

PEMANFAATAN *EFFECTIVE MICROORGANISM* (EM) LIMBAH SAYUR UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY

Annisa Rifka Alifia dan Rhenny Ratnawati

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana

Email: ratnawati@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Limbah laundry mengandung kandungan deterjen dan fosfat yang menyebabkan pencemaran lingkungan, eutrofikasi dan gangguan kesehatan cukup serius pada manusia. Alternatif teknologi pengolahan limbah laundry yang ramah lingkungan salah satunya menggunakan Effective Microorganism (EM). Pemanfaatan limbah sayur sebagai EM dilakukan karena sayuran yang mengalami pembusukan mempunyai banyak mikroorganisme yang terkandung. Mikroorganisme dalam sayuran dianggap dapat melakukan penurunan limbah organik. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji efisiensi penurunan kadar COD dan fosfat pada air limbah laundry menggunakan EM limbah sayur. Jumlah reaktor terdiri dari 4 reaktor dimana pemberian dosis EM secara berturut-turut yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi tertinggi kadar COD dengan dosis 0%, 5%, 10% dan 15% adalah 10.2%, 43.9%, 51% dan 59.9%. Sedangkan untuk kadar fosfat efisiensi penurunan tertinggi dengan dosis 0%, 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut yaitu sebesar 0.7%, 53.2%, 56.5% dan 65.2%. Dosis yang efektif untuk menurunkan COD dan fosfat pada limbah laundry adalah 15%.

Kata Kunci: COD, Effective Microorganism, Fosfat, Limbah Laundry, Limbah Sayur.

ABSTRACT

Laundry waste contains detergent and phosphate which cause environmental pollution, eutrophication and serious health problems in humans. One of the alternative technologies for laundry waste treatment that is environmentally friendly is Effective Microorganisms (EM). Utilization of vegetable waste as EM is carried out because decomposing vegetables have many microorganisms contained. Microorganisms in vegetables are thought to reduce organic waste. This research aimed to assess the efficiency of reducing COD and phosphate levels in laundry wastewater using EM vegetable waste. The number of reactors consisted of 4 reactors where the EM dosage was 0%, 5%, 10% and 15%, respectively. The results showed that the highest efficiency levels of COD with a dose of 0%, 5%, 10% and 15% were 10.2%, 43.9%, 51% and 59.9%. Whereas for the phosphate level the highest reduction efficiency was at a dose of 0%, 5%, 10% and 15% respectively, namely 0.7%, 53.2%, 56.5% and 65.2%. The effective dose to reduce COD and phosphate in laundry waste is 15%.

Keywords: COD, Effective Microorganisms, Phosphate, Laundry Waste, Vegetable Waste.

PENDAHULUAN

Limbah *laundry* adalah salah satu limbah cair yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Konsentrasi fosfat yang dihasilkan dari kegiatan usaha *laundry* berbanding lurus dengan jumlah usaha tersebut. Limbah cair *laundry* sangat toksik bagi lingkungan karena mengandung deterjen yang sangat tinggi. Deterjen yang digunakan pada usaha *laundry* mempunyai kemampuan daya cuci yang cukup baik (Majid, dkk, 2017). Selain mengandung deterjen, limbah *laundry* juga mengandung fosfat yang menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia (Utomo, dkk, 2018). Nutrisi yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi atau pertumbuhan alga lebih cepat sehingga menghalangi masuknya sinar matahari dan oksigen pada perairan (Majid, dkk, 2017). Teknologi pengolahan limbah *laundry* yang ramah lingkungan salah satunya metode biologis dengan mikroorganisme (Putra dan Ratnawati, 2019).

Effective Microorganism (EM) adalah bioteknologi yang dikembangkan untuk memperbaiki kondisi tanah dan air (Saputra dkk, 2014). EM adalah kultur campuran mikroorganisme yang bersifat fermentatif, peragian dilakukan untuk menurunkan pencemar dan meningkatkan unsur hara (Kartasura dan Haryaningsih, 2015). Dari sekian banyak mikroorganisme, terdapat 4 golongan bakteri pokok pada EM yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp*, ragi (*yeast*), dan *Actinomycetes*.

