

## PENGEMBANGAN MODEL KONSTRUKSI SUMUR RESAPAN DALAM MENURUNKAN BOD DAN COD PADA AIR LIMBAH RUMAH TANGGA

Abdul Ganing<sup>✉</sup>, Zrimurti Mappau

Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju

---

### ARTICLE INFO

#### Article History

Submitted : 2019-07-02

Revised : 2019-07-31

Accepted : 2019-07-31

---

#### Keywords:

*Treatment Wastewater*

*Aerobic*

*Anaerobic*

*Biofilter*

*Coconut Fiber*

---

### ABSTRACT

The entry of domestic wastewater into the aquatic environment will result in major changes in the physical, chemical and biological properties of the waters such as temperature, turbidity, recruited oxygen concentration, nutrients, and production of toxic materials. The level and extent of the effect that is generated on these aquatic organisms is highly dependent on the type and amount of pollutants entering the waters. Changes in the balance between physical-chemical and biological factors in an environment due to the presence of polluting compounds that can affect organisms in that environment. One way to find out how far the pollution load on wastewater is by measuring BOD and COD. Efforts to process domestic waste (greywater) in a simple way, namely by processing aerobic and anaerobic biofilter. The purpose of this study is to develop a household wastewater treatment system with an infiltration well model. This type of research is experimental research with the method of one group post test. Analysis of laboratory tests conducted at the Mamuju Ministry of Health's Integrated Polytechnic Laboratory to determine the effectiveness of household wastewater treatment using the infiltration well construction model, in reducing BOD and COD levels. The wastewater treatment system with the approach of infiltration well construction model effectively decreases BOD by an average of 92.69% from the initial level of 287 mg/L to 20.97 mg/L and COD an average of 85.72% from the initial level of 562 mg/L to 80.25 mg/L. The results of the study were declared effective and fulfilled the quality standard requirements of PermenLHK No.P68 of 2008 concerning domestic waste quality standards. It is recommended to do media types, and use variations in residence time.

---

#### ✉ Corresponding Author:

Abdul Ganing

Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju

Telp. 08114001763

Email: [abdulganing17@gmail.com](mailto:abdulganing17@gmail.com)

---

### PENDAHULUAN

Menurut data status lingkungan hidup Indonesia tahun 2002, tidak kurang dari 400.000 m<sup>3</sup>/hari limbah rumah tangga dibuang langsung ke sungai dan tanah, tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu (antara news, 2006). Bila dibandingkan sekarang, tentu limbah rumah tangga sudah jauh dari 10 tahun yang lalu, dimana pertambahan penduduk semakin meningkat. terutama di kota-kota besar di Indonesia.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, air limbah domestik terdiri dari parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), TSS, pH, minyak dan lemak yang apabila keseluruhan parameter

tersebut dibuang langsung ke badan air penerima, maka akan mengakibatkan pencemaran air. Oleh karena itu sebelum dibuang ke badan penerima air, terlebih dahulu harus diolah sehingga dapat memenuhi standar air yang baik.

Masuknya air limbah domestik ke dalam lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan-perubahan besar dalam sifat fisika, kimia, dan biologis perairan tersebut seperti suhu, kekeruhan, konsentrasi oksigen terlarut zat hara, dan produksi dari bahan beracun. Tingkat dan luas pengaruh yang ditimbulkan terhadap organisme perairan tersebut sangat tergantung dari jenis dan jumlah bahan pencemar yang masuk ke perairan. Salah satu cara untuk mengetahui seberapa jauh beban

pencemaran pada air limbah adalah dengan mengukur BOD dan COD (Mika Septiawan, 2013).

