

# Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganismes 4 (EM4) serta Pemanfaatannya

ULUM MUNAWAROH<sup>1</sup>, MUMU SUTISNA<sup>1</sup>, KANCITRA PHARMAWATI<sup>1</sup>

1. Jurusan Teknik Lingkungan (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : ([munawaroh\\_ulum@yahoo.com](mailto:munawaroh_ulum@yahoo.com))

## ABSTRAK

*Limbah cair tahu mengandung berbagai jenis pencemar lingkungan, misalnya BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan pH. Pembuangan limbah cair tahu ke badan air tanpa proses penanganan yang baik akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan, sehingga diperlukan suatu pengolahan limbah cair, salah satunya dengan EM4. Penelitian ini menggunakan prinsip reaktor batch dengan cara mencampurkan reaktan dalam suatu reaktor selama waktu tertentu. Reaktor yang digunakan berkapasitas 8 Liter dengan volume operasional 6 Liter. Variasi perlakuan pada penelitian ini yaitu tanpa EM4 (P1), menggunakan EM4 sebanyak 300 mL (P2) dan 600 mL EM4 (P3). Parameter yang diukur BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, pH, N, P, dan K dengan waktu kontak selama 20 hari. Hasil penelitian P2 menunjukkan pengolahan limbah cair tahu menggunakan EM4 mampu menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> 97%, COD 96% di hari ke-5, P 0,001231% di hari ke-20, serta meningkatkan pH menjadi 7,26 di hari ke-15, TSS 1.545 mg/L di hari ke-20, N 1,12% di hari ke-20 dan K<sub>2</sub>O 0,2% di hari ke 20. Selain itu hasil uji terhadap Capsicum frutescens L menunjukkan P2 berpotensi sebagai nutrisi tanaman dengan laju pertumbuhan 25,3% dan tumbuhnya bakal cabang dalam waktu kontak 12 hari.*

**Kata kunci:** Limbah Cair Tahu, EM4, Sistem Batch.

## ABSTRACT

*Tofu liquid waste is containing a lot of environment pollutants such as BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, and pH. The exile of tofu liquid waste in water without a good treatment have decreasing of environment quality, so it needs a liquid waste treatment, there was using EM4. The research concept is using the principle of a batch reactor with combining the reactants in a reactor during a specific time. The reactor have 8 liters capacity with 6 liters operational volume. There was some variations of the treatment, such us : without EM4 (P1); use the EM4 with different volume 300 mL (P2) and 600 mL EM4 (P3). The parameters measured are BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, pH, N, P, and K with contact time for 20 days. Results of P2 showed that liquid waste treatment using EM4 has reduced the value of BOD<sub>5</sub> to 97%, COD to 96% on day 5<sup>th</sup>, the value of P 0,001231% on day 20<sup>th</sup>, and has increased pH value to 7,26 on day 10<sup>th</sup>, TSS to 1.545 mg/L on day 20<sup>th</sup>, N to 1,12% on day 20<sup>th</sup> and K<sub>2</sub>O to 0.2% day 20<sup>th</sup>. The result of research which also in Capsicum frutescens L showed that P2 is potential as a plant nutrient with growth up to 25.3% and the branch has growth up within 12 days.*

