhu.

Pengujian parameter kimia pada penelitian ini meliputi: pH, Salinitas, DO, salinitas dengan cara sebagai berikut: Setelah sampel air sumur gali di uji parameter fisiknya, selanjutnya di uji kandungan pHnya dengan menggunakan pH meter dengan cara menekan tombol on pada pH meter, memasukkan ujung sensor pH meter pada air sampel, membaca skala yang terbaca dan mencatatnya.

Menguji kadar garamnya dengan salinometer dengan cara air sumur gali dituangkan 100 ml kedalam gelas ukur 100 ml kemudian refraktometer dimasukkan kedalam beker glas hingga muncul skala refraktometer, membaca skalanya. Selanjutnya mencatat nilai skala yang muncul. Menguji kandungan oksigen terlarut pada sampel dengan menggunakan DO meter, caranya memasukkan sampel air ke dalam gelas ukur 100 ml, menyalakan DO meter dan memasukkan probenya ke dalam gelas ukur hingga 2 lubang pada pangkal probe tercelup air. Mencatat nilai yang tertera pada DO meter.

Pengujian biologi menggunakan Media Lactose Broth (LB) sebagai uji pendugaan yang menggunakan tabung reaksi berisi tabung durham terbalik serta media LB, apabila sampel positif mengandung *Coliform* maka dilakukan uji lanjutan yaitu uji penegasan yang menggunakan Media Lactose Broth (BGLB) didalam tabung reaksi yang berisi tabung durham terbalik, dan jika masih terdapat sampel yang positif *Coliform* maka dilanjutkan pada uji penguat dengan media Media Eosin Methelin Blue (EMB). Jika pada media EMB terdapat koloni bakteri berwarna hijau metalik berarti sampel positif *Coliform*. Sampel yang positif *Coliform* akan di data dan selanjutnya akan dihitung nilai MPNnya (*Most Probably Number*) sebagai dasar untuk menganalisa kualitas air dari parameter biologi.

Data parameter fisika, kimia dan biologi yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan standar mutu dari Permenkes RI No. 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene, sanitasi, kolam renang, solus peracqua dan pemediaan umum sebagai acuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji laboratorium parameter fisika, kimia dan biologi terhadap 6 titik sampel sumber air tanah UIN Sunan Ampel Surabaya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air Tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya

No	Satuan	Kada r maksimal*	Hasil Uji Sampel					
			A	B	C	D	E	F
Parameter Fisika								
1	Warna TC U	50	13	2	2	4	5	5
2	Bau	TB	TB	TB	TB	A	T	A
3	Rasa	TR	TR	TR	TR	A	T	A
4	Suhu °C	± 3	30,2	29,5	29,5	29,3	29,1	29,0
5	TDS mg/L	1000	485	403	607	708	409	309
Parameter Kimia								
1	pH	6.5-8.5	9,0	8,9	8,8	8,6	9,3	8,9
2	DO mg/L	4**	2,9	3,3	3,8	3,0	3,4	2,7
Parameter Biologi								
1	Total Coliform U/100 mL	50	75	43	23	24	90	93

Keterangan:

** = nilai batas

minimum
 A = sumur gedung pesantren mahasiswa
 B = sumur gedung FISIP
 C = sumur gedung FDK
 D = sumur gedung maqha (kantin)

TB = Tidak Berbau
 AB = Ada Bau
 TR = Tidak Berasa
 AR = Ada Rasa

E = sumur gedung
masjid
F = sumur gedung
FST

Parameter Fisika

Pengukuran kualitas sumber air tanah UIN Sunan Ampel Surabaya dari parameter fisika yang berupa bau dan warna dilakukan dengan uji organoleptik, pada uji ini bau dan rasa akan di uji dengan menggunakan indra pencium dan perasa. Berdasarkan hasil penelitian yang terdapat pada tabel 1, diketahui bahwa terdapat bau pada 2 sampel air tanah yang diperoleh dari sumur gali di lokasi D dan F, sedangkan 4 sampel lain yang diperoleh dari sumur gali yang berlokasi di A, B, C, E tidak berbau. Berdasarkan permenkes No.32 Tahun 2017 bahwa salah satu syarat air bersih dan layak digunakan adalah air yang tidak berbau. Adanya bau yang dikeluarkan oleh air merupakan proses dekomposisi bahan kimia oleh mikroorganisme air. Bau pada sumber air tanah pada lokasi D dan F dapat diakibatkan karena lokasinya berdekatan dengan selokan.

Uji organoleptik digunakan untuk mengetahui rasa dari air yang berasal dari 6 titik sampel. Secara fisika, air bisa dirasakan oleh lidah. Air tanah yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik, karena berdasarkan permenkes No.32 tahun 2017 air tanah yang baik tidak berasa. Rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik (Sudra, 2007). Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan bahwa air yang berasal dari lokasi A, B, C, dan E tidak berasa, sedangkan yang berasal dari lokasi D dan F berasa.

Adanya rasa pada sumber air tanah yang diperoleh dari sumur gali yang berlokasi di D dan F mungkin disebabkan karena faktor lingkungan. Lingkungan di sekitar sumur gali sangat menentukan kualitas air tanah sumur gali. Sumur gali yang lokasinya dekat (kurang dari 15 meter) dari selokan, tempat pembuangan sampah, jamban memiliki kualitas air yang kurang baik karena air selokan, jamban serta air lindi dari sampah dapat merembes pada sumur gali. Rembesan air tersebut mempengaruhi rasa air tanah yang terdapat didalam sumur gali karena adanya nitrit pada air rembesan dari jamban, selokan

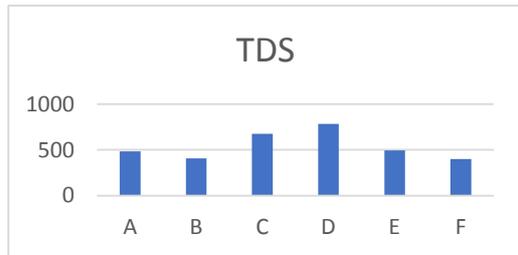
dan air lindi pembuangan sampah (Munfiah, 2013), selain itu pada air rembesan tersebut mengandung mikro organisme yang dapat menguraikan mineral yang ada pada air tanah hingga menambah konsentrasi nitrit dan menimbulkan bau bertambah menyengat, organik. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, sumur gali yang berlokasi di D dan F letaknya kurang dari 5 meter dari selokan serta selokan memiliki stuktur dinding yang tidak kedap air sehingga rembesan bisa air selokan bisa merembes ke tanah disekitarnya.

Lingkungan tempat sumur gali secara langsung ataupun tidak langsung dapat dipengaruhi oleh sampah. Pengaruh langsung terjadi akibat kontak langsung dengan sampah yang bersifat korosif, toksik, karsinogenik, teratogenik hingga kandungan patogen yang dapat menularkan penyakit. Pengaruh tidak langsung dapat terjadi akibat pembusukan, pembakaran atau pembuangan sampah. Dekomposisi sampah secara aerobik dapat menghasilkan lindi (cairan limbah sampah yang mengandung zat padat berbahaya) dan gas. Semua unsur tersebut secara tidak langsung terakumulasi dan tercampur dengan air hujan dan mampu masuk kedalam lapisan tanah, sehingga air tanah maupun air pada permukaan dapat tercemari (Slamet, 1994).

Air yang baik harus memiliki temperatur sama dengan temperatur udara. Air yang secara mencolok mempunyai temperatur di atas atau di bawah temperatur udara berarti mengandung zat-zat tertentu (misalnya fenol yang terlarut di dalam air cukup banyak) atau terjadi proses tertentu (proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi) yang mengeluarkan atau menyerap energi dalam air (Kusnaedi, 2010). Parameter kualitas air bersih yang boleh digunakan berdasarkan suhu, sumber air tanah di UIN Sunan Ampel sesuai dengan standar suhu air yang ditetapkan Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017, bahwa suhu air yang memenuhi standar adalah air yang berada pada +3°C suhu udara pada lingkungan sekitarnya. Suhu udara pada saat itu 30°C, sehingga kisaran suhu air tanah (antara 28,9 °C – 30,3 °C) dapat dikatakan memenuhi baku mutu air bersih.

TDS (Total Dissolved Solid) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Kualitas air sumur gali yang

bersumber pada air tanah membawa residu-residu dari tanah, dan yang penting untuk diperhatikan adalah adanya sumber polusi yang dapat merembes ke air tanah (Marsono, 2009). Hasil pengukuran TDS pada 6 lokasi sumber air menunjukkan bahwa air masih layak digunakan dengan rata-rata nilai TDS semua sampel yaitu 541,37 mg/L. Hasil pengukuran TDS disajikan pada Gambar 1.

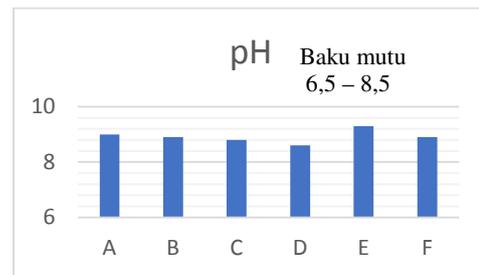


Gambar 1. Hasil pengukuran TDS air tanah

Parameter Kimia

Parameter yang penting pada penentuan kualitas air tanah diantaranya adalah pH, karena pH berpengaruh pada aktifitas proses biologi dan kimia yang ada di dalam air (Hasrianti, 2016). pH menyatakan tingkat keasaman dari suatu cairan dan mewakili konsentrasi ion hidrogen di dalamnya. Perubahan nilai pH merupakan indikasi melimpahnya senyawa-senyawa yang bersifat polutan atau bukan polutan (Susana, 2009). Air yang memiliki nilai pH tinggi (basa) dapat menyebabkan daya bunuh klor pada mikroba berkurang sedangkan air dengan pH rendah (asam) dapat mempengaruhi korosi. Air yang mempunyai pH tinggi ataupun rendah dapat menyebabkan terbunuhnya mikroorganisme air yang diperlukan. Secara umum pH sumber air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya bersifat basa. Hal ini dapat diamati berdasarkan nilai kisaran pH antara 8,9 – 9,3. Nilai pH tertinggi sebesar 9,3 pada air tanah yang diambil dari sumur di Masjid Raya Ulul Albab UIN Sunan Ampel Surabaya, sedangkan nilai pH Terendah sebesar 8,9 pada air tanah yang diambil dari sumur di belakang Maqha. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa rata-rata air tanah bersifat basa. Sifat basa pada air tanah di UIN Sunan Ampel diakibatkan oleh adanya amoniak pada air rembesan selokan atau jamban, serta sifat sadah pada air tanah tersebut. Kesadahan air tanah dapat terbentuk dari CO₂ hasil dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme air, respirasi hewan dan tumbuhan akuatik bereaksi dengan air membentuk H₂CO₃ (Effendi, 2003). pH

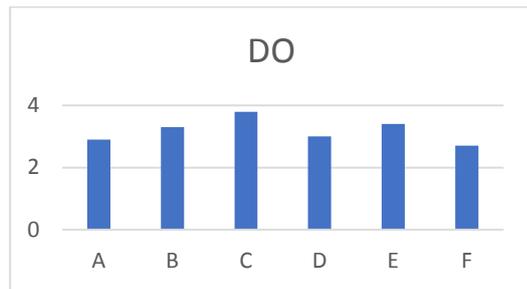
netral untuk air murni adalah 7, jika dibawah 7 maka air bersifat asam dan jika pH air diatas 7 maka air bersifat basa. Tingginya nilai pH pada air tanah wilayah tersebut bisa terjadi karena letak tempat air tanah, sebagian besar berdekatan dengan air selokan, sehingga kadar air selokan dapat meresap ke sumber air tanah yang telah dibuat. Sumber air bersih untuk hygiene sanitasi menurut Permenkes RI Nomor: 32 Tahun 2017 adalah 6,5-8,5, hal ini bisa disimpulkan bahwa sumber air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya 100% tidak layak digunakan karena tidak sesuai dengan baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi yang ditetapkan pemerintah. Air dengan pH terlalu asam atau terlalu basa bisa mengganggu sistem pencernaan, ginjal, lambung, dan pembuluh darah (Hosea, 2006). Selain itu, air yang terlalu asam atau basa tidak dikehendaki oleh karena akan bersifat korosif atau kemungkinan akan sulit diolah (Herlambang, 2006). Hasil pengukuran pH disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran pH air tanah

DO atau oksigen terlarut merupakan kandungan oksigen per miligram yang terdapat dalam satu liter air. Oksigen terlarut sangat penting sebagai parameter kualitas air karena dapat digunakan sebagai indikator proses-proses kimia dan biologi dalam suatu perairan/sumber air (Sudra, 2007). Kandungan oksigen terlarut pada sumber air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya bervariasi, berkisar antara 2,6 sampai 4,1 mg/L. Nilai DO tertinggi 4,1mg/L dijumpai pada air yang diambil dari sumur yang berada pada depan gedung fakultas dakwah, sedangkan yang terendah 2,6 mg/L terdapat pada air yang diambil dari sumur belakang gedung rektorat lama. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar oksigen yang berada di depan Fakultas Dakwah (lokasi C) lebih besar daripada yang dibelakang rektorat lama (lokasi F) jika hal ini dikaitkan dengan parameter sebelumnya pada parameter fisika pada lokasi F ini memiliki air yang lebih bau dibandingkan dengan air di Lokasi C yang tidak berbau. Kebutuhan oksigen terlarut sangat dibutuhkan untuk menjaga

kelangsungan hidup makhluk hidup air. Kurangnya oksigen dalam air ini disebabkan oleh bakteri, protozoa, cacing, dan pencemaran detergen. Jika oksigen dalam air semakin sedikit maka akan terjadi pergeseran kehidupan air dari aerobik menjadi anaerobik. Hasil dari mikroorganisme anaerobik ini adalah gas atau zat-zat beracun yang bau seperti H₂S, CH₄, dan NH₃. Jika semakin sedikit DO menunjukkan bahwa air itu tercemar (Anonim, 2017). Hasil pengukuran DO air tanah disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran DO air tanah

Parameter Biologi

Secara mikrobiologi syarat air bersih yang layak digunakan adalah air yang kandungan total Coliformnya maksimum 50 CFU/ 100 ml. Untuk mengetahui jumlah bakteri dalam menentukan kualitas air dilakukan tiga tahapan, yaitu uji penduga (LB), uji penegasan (BGLB), dan uji penguat. Tiga uji ini dilakukan untuk mendapatkan data yang valid tentang keberadaan bakteri *Coliform* pada air tanah gali di UIN Sunan Ampel Surabaya.

Hasil pengukuran kandungan *Coliform* pada sumber air tanah UIN Sunan Ampel menunjukkan bahwa 100% sumber air gali di 6 lokasi UIN Sunan Ampel Surabaya yaitu A, B, C, D, E dan F semua positif 100% terdapat bakteri *E.Coli*. Ditemukannya bakteri *E. coli* pada sumber air tanah di UIN Sunan Ampel di antaranya disebabkan oleh dekatnya jarak tempat pembuangan air dan jamban dengan sumber air tanah, dinding selokan yang tidak kedap air serta letak geografis UIN Sunan Ampel yang di kelilingi oleh pemukiman padat penduduk. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Iswadi dan Hasanudin (2013) bahwa di temukan *E. Coli* pada air sumur yang terdapat pada pemukiman padat penduduk dengan kondisi septick tank penampung tinja dan sanitasi disekitar sumur kurang terawat, tergenang, berlumpur dan menebarkan bau busuk.