Beberapa teknik yang dapat dilakukan dalam mengolah limbah domestik adalah teknik Fisika, Kimia dan Mikrobiologi. Salah satu upaya mengolah limbah domestik (*greywater*) dengan cara sederhana yaitu dengan pengolahan *biofilter aerob* dan *anaerob*. Konsep teknologi pengolahan dengan *biofilter aerob* anaerob merupakan suatu istilah dari reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang menempel pada suatu media filter dan membentuk *biofilm (attached growth)*. Pengolahan ini adalah pengolahan yang sangat mudah dan sangat murah dari segi operasional. *Biofilter* dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik. (Wijeyekoon *et al*, 2000).

Sabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah didapatkan dan merupakan hasil samping pertanian. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Penggunaan serat sabut kelapa sebagai *biosorben* untuk menghilangkan logam berat dari perairan cukup tinggi karena serat sabut kelapa mengandung lignin (35% - 45%) dan selulosa (23% - 43%) (Carrijo, *er.al*, 2002)

Pernyataan tersebut dapat dinyatakan bahwa serat sabut kelapa sangat berpotensi sebagai *biosorben* karena mengandung selulosa yang di dalam struktur molekulnya mengandung gugus *karboksil* serta lignin yang mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Selulosa dan lignin adalah *biopolimer* yang berhubungan dengan proses pemisahan logam berat (Pino, *et.al.*, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian kadar COD dengan menggunakan *biosorben* limbah sabut kelapa sawit dengan kandungan 40% selulosa dan lignin, menggunakan variasi berat sebesar 750 gr, 500 gr, 250 gr, dengan waktu 7 hari dan 2 kali pengulangan dalam setiap sampel menunjukkan penurunan konsentrasi COD yang cukup signifikan yaitu 180 mg/L, 180 mg/L, 140 mg/L, 140 mg/L, 100 mg/L, dan 100 mg/L. (Nurrahman, 2015)

Atas dasar itulah muncul pemikiran dasar pengembangan pengolahan air limbah domestik rumah tangga menggunakan sistem sumur resapan dengan pendekatan pengolahan *biofilter aerob-anaerob*, dengan media kerikil serta sabut kelapa dan indikator kadar BOD dan COD.

Batasan permasalahan dalam penelitian ini meliputi sampel air limbah domestik yang bersal dari warga Tadui, Parameter kimia yang akan diuji yaitu; BOD, COD dan pH, pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Mamuju, sedangkan untuk pengolahan limbah, dilakukan di Bengkel Kerja Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes.

#### METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dengan metode *one group post test*, yang dilanjutkan dengan analisis uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Mamuju untuk mengetahui efektivitas pengolahan air limbah rumah tangga dengan menggunakan model konstruksi sumur resapan, dalam menurunkan kadar BOD dan COD.

#### HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan *Biofilter Aerob-Anaerob* dengan Media Kerikil dan Sabut Kelapa dengan Indikator Penurunan BOD<sub>5</sub>, COD yang dilakukan di Workshop Jurusan Kesehatan Lingkungan, dan diperiksa di laboratorium terpadu Poltekkes Kemenkes Mamuju, maka diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar BOD pada tiap pengolahan, dengan rata-rata penurunan sebesar 92.69%. penurunan BOD terbesar terjadi pada percobaan ke III (tiga) dengan besar selisih penurunan kadar BOD sebanyak 266.03 mg/L atau sebesar 92.69% dari kadar awalnya.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan percobaan yang dilakukan semuanya mengalami penurunan kadar COD yang signifikan dan telah memenuhi syarat standar baku mutu, adapun rata-rata penurunan kadar BOD yakni sebesar 85,72% dari kadar awal 562 mg/l menjadi 80.25 mg/l dengan besar selisih penurunan sebanyak 481.75 mg/L.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan BOD

NO	PENGO LAHAN	AWAL (mg/L)	SETELAH PENGOLAHAN (mg/L)	SELISIH PENURUNAN (mg/L)	PERSENTASE PENURUNAN (%)	STANDAR BAKU MUTU (mg/L)
1	P. I	287	24.76	262.24	91.37	30
2	P. II	287	19.93	267.07	93.06	
3	P. III	287	18.21	268.97	93.66	
<b>Rata-Rata</b>		<b>287</b>	<b>20.97</b>	<b>266.03</b>	<b>92.69</b>	