Pada penelitian yang dilakukan Noviyanti dkk (2017) dengan pemanfaatan EM limbah cair tahu yang digunakan untuk mengolah limbah cair hotel didapatkan efisiensi penurunan COD dan BOD tertinggi sebesar 38,09% dan 60,93% terjadi saat penambahan EM sebanyak 25 ml pada limbah cair hotel yang akan diolah sebanyak 1 liter serta dengan waktu tinggal selama 6 hari. Adapaun Dosis EM yang digunakan pada setiap reaktor adalah 10 ml, 15 ml, 20 ml dan 25. Ramlan (2017) melakukan penelitian penambahan EM pada limbah cair hotel dengan dosis EM4 yang digunakan pada setiap reaktor adalah 1 ml, 2 ml dan 3 ml. Penelitian tersebut menghasilkan penurunan kadar COD mempunyai rata-rata sebesar 72,5% dengan dosis penambahan EM sebanyak 3 ml/L.

Penelitian yang dilakukan oleh Widiastuti (2016) menggunakan EM limbah sayur pada limbah cair domestik menyebutkan bahwa efisiensi penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair domestik masing-masing sebesar 73% dan 78%. Dosis EM limbah sayur ditambahkan sebanyak 10% dari total volume limbah yaitu 6 liter selama 5 hari. Hardiyanti (2016) memanfaatkan EM yang terbuat dari limbah buah untuk menurunkan TSS dan fosfat pada limbah cair domestik. Dosis EM yang digunakan pada setiap reaktor adalah 5% serta waktu tinggal pada penelitian ini adalah 2 hari, 5 hari dan 10 hari. Didapatkan efisiensi penurunan kadar TSS dan fosfat berturut-turut sebesar 80% dan 91,74% dengan dosis EM limbah sayur sebanyak 5% dari total volume limbah serta waktu tinggal selama 10 hari.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji EM dari limbah sayur mengandung bakteri EM yang mengacu pada 4 bakteri pokok EM, mengetahui besar efisiensi penurunan COD dan fosfat pada limbah *laundry* dengan menggunakan EM limbah sayur serta mengetahui dosis EM limbah sayur yang paling efektif dalam menurunkan COD dan fosfat pada limbah *laundry*.

METODE PENELITIAN

Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor sederhana yang terbuat dari ember plastic tertutup dengan volume 5 liter. Volume efektif yang digunakan adalah 4 liter dengan freeboard setinggi 5 cm (**Gambar 1**). Bahan utama limbah sayur yang digunakan untuk pembuatan EM antara lain tomat, sawi, kangkung dan kubis. Bahan tersebut kemudian dipotong sepanjang 2 cm dan dihaluskan serta dicampur dengan gula merah.



Gambar-1. Rancangan Reaktor

Rancangan Penelitian

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 4 buah dan sistem dalam penelitian

ini adalah sistem *batch*. Pada penelitian ini dosis yang diberikan pada limbah *laundry* adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dari total volume limbah yang akan diolah dengan pengambilan sampel setiap 3 (tiga) hari selama jangka waktu 15 hari (**Tabel 1**). Parameter pada penelitian ini adalah COD dan fosfat.

Tabel-1. Kode Reaktor Penelitian

Kode Reaktor	Variasi EM (ml)
R1	Kontrol (0%)
R2	5%
R3	10%
R4	15%

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan awal penelitian ini adalah pembuatan EM dari limbah sayur untuk dimanfaatkan mikroorganismenya. Penelitian ini menggunakan wadah plastik sebagai reaktor dengan kapasitas 5 liter. Bahan pembuatan EM adalah limbah sayur yang meliputi limbah sayur sawi, kangkung, tomat dan kubis yang akan difermentasikan selama 7 (tujuh) hari. Sampel yang digunakan pada setiap perlakuan sebanyak 4 liter. Adapun langkah-langkah pelaksanaan pada penelitian ini adalah:

- Limbah cair *laundry* ditampung dalam jirigen.
- Diambil sebanyak 6 liter untuk dilakukan treatment penurunan kadar COD dan fosfat.
- Dimasukkan dalam reaktor dan diinkubasi dalam suhu ruang.
- Pengamatan kualitas air limbah dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9 dan 12, 15 hari untuk menentukan pengaruh waktu dan dosis EM yang paling tepat untuk menurunkan kadar COD dan Fosfat.
- Analisis sampel COD menggunakan SNI 6989:72:2009 dan fosfat menggunakan SNI 06-6989.1.31.2005.