Tingkatan kelas air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Pada PP No. 82 tahun 2001 dituliskan 5 tingkatan kelas berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Kriteria air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya yang dianalisis berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk menentukan tingkatan kelas air, dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Status Tingkatan Kelas Air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan kriteria parameter PP No. 82 tahun 2001

Parameter	Sumber air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya	Kriteria yang ditetapkan pada PP No. 82 tahun 2001	Status Tingkatan Kelas Air Tanah UIN Sunan Ampel Surabaya	
Fisika				
Temperatur	28,9 °C – 30,3 °C	Deviasi 3 dari alaminya	KELAS II	
Kimia				
pH	8,9 – 9,3	6-9		
DO	2,6 mg/L - 4,1 mg/L	3		
Biologi				
Total Coliform	23- >2400/100 ml	5000		

Berdasarkan beberapa parameter yang tercantum pada tabel tersebut diatas dapat diketahui bahwa air tanah di UIN Sunan Ampel terkategori kelas II, dimana dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, sarana/prasarana rekreasi air, mengairi pertamanan, atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Kualitas sumber air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan parameter Fisika 95% memenuhi standar mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi yang ditetapkan pemerintah dengan nilai rata-rata warna 4,71 TCU, dominan sampel tidak berbau dan TDS 541,37 mg/L. Parameter Kimia rata-rata Suhu 25,2°C, Berdasarkan parameter kimia yang berupa pH dengan nilai rata-rata pH 8,92 sumber air tidak standar mutu

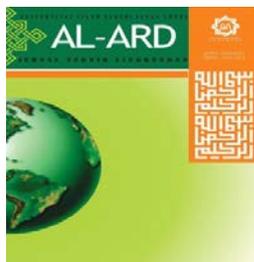
kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi. Berdasarkan parameter biologi sampel D, sumber air tanah tersebut tidak masuk standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi karena jumlah *Coliform* yang melebihi batas maksimal yaitu >2400.

2. Upaya peningkatan kualitas air tanah di UIN Sunan Ampel Surabaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan konstruksi sumur, jarak sumur dengan saluran pembuangan dan jamban.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Irsyadi, M. 2016. *Keefektifan Dosis Ferri Klorida (FeCl₃) Terhadap Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Etanol (Ciu) Desa Bekonang Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo*. Skripsi Tidak Dipublikasikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anonim. 2017. Indikator Kualitas Air: pH, BOD, DO, dan COD. diakses pada 27 Oktober 2018 <http://www.bintangmedia.id/indikator-kualitas-air-pH-BOD-DO-COD>.
- Data Dosen dan Mahasiswa. (2018). <https://forlap.ristekdikti.go.id/perguruan tinggi/detail/>
- Data Tenaga Kependidikan UIN Sunan Ampel. (2018). <https://pegawai.uinsby.ac.id/>
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas air bagi Pengelola Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hasrianti, N. 2016. Analisis Warna, Suhu, pH dan Salinitas Air Sumur Bor di Desa Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*. Vol.2 No.1.
- Herlambang, A. 2006. Pencemaran Air Dan Strategi Penggulungannya. Peneliti Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT. *JAI* Vol. 2 , No.1
- Hikam. (2014). Empat Penyebab Kualitas Air Tanah Menurun. <http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/14/02/27/n1nwdo-empat-penyebab-kualitas-air-tanah-menurun>
- Hosea, D. 2006. Air Mineral. www.mailarchive.com/dokterumum/@yah oogroups/msg01969.html.
- Iswadi & Hasanudin. 2013. Kualitas Air Sumur di Kawasan Pemukiman Mahasiswa Berdasarkan Uji Bakteriologis dengan Bioindikator Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Biologi Edukasi* Edisi 11, Volume 5 Nomor 2.
- Joko, T., 2010. *Unit Air Baku Salam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kumalasari, F dan Satoso, Y. 2011. *Teknik Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi Air Bersih Hingga Layak Minum*. Bekasi: Laskar Aksara
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Bekasi: Penebar Swadaya.
- Marsono. 2009. *Faktor-faktor yang berhubungan dengan Kualitas Bakteriologis Air Sumur Gali di Pemukiman Studi di Desa Karangnom, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Muchlis, dkk. 2017. Analisis Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada Sumur Gali Penderita Diare di Kelurahan Sidomulyo Barat Kota Pekanbaru. *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*. Volume 4 No. 84. <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/DL/article/view/4068>.
- Munfiah, Siti, dkk., 2013. Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. Volume 12 No. 2/Oktober 2013.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum.
- Sasongko, E. B. 2014. Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Volume 12. Issue: 2. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/10530>.
- Slamet, J. S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sudra, I. K. 2007. Kualitas Air Bawah Tanah di Wilayah Pesisir Kabupaten Bandung. *Jurnal Ecotrophic*, 1(2), 1-13

- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *JTL* Vol. 5 No. 2.
- Zulkifli, Arif. 2014. *Dasar-dasar Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Salemba Teknika.



Analisis Kebisingan Kawasan Permukiman di Sepanjang *Frontage Road A.Yani Surabaya*

Dyah Ratri Nurmaningsih¹, Shinfi Wazna Auvaria², Widya Nilandita³

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

dyahratri@uinsby.ac.id

Abstract

Surabaya city is one of the cities in Indonesia which has the most advanced development in various fields, such as economy, education and transportation. Rapid city development has positive and negative impacts. Positive impact such as high technology from various infrastructures for transportation, health, education, entertainment and others that support the daily activities of Surabaya people. The negative impact is the declining quality of the environment, which can cause health problems and community discomfort. The research method uses quantitative descriptive methods. This study analyzes the noise caused by traffic that occurs in residential areas along the frontage road A.Yani Surabaya (Menanggal I, Jemur Gayungan I and Jemur Wonosari Masjid Alley). Noise level values was measured using sound level meter and analyzed using a statistical formula. The results showed the value of the noise level in daytime activity (LS) in Menanggal I settlement was 79.96 dB (A), Jemur Gayungan I settlement was 80.28 dB (A) and Jemur Wonosari Mosque mosque settlement was 78.44 dB (A), and have exceeded the quality standard. Noise control can be done with vegetation barriers at noise sources, settlements and along the frontage road. Reduction of noise level can be done by replacement of wall materials with glass or a combination of glass and brick, as well as a combination design in the interior of the room by adding gypsum board material to the ceiling and room dividers.

Keywords: noise, sound level meters, settlements, frontage road

Abstrak

Kota Surabaya adalah salah satu kota di Indonesia yang termaju perkembangannya diberbagai bidang, seperti perekonomian, pendidikan dan transportasi. Pembangunan kota yang pesat memberikan dampak positif dan negatif. Dampak positifnya seperti kemajuan berbagai sarana prasarana transportasi, kesehatan, pendidikan, hiburan dan lain sebagainya yang mendukung kegiatan sehari-hari masyarakat Kota Surabaya. Adapun dampak negative adalah kualitas lingkungan hidup yang menurun, yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan ketidaknyamanan bagi masyarakat. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menganalisa kebisingan akibat lalu lintas yang terjadi di kawasan permukiman sepanjang *frontage road A.Yani Surabaya* (Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid). Nilai tingkat kebisingan diperoleh dengan alat *sound level meter* dan dianalisa dengan rumus statistik. Hasil penelitian menunjukkan nilai tingkat kebisingan pada aktivitas siang hari (L_s) di permukiman Menanggal I sebesar 79,96 dB(A), permukiman Jemur Gayungan I sebesar 80,28 dB(A) dan permukiman Jemur Wonosari gang Masjid sebesar 78,44 dB(A), dan telah melampaui baku mutu. Pengendalian kebisingan dilakukan dengan barrier vegetasi di sumber kebisingan, permukiman dan sepanjang *frontage road*. Pengurangan kebisingan dapat juga dilakukan dengan penggantian material dinding dengan kaca atau kombinasi kaca dan batu bata, serta desain kombinasi pada interior ruangan dengan menambahkan bahan *gypsum board* pada *plafond* dan penyekat ruang.

Kata kunci: kebisingan, *sound level meter* dan permukiman, frontage road

1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan salah satu kota di Indonesia yang termaju perkembangannya diberbagai bidang, seperti bidang perekonomian, pendidikan dan transportasi. Kegiatan perdagangan, industry, bisnis dan

Pendidikan di Jawa Timur berpusat di Kota Surabaya (Profil Kota Surabaya, 2016). Perkembangan Kota Surabaya yang cukup pesat menarik masyarakat dari berbagai kota di seluruh Indonesia ke Surabaya, baik untuk menetap maupun sementara. Berbagai tujuan

masyarakat urban tersebut diantaranya untuk menimba ilmu di salah satu tempat pendidikan favorit maupun untuk bekerja. Peningkatan jumlah penduduk berkorelasi dengan konsekuensi kebutuhan akan perumahan dan permukiman (Handoko, 2015). Pembangunan kota yang pesat juga memberikan dampak positif dan negatif bagi masyarakat Kota Surabaya. Dampak positif dapat berupa kemudahan, kelengkapan dan teknologi yang tinggi dari berbagai sarana prasarana transportasi, kesehatan, pendidikan, hiburan dan lain sebagainya yang mendukung kegiatan sehari-hari masyarakat Kota Surabaya. Adapun dampak negatif yang dirasakan adalah kualitas lingkungan hidup yang menurun, yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan ketidaknyamanan bagi masyarakat sekitar. Isu lingkungan di kawasan perumahan/permukiman diantaranya pencemaran udara dan kebisingan. Dimana sumber kebisingan yang dominan di lingkungan permukiman berasal dari lalu lintas kendaraan bermotor (Setiawan, 2010).

Lalu lintas merupakan kegiatan pergerakan manusia, hewan dan benda dari satu tempat ke tempat lainnya dengan perantara alat suatu alat. Alat tersebut dapat berupa kendaraan bermotor dan tidak bermotor. Pada saat ini masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan bermotor, karena lebih praktis, efektif dan efisien. Pada kota-kota maju di Indonesia, salah satunya Kota Surabaya, kendaraan bermotor menjadi salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat sebagai sarana untuk menunjang kegiatan sehari-hari. Banyaknya aktifitas kendaraan bermotor yang berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk menjadi salah satu sumber kebisingan terbesar di kota-kota maju di Indonesia.

Menurut peraturan KepMenLH No. Kep-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, pengertian kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Sumber bising, jika dibedakan bentuknya, terdiri dari 2 jenis (Sasongko, 2000) yaitu :

(a) Sumber Titik, merupakan kebisingan yang berasal dari sumber diam atau tidak bergerak. Penyebaran kebisingan dari sumber diam ini, dalam bentuk bola-bola konsentris dengan sumber kebisingan sebagai pusatnya,

serta menyebar di udara dengan kecepatan sekitar 360 m/det.

(b) Sumber Garis merupakan kebisingan yang berasal dari sumber bergerak. Penyebaran kebisingan bergerak ini dalam bentuk silinder-silinder konsentris dan sumber kebisingan sebagai sumbunya dengan menyebar ke udara dengan kecepatan sekitar 360 m/det. Pada jenis ini, kebisingan umumnya berasal dari kegiatan transportasi.

Ada batasan nilai tingkat kebisingan yang masih bisa diterima oleh manusia, yang ditetapkan pada KepMenLH No. Kep-48/MENLH/11/1996 tentang baku mutu tingkat kebisingan. Apabila suara yang diterima pendengaran manusia telah melebihi baku mutu yang ditetapkan, maka akan menyebabkan ketidaknyamanan bahkan dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut dapat berupa gangguan fisiologis, psikologis, komunikasi, keseimbangan, dan pendengaran.

Salah satu kawasan permukiman padat di Surabaya berada di daerah Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid yang teletak di sekitar *fontage road* jalan A. Yani Surabaya. Kawasan *frontage road* ini memberikan dampak positif berupa kemudahan sarana dan prasarana transportasi bagi masyarakat untuk melakukan berbagai kegiatan sehari-hari. Kondisi lalu lintas pada jalan tersebut sangat tinggi, hal ini dikarenakan *fontage road* jalan A. Yani Surabaya sebagai akses jalan utama yang menghubungkan berbagai kegiatan masyarakat Kota Surabaya dalam beraktifitas sehari-hari dari dan menuju pusat Kota Surabaya dari Surabaya Selatan. Sehingga kondisi lalu lintas yang tinggi tersebut mengakibatkan kebisingan yang ditimbulkan dari aktifitas kendaraan bermotor berupa suara mesin, knalpot, gesekan roda dengan permukaan jalan maupun suara klakson. Kebisingan yang disebabkan aktifitas kendaraan bermotor yang tinggi menyebabkan ketidaknyamanan penduduk di permukiman tersebut.

Hakikatnya suatu kawasan permukiman harus memiliki kondisi yang sehat dan nyaman, karena fungsinya sebagai lingkungan hunian dan tempat kegiatan masyarakat sehari-hari. Menurut Peraturan Pemerintah RI No.14 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman, perumahan merupakan kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang

dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.

Padatnya permukiman yang berdampak pada kebisingan masih dapat dikendalikan. Beberapa metode alternatif dapat dilakukan untuk mengendalikan kebisingan, yaitu dengan pengendalian pada sumber kebisingan, pengendalian pada media perantara gelombang suara dan pada penerima suara.

Pengendalian kebisingan dapat dilakukan ketika perencanaan awal suatu pembangunan ataupun pada kondisi setelah pembangunan dilaksanakan. Pengendalian kebisingan pada kondisi setelah pembangunan dilaksanakan seperti yang terjadi pada permukiman Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid, harus dilihat terlebih dahulu karakteristik kondisi lingkungan sekitar, sehingga dapat dilakukan pengendalian atau pengurangan kebisingan yang tepat, sehingga dapat menciptakan suatu permukiman penduduk yang nyaman dan sehat. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisa berapa besar nilai tingkat kebisingan akibat lalu lintas dari aktifitas kendaraan bermotor yang terjadi di sekitar kawasan permukiman penduduk Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid (kawasan frontage road A.Yani). Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif solusi dari permasalahan kebisingan di kawasan pemukiman yang terjadi sesuai dengan karakteristik lingkungannya.

2. METODE PENELITIAN

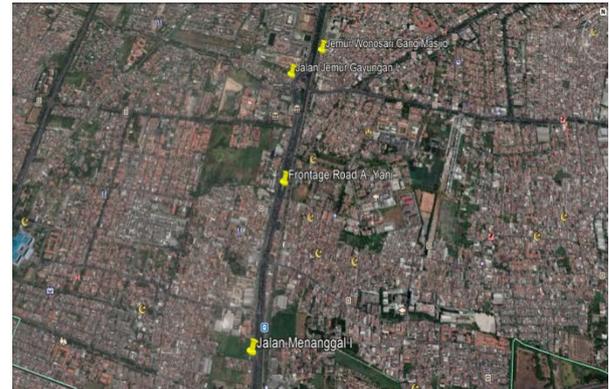
Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menganalisa kebisingan akibat lalu lintas yang terjadi di kawasan permukiman sepanjang *frontage road* A.Yani Surabaya (Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid). Data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh dengan alat sound level meter untuk mengukur nilai kebisingan. Data dianalisa dengan rumus statistik sehingga diperoleh nilai tingkat kebisingan yang terjadi di permukiman.

Nilai tingkat kebisingan dibandingkan dengan baku tingkat kebisingan untuk kawasan perumahan dan permukiman berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996, agar dapat diketahui apakah tingkat kebisingan yang terjadi masih diijinkan atau tidak bagi masyarakat di

sepanjang kawasan permukiman *frontage road* A.Yani yang meliputi Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid.

(a) Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan di kawasan lingkungan permukiman J Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid, yang terletak di sisi *frontage Road* jalan Ahmad Yani Surabaya. Lokasi penelitian dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

(b) Pengambilan Data Penelitian

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan menggunakan alat sound level meter. Sedangkan waktu pengambilan data penelitian dilakukan pada selang waktu 16 jam yaitu antara jam 16.00-22.00 WIB (L1, L2, L3 dan L4) yang diasumsikan sebagai waktu siang hari (LS) dengan aktifitas kendaraan bermotor yang tinggi di *frontage road* jalan Ahmad Yani Surabaya, yang berdekatan dengan kawasan permukiman Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid.