Keterangan: P.I, P.II, P.III (Percobaan I, II dan III)

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan COD

NO	PENGO LAHAN	AWAL (mg/L)	SETELAH PENGOLAHAN (mg/L)	SELISIH PENURUNAN (mg/L)	PERSENTASE PENURUNAN (%)	STANDAR BAKU MUTU (mg/L)
1	P.I	562	87.35	474.65	84.46	100
2	P.II	562	74.63	487.37	86.72	
3	P.III	562	78.77	483.23	85.98	
<b>Rata-Rata</b>		<b>562</b>	<b>80.25</b>	<b>481.75</b>	<b>85.72</b>	

## PEMBAHASAN

### Kadar BOD dan COD Limbah Sebelum dan Setelah Pengolahan

#### Kadar BOD Limbah

BOD dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan. Pada hasil penelitian awal yang dilakukan didapatkan data bahwa kadar BOD sampel limbah domestik yang diperiksa sangat tinggi dan melebihi standar baku mutu yang dipersyaratkan yaitu sebesar 287 mg/L atau setara dengan 13 kali lebih besar dari baku mutunya.

Setelah dilakukan pengolahan secara Anaerob-aerob dengan metode biofilter melekat, diperoleh angka penurunan kadar BOD yang signifikan. Penurunan tertinggi terjadi pada percobaan ke 3 (tiga), yakni sebesar 93,66%. Penurunan kadar BOD terjadi karena adanya proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui bantuan *biofilter* kerikil dan sabut kelapa yang digunakan sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Bahan organik akan diuraikan oleh

mikroorganisme menjadi gas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan gas H<sub>2</sub>S inilah yang menimbulkan bau (Wiryani, 2007).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Arie Herlambang, (2005), yang menyatakan bahwa pemakaian media *biofilter* dapat lebih meningkatkan efisiensi proses pengolahan limbah tahu dan tempe secara nyata dibandingkan pengolahan tanpa mempergunakan *biofilter* untuk setiap waktu tinggal. Berdasarkan penelitian Arie Herlambang tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, dimana efisiensi penyisihan konsentrasi BOD hasil pengolahan pada kolam (*pond*) lebih kecil dibandingkan dengan pengolahan pada reaktor drum. Hal ini dikarenakan pada reaktor drum terdapat media *biofilter* yang merupakan tempat dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media sedangkan pada kolam (*pond*) mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi didalam suatu reaktor tanpa menggunakan *biofilter*.

Penelitian Arie Herlambang (2005), berhasil menurunkan konsentrasi BOD pada

reaktor pengolahan limbah cair tahu dan tempe yang menggunakan *biofilter* dengan efisiensi penurunan nilai BOD rata-rata berkisar 53,33% – 91,36% dengan waktu tinggal berkisar 1 – 7 hari. Pada penelitian Nusa Idaman Said (2005), diperoleh efisiensi penurunan konsentrasi BOD pada pengolahan limbah cair pencucian jeans dengan proses *biofilter* anaerob-aerob menggunakan media bioball dengan waktu tinggal 1 – 3 hari sebesar 85% – 92%, sehingga outlet hasil pengolahan ini aman untuk dibuang ke badan air.

Pada penelitian ini penguraian yang dilakukan secara biologis dibedakan menjadi dua tahapan yakni secara aerob dan anaerob, Proses anaerob merupakan proses pengolahan limbah secara biologi tanpa membutuhkan oksigen. Dalam proses ini, bakteri anaerobik yang aktif akan membentuk asam organik dan CO<sub>2</sub> selanjutnya, bakteri *methane* (*methanogenic bacterial*) akan mengubah asam organik menjadi *methane* dan CO<sub>2</sub>. Sedangkan pada proses aerob, pengolahan limbah oleh bakteri membutuhkan penambahan suplay oksigen, dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aerator *bubble*, penambahan suplay oksigen tersebut dimaksudkan untuk mempercepat proses metabolisme bakteri sehingga mampu melakukan penguraian secara optimal.