Pembuatan EM Limbah Sayur

Langkah-langkah pembuatan Larutan EM menurut Widiastuti (2016) adalah:

- Menyiapkan limbah sayur sawi, kangkung, tomat dan kubis masing-masing sebanyak 400 gram.
- Memotong limbah sayur 1-2 cm.
- Dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan sedikit air.
- Limbah sayur yang telah halus dicampurkan dengan larutan gula merah (200 gram gula merah dilarutkan dalam

0,5 liter air kemudian ditambahkan sampai volume 3 liter)

- Campuran limbah sayur dan larutan gula merah dimasukkan ke dalam ember, kemudian ditutup rapat dan difermentasikan selama 7 hari dalam suhu ruang.
- Larutan disaring menggunakan kertas saring, masukkan dalam botol bertutup rapat dan disimpan dalam suhu ruang.
- Sampel siap dianalisa di laboratorium, pengujian bakteri pokok EM yaitu bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas sp*), jamur fermentasi (*Saccharomzyces sp*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), dan *Actinomyces* yaitu ragi/yeast.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Limbah Laundry

Hasil uji pendahuluan sebelum dilakukan treatment dapat dilihat di **Tabel 2**.

Tabel-2. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Laundry

Parameter	Baku Mutu (mg/L)*	Kadar (mg/L)
COD	180	356,8
Fosfat	10	15,3
pH	6-9	6,5

Keterangan: *Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya

Pada hasil pengujian kadar COD pada limbah *laundry* sebesar 356,8 mg/L sedangkan kadar fosfat adalah 15,3 mg/L. Dari hasil pengujian yang didapatkan bahwa limbah cair *Laundry* Astutik, Kelurahan Buncitan, Kecamatan Sedati berada di atas baku mutu kualitas air limbah *laundry* menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dengan baku mutu maksimum COD sebesar 180 mg/L dan fosfat sebesar 10 mg/L. Hal tersebut dikarenakan adanya penggunaan deterjen, karena deterjen juga mengandung fosfat, apabila fosfat dibiarkan maka dapat menjadi COD. Air limbah *laundry* mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan terlarut (Majid dkk, 2017).

Hasil Analisis Effective Microorgaisme (EM) Limbah Sayur

Hasil analisis EM limbah sayur dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel-3. Hasil Analisis Effective Microorgaisme (EM) Limbah Sayur

Hari Ke	R1	R2	R3	R4
0	6	5,3	4,8	4
3	6	6	5,2	5
6	6,2	6,4	5,5	5,7
9	6,2	6,6	6	6
12	6,2	6,8	6,3	6,3
15	6,5	7,2	7	7

Berdasarkan hasil analisis mikroorganisme didapatkan kadar bakteri *Lactobacillus sp* pada EM limbah sayur yaitu sebesar 5.6×10^6 kol/100 ml, ragi/yeast sebesar 4.5×10^3 kol/100 ml, *Actinomyces sp* sebesar $37,8 \times 10^5$ kol/100 ml dan bakteri fotosintesis sebesar $12,4 \times 10^3$ kol/100 ml. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa EM limbah sayur mengandung 4 golongan bakteri pokok EM.