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan dengan waktu 10 menit, dengan pencatatan nilai tingkat kebisingan yang tertera pada alat sound level meter setiap 5 detik pembacaan. Setiap pengukuran yang dilakukan, harus dapat mewakili interval/selang waktu tertentu, dengan menetapkan paling sedikit pada 4 waktu pengukuran yang dilakukan pada siang hari (LS), yaitu:

L1, pengukuran dilakukan selama 10 menit yang mewakili antara jam 06.00 – 09.00

L2, pengukuran dilakukan selama 10 menit yang mewakili antara jam 09.00 – 11.00

L3, pengukuran dilakukan selama 10 menit yang mewakili antara jam 14.00 – 17.00

L4, pengukuran dilakukan selama 10 menit yang mewakili antara jam 17.00 – 22.00

(c) Cara Pengolahan Data Penelitian

Pengolahan data tingkat kebisingan dengan menggunakan analisa statistik, dengan 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 LTM5 dengan rumus = $10 \log \frac{1}{n} \sum T_n.100,1 \text{ Ln dB (A)}$

Selanjutnya diperoleh nilai tingkat kebisingan pada aktifitas siang hari (LS) diperoleh dengan rumus =

$10 \log \frac{1}{16} \sum T1.100,1 L1 + \dots + T4.100,1 L4 \text{ dB (A)}$

Setelah diperoleh nilai tingkat kebisingan, kemudian dibandingkan dengan baku tingkat kebisingan sesuai untuk peruntukannya yaitu kawasan perumahan dan pemukiman. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan tingkat kebisingan yang terjadi, dan apakah tingkat kebisingan masih diperbolehkan atau tidak bagi masyarakat permukiman di kawasan sepanjang jalan frontage road A.Yani, Surabaya. Baku Mutu Tingkat kebisingan diajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Tingkat Kebisingan

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di kawasan sepanjang frontage road A.Yani yang meliputi 3 wilayah permukiman Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid yang merupakan permukiman padat penduduk. Kawasan permukiman ini terletak pada wilayah yang cukup strategis, dikarenakan berdekatan dengan frontage road atau jalan paralel Ahmad Yani Surabaya, yang termasuk jalur akses utama yang menghubungkan Kota Surabaya dengan beberapa kota lainnya.

Tingginya lalu lintas akibat aktivitas kendaraan bermotor di kawasan ini menimbulkan dampak negatif. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan selain polusi udara adalah berupa paparan kebisingan yang diterima masyarakat, terutama pada kawasan permukiman. Selain itu, sumber kebisingan juga berasal dari lalu lintas kereta api yang juga berdekatan dengan kawasan permukiman. Kawasan permukiman di sekitar rel kereta api merupakan salah satu kawasan yang berpotensi terpapar kebisingan (Prihatiningsih, 2019).

b) Analisis Tingkat Kebisingan di Permukiman Menanggal I Surabaya

Hasil pengukuran pada kawasan permukiman Menanggal I Surabaya, pada range waktu 06.00 – 22.00 WIB selama 16 jam (L1, L2, L3, dan L4) yang diasumsikan sebagai waktu siang hari (LS) dengan kegiatan lalu lintas yang tinggi pada frontage road di sisi barat jalan Ahmad Yani, yaitu sebesar L1 = 80,74 dB(A); L2 = 79,97 dB(A); L3 = 79,25 dB(A) dan L4 = 79,86 dB(A). Nilai tertinggi terjadi pada L1 sebesar 80,74 dB(A) yaitu pengukuran yang dilakukan pada range waktu pada jam 06.00-09.00.

Tingginya kebisingan tersebut, disebabkan oleh tingginya lalu lintas kendaraan bermotor karena aktifitas masyarakat menuju tempat kerja. Selain itu, jarak antara permukiman Menanggal I Surabaya dengan frontage road di sisi barat jalan Ahmad Yani juga relatif dekat, yaitu 4 m. Jalur ini juga merupakan salah satu ruas jalan utama dari perbatasan Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo, serta pintu masuk dari luar Kota Surabaya melalui Surabaya Selatan. Faktor-faktor tersebut sangat mempengaruhi terjadinya nilai tingkat

kebisingan yang tinggi pada lingkungan sekitar.

Dari nilai L1, L2, L3, dan L4 tersebut, kemudian diperoleh nilai tingkat kebisingan pada aktifitas siang hari (LS), yaitu sebesar 79,96 dB(A). Besaran nilai tingkat kebisingan tersebut telah melampaui baku mutu pada kawasan perumahan dan permukiman. Hasil nilai tingkat kebisingan dan gambar kondisi lingkungan pada permukiman Menanggal I dijelaskan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Nilai Tingkat Kebisingan di Permukiman Menanggal I Surabaya

Keterangan	Tingkat Kebisingan dB(A)	Baku Mutu dB(A)
L1 (06.00-09.00)	80,74	55
L2 (09.00-11.00)	79,97	
L3 (14.00-17.00)	79,25	
L4 (17.00-22.00)	79,86	
LS	79,96	

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 2. Kondisi Lingkungan Kawasan Permukiman Menanggal I Surabaya

c) Analisis Kebisingan di Permukiman Jemur Gayungan I Surabaya

Lokasi kedua penelitian ini berada di permukiman Jemur Gayungan I Surabaya yang terletak di dekat frontage road sisi barat jalan A. Yani. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai tingkat kebisingan tertinggi terjadi pada L1 yaitu sebesar 82,80 dB(A), yang mewakili waktu pengukuran pada jam 06.00-09.00.

Tingginya nilai L1 disebabkan karena pada jam tersebut merupakan waktu sibuk/ padat aktifitas masyarakat menuju tempat kerja. Tingginya tingkat kebisingan pada jam tersebut juga berkaitan dengan kebiasaan pengendara motor yang memilih memulai mobilitas di waktu tertentu, seperti pada waktu jam puncak/padat di pagi hari (Mutalib, *et al.*, 2018).

Selain itu, permukiman ini juga dekat dengan simpul jalan yang padat kendaraan bermotor dimana arus kendaraan bermotor bertemu dan memencar meninggalkan simpang. Simpul jalan ini adalah dari Bunderan Dolog yang merupakan kawasan padat lalu lintas pada pagi hari dikarenakan jalur ini merupakan simpul menuju pusat kota dan kawasan industri SIER yang melewati jalan Jemursari. Permukiman ini juga memiliki salah satu jalur alternatif dari arah frontage road menuju kawasan permukiman Ketintang. Hal tersebut mempengaruhi semakin tingginya arus lalu lintas kendaraan bermotor yang menjadi sumber kebisingan.

Jarak yang relatif dekat antara frontage road sisi barat jalan A. Yani dengan permukiman, yaitu 4 m juga sangat berpengaruh terhadap tingginya nilai tingkat kebisingan yang terjadi pada sekitar lingkungan tersebut.

Sedangkan nilai tingkat kebisingan pada aktifitas siang hari (LS) yang mewakili pengukuran 16 jam adalah sebesar 80,28 dB(A). Nilai tingkat kebisingan yang didapatkan tersebut telah melampaui baku mutu. Nilai LS yang tinggi juga memberi gambaran bahwa kawasan ini merupakan salah satu kawasan padat lalu lintas hampir sepanjang hari. Nilai baku mutu yang diijinkan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996.

Nilai tingkat kebisingan dan gambaran kondisi lingkungan di kawasan permukiman Jemur Gayungan I Surabaya disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Nilai Tingkat Kebisingan di Permukiman Jemur Gayungan I Surabaya

Keterangan	Tingkat Kebisingan dB(A)	Baku Mutu dB(A)
L1 (06.00-09.00)	82,80	55
L2 (09.00-11.00)	79,85	
L3 (14.00-17.00)	78,19	
L4 (17.00-22.00)	79,58	
LS	80,28	

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 3. Kondisi Lingkungan Kawasan Permukiman Jemur Gayungan I Surabaya

d) Analisis Tingkat Kebisingan di Permukiman Jemur Wonosari Gang Masjid

Lokasi selanjutnya adalah permukiman Jemur Wonosari gang Masjid yang terletak di dekat area frontage road sisi timur jalan A. Yani Surabaya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai kebisingan tertinggi terjadi pada L4 sebesar 80,60 dB(A). Pengukuran L4 dilakukan pada range waktu 17.00-22.00 yang merupakan waktu aktifitas sibuk/ padat masyarakat ketika pulang dari tempat kerja, institusi terdekat, dan aktifitas lain yang banyak terjadi di sore hari, sehingga mempengaruhi tingginya lalu lintas kendaraan bermotor di sepanjang frontage road sisi timur jalan A. Yani Surabaya.

Selain itu, sumber kebisingan juga disebabkan karena adanya aktifitas kereta api dan letaknya juga berdekatan dengan permukiman Jemur Wonosari gang Masjid. Kawasan permukiman Jemur Wonosari Gang Masjid ini juga merupakan salah satu jalan alternatif dari frontage road menuju jalan Jemur Wonosari dan Jemursari. Jalan alternatif ini melewati rumah warga yang cukup padat penduduk.

Sedangkan nilai LS yang merupakan nilai tingkat kebisingan pada aktifitas siang hari, terjadi sebesar 78,44 dB(A). Nilai LS tersebut telah melampaui baku mutu yang diijinkan. Nilai tingkat kebisingan dan gambar kondisi lingkungan permukiman Jemur Wonosari

gang Masjid ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4. Nilai Tingkat Kebisingan di Permukiman Jemur Wonosari Gang Masjid

Keterangan	Tingkat Kebisingan dB(A)	Baku Mutu dB(A)
L1 (06.00-09.00)	77,60	55
L2 (09.00-11.00)	75,90	
L3 (14.00-17.00)	77,70	
L4 (17.00-22.00)	80,60	
LS	78,44	

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. Kondisi Lingkungan Kawasan Permukiman Jemur Wonosari Gang Masjid

e) Hasil Analisis Keseluruhan Titik

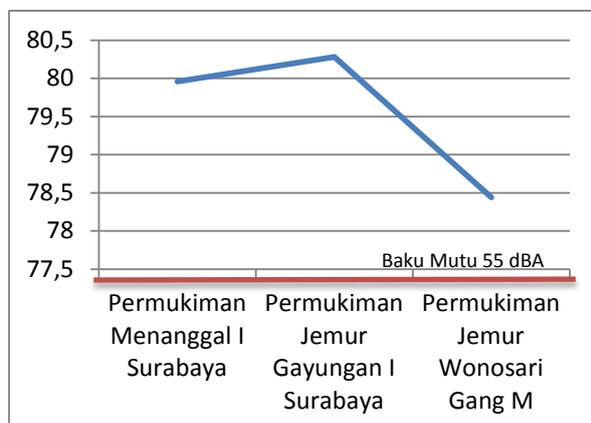
Nilai tingkat kebisingan pada ketiga titik lokasi penelitian, yaitu permukiman Menanggal I, Jemur Gayungan I dan Jemur Wonosari Gang Masjid telah melampaui nilai baku mutu yang diijinkan untuk pemukiman berdasarkan berdasarkan KepMenLH No. Kep-48/MENLH/11/1996. Tingginya tingkat kebisingan di ketiga wilayah tersebut merupakan akibat banyaknya pengguna kendaraan bermotor.

Mobilitas yang cukup tinggi dan padatnya lalu lintas kendaraan di kawasan ini adalah salah satu bukti dari peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Kota Surabaya pada umumnya, dan di kawasan Frontage road pada khususnya. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor Meningkatkan jumlah kendaraan

dapat mengakibatkan peningkatan intensitas bunyi (Triwinarti, 2015).

Setiap tahun terjadi kenaikan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Jawa Timur rata-rata 5-10%. Peningkatan jumlah kendaraan terbesar di Kota Surabaya, terutama untuk kendaraan roda 2 sebesar 7,03% per tahun (Priyambodo, 2018). Tingginya nilai kebisingan juga dikarenakan waktu pelaksanaan pengukuran yang dilakukan pada hari kerja. Tingkat kebisingan yang meningkat pada hari kerja cukup tinggi jika dibandingkan dengan hari libur. Hari kerja yang dimaksud adalah hari senin hingga jumat.

Tingkat kebisingan tersebut terkait dengan mobilitas/aktifitas yang cukup tinggi, dan jumlah kendaraan (terutama bermotor) yang lebih banyak melintas pada hari kerja. Nilai tingkat kebisingan yang telah melebihi ambang baku mutu menyebabkan ketidaknyamanan dan perasaan terganggu pada manusia. Tingkat ketergangguan tersebut dapat dianalisa dengan mengindikasikan nilai tingkat ketergangguan atau tingkat ketidaktergangguan pada masyarakat permukiman terhadap kebisingan yang dilakukan dengan metode skala likert. Hasil perhitungan dengan metode skala likert menunjukkan tingkat ketergangguan masyarakat yang berada di pemukiman. Sebagai salah satu contohnya adalah daerah di kawasan permukiman Sungai Raya di Kecamatan Pontianak Tenggara, yang memiliki nilai kebisingan tertinggi pada satu titik sebesar 68,8 Db pada hari kerja dan 65,8 dB pada hari libur dengan waktu pengukuran pada pukul 06.00-08.00 dan 15.00-17.00, memiliki hasil 51% dengan tingkat ketergangguan sedang terganggu (Alsey dkk, 2017). Nilai tingkat kebisingan pada ketiga lokasi penelitian disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai Tingkat Kebisingan pada 3 Lokasi Penelitian

Gambar 5 menunjukkan tingkat kebisingan paling tinggi di kawasan permukiman frontage road A.Yani berada pada titik I (permukiman Menanggal I Surabaya). Sedangkan tingkat kebisingan terendah adalah titik III (Permukiman Jemur Wonosari Gang Masjid).

Kebisingan dapat berdampak terhadap kesehatan. Dampak yang ditimbulkan tergantung pada berapa lama paparan kebisingan. Tingkat kebisingan yang dapat ditolerir tergantung pada aktifitas yang dilakukan seseorang. Seseorang yang sedang sakit atau beribadah akan terganggu oleh kebisingan yang rendah. Sebuah kawasan pemukiman dan kegiatan pendidikan merupakan kawasan yang membutuhkan tempat dengan kebisingan rendah (Djalante, 2010). Dari hasil analisis di kawasan frontage road A.Yani Surabaya dapat disimpulkan bahwa kawasan permukiman di Kota besar, cenderung tinggi dan dapat melebihi baku mutu. Hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah penduduk yang berkorelasi dengan tingginya mobilitas kendaraan bermotor sebagai salah satu sumber kebisingan.

f) Solusi Pengendalian

Kebisingan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jumlah kendaraan, jarak antara sumber bunyi dengan penerima dan adanya bangunan yang berfungsi sebagai barrier. Pengendalian kebisingan dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kebisingan, ada 3 aspek yang dapat dilakukan sebagai upaya pengendalian tingkat kebisingan yaitu pengendalian pada sumber, pengendalian pada media rambatan dan pengendalian pada manusia (Chaeran, 2008).