Penggunaan dua jenis metode pengolahan (anaerob-aerob), dimaksudkan untuk mempercepat proses degradasi dengan menggunakan dua jenis mikroorganisme, penempatan bak anaerob sebelum bak pengolahan aerob dilakukan untuk meminimalkan endapan lumpur yang mungkin terbentuk selama proses pengolahan. Pengolahan dengan menggunakan metode aerob menghasilkan endapan lumpur dengan skala sedang-tinggi, sedangkan pengolahan dengan menggunakan metode anaerob menghasilkan endapan dengan skala rendah-sedang (Ananta praditya, 2013), berdasarkan hal tersebut maka bak pengolahan anaerob ditempatkan di awal untuk mengoptimalkan pengolahan dengan hasil endapan lumpur seminimal mungkin sehingga tidak menyumbat proses peresapan pada sumur resapan akhir.

#### Kadar COD Limbah

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa telah terjadi penurunan kadar COD yang signifikan untuk

semua periode percobaan. Penurunan kadar COD setelah pengolahan menunjukkan bahwa penggunaan metode pengolahan secara anaerob-aerob, menggunakan media biofilter kerikil dan sabut kelapa efektif untuk menurunkan kadar COD pada air limbah.

Penurunan kadar COD setelah pengolahan terjadi karena adanya proses degradasi oleh mikroorganisme yang ditumbuhkan sebagai biofilter melekat pada media penyaringan. Selain itu penurunan kadar COD juga dipengaruhi oleh adanya proses adsorpsi oleh media sabut kelapa. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Potensi penggunaan serat sabut kelapa sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari perairan cukup tinggi karena serat sabut kelapa mengandung lignin (35% – 45%) dan selulosa (23% – 43%) (Carrizo,dkk.2002). Serat sabut kelapa sangat berpotensi sebagai biosorben karena mengandung selulosa yang di dalam struktur molekulnya mengandung gugus karboksil serta lignin yang mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Selulosa dan lignin adalah biopolimer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam-logam berat (Pino,dkk.2005).

Serat selulosa dan lignin terkandung dalam semua jenis tanaman palma, termasuk jenis kelapa sawit. Nurrahmah; 2015, melakukan penelitian serupa dengan media limbah sabut kelapa sawit dalam menurunkan kadar COD dalam air limbah pengolahan sagu, dan dari hasil penelitian diperoleh penurunan kadar COD yang signifikan yaitu 20 mg/L untuk hasil akhir setelah pengolahan dengan waktu tinggal 7 hari dan memenuhi Menteri Lingkungan Hidup Nomor Kep Men LH no. Tahun 2003 tentang baku mutu limbah domestik, dimana kadar maksimal COD dalam air limbah industri kelapa sawit sebesar 300 mg/L. Sehingga limbah cair sagu tersebut dapat/layak dibuang ke badan air.