Pengukuran pH

Perubahan pH yang terjadi selama proses penguraian bahan organik dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel-4. Pengukuran Nilai pH

Ket: R1: Reaktor Kontrol

R2: Reaktor dengan penambahan EM 5%

R3: Reaktor dengan penambahan EM 10%

R4: Reaktor dengan penambahan EM 15%

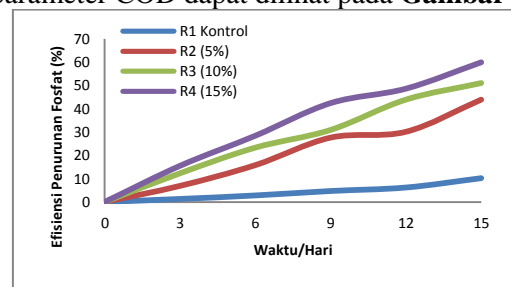
No	Jenis Bakteri	Metode Identifikasi	Hasil Pemeriksaan (Kol/100ml)
1	<i>Lactobacillus sp</i>	SNI 01.2897.1992	$5,6 \times 10^6$
2	Ragi/Yeast		$4,5 \times 10^3$
3	<i>Actinomyces sp</i>	SNI 9308.01.2010 SNI 2897.2008	$37,8 \times 10^5$
4	Bakteri fotosintesis		$12,4 \times 10^3$

Berdasarkan Tabel 4, nilai pH disetiap perlakuan pada limbah cair *laundry* mengalami peningkatan selama penelitiann. Kenaikan nilai pH dari asam sampai menjadi netral diperkirakan karena aktivitas mikroorganisme berjalan dengan baik (Munawaroh dkk, 2013). Proses penguraian berjalan sempurna apabila nilai pH mendekati 7. Hal tersebut diperkuat dengan hasil

penelitian sebelum dan sesudah pengolahan. Didapatkan pH sebelum pengolahan pada R1, R2, R3 dan R4 secara berturut-turut yaitu 6, 5.3, 4.8 dan 4. Sedangkan setelah pengolahan didapatkan nilai pH untuk R1, R2 secara berturut-turut yaitu 6.5, 7.2 dan 7 untuk R3 dan R4. Rata-rata nilai pH masing-masing reaktor pada R1 yaitu 6.1, R2 yaitu 6.3, R3 yaitu 5.8 dan R4 yaitu 5.6. Selain dari nilai pH yang mendekati dan bahkan sudah netral pada hari ke-15, juga timbul bau busuk dari gas amonia hasil dari pemecahan protein oleh mikroba (Munawaroh dkk, 2013).

Efisiensi Penurunan COD

Efisiensi penurunan (%) dalam penurunan parameter COD dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar-2. Efisiensi Penurunan Kadar COD

Hasil yang didapat mengalami penurunan yang signifikan dengan efisiensi terbaik pada reaktor 4 dengan penambahan EM 15% pada hari ke 15 dengan efisiensi penurunan 59.9%, dan efisiensi terendah terdapat pada Reaktor 2 dengan penambahan EM 5% pada hari ke 3 dengan efisiensi penurunan 6.9%. Pada penelitian ini diperoleh kadar COD pada sampel awal dengan kadar sebesar 356.8 mg/L.

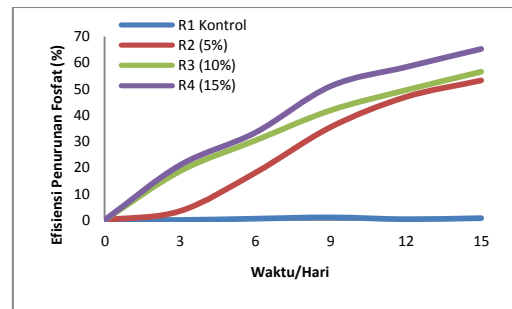
Pada penelitian ini, kadar COD pada kontrol tanpa penambahan EM setelah 15 hari yaitu 320.3 mg/L, hal tersebut terdapat penurunan dibandingkan dengan kadar sebelum treatment yaitu 352.2 mg/L yang didapatkan pada hari ke-3. Hal ini karena proses dekomposisi senyawa organik terjadi dengan alami, sehingga nilai COD juga menurun selama pengolahan (Munawaroh, 2013). Kadar COD setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 5% sebesar 332.3 mg/L dengan presentase penurunan 6.9% pada treatment hari ke-3 sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar COD sebesar 200.3 mg/L dengan presentase efisiensi 43.9%. Kadar

COD setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 10% sebesar 312.9 mg/L dengan presentase penurunan 12.3% pada treatment hari ke-3 sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar COD sebesar 174.8 mg/L dengan presentase efisiensi 51%. Sedangkan kadar COD setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 15% sebesar 301.4 mg/L dengan presentase penurunan 15.5% pada treatment hari ke-3 sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar COD sebesar 143.2 mg/L dengan presentase efisiensi 59.9%.