Pengendalian kebisingan dapat dilakukan pada aspek penanganan media perambatan suara yaitu aspek arsitektural. Contohnya antara lain pengendalian pada media perantara, yaitu pemanfaatan barrier alami, berupa penanaman tumbuhan yang berfungsi sebagai media penghalang kebisingan yang juga memiliki kemampuan untuk memereduksi kebisingan. Sedangkan penanganan secara non arsitektural dapat dilakukan pada sumber kebisingan (Setiawan, 2010). Beberapa solusi pengendalian yang dapat dilakukan untuk kawasan permukiman sepanjang jalan *frontage road* A.Yani Suarabaya diantaranya:

Menambahkan barrier vegetasi (tanaman jenis rumput) serta peninggian pagar yang dapat memantulkan dan menyerap bunyi dari

kebisingan yang berasal dari jalan raya. Penggantian beberapa material dinding bangunan dengan kaca atau batu bata, atau kombinasi dari keduanya, karena kaca dapat mereduksi kebisingan hingga 20 dB (Hidayati, 2007)

Penanggulangan langsung pada sumber kebisingan dengan menambahkan rambu pada jalan, barrier berupa pagar dan dinding tinggi, serta pembuatan jalur hijau (penanaman pohon) di sekitar area pemukiman (Aley dkk, 2017). Jalur hijau juga bisa diterapkan di sepanjang jalan frontage road A Yani Surabaya, di kedua sisi, yakni sisi yang berbatasan langsung dengan permukiman dan sisi yang berbatasan dengan rel kereta api dan jalan utama (Jl.A.Yani Surabaya).

Pengendalian juga bisa dilakukan dengan desain kombinasi pada interior ruangan. Pengendalian bising interior dilakukan dengan menambahkan bahan yang dapat menyerap bunyi. Bahan yang umum digunakan antara lain bahan *gypsum board* yang digunakan sebagai plafon dan penyekat ruangan. Upaya ini dapat mengurangi tingkat bising yang terjadi di dalam ruangan gedung (Handoko, 2010).

4. KESIMPULAN

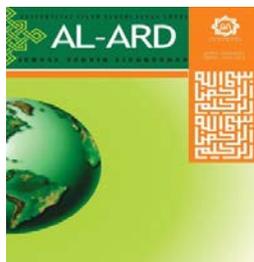
1. Hasil penelitian menunjukkan nilai tingkat kebisingan L_s cukup tinggi. Nilai tingkat kebisingan di permukiman Menanggal I sebesar 79,96 dB(A), permukiman Jemur Gayungan I sebesar 80,28 dB(A) dan permukiman Jemur Wonosari gang Masjid sebesar 78,44 dB(A). Ketiganya telah melampaui baku mutu.
2. Pengendalian kebisingan dengan penambahan barrier tumbuhan/vegetasi di sumber kebisingan, permukiman dan sepanjang jalan *frontage road*. Penggantian material dinding bangunan dengan kaca atau kombinasi kaca dan batu bata, karena kaca dapat mereduksi kebisingan hingga 20 dB. Selain itu desain kombinasi pada interior ruangan dengan menambahkan bahan penyerap seperti penggunaan bahan *gypsum board* pada *plafond* dan pada penyekat ruangan dapat

mengurangi tingkat bising yang terjadi di dalam ruangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aley, F.A., Jati, D.R., Utomo, K.P. 2017. Analisis Tingkat Kebisingan Akibat Arus Lalu Lintas Di Pemukiman Kota Pontianak (Studi Kasus: Pemukiman Sungai Raya Dalam Kecamatan Pontianak Tenggara). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah. Vo.5 No.1. (2017).*
- Djalante, S. 2010. Analisis Tingkat Kebisingan Di Jalan Raya Yang Menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APIL) (Studi Kasus: Simpang Ade Swalayan). *Jurnal SMARTek. Vol. 8 No. 4. November 2010: 280-300.*
- Chaeran, M. 2008. *Tesis: Kajian Kebisingan Akibat Aktivitas di Bandara (Studi Kasus Bandara Ahmad Yani Semarang).* Universitas Diponegoro, Semarang.
- Handoko, Jarwa, P.S. 2010. Pengendalian Kebisingan pada Fasilitas Pendidikan Studi Kasus Gedung Sekolah Pascasarjana UGM Yogyakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Volume 2, Nomor 1, Halaman 32-42.*
- Handoko, Jarwa, P.S. 2015. Perkembangan Spasial Permukiman di Kawasan Tumbuh Cepat Studi Kasus Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan. Nomor 1. Volume 17-Januari 2015, hal 7-16.*
- Hidayati, N. 2007. Pengaruh Arus Lalu Lintas Terhadap Kebisingan (Studi Kasus Beberapa Zona Pedidikan di Surakarta). *Dinamika Teknik Sipil, Volume 7 Nomor 1, Januari 2007 hal 45-54.*
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep- 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan.
- Mutalib, Nur H.A., Mashros, N., Aminudin, E., Zakaria, R., Haron, Z., Talib, M.H.A., Hamid, A.R.A. 2018. Disturbance of Traffic Noise: Evaluation on the Effects and Management on Road Corridors. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 143 . doi:10.1088/1755-1315/143/1/012049.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 14 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman

- Prihatiningsih, Dhanty. 2019. *Pemetaan Tingkat Kebisingan Di Pemukiman Sekitar Rel Kereta Api Kecamatan Gondokusuman*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Priyambodo, 2018, Analisis Korelasi Jumlah Kendaraan dan Pengaruhnya Terhadap di Provinsi Jawa Timur (Correlation Analltic of Vehicles and GDP on East Java Province). *Warta Penelitian Perhubungan* 30 (2018) 59-65
- Profil Kota Surabaya 2016. Diunduh dari <https://surabaya.go.id/id/page/0/17683/profil-kota-surabaya>
- Sasongko, Dwi, P., Agus Hadiyanto., Sudarto P., Hadi. Nasio Asmorohadi., Agus Subagyo. (2000). *Kebisingan Lingkungan*. Badan penerbit UNDIP Semarang.
- Setiawan, M.F. 2010. Tingkat Kebisingan Pada Perumahan di Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, No.2 Volume 12, Juli 2010, hal 191-2*
- Triwinarti, Dyah. 2015. *Studi Kebisingan Lalu Lintas di Kawasan Universitas Brawijaya Malang*. Thesis (sarjana) Universitas Brawijaya. Malang.



Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Penyerapan Emisi Karbon Dioksida dari Sektor Transportasi di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau

Aryo Sasmita¹, Fatatulkhairani²

^{1,2} Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

aryosasmita@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Carbon dioxide emissions are an important issue because they are related to global warming and climate change. Transportation is the sector that contributes the largest carbon dioxide emissions after the industrial sector. Transportation activities in Mandau Sub-district continue to increase along with the increase in population, plus roads in Mandau Sub-district are used as the main crossing routes of the island of Sumatra. Mandau sub-district also has a petroleum industry which is a national strategic industry and several large and medium industries, as well as hundreds of small industries. One way of mitigation that can be done is by utilizing Green Open Space to absorb carbon dioxide emissions. In this study the calculation of carbon dioxide emissions generated from the transportation sector and calculating the absorption of Green Open Space in Mandau District. From this study, it is known that emissions from the transportation sector are 241,155.66-ton CO₂ / year and absorption of carbon dioxide emissions by existing Green Open Space is only 7.55%. For this reason, it is recommended to make efforts to reduce carbon dioxide emissions, namely increasing utilization of mass transportation and building facilities for pedestrians and cyclists. To increase the absorption of carbon dioxide by Green Open Space can be done by adding potential land, and maintaining existing land by increasing community participation.

Keywords: Carbon Dioxide Emissions, Transportation Sector, Green Open Space, Mandau District.

Abstrak

Emisi karbon dioksida merupakan isu yang penting karena berhubungan dengan pemanasan global dan perubahan iklim. Transportasi merupakan sektor yang menyumbangkan emisi karbon dioksida terbesar setelah sektor industri. Aktivitas transportasi di Kecamatan Mandau terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, ditambah lagi jalan di Kecamatan Mandau digunakan sebagai jalur lintas utama pulau sumatera. Di kecamatan Mandau juga terdapat industri minyak bumi yang merupakan industri strategis nasional dan beberapa industri besar dan menengah, serta ratusan industri kecil. Salah satu cara mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan Ruang Terbuka Hijau untuk menyerap emisi karbon dioksida. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari sektor transportasi dan menghitung daya serap Ruang Terbuka Hijau yang ada di Kecamatan Mandau. Dari penelitian ini diketahui bahwa emisi dari sektor transportasi adalah 241.155,66-ton CO₂/tahun dan serapan emisi karbon dioksida oleh Ruang Terbuka Hijau eksisting hanya sebesar 7,55%. Untuk itu disarankan melakukan upaya untuk mengurangi emisi karbon dioksida yaitu peningkatan pemanfaatan transportasi massal dan Pembangunan fasilitas pejalan kaki dan pesepeda. Untuk meningkatkan daya serap karbon dioksida oleh Ruang Terbuka Hijau dapat dilakukan dengan penambahan lahan potensial, dan mempertahankan lahan eksisting dengan meningkatkan peran serta masyarakat.

Kata Kunci: Emisi Karbon Dioksida, Sektor Transportasi, Ruang Terbuka Hijau, Kecamatan Mandau.

1. PENDAHULUAN

Lebih setengah dari penduduk dunia tinggal dipertanian, dimana sistem transportasi yang terpusat di satu tempat, terutama pada jam puncak sering menyebabkan kemacetan (Grote, 2016).

Sektor transportasi menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) yang merupakan gas rumah kaca yang paling penting (Santos, 2017) dan berhubungan dengan pemanasan global dan perubahan iklim (Jamnongchob, 2017). Gas karbon dioksida tersebut berasal dari proses

pembakaran bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan. Laporan IEA (2016) menyebutkan bahwa sektor transportasi menyumbang 20 % emisi yang dihasilkan di dunia. Mengurangi emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi sangat sulit, bahkan lebih sulit dari pengurangan emisi dari sektor kelistrikan, dikarenakan sektor transportasi masih bergantung dari penggunaan bahan bakar fosil.

Perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan langsung atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan (UU No.31 Tahun 2009).

Aktivitas transportasi di Indonesia semakin meningkat ditandai dengan bertambahnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun. Salah satu daerah yang mengalami peningkatan transportasi yaitu Kecamatan Mandau yang berada di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Kecamatan Mandau terletak di jalur Jalan Raya Lintas Sumatera, sekitar 120 km dari Pekanbaru dalam perjalanan menuju Medan. Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Mandau berkembang semakin pesat. Kecamatan Mandau merupakan kecamatan yang memiliki luas wilayah sebesar 937,47 km² dengan jumlah penduduk terbanyak di Kabupaten Bengkalis pada tahun 2017 mencapai 246.185 jiwa dengan persentase peningkatan dari tahun sebelumnya sebesar 1,34% (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis, 2018). Padatnya lalu lintas di Kecamatan Mandau dapat terjadi karena beberapa ruas jalan di Kecamatan Mandau digunakan sebagai jalur lalu lintas Sumatera yang mengakibatkan banyaknya kendaraan bermotor setiap harinya.

Di Kecamatan Mandau terdapat industri Minyak Bumi dan gas yang merupakan industri strategis nasional, oleh karenanya banyak perusahaan yang beroperasi di wilayah tersebut. Selain itu, terdapat pula industri minyak sawit di wilayah Kecamatan Mandau. Terdapat 6 industri besar dan sedang, dan 370 industri mikro (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis, 2018).

Ruang Terbuka Hijau (RTH) mempunyai manfaat keseimbangan alam terhadap struktur kota. RTH mempunyai tujuan dan manfaat yang besar bagi keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan,

kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan itu sendiri. Keberadaan RTH dipertanian merupakan salah satu cara untuk menjaga keseimbangan ekosistem baik sistem hidrologi maupun ekosistem lainnya. RTH sangat diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan air dan udara bersih bagi masyarakat serta menciptakan estetika (Joga, 2011). Selain itu, penyediaan RTH juga merupakan bagian dari mitigasi pemanasan global sehingga dapat digunakan untuk upaya penanganan terhadap meningkatnya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) (Rawung, 2015).

RTH merupakan area yang harus disediakan oleh sebuah kota. Hal ini sejalan dengan ketentuan yang tertuang dalam Undang-Undang nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang pasal 29 yang menyebutkan bahwa proporsi RTH pada wilayah kota minimal 30% dari luas wilayah kota. RTH terdiri atas RTH publik dan privat dimana proporsi RTH publik minimal sebesar 20% dan RTH privat 10% dari luas wilayah kota. Distribusi RTH menurut pasal 30 Undang-Undang Penataan Ruang disesuaikan dengan sebaran penduduk dan hirarki struktur ruang kota. Dengan dasar pertimbangan tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan analisis kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik dalam menyerap emisi karbon dioksida dari kegiatan transportasi di Kecamatan Mandau.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah Kecamatan Mandau. Lokasi penelitian yang dipilih merupakan kawasan dengan tingkat kepadatan yang tinggi dimana terdapat pemukiman penduduk, sarana pendidikan, sarana institusi, dan juga pasar tradisional.

Alat dan Waktu Pengukuran

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Camera Recorder*, digunakan untuk membantu merekam dan memastikan jumlah kendaraan yang melintasi lokasi sampling.
2. Meteran, digunakan untuk mengukur diameter pohon pelindung pada RTH.

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan yang ada di Kecamatan Mandau. Waktu untuk merekam kendaraan yang melintas di ruas jalan dilakukan pada saat jam puncak untuk mendapatkan jumlah kendaraan setiap

harinya yang melewati ruas jalan di Kecamatan Mandau.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survei lapangan untuk jumlah kendaraan bermotor berdasarkan jenis kendaraan yang melewati ruas jalan (*traffic counting*, dan jumlah dan jenis pohon yang terdapat di RTH Kecamatan Mandau.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan Data Sekunder seperti peta administrasi wilayah studi, peta ruas jalan, data satuan mobil penumpang (SMP), dan konsumsi energi spesifik, serta beberapa data pendukung lainnya yang diperoleh dari studi literatur.

Pelaksanaan *traffic counting*

Pelaksanaan waktu sampling dilakukan dengan cara melakukan sampling secara teratur pada pagi dan sore hari dalam satu minggu penuh untuk mendapatkan jumlah kendaraan per hari serta jam puncak dalam satu hari (MKJI, 1997).

$$\text{LHR} = \text{Arus jam puncak} \div k \quad (1)$$

LHR = lalu lintas harian rata-rata

K = faktor kendaraan, 0,09 untuk jalan dalam kota

Pengolahan Data

Dari hasil pengukuran data primer dan didukung data sekunder yang diperoleh, maka selanjutnya data akan diolah guna mendapatkan nilai emisi karbon dioksida dan daya serap karbon dioksida di RTH Kecamatan Mandau.

1. Perhitungan Jumlah Kendaraan Bermotor

Perhitungan jumlah kendaraan bermotor dilakukan pada jam puncak untuk mendapatkan jumlah kendaraan setiap harinya pada setiap jenis jalan, yaitu di jalan arteri, kolektor, dan lokal.

2. Perhitungan Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Perhitungan dilakukan dengan cara (MKJI, 1997):

$$n = m \times \text{FK} \quad (2)$$

n = jumlah kendaraan (SMP)

m = jumlah kendaraan

FK = faktor konversi (SMP/Kendaraan)

3. Perhitungan Emisi CO₂

Dari hasil pengukuran data primer dan didukung data sekunder yang diperoleh, maka selanjutnya akan diolah guna

mendapatkan konsentrasi CO₂ (IPCC, 2006)

$$Q = n \times \text{FE} \times K \quad (3)$$

Q = jumlah emisi (ton CO₂/tahun)

n = jumlah kendaraan (SMP)

FE = faktor emisi (kg CO₂ /liter)

K = konsumsi bahan bakar(liter/100 km)

4. Pengukuran Diameter Batang Pohon pada Lokasi RTH Eksisting

Pengukuran diameter batang setinggi dada atau *Diameter at Breast Height* (DBH) yaitu diukur pada ketinggian 1,3 m di atas permukaan tanah dengan diameter pohon yang diukur ≥ 20 cm (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Selain itu, kandungan penyerapan karbon suatu jenis pohon sangat bergantung pada dimensi (diameter dan tinggi) serta berat jenis kayu (Samsuudin, 2012).