**Keywords:** Tofu liquid waste, EM4, Batch system.

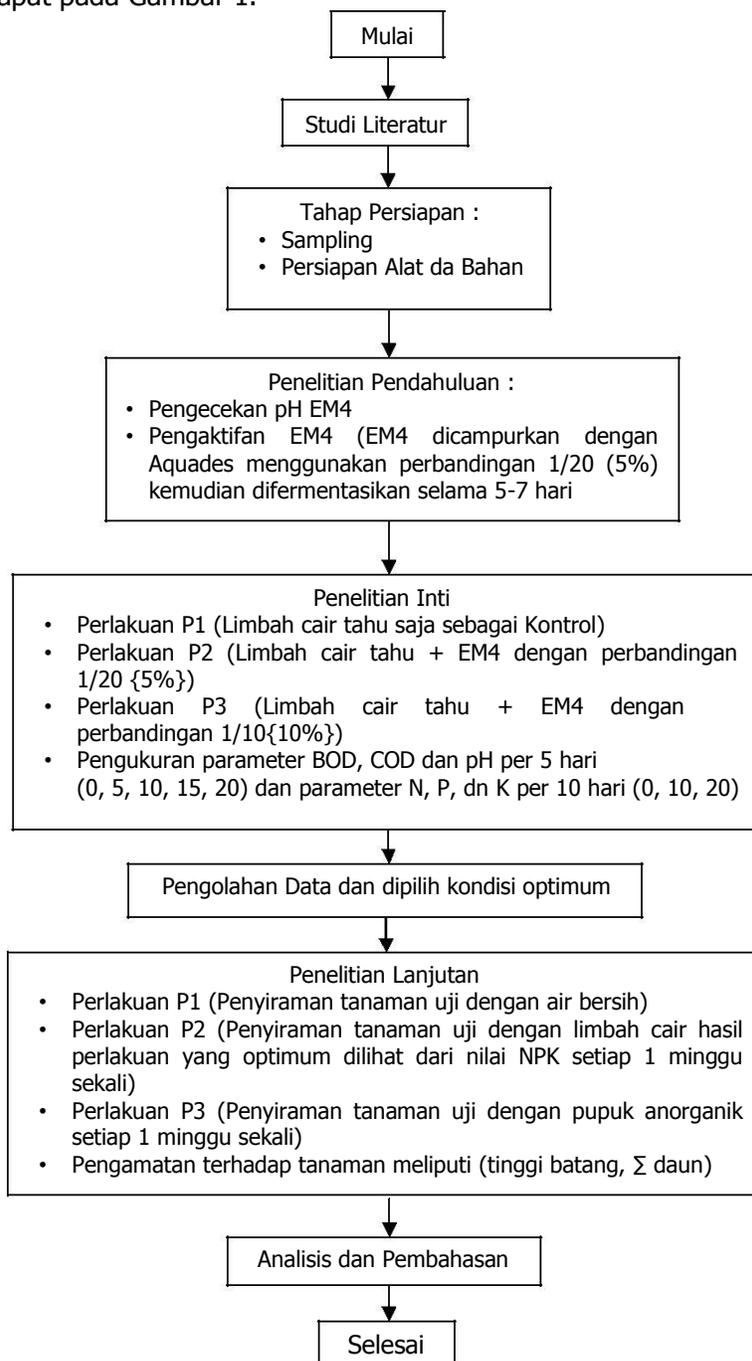
## 1. PENDAHULUAN

Setiap tahapan proses pembuatan tahu umumnya menggunakan air dengan jumlah yang relatif banyak. Proses akhir dari pembuatan tahu selain memproduksi tahu juga dapat menimbulkan limbah cair sebanyak 1,5-2 m<sup>3</sup>/hari (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991). Limbah cair tahu (*Whey*) mengandung banyak senyawa organik seperti protein 40-60%, karbohidrat 25-50%, dan lemak 10% (Fitriyah, 2011). Sebagian besar industri tahu masih belum memiliki instalasi pengolahan limbah cair, sehingga para pengusaha industri tahu membuang limbah cairnya ke badan perairan yang apabila melebihi daya dukung lingkungan dapat menurunkan kualitas lingkungan (Nurhasan, 1997). Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dilakukan penelitian untuk menurunkan parameter pencemar lingkungan menggunakan *Efektif Mikroorganisme 4* (EM4) dengan sistem *batch*. EM4 merupakan kultur campuran mikroorganisme yang bersifat fermentatif (peragian) terdiri dari bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas sp.*), jamur fermentasi (*Saccharomyces sp.*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*), *Actinomyces*, ragi/*yeast* yang berfungsi untuk menurunkan parameter pencemar dan meningkatkan unsur hara. (Fitria, 2008). Penelitian mengenai penggunaan EM4 dalam mengolah limbah cair tahu sebelumnya pernah dilakukan oleh Noviana tahun 2009 dan Jasmiyati tahun 2011 dengan efisiensi penyisihan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>) sebesar 95,9% dan 93,6%. Sedangkan efisiensi untuk *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 93,2% dan 97,8%. Sehubungan dengan kedua penelitian tersebut hanya sampai pada efisiensi penurunan parameter BOD<sub>5</sub> dan COD, oleh karena itu maksud dari penelitian ini diharapkan dapat menurunkan parameter pencemar, selain itu juga hasil akhir dari proses degradasi senyawa organik oleh bakteri yang terdapat pada EM4 diharapkan dapat menetralkan pH dan meningkatkan unsur hara yang bermanfaat bagi lingkungan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penurunan yang optimum dari parameter pencemar lingkungan, dan peningkatan yang optimum pada pH, Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K). Selain itu juga mengetahui penggunaan hasil degradasi limbah cair tahu menggunakan EM4 pada tanaman *Capsicum frutescens L* (Cabe Rawit).