#### Model Konstruksi Sumur Resapan

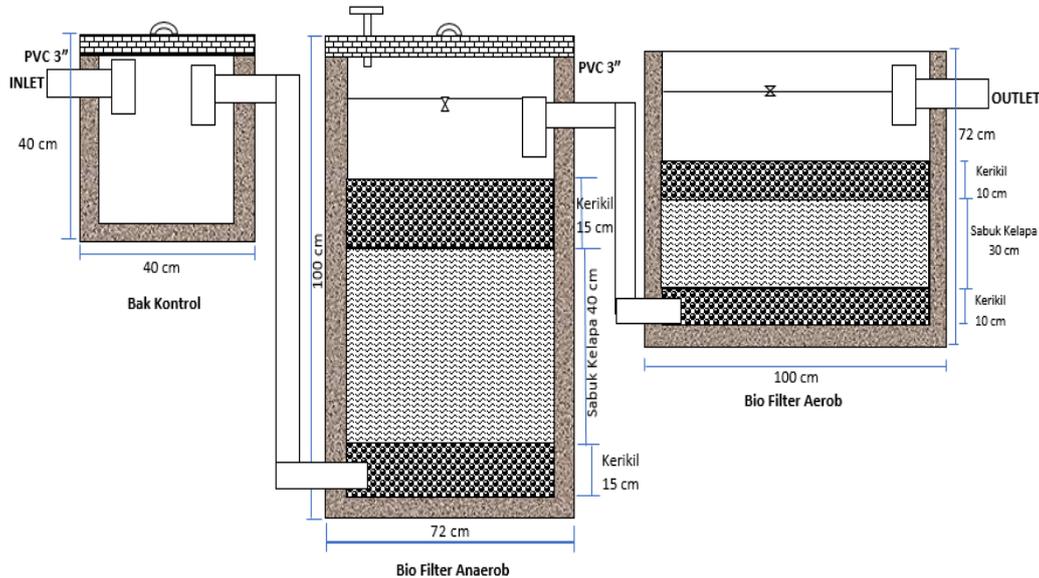
Dari hasil pemeriksaan sebelum dan setelah pengolahan, dapat dinyatakan bahwa sistem pengolahan dengan metode biofilter melekat menggunakan media kerikil dan sabut kelapa efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah domestik rata-rata kadar BOD yang didapatkan setelah pengolahan yaitu; 20.97 mg/l dengan baku mutu 30 mg/L, sedangkan COD rata-rata sebesar 80.25 mg/L

dengan baku mutu 100 mg/L. dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa air limbah hasil pengolahan telah aman untuk dibuang ke lingkungan.

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air limbah kedalam lubang atau sumur agar air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah. Tujuan utama dari sumur resapan adalah memperbesar

masuknya air ke dalam akuifer tanah sebagai air resapan (infiltrasi). Air tanah tersebut dapat dimanfaatkan kembali melalui sumur-sumur atau mata air yang dapat dieksplorasi setiap saat (Kusnaedi, 2011).

Adapun rancangan model bangunan SPAL sumur resapan yang direncanakan berdasarkan pendekatan model penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 1. Perencanaan SPAL Rumah Tangga

Model sistem pengolahan air limbah pada gambar 4.1 dibuat dengan pendekatan model penelitian, adapun perencanaan ukuran SPAL resapan tersebut disesuaikan untuk 1 rumah dengan jumlah penghuni 6 orang, dengan rincian ukuran sebagai berikut;

Dasar perhitungan luas bangunan yakni:

- Jumlah penghuni rumah : 6 orang
- Estimasi kebutuhan air bersih: 150 L/org/hari.
- Debit limbah yang dihasilkan 60 – 80% kebutuhan air bersih:

$$Q = 150 \times 80\% = 120 \text{ L/org/Hari}$$

Untuk jumlah penghuni 6 orang = 720 L/hari atau 30 L/jam

- Volume bak pengolahan I & II berdasarkan penelitian yang dilakukan: 30cm x 30cm x 50cm atau setara dengan (45 L) dikurang 1/3 ruang bebas

udara menjadi 30 L, jadi volume total bak pengolahan P.I + P.II = 60L.

- Perbandingan volume bak percobaan dengan debit air limbah rumah tangga 30:720 atau setara 1:24.

Luas bangunan SPAL

- Grease trap:  $1 \text{ m}^3$  (  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ) disesuaikan dengan debit air limbah harian yang diperoleh yaitu  $0.72 \text{ m}^3/\text{hari}$ , dengan menambahkan ruang bebas udara  $\pm 1/3$  bagian.
- Bak Pengolahan I : 24 kali volume bak percobaan atau  $24 \times 0.03 \text{ m}^3 = 0.72 \text{ m}^3$  (  $1 \text{ m} \times 0.72 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ).
- Bak pengolahan II : 24 kali volume bak percobaan atau  $24 \times 0.03 \text{ m}^3 = 0.72 \text{ m}^3$  (  $1 \text{ m} \times 0.72 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ).
- Bidang resapan: disesuaikan dengan angka percolation rate (berbeda untuk tiap jenis kondisi tanah).