5. Pengolahan Data Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik Eksisting

- Pengolahan data RTH yang berdasarkan pada jumlah dan jenis pohon berkayu pada RTH yang mampu menyerap CO₂, adapun rumus perhitungan sebagai berikut:

$$C = A \times B \quad (4)$$

C = jumlah serapan oleh pohon (ton CO₂/tahun)

A = daya serap CO₂ (sesuai jenis pohon)(kg CO₂/pohon/tahun)

B = jumlah pohon (dikelompokkan berdasarkan jenis pohon)

- Pengolahan data RTH yang berdasarkan pada jenis tutupan vegetasi selain pohon (Rawung, 2015), adapun rumus perhitungan sebagai berikut:

$$C' = A \times L \quad (5)$$

C' = jumlah serapan oleh tutupan vegetasi selain pohon (ton CO₂/tahun)

A = daya serap CO₂ (sesuai jenis tutupan vegetasi) (ton CO₂/ha/tahun)

L = luas tutupan vegetasi (sesuai jenis tutupan vegetasi)

6. Perhitungan Kemampuan Daya Serap CO₂ di Ruang Terbuka Hijau (RTH) Eksisting.

Perhitungan daya serap karbon dioksida di RTH eksisting yaitu berdasarkan pada jumlah serapan seluruh jenis tutupan vegetasi yang dapat menyerap karbon dioksida dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = C_{\text{tot}} + C'_{\text{tot}} \quad (6)$$

Keterangan:

C_{tot} = jumlah seluruh serapan pohon (ton CO_2 /tahun)

C'_{tot} = jumlah seluruh serapan tutupan vegetasi selain pohon (ton CO_2 /tahun)

D = jumlah seluruh serapan jenis tutupan vegetasi (ton CO_2 /tahun)

7. Kemampuan Daya Serap Ruang Terbuka Hijau (RTH) terhadap Emisi karbon dioksida.

Persentase Daya Serap Ruang Terbuka Hijau (RTH) terhadap Emisi karbon dioksida dianalisis dengan membandingkan antara jumlah emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi dengan daya serap karbon dioksida oleh RTH di Kecamatan Mandau.

$$\% \text{ RTH} = \frac{\text{Total Daya Serap RTH}}{\text{Emisi } CO_2} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Jumlah Sampel Jalan Lokasi Penelitian

Kecamatan Mandau tersebut memiliki 2 jalan arteri yang berfungsi sebagai jalan raya lintas sumatera yang menghubungkan Pekanbaru-Medan, dan 2 jalan kolektor yang berfungsi sebagai jalan penghubung antar pusat kegiatan di Kecamatan Mandau, serta 62 jalan lokal yang berfungsi sebagai jalan penghubung antar pusat kegiatan baik nasional ke lokal, maupun lokal ke lingkungan. Dari beberapa jalan yang ada diambil satu atau dua jalan yang dapat mewakili semua jalan di Kecamatan Mandau.

Jumlah sampel jalan arteri yang digunakan sebagai perwakilan lokasi perekaman aktivitas lalu lintas yaitu 1 jalan. Adapun jalan yang dipilih adalah Jalan Hangtuh yang berfungsi sebagai jalan raya lintas sumatera yang menghubungkan Pekanbaru-Medan. Selain itu, jika kedua jalan arteri di Kecamatan Mandau tersebut dibandingkan yaitu Jalan Hangtuh dengan Jalan Jenderal Sudirman akan terdapat perbedaan dimana jumlah kendaraan yang masuk ke Jalan Jenderal Sudirman tersebut dibatasi, seperti kendaraan berat tidak boleh memasuki jalan tersebut dikarenakan adanya aktivitas lokal, contohnya pasar yang menyebabkan terjadinya kemacetan sehingga kendaraan yang masuk tidak dapat berkendara dengan lancar dan berkecepatan tinggi.

Jumlah sampel jalan kolektor yang digunakan sebagai perwakilan lokasi perekaman aktivitas lalu lintas yaitu 1 jalan.

Adapun jalan yang dipilih adalah Jalan Mawar yang mana tingkat kepadatan aktivitas lalu lintasnya lebih tinggi jika dibandingkan jalan Desa Harapan yang terdapat di Kecamatan Mandau. Hal ini disebabkan karena Jalan Mawar digunakan sebagai jalan penghubung dari Jalan Hangtuh ke jalan lokal dan juga penghubung untuk beberapa jalan lokal lainnya karena pada Jalan Mawar ini banyak jalan lokal yang terhubung sehingga banyak kendaraan yang melewati jalan tersebut setiap harinya.

Jumlah sampel jalan lokal yang digunakan sebagai perwakilan lokasi perekaman aktivitas lalu lintas yaitu 1 jalan. Adapun jalan yang dipilih adalah Jalan Pertanian yang berfungsi sebagai jalan penghubung dari Jalan Hangtuh ke jalan lokal lainnya, penghubung antara kedua jalan arteri, dan penghubung untuk beberapa jalan lokal lainnya sehingga banyak kendaraan yang melewati jalan tersebut setiap harinya. Selain itu, pada Jalan Pertanian ini tingkat kepadatan aktivitas lalu lintas lebih tinggi jika dibandingkan jalan lokal lainnya yang terdapat di Kecamatan Mandau dikarenakan adanya terminal bus dan pasar yang berjarak ± 500 m dari pertengahan Jalan Pertanian.

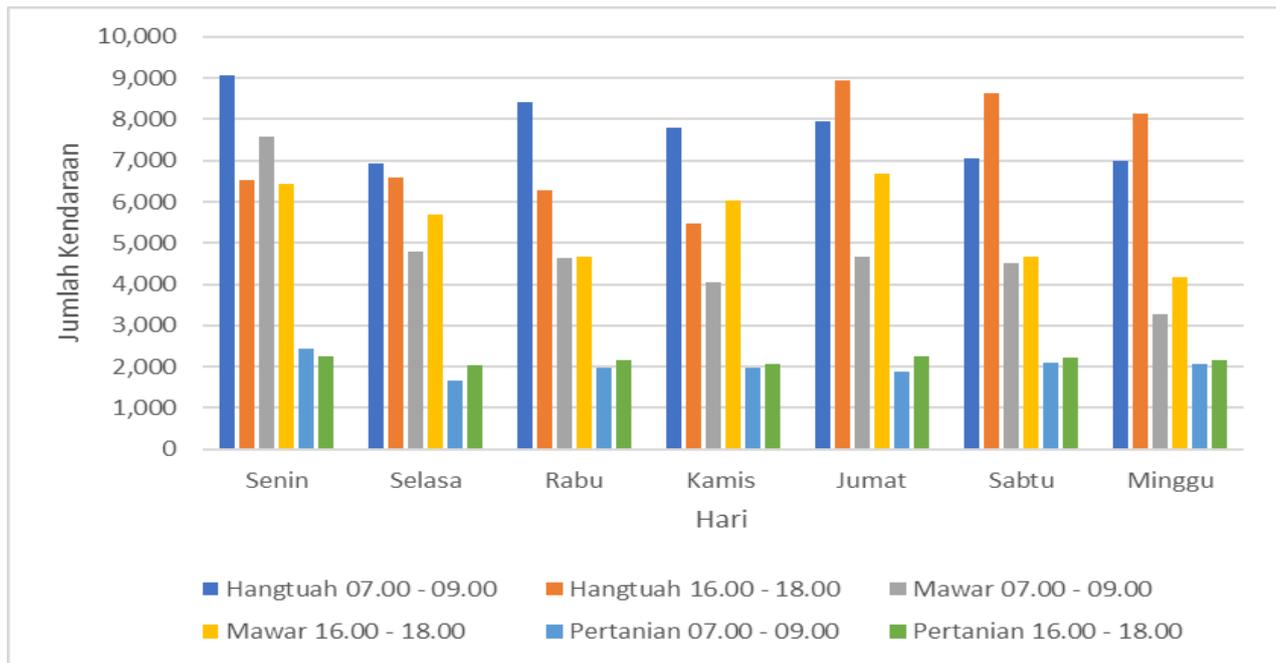
Jumlah Kendaraan Bermotor

Perekaman aktivitas lalu lintas (*traffic counting*) diruas jalan yang menjadi lokasi penelitian ini dilakukan pada pagi dan sore hari selama 1 minggu penuh secara bersamaan untuk setiap jenis jalan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan jumlah kendaraan dari hasil rekaman tersebut sehingga diperoleh data jumlah kendaraan pada pagi dan sore hari untuk setiap jenis jalan. Adapun jumlah kendaraan dan jam puncak terpadat yang terjadi pada setiap jenis jalan dapat dilihat pada Gambar 1

Data yang diperoleh dari Gambar 1 menunjukkan bahwa adanya perbedaan pada jam puncak untuk Hari senin, selasa, rabu, dan kamis dibandingkan dengan hari jumat, sabtu dan minggu yaitu pukul 07.00-09.00 WIB. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kepadatan lalu lintas pada hari tersebut, antara lain: aktivitas kerja, aktivitas sekolah, dan aktivitas pasar. Namun, jam puncak untuk Hari Jumat-Minggu terjadi pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hal ini disebabkan oleh kepadatan lalu lintas menjelang akhir pekan lebih padat pada sore harinya, yang mana terjadinya peningkatan jumlah kendaraan bermotor baik

kendaraan ringan maupun kendaraan berat yang melewati ruas jalan di Kecamatan

Mandau.



Gambar 1. Grafik Jumlah Kendaraan pada saat sampling ttraffic counting

Dilihat dari bentuk kesamaan pola aktivitas lalu lintas ataupun aktivitas masyarakat di hari Senin-Kamis, maka terlihat jumlah kendaraan terpadat pada saat jam puncak yaitu di Hari Senin pagi. Oleh karena itu, untuk perhitungan jumlah kendaraan yang mewakili hari Senin-Kamis yang dipilih adalah Hari Senin, sedangkan untuk Hari Jumat-Minggu dipilih hari jumat.

Konversi Jumlah Kendaraan Bermotor ke Satuan Mobil Penumpang (SMP) dan Jumlah Kendaraan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Pada saat aktivitas kendaraan lalu lintas dalam keadaan normal, kendaraan yang melewati suatu jalan bersifat heterogen atau berbagai macam jenis kendaraan. Salah satu cara untuk memudahkan dalam analisis perhitungan jumlah kendaraan yaitu dengan menyeragamkan jenis-jenis kendaraan tersebut maka cara yang harus dilakukan adalah jumlah kendaraan tersebut dikonversikan ke dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP). Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan lalu lintas harian rata-rata (LHR) atau lalu lintas selama 24 jam dapat menggunakan persamaan 1. Perhitungan konversi jumlah kendaraan dapat dilakukan menggunakan persamaan 2. Hasil konversi jumlah

kendaraan bermotor ke satuan mobil penumpang pada saat jam puncak yang melewati ruas jalan di lokasi penelitian tiap harinya dapat menunjukkan bahwa jumlah kendaraan pada saat jam puncak tersebut dapat mewakili jumlah kendaraan selama 24 jam. Hal ini disebabkan kendaraan yang melewati lokasi penelitian pada saat jam puncak merupakan kondisi terpadat.

Tabel 1 Jumlah Kendaraan Bermotor pada Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Nama Jalan	Bahan Bakar	Jumlah Kendaraan Senin (smp/hari)	Jumlah Kendaraan Jumat (smp/hari)
Hangtuah	Bensin	36.203	35.567
	Solar	14.642	16.496
Mawar	Bensin	28.305	25.378
	Solar	5.984	5.418
Pertanian	Bensin	6.718	6.318
	Solar	234	458

Jumlah Emisi Karbon Dioksida dari sektor transportasi

Dari hasil perhitungan jumlah kendaraan bermotor pada lalu lintas harian rata-rata dan didukung dengan data sekunder yang diperoleh yaitu data konsumsi energi spesifik dan data faktor emisi karbon dioksida dari tiap jenis bahan bakar yang digunakan oleh

kendaraan, dapat diperoleh jumlah emisi karbon dioksida untuk setiap jenis jalan yang digunakan sebagai lokasi penelitian. Perhitungan emisi karbon dioksida dapat dilakukan menggunakan persamaan 2

Tabel 2 Jumlah Emisi Karbon dioksida di Lokasi

Nama Jalan	Total Emisi CO ₂ senin (kg CO ₂ /hari)	Total Emisi CO ₂ Sabtu (kg CO ₂ /hari)
Hangtuah	76.441	77.832
Mawar	7.120	6.393
Pertanian	2.753	2.667

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah emisi karbon dioksida untuk setiap jenis jalan yang terdapat di Kecamatan Mandau, maka dapat diperoleh juga jumlah emisi karbon dioksida untuk setiap kelurahan yang terdapat di Kecamatan Mandau. Dimana data untuk tiap kelurahan dihitung dengan menjumlah emisi tiap jalan yang ada dikelurahan tersebut. Emisi tiap jalan asumsikan sama dengan jenis jalan yang sama, artinya emisi jenis jalan arteri adalah berdasarkan jalan Hangtuah, yang memberdakan adalah Panjang jalanyang ada dikelurahan tersebut. Dengan cara yang sama juga dihitung emisi untuk jalan kolektor dan lokal. Data emisi perhari itu kemudian dihitung untuk emisi pertahunnya. Secara keseluruhan total emisi karbon dioksida untuk setiap kelurahan yang terdapat di Kecamatan Mandau dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Total Emisi Karbon Dioksida untuk Setiap Kelurahan di Kecamatan Mandau

Nama Kelurahan	Total Emisi CO ₂ (ton CO ₂ /tahun)
Talang Mandi	15.927,27
Harapan Baru	756,59
Gajah Sakti	12.741,81
Batang Serosa	8.359,40
Balik Alam	14.078,62
Duri Barat	12.438,31
Duri Timur	5.838,71
Babussalam	8.353,58
Air Jamban	42.397,90
Pematang Pudu	9.532,98
Balai Makam	39.143,80
Petani	17.174,50
Sebangar	39.866,35
Bumbang	4.848,61
Kesumbo Ampai	9.697,22
Total Emisi CO₂	241.155,66

Kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik di Kecamatan Mandau

Berdasarkan data Ruang Terbuka Hijau publik yang dikelola oleh Dinas Perumahan, Permukiman, dan Pertanahan Kabupaten

Bengkalis (2018), diperoleh data RTH publik yang terdapat di Kecamatan Mandau, antara lain: taman kota dengan luas sebesar 368,47 m² atau 0,037 ha dan jalur hijau jalan yang berupa median jalan dan bahu jalan, serta lapangan sepak bola dengan luas 9600 m² atau 0,96 ha. Adapun lokasi jalan yang ditutupi vegetasi tersebut di Kecamatan Mandau yaitu Jalan Jenderal Sudirman, Jalan Hangtuah, Jalan Desa Harapan, dan Jalan Stadion.

Total Kemampuan Daya Serap Ruang Terbuka Hijau terhadap Emisi Karbon Dioksida di Kecamatan Mandau

Setelah diketahui data RTH yang ada, kemudian dilakukan perhitungan daya serap Ruang Terbuka Hijau publik terhadap emisi karbon dioksida menggunakan persamaan (4), (5) dan (6). Berdasarkan hasil perhitungan daya serap karbon dioksida oleh setiap jenis tutupan vegetasi yang terdapat di RTH eksisting Kecamatan Mandau, maka dapat diperoleh nilai total kemampuan daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting di Kecamatan Mandau. Adapun total kemampuan daya serap RTH eksisting di Kecamatan Mandau dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa total kemampuan daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting di Kecamatan Mandau sebesar 18.205,65 ton CO₂/tahun. Nilai penyerapan karbon dioksida tertinggi yaitu pada Kelurahan Air Jamban sebesar 9.052,71 ton CO₂/tahun. Jika dilihat dari jenis RTH eksisting dan jenis tutupan vegetasi yang ada di Kecamatan Mandau, nilai kemampuan daya serap karbon dioksida tertinggi juga terdapat pada Kelurahan Air Jamban yang memiliki sebesar 9.044,02 ton CO₂/tahun untuk RTH dengan jenis tutupan vegetasi berupa pohon pelindung, sedangkan untuk RTH jalur hijau jalan dengan jenis tutupan vegetasi berupa padang rumput memiliki nilai kemampuan daya serap karbon dioksida sebesar 8,69 ton CO₂/tahun.