Penurunan COD terjadi karena aktivitas mikroorganisme. Zat organik dalam air limbah *laundry* difermentasi oleh bakteri *Laktobacillus* sp yang terdapat dalam EM4 menjadi asam laktat berfungsi mempercepat proses perombakan zat organik (Sari dkk, 2017), Jamur *Saccharomyces* sp dalam EM4 juga mempercepat perombakan zat organik dalam air limbah *laundry* (Munawaroh dkk, 2013). Zat organik digunakan bakteri dalam pertumbuhannya sebagai sumber nutrisi (Soeprbowati dkk, 2013). Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan COD limbah *laundry* cukup dengan penambahan EM limbah sayur sebesar 10%. Namun, dengan penambahan EM 15% akan lebih optimal dikarenakan dengan penambahan dosis tersebut kadar COD jauh dibawah baku mutu. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014. Pengaruh waktu treatment pada hari ke-3 mengalami penurunan yang cukup signifikan dan terus mengalami penurunan hingga hari ke-15. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dosis EM pada limbah *laundry* memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar COD sejak hari ke-3 pemberian EM.

Efisiensi Penurunan Fosfat

Efisiensi penurunan (%) dalam penurunan parameter fosfat dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar-3. Efisiensi Penurunan Kadar Fosfat (%)

Hasil yang didapatkan pada treatment air limbah *laundry* menggunakan EM limbah sayur pada efisiensi penurunan kadar fosfat, hasil yang didapat mengalami penurunan yang signifikan dengan efisiensi terbaik pada reaktor 4 pada hari ke 15 dengan efisiensi penurunan 65.2% dengan penambahan EM 15%, dan efisiensi terendah terdapat pada Reaktor 2 pada hari ke 3 dengan efisiensi penurunan 3.4%. Pada penelitian ini diperoleh kadar Fosfat pada sampel awal dengan kadar sebesar 15.3 mg/L.

Pada penelitian ini, kadar fosfat pada kontrol tanpa penambahan EM setelah 15 hari yaitu 15.2 mg/L, kadar tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan kadar sebelum treatment yaitu 15.3 mg/L yang didapatkan pada analisis awal dan pengolahan hari ke-3. Kadar fosfat setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 5% sebesar 14.78 mg/L dengan presentase penurunan 3.4% pada treatment hari ke-3. Sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar fosfat sebesar 7.16 mg/L dengan presentase efisiensi 53.2%. Kadar fosfat setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 10% sebesar 12.45 mg/L dengan presentase penurunan 18.6% pada treatment hari ke-3. Sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar fosfat sebesar 6.65 mg/L dengan presentase efisiensi 56.5%. Kadar fosfat setelah ditambahkan EM limbah sayur dengan dosis 15% sebesar 12.1 mg/L dengan presentase penurunan 20.9% pada treatment hari ke-3 sedangkan pada treatment hari ke-15 didapatkan kadar fosfat sebesar 5.33 mg/L dengan presentase efisiensi 65.2%.

Penurunan fosfat pada reaktor terjadi karena degradasi oleh mikroorganisme yang berasal dari air limbah. P organik dalam air limbah akan dirombak menjadi P anorganik oleh mikroorganisme dan P anorganik digunakan untuk aktivitas kehidupan mikroorganisme (Munawaroh dkk, 2013). Penambahan EM akan mempercepat degradasi P organik menjadi P anorganik. P merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (Nurhayati dkk, 2019).