**KESIMPULAN**

Gambaran model sumur resapan air limbah yang aman dalam penelitian ini adalah sistem pengolahan dengan metode biofilter melekat dengan menggunakan media kerikil dan sabut kelapa yang terbukti efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah domestik sesuai dengan PermenLHK RI.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih disampaikan kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Mamuju atas pemberian ijin dan pembiayaan terhadap penelitian ini serta pemerintah Provinsi Sulawesi Barat yang telah mengizinkan melakukan penelitian dan responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bakri,. 2010. *Penentuan Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa*. Jurnal Mekanikal, Vol. 1 No. 1 Januari 2010 : 23 – 29, 15 Mei 2006, ISSN 1412 7784. Universitas Hasanudin Makasar
- Bonifasia Tripina Suligundi.2013. *Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Karet Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Yang Dilanjutkan Dengan Reaktor Activated Carbon*. Jurnal Teknik Sipil Untan . Vol 13 No.1, Juni.
- Fahmi Agus Priyo, dkk. 2013. *Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD Dan COD Limbah Tapioka Dengan Metode Rotating Biological Contactor . Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Hal. 21-26Malang
- Indriyati, (2005), *Pengolahan Limbah Cair Organik secara Biologi Menggunakan ReaktorAnaerobik Lekat Diam*, pusat Pengkajian dan penerapan Teknologi Lingkungan,BPPT.
- Indriyati. 2007. *Unjuk Kerja Reaktor Anaerob Lekat Diam Terendam dengan Media Penyangga Potongan Bambu*, Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan.
- Kasam; Yulianto, Andik; dan Sukma, Titin. 2005. *Penurunan Chemical Oxygen Demand dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa*". *Jurnal Logika*. Vol. 2(2),
- Khusnul Amri dan Putu Wesen. 2014. *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik Bioball*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 7 No.2, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jawa Timur.
- Marsono. 1999. *Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*. Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan ITS
- Mika septiawan, dkk. 2014. *Penurunan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail Dengan Sistem Constructed Wetland*. Indonesian Journal Of Chemical Science. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/2863>.
- Nururrahmah. 2015. *Uji Efektivitas Limbah Sabut Kelapa Sawit Terhadap Penurunan Kadar COD Pada Limbah Cair Sagu*. Jurnal Dinamika, vol.6. Universitas Cokroaminoto, Palopo
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (PerMenLHK RI) NO: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.I/8/2016
- Polaris Nasution, dkk. 2014. *Karakteristik Fisik Komposit Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan*. Jurnal Berkala Perikanan Terubuk, Vol 42(2) Juli 2014 Hal 89-92,
- Standar Nasional Indonesia No.6989.72:2009. *Tentang Cara Uji Oksigen Biokimia*
- Standar Nasional Indonesia No. 09-6989.15:2004. *Tentang Cara Uji Oksigen Kimiawi*
- Wijeyekoon et al, 2000. *Growth And Novel Structural Features Of Tubular Biofilms Produced Under Different Hydrodynamic Conditions*. Article in Water Science & Technology 41(4-5). [https://www.researchgate.net/publication/255575313\\_Growth\\_and\\_novel\\_structural\\_features\\_of\\_tubular\\_biofilms\\_produced\\_under\\_different\\_hydrodynamic\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/255575313_Growth_and_novel_structural_features_of_tubular_biofilms_produced_under_different_hydrodynamic_conditions)
- Winardi. 2001. *Studi Kinerja Penyisihan Organik Pada Sequencing Batch Reaktor Aerob dengan Parameter Rasio Waktu Pengisian Terhadap Waktu Reaksi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.