Faktor yang mempengaruhi besarnya kemampuan daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting di Kelurahan Air Jamban, yaitu adanya pohon pelindung yang banyak ditanami baik di jalur hijau jalan, di halaman sekolah, dan halaman perkantoran, yang mana keberadaan pohon pelindung tersebut tidak hanya sebagai salah satu cara penghijauan, tetapi juga berguna untuk penyerapan terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). Selain itu, tidak hanya pohon pelindung yang banyak

ditanami di Kelurahan Air Jamban, tetapi adanya median jalan di kedua jalan arteri, yaitu Jalan Jenderal Sudirman dan Jalan Hangtuh juga mendukung penyerapan emisi karbon dioksida dari kendaraan yang melintas di kedua jalan tersebut.

Kelurahan dengan nilai penyerapan karbon dioksida terendah yaitu pada Kelurahan Harapan Baru sebesar 2,94 ton CO₂/tahun. Hal

ini disebabkan sedikitnya jumlah pohon pelindung pada RTH eksisting, yang mana pada kelurahan ini terdapat area perkebunan kelapa sawit dan kawasan industri yang dikelola oleh pihak swasta dengan luas wilayah yang cukup besar dan hampir memenuhi keseluruhan dari kelurahan tersebut.

Tabel 4 Total Kemampuan Daya Serap Karbon dioksida oleh RTH Eksisting di Kecamatan Mandau

Nama Kelurahan	JENIS RTH				Total Daya Serap CO ₂ oleh RTH (ton CO ₂ /tahun)
	Taman Kota	Pohon Pelindung	Jalur Hijau Jalan (Bukan Pohon Pelindung)	Lapangan Sepak Bola	
Talang Mandi	0,89	1.347,54			1.348,43
Harapan Baru		2,94			2,94
Gajah Sakti		1.619,80	1,70		1.621,50
Batang Serosa		277,83	3,31	23,04	304,18
Balik Alam		119,47	2,50		121,97
Duri Barat		71,61	2,62		74,23
Duri Timur		72,33	1,44		73,77
Babussalam		140,95	1,15		142,10
Air Jamban		9.044,02	8,69		9.052,71
Pematang Pudu		1.853,56			1.853,56
Balai Makam		2.707,56			2.707,56
Petani		389,80			389,80
Sebangar		512,90			512,90
Bumbang		9,06			9,06
Kesumbo Ampai		11,89			11,89
TOTAL (ton CO₂/tahun)	0,89	18.181,26	21,41	23,04	18.205,65

Persentase Kemampuan Daya Serap Ruang Terbuka Hijau (RTH) terhadap Emisi Karbon dioksida di Kecamatan Mandau

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah menghitung persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida dengan cara membandingkan nilai total daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting dengan nilai total emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Kecamatan Mandau. Persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida dapat dihitung menggunakan persamaan (6). Adapun hasil perhitungan persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida berdasarkan kelurahan yang terdapat di Kecamatan Mandau dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida yang tertinggi, yaitu pada Kelurahan Air Jamban dengan

persentase sebesar 21,35%, sedangkan kelurahan yang memiliki nilai persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida yang terendah, yaitu pada Kelurahan Kesumbo Ampai dengan persentase sebesar 0,12%. Jika nilai persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida pada kedua kelurahan tersebut dibandingkan, maka terdapat perbedaan yang sangat signifikan.

Dalam hal ini, berdasarkan hasil survei lapangan dapat diketahui faktor yang mempengaruhi perbedaan tersebut, antara lain:

1. Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk

Kelurahan Air Jamban memiliki luas wilayah sebesar ± 50 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 64.916 jiwa, sedangkan Kelurahan Kesumbo Ampai memiliki luas wilayah sebesar ± 120 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 5.073 jiwa. (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis, 2018).

Sebagaimana dari hasil survei di lapangan dapat diketahui bahwa hampir secara keseluruhan dari Kelurahan Kesumbo Ampai terdapat area perkebunan kelapa sawit yang cukup luas jika dibandingkan dengan Kelurahan Air Jamban. Selain itu, perbedaan ini juga dipengaruhi oleh jumlah kendaraan bermotor, yang mana dengan semakin luasnya area perkebunan kelapa sawit, maka aktivitas lalu lintas di wilayah tersebut tidak sepadat aktivitas lalu lintas di wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk dan jumlah kendaraan bermotor yang lebih besar. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil survei di lapangan, yaitu untuk kelurahan yang menghasilkan nilai emisi karbon dioksida yang lebih besar

disebabkan oleh kepadatan penduduk dan aktivitas lalu lintas di kelurahan tersebut.

2. Fasilitas Penunjang Kota

Dari hasil survei yang telah dilakukan pada Kelurahan Air Jamban ada 4 sekolah, 3 kantor pemerintahan, dan 1 rumah sakit, serta beberapa jalan baik kolektor maupun lokal yang memiliki RTH dengan jenis tutupan vegetasi, yaitu pohon pelindung dan padang rumput. Akan tetapi, pada Kelurahan Kesumbo Ampai hanya memiliki 1 jalan arteri dengan RTH berjenis tutupan vegetasi, yaitu pohon pelindung yang mana keberadaan pohon pelindung hanya beberapa saja dikarenakan banyak pohon yang tidak memenuhi kategori sebagai pohon pelindung.

Tabel 5 Persentase Kemampuan Daya Serap RTH terhadap Emisi Karbon dioksida Berdasarkan Kelurahan yang terdapat di Kecamatan Mandau

Nama Kelurahan	Jumlah Emisi CO ₂ (ton CO ₂ /tahun)	Jumlah Daya Serap CO ₂ oleh RTH (ton CO ₂ /tahun)	Sisa Emisi CO ₂ (ton CO ₂ /tahun)	Persentase Kemampuan Daya Serap CO ₂ (%)
Talang Mandi	15.927,27	1.348,43	14.578,84	8,47
Harapan Baru	756,59	2,94	753,65	0,39
Gajah Sakti	12.741,81	1.621,50	11.120,31	12,73
Batang Serosa	8.359,40	304,18	8.055,22	3,64
Balik Alam	14.078,62	121,97	13.956,65	0,87
Duri Barat	12.438,31	74,23	12.364,08	0,60
Duri Timur	5.838,71	73,77	5.764,94	1,26
Babussalam	8.353,58	142,1	8.211,48	1,70
Air Jamban	42.397,90	9.052,71	33.345,19	21,35
Pematang Pudu	9.532,98	1.853,56	7.679,42	19,44
Balai Makam	39.143,80	2.707,56	36.436,24	6,92
Petani	17.174,50	389,80	16.784,70	2,27
Sebangar	39.866,35	512,90	39.353,45	1,29
Bumbung	4.848,61	9,06	4.839,55	0,19
Kesumbo Ampai	9.697,22	11,89	9.685,33	0,12

Secara keseluruhan dari hasil perhitungan persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida pada setiap kelurahan yang terdapat di Kecamatan Mandau, dapat diperoleh nilai total persentase kemampuan daya serap RTH terhadap emisi karbon dioksida untuk Kecamatan Mandau. Adapun total kemampuan daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting di Kecamatan Mandau dapat dilihat pada Tabel 6.

Dengan demikian, sesuai hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa RTH eksisting di Kecamatan Mandau belum dapat memenuhi penyerapan emisi karbon dioksida dari kegiatan transportasi di kecamatan tersebut.

Mandau, terutama di kedua jalan arteri yang mana telah terdapat RTH di sepanjang jalan tersebut, namun hanya mampu menyerap

Tabel 6 Total Kemampuan Daya Serap Karbon dioksida oleh RTH Eksisting di Kecamatan Mandau

Keterangan	Satuan	Nilai
Total Emisi CO ₂ oleh transportasi	ton CO ₂ /tahun	241.155,66
Total Daya Serap CO ₂ oleh RTH	ton CO ₂ /tahun	18.205,65
Total Sisa Emisi CO ₂ tidak terserap	ton CO ₂ /tahun	222.929,05
Total Persentase Kemampuan Daya Serap	%	7,55

Berdasarkan hasil survei lapangan yang telah dilakukan terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kurangnya penyerapan karbon dioksida oleh RTH eksisting, yaitu banyaknya jumlah kendaraan setiap harinya yang melewati ruas jalan di Kecamatan sedikit emisi karbon dioksida karena masih di dalam masa pertumbuhan, dimana jenis tutupan vegetasi yang sudah ada berupa

median jalan yang ditanami rumput dan pohon pelindung dengan diameter < 20 cm. Untuk dapat menyerap emisi karbon dioksida secara optimal, dibutuhkan waktu \pm 15 tahun agar dapat memenuhi kategori sebagai pohon pelindung dengan diameter \geq 20 cm.

Selain itu, berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Perumahan, Permukiman, dan Pertanahan Kabupaten Bengkalis (2018), diketahui adanya taman kota di Kecamatan Mandau dengan luas sebesar 368,47 m² atau 0,037 ha. Akan tetapi, setelah dilakukan survei lapangan diketahui bahwa taman kota tidak dapat menyerap secara optimal, dikarenakan kurangnya penanaman pohon, perawatan untuk tanaman itu sendiri, dan *paving block* yang disusun mengelilingi taman kota. Adanya penggunaan *paving block* dapat menghambat proses penyerapan emisi karbon dioksida sehingga tidak dapat bekerja secara optimal. Untuk itu, dengan adanya vegetasi tingkat pohon mempunyai fungsi yang lebih baik untuk mengatasi penggenangan, meningkatkan kapasitas infiltrasi, dan pelestarian air tanah.

Rekomendasi Peningkatan Kemampuan Daya Serap oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Mandau

Dapat dilakukan beberapa upaya untuk mengatasi kekurangan daya serap karbon dioksida oleh RTH eksisting yang terdapat di Kecamatan Mandau, antara lain:

1. Penambahan dan pengoptimalan lahan potensial di Kecamatan Mandau
Dapat dilakukan menambahkan RTH publik berupa taman kota, hutan kota, taman rekreasi kota, lapangan sepak bola, dan jalur hijau jalan
2. Mempertahankan RTH eksisting dan peran serta masyarakat dalam menjaga kearifan lokal
Dikarenakan RTH publik yang terdapat di Kecamatan Mandau belum memenuhi penyerapan emisi, untuk itu baik dari pemerintah maupun masyarakat sangat perlu mempertahankan keberadaan RTH eksisting dalam menjaga kearifan lokal tersebut. Hal itu dapat dilihat dari taman kota yang berada di Kelurahan Talang Mandi, yang mana sekarang ini sudah kurang terawat sehingga diperlukan perhatian dari pemerintah dan masyarakat sekitar untuk dapat menjaga

dan melestarikan taman kota tersebut agar dapat berfungsi secara optimal.

3. Kegiatan mitigasi inti dan menghasilkan penurunan emisi GRK secara langsung pada bidang transportasi

- Penambahan transportasi massal

Saat ini di Kecamatan Mandau belum terdapat penggunaan transportasi massal yang dapat digunakan oleh masyarakat di kecamatan tersebut. Untuk itu, perlu diusulkan ke UPT Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika Kecamatan Mandau agar dapat mengadakan penambahan transportasi massal. Salah satu contoh transportasi massal yang dapat ditambahkan, yaitu bus trans metro. Secara umum, tingginya jumlah emisi karbon dioksida di Kecamatan Mandau ini dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kendaraan pribadi yang digunakan, seperti mobil, sepeda motor. Dengan demikian, adanya penambahan transportasi massal dapat berguna untuk mengurangi emisi karbon dioksida yang disebabkan oleh pengguna kendaraan pribadi.

- Pembangunan fasilitas pejalan kaki (pedestrian walk) dan pesepeda (bicycle lane)

Fasilitas pejalan kaki, khususnya jalur pejalan kaki, dapat berperan dalam mewujudkan Kota Hijau. Adanya fasilitas pejalan kaki dapat mendorong pengembangan sistem transportasi ramah lingkungan dan mengintegrasikannya dengan RTH di perkotaan. Parameter transportasi ramah lingkungan memperlihatkan pola hubungan antara pemanfaatan dari berjalan kaki dan bersepeda, yang mana semakin bergantung terhadap transportasi tidak bermotor.

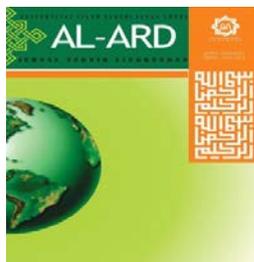
4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Emisi karbon dioksida dari kendaraan bermotor yang melewati ruas jalan di Kecamatan Mandau adalah sebesar 241.155,66 ton CO₂/tahun. Kemampuan daya serap RTH publik eksisting adalah sebesar 18.205,65 ton CO₂/tahun. Sehingga persentase daya serap RTH publik eksisting terhadap emisi karbon dioksida dari kegiatan transportasi di Kecamatan Mandau, yaitu sebesar 7,55% yang mana belum memenuhi penyerapan emisi

karbon dioksida dari kegiatan transportasi di Kecamatan Mandau.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis. 2018. *Kecamatan Mandau Dalam Angka 2017*. Bengkalis
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon - Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. SNI 7724:2011.
- Grote, Matt., Williams, Ian., Preston, John., Kemp, Simon. 2016. Including congestion effects in urban road traffic CO₂ emissions modelling: Do Local Government Authorities have the right options. *Transportation Research Part D* 43 (2016) 95–106
- International Energy Agency (IEA), 2016. *CO₂ emissions from fuel combustion by sector* <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2016.html>. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion*.
- Jamnongchop, Angsumalin., Duangphakdee, Orawan., Hanpattanakit, Phongthep. 2017. CO₂ emission of tourist transportation in Suan Phueng Mountain, Thailand. *Energy Procedia* 136 (2017) 438–443
- Joga, Nirwono., dan Ismaun, Iwan. 2011. *Ruang Terbuka Hijau 30 % Resolusi (Kota) Hijau*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Rawung, F.C. 2015. Efektifitas Ruang Terbuka Hijau Dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca DI Kawasan Perkotaan Boroko. *Jurnal Media Matrasain* Vol.12, No. 2.
- Samsuedin, Ismayadi., dan Wibowo, Ari. 2012. Analisis Potensi dan Kontribusi Pohon di Pekotaan dalam Menyerap Gas Rumah Kaca (Studi Kasus: Taman Kota Monumen Nasional Jakarta). *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 9(1): 42-53.
- Santos, Georgina. 2017. Road transport and CO₂ emissions: What are the challenges?. *Transport Policy* 59 (2017) 71–74
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.