Penambahan EM untuk menurunkan kadar fosfat dapat dibilang efektif karena kandungan fosfat telah sesuai dengan baku mutu sejak hari ke-9. Pada reaktor dengan penambahan EM 5%, kadar fosfat yang terkandung ialah 9.88 mg/L dan terus turun hingga hari ke-15. Sedangkan untuk penambahan EM 15% kadar fosfat juga turun yaitu sebesar 5.33 mg/L yang didapatkan pada hari ke-15. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014. Pengaruh waktu treatment pada hari ke-3 mengalami penurunan yang signifikan dan terus menurun hingga hari ke-15. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dosis EM pada limbah *laundry* memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar COD sejak hari ke-3 pemberian EM.

KESIMPULAN

Dari penelitian mengenai pengolahan air limbah *laundry* menggunakan EM limbah sayur, dapat disimpulkan bahwa:

- a. *Effective Microorganism* (EM) limbah sayur mengandung bakteri *Lactobacillus sp*, ragi/*yeast*, *Actynomicetes sp* dan bakteri fotosintesis. Hal tersebut mengacu pada 4 pokok bakteri yang terdapat dalam EM.
- b. Nilai efisiensi tertinggi untuk menurunkan kadar COD yang terjadi pada penambahan EM limbah sayur 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 43.9%, 51% dan 59.9%. Sedangkan nilai efisiensi tertinggi untuk menurunkan kadar fosfat yang terjadi pada penambahan EM limbah sayur 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 53.2%, 56.5% dan 65.2%
- c. Dosis penambahan EM limbah sayur yang efektif dalam menurunkan COD dan fosfat adalah 15% dari 5% dan 10% dosis penambahan EM.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyanti, M. A. (2016). Penurunan Kadar TSS dan Phospat Pada Limbah Cair Domestik Menggunakan Effective Microorganism Dari Bioekstrak Limah Kulit Buah.
- Kartasura E. S. W., Haryaningsih, S. (2015). Keefektifan EM-4 (Effective Microorganism-4) Dalam Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Industri Tahu.
- Majid, M., Rahmi, A., Umar, R dan Hengky, H.K. (2017). Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Di Kota Parepare Sulawesi Selatan, ISBN: 978-979-3812-41-0 January 26, 2017.
- Munawaroh, U., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013).] Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya-1 Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4). Reka Lingkungan ©Teknik Lingkungan Itenas |, 1(2), 1–12.
- Noviyanti, N. P., Suastuti, N. G. A. M. D.A., Suaniti, N. M. (2017). Pemanfaatan Mikroorganisme Limbah Cair Tahu dalam Menurunkan Nilai COD dan BOD pada Limbah Cair Hotel. Jurnal Media Sains 1 (2) : 45-49 ISSN: 2549-7413.
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., & Sugito. (2019). Effects of potassium and carbon addition on bacterial algae bioremediation of boezem water. Environmental Engineering Research, 24(3), 495–500.
- Putra, B.W.R.I.H. & Ratnawati, R. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Vol. 11(1):44-56.
- Ramlan, M. (2017). Keefektifan EM-4 (Effective Microorganism-4) Dalam Menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Industri Batik.
- Saputra, M. R. R., Sofarini, D., Yunandar. (2014). Efektivitas Perupuk (Phragmites Karka) Dan Mikroorganisme Efektif (EM) Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Rumah Tangga. Enviro Scientee 10 (2014) 124-132 ISSN 1978-8096.

- Sari, L. K., As, Z.A., Hardiono. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD Dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 14 No. 1 Januari 2017.
- Soeprobowati, T. R., Juaidi, & Nugraha, winardi D. (2013). Pengembangan High Algal Pond (HRAP) Di Rawapening Untuk Remediasi Nutrien. *Workshop Penyelamatan Ekosistem Danau Rawa Pening*, 51–56.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nia, N., Ulfindrayani, I. F. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya Menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimindo* Vol. 3(1), 2018: 127-140.
- Widiastuti, Y. (2016). Penurunan Kadar BOD dan COD Pada Limbah Cair Domestik Menggunakan Effective Microorganism Dari Bioekstrak Limbah Sayur.