Analisis Kualitas Air Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong, Kecamatan Rengel, Tuban

Dedy Suprayogi¹, Sulistiya Nengse², Abdul Hakim³

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

dsuprayogi@uinsby.ac.id

sulistiya@uinsby.ac.id

Abdul.hakim@uinsby.ac.id

Abstract

Fulfillment of water quality requirements is absolutely necessary to fulfill primary human needs, especially drinking water and clean water sources, both in quantity and quality. Study of the underground caverns found the fact that in terms of quantity of water availability in the reservoir is able to meet the needs of residents of the Rengel District, but qualitatively not yet known the water quality in the reservoir. The purpose of this study was to measure the water quality of underground caves in caves which include temperature, turbidity, TDS, DO and pH. The method used in this study is a qualitative method to measure the value of water quality. The research sample was taken with three repetitions for data validity. The sampling location is the underground cave system with a length of 1 km, sample points include dark zone 1, dark zone 2, dark zone 3, and dim zone. Measurements were taken in the laboratory. The results of the study showed that the average values for temperature, turbidity, TDS, DO and pH were 26.7; 1.9; 348.2; 1.6; and 7.1. The conclusion obtained from this study is that all indicators except DOs meet environmental quality standards set by the government.

Keywords: water quality, Ngerong caves, rivers, karst Tuban.

Abstrak

Pemenuhan syarat kualitas air mutlak diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan primer manusia, khususnya sumber air minum dan air bersih baik secara kuantitas maupun kualitas. Penelusuran terhadap sungai bawah tanah goa ngerong menemukan fakta bahwa secara kuantitas ketersediaan air pada reservoir tersebut mampu memenuhi kebutuhan penduduk wilayah Kecamatan Rengel, namun secara kualitatif belum diketahui kualitas air pada reservoir yang terletak pada daerah karst tuban tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kualitas air sungai bawah tanah goa ngerong yang meliputi suhu, kekeruhan, TDS, DO dan pH. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif untuk mengukur nilai kualitas air. Sampel penelitian diambil dengan tiga kali pengulangan untuk validitas data. Lokasi pengambilan sampel adalah system sungai bawah tanah goa ngerong dengan panjang 1 km, titik sampel antara lain adalah zona gelap 1, zona gelap 2, zona gelap 3, dan zona remang. Pengukuran dilakukan pada laboratorium lapangan dan labkes Kota Surabaya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata untuk suhu, kekeruhan, TDS, DO dan pH adalah 26,7; 1,9; 348,2; 1,6; dan 7,1. Kesimpulan yang di dapat dari penelitian ini adalah bahwa semua indikator kecuali DO memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah.

Kata kunci: kualitas air, Goa Ngerong, sungai bawah tanah, kars Tuban.

1. PENDAHULUAN

Tingginya tingkat pencemaran air dan peningkatan jumlah penduduk berdampak terhadap naiknya kebutuhan air bersih dan air minum baik secara lokal maupun global. Di Indonesia menurut kelompok kerja air minum dan penyehatan lingkungan, pada tahun 2015, pemenuhan air minum secara nasional kurang dari 70% (ampl.or.id, 2018). Hal ini

merupakan kabar yang kurang menggembirakan dimana target *Millennium Development Goals* (MDGs) yang berakhir pada tahun tersebut tidak tercapai. Kemudian, dengan mengadopsi *Sustainable Development Goal* (SDGs) pemerintah mencanangkan pencapaian akses air minum 100% penduduk pada akhir tahun 2019.

Pemenuhan kebutuhan air bersih saat ini tidak hanya terpaku pada jumlah namun juga pada kualitas air yang akan digunakan. Pada tahun 2016, indeks kualitas air Indonesia sebesar 60,38, akan tetapi pada tahun 2017 turun menjadi 58,68 (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2018). Hal ini menunjukkan adanya penurunan kualitas air di Indonesia.

Kondisi geografis Indonesia, terutama pulau Jawa sangat unik. Pulau ini memiliki banyak sekali jenis tanah dari humus, pasir, hingga pegunungan kapur berongga. Keberadaan pegunungan kapur, atau biasa diistilahkan dengan kawasan karst menyebar baik dipesisir selatan maupun pesisir utara pulau Jawa. Pada sisi selatan, terkenal dengan kawasan karst gunung kidul di Yogyakarta hingga pacitan kearah timur dan terus berlanjut hingga pesisir banyuwangi di ujung timur. Sedangkan pada sisi utara, kawasan karst membentang dari daerah Gresik hingga Tuban. Salah satu wilayah karst yang produktif dalam menghasilkan air adalah karst Rengel dengan aliran sungai bawah tanahnya yaitu sistem sungai bawah tanah Goa Ngerong. Goa Ngerong memiliki sungai bawah tanah yang muncul menjadi sungai permukaan dan bermuara di Bengawan Solo.

Senada dengan IUCN terkait dengan peranan penting kawasan karst bagi keanekaragaman dan biodiversitas serta kekayaan khasanah alam, diperlukan usaha bersama untuk menjaga kekayaan dan keunikan kawasan karst baik di permukaan maupun di bawah permukaan, eksokarst dan endokarst. Selama ini masyarakat memandang kawasan karst hanya sebagai kawasan tandus dan kritis yang tidak memiliki potensi. Anggapan ini memicu munculnya paradigma bahwa memanfaatkan kawasan karst hanya dapat dilakukan dengan menambangnya saja. Pemahaman yang demikian berdampak sangat fatal dalam jangka panjang, karena kawasan karst menyimpan potensi sumber air yang melimpah di bawah tanah. Air di simpan batuan gamping di kawasan karst melalui rekahan-rekahan mikro dan akan diakumulasikan di lorong-lorong yang lebih besar dan akan dikeluarkan dalam bentuk mata air melalui mulut-mulut Goa. Keutuhan batuan sebagai penyerap air dan terjaganya kondisi ekosistem Goa yang memiliki sungai bawah tanah akan menjaga ketersediaan dan kualitas sumber air di kawasan karst.

Goa Ngerong merupakan Goa terpanjang di Kawasan Karst Tuban yang terletak di Desa Rengel, Kecamatan Rengel dengan panjang mencapai 1800 m (Prakarsa dan Ahmadidn, 2013). Goa Ngerong memiliki sungai bawah tanah yang muncul menjadi sungai permukaan dan bermuara di Bengawan Solo dengan debit air sekitar 573,7 liter/detik (Rahmadi, 2002). Dengan debit sebesar itu, sungai bawah tanah Goa Ngerong mampu menyuplai kebutuhan air hampir 500.000 orang penduduk sekitar.

Menurut Wardhana, dkk (2013), persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh sumber air bersih antara lain: kualitas, kuantitas, kontinuitas, mudah diperoleh konsumen, dan harga air relative murah. Dengan debit sebesar 573,7 liter/detik (Rahmadi, 2002), sungai bawah tanah Gua Ngerong mampu menyuplai kebutuhan air hampir 500.000 orang penduduk sekitar. Pada musim penghujan, kedalaman air sungai bawah tanah Gua Ngerong lebih dari 3 meter, sedangkan pada musim kemarau sebesar 0,5 hingga 3 meter (Priyowinata, 2010). Hal ini menunjukkan adanya kontinuitas ketersediaan air di Gua Ngerong meskipun pada musim kemarau. Kondisi muara sungai bawah tanah Gua Ngerong yang muncul ke permukaan pun memudahkan masyarakat jika ingin mengambil atau memanfaatkan air tersebut.

Persyaratan air bersih yang belum diperhatikan dari sungai bawah tanah Gua Ngerong adalah dari segi kualitas. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990, kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif. Menurut Said (1999), penyediaan air bersih yang berkualitas memegang peranan penting dalam peningkatan kesehatan lingkungan dan masyarakat. Adanya suplai air bersih yang sehat berkualitas dapat menurunkan angka penderita penyakit, khususnya yang berhubungan dengan air (*waternome diseases*).

Dengan debit yang melimpah, kontinuitas yang mencukupi, dan kemudahan dalam mengakses air maka air sungai bawah tanah Gua Ngerong dapat dijadikan alternatif sumber air bersih bagi masyarakat sekitar. Akan tetapi, masih perlu dilakukan penelitian terhadap kualitas air sungai bawah tanah Gua Ngerong agar air baku tersebut bisa dikatakan

layak atau tidak digunakan sebagai sumber air bersih.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan menganalisis kualitas air sungai bawah tanah Gua Ngerong. Parameter kualitas air yang diukur adalah kualitas fisik yang terdiri atas suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeruhan, sedangkan kualitas kimia diukur adalah pH dan *dissolved oxygen* (DO). Dengan adanya penelitian mengenai kualitas air sungai bawah tanah Gua Ngerong ini, diharapkan ada rekomendasi, baik untuk masyarakat maupun pemerintah mengenai kelayakan air sungai bawah tanah Gua Ngerong sebagai sumber air bersih.

2. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kualitatif dimana sampel diambil secara langsung di sungai bawah tanah goa ngerong.

Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di Gua Ngerong kawasan karst Tuban dan laboratorium kesehatan daerah Kota Surabaya di jl. Gayungsari Barat. Waktu penelitian selama 3 bulan terhitung Juni 2019 hingga Agustus 2019.

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah parameter fisik dan kimia kualitas air. Parameter fisik dan kimia meliputi suhu, pH, kekeruhan, *total dissolved solid* (TDS), dan *Dissolved Oxygen* (DO).

Data dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari studi secara langsung analisis parameter fisik dan kimia kualitas air di Sistem Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong Kawasan Karst Tuban.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Storage box 72 liter
2. Headlamp
3. Sepatu boot
4. Helm caving
5. Perahu karet
6. Thermometer
7. DO meter
8. pH meter air

9. Camera under water

10. Botol sampel 600 ml

Sampel penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada malam hari karena goa ngerong memiliki kekayaan diversitas kelelawar yang sangat tinggi dibandingkan dengan goa lain di Jawa Timur, sehingga waktu yang tepat untuk pengambilan sampel adalah pada malam hari ketika kelelawar keluar sarang. Pengukuran suhu dilakukan secara langsung pada titik pengambilan sampel, sedangkan kekeruhan dilakukan analisis di laboratorium.

Untuk pengukuran sampel pH, DO, dan TDS dilakukan secara langsung di luar goa. Hal ini dikarenakan goa ngerong memiliki karakter gua basah sehingga sangat beresiko jika membawa peralatan elektronik yang non-water resistant masuk ke dalam goa. Alat yang digunakan untuk analisis di lapangan yaitu thermometer, pH meter, DO meter, dan TDS meter. Sedangkan untuk kekeruhan di analisis dengan metode turbidimetri menggunakan turbidimeter.

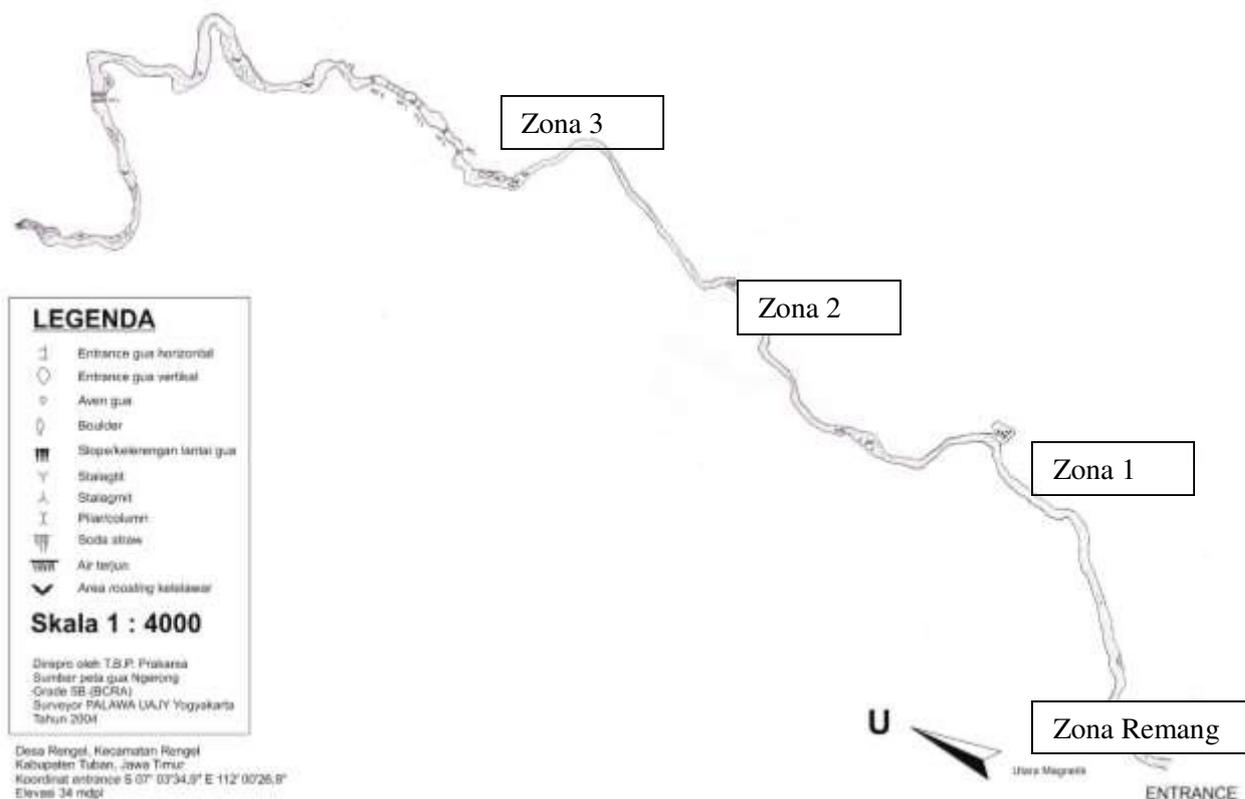
Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pada empat titik yang berbeda yaitu zona gelap 1, 2, 3, dan zona remang. Zona gelap terletak didalam sungai bawah tanah yang tidak mendapatkan cahaya dari luar sama sekali, sedangkan zona remang terletak di dekat mulut gua. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi titik sampling

No.	Nama titik sampel	Keterangan
1.	G1	Zona gelap 1
2.	G2	Zona gelap 2
3.	G3	Zona gelap 3
4.	G4	Zona remang

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Pemilihan titik pengambilan sampel didasarkan pada pembagian empat titik sesuai panjang sungai secara proporsional. Pengambilan titik zona 3 tidak dilakukan pada hulu karena kondisi permukaan sedang tinggi, dimana mulut air terjun di dalam goa tidak dapat dilalui. Zona remang diambil tepat di mulut goa bagian dalam karena titik ini mendapat sedikit cahaya tidak langsung pada saat siang hari. Sedangkan zona 1 dan 2 merupakan perpotongan panjang sungai dari kedua titik sebelumnya. Titik pengambilan sampel ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta aliran sungai bawah tanah Goa Ngerong
(Sumber: Prakarsa, 2013)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisik

Suhu

Parameter fisik pertama yang diukur adalah suhu menggunakan thermometer. Pengukuran dilakukan langsung di lapangan dengan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu Air Bawah Tanah Gua Ngerong

No. sampel	Suhu (°C)			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 1	27,5	26,7	26,7	26,5
Sampel 2	26,6	26,4	26,6	26,6
Sampel 3	27,1	26,5	26,5	26,5
Rata-rata	27,1	26,5	26,6	26,5

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa rata-rata nilai suhu air sungai goa ngerong pada masing-masing titik (Zona 1, Zona 2, Zona 3, dan zona

remang) adalah 27,1 °C; 26,5 °C; 26,6 °C; dan 26,6 °C. Nilai tersebut telah memenuhi baku mutu air minum $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

Temperatur atau suhu air akan mempengaruhi penerimaan masyarakat akan air tersebut dan dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahannya terutama bila temperatur sangat tinggi. Suhu yang diinginkan adalah $\pm 3\text{ °C}$ suhu udara di sekitarnya yang dapat memberikan rasa segar, tetapi iklim setempat atau jenis dari sumber air akan mempengaruhi temperatur air. Disamping itu suhu pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas banyaknya bahan kimia pencemar, pertumbuhan mikroorganisme, dan virus (Suryani, 2013).

Faktor penting yang mempengaruhi tingkat kelimpahan plankton adalah suhu. Suhu air adalah faktor fisika yang sangat penting dalam kehidupan plankton. Suhu air dapat mempengaruhi kecepatan fotosintesis plankton pada badan air. Kecepatan fotosintesis sebanding dengan suhu air pada

tingkatan tertentu hingga mencapai titik jenuh.

Dengan menggunakan data trend kawasan karst di Jura, Swiss, (Jeannin, 2016) menemukan bahwa setidaknya telah terjadi kenaikan suhu sekitar 0,5 °C dalam 25 tahun terakhir. Data dan analisisnya menunjukkan bahwa pemecahan karbonat meningkat dengan cepat seiring dengan pemanasan global. Dengan menggunakan perhitungan tersebut, dengan mengabaikan faktor pengganggu, maka rata-rata suhu air sungai bawah tanah Goa Ngerong akan naik menjadi 27-27,5 °C dalam waktu 25 tahun ke depan.

Perbedaan suhu dapat terjadi karena perbedaan lokasi antar titik pengambilan sampel, arah aliran air, waktu pengukuran, dan pengaruh musim. Suhu air dapat mempengaruhi kelimpahan jumlah plankton, dimana pada umumnya plankton dapat hidup pada kisaran suhu 20-30°C, dengan suhu yang optimal bagi pertumbuhan plankton adalah 29-31°C.

Kekeruhan

Parameter fisik yang diukur selanjutnya adalah tingkat kekeruhan, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat kekeruhan air bawah tanah Gua Ngerong

No sampel	Tingkat kekeruhan (NTU)			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 1	1,50	1,44	1,69	0,91
Sampel 2	4,39	1,33	0,78	1,64
Sampel 3	3,91	2,32	1,03	1,59
Rata-rata	3,27	1,69	1,17	1,38

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata tingkat kekeruhan pada masing-masing titik adalah 3,27 NTU; 1,69 NTU; 1,17 NTU; dan 1,38 NTU. Nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu air minum yaitu 25 NTU.

Turbiditas atau kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya zat yang tersuspensi seperti lumpur, plankton, zat organik dan zat halus lainnya. Turbiditas tidak memiliki hubungan langsung dengan zat padat tersuspensi, karena turbiditas tergantung dari ukuran dan bentuk butir partikel, sedangkan zat padat tersuspensi tergantung dengan zat yang tersuspensi tersebut.

Kekeruhan air sungai bawah tanah Gua Ngerong masih di bawah baku mutu semua karena air tanah memang cenderung memiliki kekeruhan yang rendah. Hal ini karena air limbah tidak secara langsung mengkontaminasi ke dalam air tanah. Air hujan atau air limbah yang terinfiltrasi ke dalam tanah otomatis akan terfiltrasi secara alamiah oleh butiran tanah. Sehingga air yang meresap ke dalam tanah kualitasnya lebih sedikit.

Dalam penelitiannya di sungai bawah tanah akuifer bawah tanah lembah Seine, Prancis, Massei menyatakan bahwa kekeruhan menjadi kontaminan utama dalam air bersih. Pada akuifer sistem sungai karst sendiri, kekeruhan dapat dipengaruhi oleh curah hujan, ketinggian air, dan konduktansi spesifik. Curah hujan dan ketinggian air dapat mempengaruhi kekeruhan badan air dalam waktu yang relatif singkat, sedangkan konduktansi spesifik dapat mempengaruhi kekeruhan air dalam jangka waktu yang lebih lama (Massei, 2006).

Total Dissolved Solid (TDS)

Untuk parameter fisik selanjutnya adalah *Total Dissolved Solid* (TDS), dilakukan pengukuran di luar goa dengan menggunakan TDS meter, yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai TDS air sungai bawah tanah gua ngerong

No sampel	Nilai TDS (mg/L)			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 1	339	349	349	350
Sampel 2	350	350	348	351
Sampel 3	348	345	350	349
Rata-rata	345,7	348	349	350

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata TDS di masing-masing titik pengambilan sampel adalah 345,7 mg/L; 348 mg/L; 349 mg/L dan 350 mg/L. Hasil tersebut masih memenuhi baku mutu air minum yaitu 1.000 mg/L. Senada dengan Jiang (2018) dalam risetnya menemukan bahwa pada kawasan karst di provinsi Guangxi, China ditemukan bahwa rata-rata nilai TDS pada sungai yang ada di daerah tersebut jauh lebih kecil dari nilai baku mutu lingkungan yaitu 232mg/l. Hal ini bertolak belakang dengan hasil penelitian TDS pada daerah pertambangan dimana nilai TDS dapat

naik hingga hamper mencapai 60% dari baku mutu yang ditetapkan (Yang, 2018).

TDS atau biasa disebut dengan jumlah zat padat terlarut merupakan indicator jumlah partikel atau zat, baik organik maupun anorganik yang memiliki ukuran di bawah 1 nanometer. TDS dalam air tanah bisa diakibatkan oleh mineral atau zat yang terbawa oleh air. Akan tetapi karena ketika air masuk ke dalam tanah, air akan melewati butiran-butiran tanah yang berpori sehingga pengotor akan terfilter secara alamiah. Oleh karena itu TDS dalam tanah biasanya kecil.

Keberadaan tambang pada kawasan karst seperti karst Tuban wajib diwaspadai, karena secara tidak langsung dapat meningkatkan nilai TDS yang berarti akan menurunkan kualitas air karena melewati baku mutu yang telah ditetapkan.

Parameter Kimia

(Kadar Oksigen Terlarut)

Oksigen terlarut dalam air berpengaruh pada keberlangsungan hidup organisme dalam air. Oksigen terlarut di habitat perairan merupakan persyaratan penting untuk bertahan hidup. Persyaratan rata-rata untuk oksigen terlarut oleh ostracodes berada dalam margin yang sangat sempit 7,3-9,5 mg / L.

Parameter kimia yang diukur adalah kadar oksigen terlarut yang diukur menggunakan alat DO meter. Pengukuran dilakukan langsung di lapangan dengan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kadar oksigen terlarut (DO) pada masing-masing titik sampling adalah 2,1 mg/L; 1,9 mg/L; 1,3 mg/L; dan 1,3 mg/L. nilai ini berada di bawah nilai DO normal berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tanggal 14 Desember 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Nilai DO untuk kualitas air kelas I dan II untuk standar air minum dan air bersih adalah 4-6 mg/L. air bawah tanah cenderung memiliki koandungan oksigen terlarut yang rendah dikarenakan kontak dengan udara yang minim, serta pergerakan air yang terbatas. Selain itu, fitoplankton dalam sungai bawah tanah terbatas karena akses sinar matahari sangat kecil bahkan tidak ada sama sekali pada zona gelap.

Tabel 5. Kadar Oksigen Terlarut Air Bawah Tanah Gua Ngerong

No sampel	Kadar Oksigen Terlarut (mg/L)			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 1	2,5	1,5	1,4	1,4
Sampel 2	2,1	1,4	1,4	1,2
Sampel 3	1,7	2,9	1,2	1,2
Rata-rata	2,1	1,9	1,3	1,3

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Tidak adanya proses fotosintesis mengakibatkan minimnya oksigen yang terlarut dalam air. Kadar oksigen terlarut dalam air sebagian tergantung pada aktivitas kimia, fisik, dan biokimia yang terjadi di dalam air. Oksigen memiliki kelarutan terbatas dalam air yang berhubungan langsung dengan tekanan atmosfer dan berbanding terbalik dengan suhu air dan salinitas.

Tingkat oksigen terlarut rendah dapat membatasi metabolisme bakteri dari senyawa organik tertentu. Dengan menggunakan model regresi (Mahler, 2013) membuat hipotesis bahwa rendahnya nilai DO pada system sungai bawah tanah lebih diakibatkan karena rendahnya debit atau tingginya penarikan air tanah serta peningkatan suhu air tanah sebagai akibat dari perubahan iklim.

Kadar oksigen yang terlarut dalam suatu badan air dinyatakan sebagai oksigen terlarut (DO) yang dinyatakan dengan satuan mg/L. oksigen sangat penting fungsinya untuk proses metabolisme biota air (Suryani, 2013). berdasarkan penelitiannya pada ekosistem perairan pantai, tidak ditemukan perbedaan yang berarti antara ekosistem terumbu karang alami dengan terumbu karang buatan, dimana ekosistem alami memiliki kadar DO sebesar 7,01 mg/L dan ekosistem terumbu karang buatan memiliki nilai DO 7,31 mg/L.

pH

Parameter kimia yang diukur selanjutnya adalah pH menggunakan pH meter. Pengukuran dilakukan langsung di lapangan di luar goa dengan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. pH Air Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong

No sampel	pH			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 1	7,1	7,1	7,1	7,1
Sampel 2	7,0	7,0	7,1	7,0

No sampel	pH			
	G1	G2	G3	G4
Sampel 3	6,9	7,1	7,0	7,1
Rata-rata	7,0	7,1	7,1	7,1

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pH pada masing-masing titik pengambilan sampel adalah 7,0; 7,1; 7,1; dan 7,1. Hasil tersebut memenuhi baku mutu lingkungan hidup pengelolaan kualitas air yaitu 6-9.

Derajat keasaman digunakan untuk menentukan sifat asam dan basa suatu zat atau larutan. Perubahan pH di suatu badan air sangat berpengaruh terhadap proses reaksi fisika-kimia maupun biologi dari berbagai organisme yang hidup didalamnya. Derajat keasaman juga berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemar serta kelarutan beberapa gas dalam pembentukan zat didalam air tersebut. Nilai pH air digunakan untuk menggambarkan kondisi keasaman atau konsentrasi ion hidrogen dalam air. Skala pH berkisar antara 1-14. Kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam sedangkan pH 7-14 termasuk kondisi basa, sedangkan pH 7 merupakan kondisi netral (Ningrum, 2018).

Dari rata-rata nilai pH yang diperoleh dari hasil pengukuran sampel air dalam tanah Goa Ngerong dapat diambil kesimpulan bahwa air dalam tanah Goa Ngerong telah memenuhi baku mutu air untuk keperluan hygiene sanitasi dengan nilai pH 7,1 yaitu tidak melebihi maupun kurang dari baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 6,5-8,5 dalam Peraturan Menteri Lingkungan Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Parameter Kimia Kualitas Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi.

Berdasarkan Tabel 6 diketahui tingkat Suhu pada seluruh stasiun 26,4 – 27,5 °C. Nilai derajat keasaman (pH) di seluruh stasiun berkisar antara 6,9-7,1. Kecerahan dan pencahayaan merupakan faktor utama bagi kehidupan plankton, khususnya adalah fitoplankton karena berpengaruh pada proses fotosintesis plankton (Hardiyanto, *et al.*, 2012).

Derajat keasaman (pH) juga dapat berpengaruh pada proses laju fotosintesis, pH optimal bagi plankton berkisar antara 6-9 (Hardiyanto, *et al.*, 2012). Penelitian yang lain pada sistem sungai bawah tanah Goa temu Giring, nilai indikator pH berkisar antara 7,5-8 sehingga masih dapat mendukung pertumbuhan plankton.

Secara umum kondisi kualitas air dalam sistem sungai bawah tanah juga fluktuatif seperti pada badan air permukaan tanah. Hal itu terkait dengan perubahan cuaca, curah hujan, dan sebagainya. Berdasarkan penelitian dari Musgrove (2019) pada akuifer karst di Texas, Amerika Serikat, diperlukan setidaknya 6 series data tiap tahunnya agar didapatkan hasil yang kuat terkait dengan kualitas air di dalam sistem sungai bawah tanah kawasan karst. Data tersebut antara lain adalah suhu, pH, konduktansi spesifik dan oksigen terlarut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan hasil uji laboratorium didapatkan bahwa sebagian besar sampel penelitian suhu, kekeruhan, TDS, dan pH masih memenuhi baku mutu lingkungan hidup berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990, kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan. Sedangkan kualitas DO terlalu rendah, sehingga tidak memenuhi baku mutu.

5. ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alihar, F. (2018). Penduduk dan Akses Air Bersih di Kota Semarang. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, No.1 Vol. 13. (67-76).
- Adji, CN. dan E. Haryono. 2004. *Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Halim, F., Kawet, L., & Jasin, M. (2014). Alternatif Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih untuk Zona Pelayanan IPA SEA Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, No. 2 Vol. 2 (107-114).
- Hardiyanto, R., Suherman, H. & Pratama, R. I., 2012. Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton di Waduk Saguling, Desa Bongas dalam Kaitannya dengan Kegiatan Perikanan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol, 3, No, 4. Hal. 51-59

- Jeannin, P.-Y., Hessenauer, M., Malard, A., & Chapuis, V. (2016). Impact of global change on karst groundwater mineralization in the Jura Mountains. *Science of The Total Environment*, 541, 1208–1221.
- Jiang, H., Liu, W., Zhao, T., Sun, H., & Xu, Z. (2018). Water geochemistry of rivers draining karst-dominated regions, Guangxi province, South China: Implications for chemical weathering and role of sulfuric acid. *Journal of Asian Earth Sciences*, 163, 152–162.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2018). *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2017*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kimprasil. (2002). *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Bagian 6: Air Minum Perkotaan*. Direktorat Jendral Ciptakarya.
- Mahler, B. J., & Bourgeais, R. (2013). Dissolved oxygen fluctuations in karst spring flow and implications for endemic species: Barton Springs, Edwards aquifer, Texas, USA. *Journal of Hydrology*, 505, 291–298.
- Massei, N., Dupont, J. P., Mahler, B. J., Laignel, B., Fournier, M., Valdes, D., & Ogier, S. (2006). Investigating transport properties and turbidity dynamics of a karst aquifer using correlation, spectral, and wavelet analyses. *Journal of Hydrology*, 329(1-2), 244–257.
- Musgrove, M., Solder, J.E., Opsahl, S.P., Wilson, J.T., 2019. *Data for timescales of water-quality change in a karst aquifer, south-central Texas*. U.S. Geological Survey data release.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*.
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, No.1 Vol. 10 (1-12).
- Prakarsa, TBP. 2013. *Diversitas, Karakteristik Habitat Roosting, dan Analisis, Mangsa Alami Kelelawar Subordo Microchiroptera Penghuni Gua di Kawasan Karst Tuban dan Karst Menoreh*. Tesis. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Priyowinata, A. 2010. *Pemanfaatan Sungai Bawah Tanah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) 20 kW di Gua Ngerong, Desa Rengel, Tuban*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Said, N.I. (1999). *Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sapparudin. (2010). Pemanfaatan Air Tanah Dangkal sebagai Sumber Air Bersih di Kampus Bumi Bahari Palu. *Jurnal SMARTek*, No. 2 Vol. 8 (143-152).
- Suryani, E. 2013. *Keanekaragaman Zooplankton di Perairan Pantai Lekok Kabupaten Pasuruan. Sripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang. Hal 75
- Susanti, R. (2010). Pemetaan Persoalan Sistem penyediaan Air Bersih untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Penyediaan Air Bersih di Kota Sawahlunto. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, No. 2 Vol. 21 (111-128)
- Wardhana, I. W., Budihardjo, M. A., & Adhesti, S. (2013). Kajian Sistem Penyediaan Air Bersih Sub

Sistem Bribin Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 10(1), 18-29. doi: 10.14710/presipitasi.v10i1.18-29

Yang, Y., Guo, T., & Jiao, W. (2018). Destruction processes of mining on water environment in the mining area combining isotopic and hydrochemical tracer. *Environmental Pollution*, 237, 356–365.

Yassin, M. O., Kawet, L., Halim, F., & Jasin, M. (2013). Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih untuk Zona Pelayanan IPA Pilolodaa Kota Gorontalo. *Jurnal Sipil Statik*, No. 12 Vol. 1 (801-806)