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan wadah plastik (reaktor) berkapasitas 8 Liter dengan diameter 26 cm dan tinggi 21 cm, bahan yang digunakan untuk mengolah limbah cair tahu yaitu EM4. Sampel operasional yang digunakan pada setiap perlakuan sebanyak 6 Liter. Sistem yang digunakan pada penelitian ini yaitu sistem *batch*. Secara garis besar prinsip dari reaktor *batch* yang digunakan yaitu reaktor diisi dengan reaktan dan disimpan selama waktu tertentu yang kemudian dilihat perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari penelitian pendahuluan, penelitian inti dan penelitian lanjutan. Penelitian pendahuluan yaitu proses pencampuran/pengenceran EM4 dengan aquades menggunakan perbandingan 1/20 (5%) yang kemudian didiamkan (difermentasikan) selama 5-7 hari di suhu ruang. Proses tersebut bertujuan untuk mengembangbiakan mikroorganisme dan mengaktifkan mikroorganisme yang ada pada EM4 dari kondisi dorman, sehingga mikroorganisme dapat bekerja dengan efisien dan optimal pada saat dicampurkan kedalam limbah cair. EM4 yang sudah aktif kemudian digunakan pada penelitian utama sebagai bahan dasar pencampuran limbah cair tahu. Penelitian utama dilakukan selama 20 hari dengan variasi perlakuan (P1) limbah cair tahu 6.000 mL, (P2) limbah cair tahu 5.700 mL+300 mL {5%} EM4 dan (P3) limbah cair tahu 5.400 mL+600 mL {10%} EM4. Penggunaan 5% EM4 pada limbah cair tahu mengacu kepada dosis optimum pada penelitian sebelumnya (Jasmiyati dkk. 2010), sedangkan penggunaan 10% mengacu kepada prosedur penggunaan EM4 untuk pengolahan limbah

cair organik. Pengukuran analisa BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan pH dilakukan setiap 5 hari sekali sedangkan untuk mengetahui peningkatan unsur hara dilakukan pengukuran parameter N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O sebelum pengolahan (hari ke-0), di pertengahan (hari ke-10) dan di akhir pengolahan (hari ke-20), tujuannya untuk melihat perubahan kualitas pada selang waktu tertentu. Metode yang digunakan untuk pengukuran analisa masing-masing parameter yaitu titrasi Winkler, repluks tertutup, gravimetri, pHmeter, reduksi katalis Kjeldahl, spektrofotometri, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Secara umum bagan alir metode penelitian terdapat pada Gambar 1.



**Gambar 1 Bagan Alir Metodologi Penelitian**

### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan proses pengaktifan EM4 dengan cara diencerkan/dicampurkan dengan aquades menggunakan perbandingan 1/20 (5%) yang kemudian didiamkan (difermentasikan) selama 7 hari di suhu ruang. Kondisi EM4 yang sudah aktif ditandai dengan adanya peningkatan pH pada EM4 yaitu  $pH > 4$ , berbau sedap (bau glukosa) serta terdapat lapisan putih diatas permukaan larutan EM4 (Isa, 2008). Hasil penelitian pendahuluan yaitu nilai pH pada EM4 mengalami kenaikan dari 2,9 menjadi 4,17 yang ditandai dengan adanya lapisan putih di atas permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa EM4 sudah siap untuk digunakan dalam penelitian.

#### 3.2 Penelitian Utama

Sebelum dilakukan penelitian menggunakan EM4 terlebih dahulu dilakukan pengukuran karakteristik limbah cair industri tahu pada hari ke-0 berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 1995. Hasil pengukuran yang diperoleh ditampilkan dalam Tabel 1

**Tabel 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Tahu**

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Baku Mutu*
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	7.800 <sup>^</sup>	150
2	COD	mg/L	9.256 <sup>^</sup>	300
3	TSS	mg/L	330	400
4	pH		4,19 <sup>^</sup>	6,0 sampai 9,0

Sumber : Hasil Pengukuran 2013

Keterangan : <sup>^</sup> tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan

\*KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Untuk Limbah Cair Industri

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu BOD<sub>5</sub> (7.800 mg/L), COD (9.256 mg/L) dan pH 4,19, oleh karena itu diperlukan suatu pengolahan limbah cair agar tidak membahayakan lingkungan. Parameter TSS pada Tabel 1 masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan, akan tetapi pada penelitian ini tetap dilakukan pengukuran parameter TSS tujuannya untuk melihat pengaruh pengolahan yang dilakukan pada limbah cair tahu terhadap konsentrasi TSS.

##### 3.2.1 Analisa BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand)

Hasil perhitungan analisa BOD<sub>5</sub> dan hasil perhitungan efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub> selama proses pengolahan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2 Analisa Pengukuran BOD<sub>5</sub>**

Hari Ke-	Konsentrasi BOD5 (mg/l)			Baku mutu mg/l	Efisiensi Penyisihan (η) %		
	P1	P2	P3		P1	P2	P3
0	7.800,0 <sup>^</sup>	7.800,0 <sup>^</sup>	7.800,0 <sup>^</sup>		0	0	0
5	690,8 <sup>^</sup>	252,8 <sup>^</sup>	543,4 <sup>^</sup>		91	97	93
10	402,9 <sup>^</sup>	273,5 <sup>^</sup>	311,2 <sup>^</sup>	150	95	96	96
15	402,8 <sup>^</sup>	283,5 <sup>^</sup>	308,2 <sup>^</sup>		95	96	96
20	401,0 <sup>^</sup>	381,1 <sup>^</sup>	379,0 <sup>^</sup>		95	95	95

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

\*Standar Baku Mutu KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Kegiatan Industri lampiran C.

<sup>^</sup> tidak memenuhi standar baku mutu yang dipersyaratkan

Keterangan :

0 hari = Kondisi eksisting sebelum pengolahan

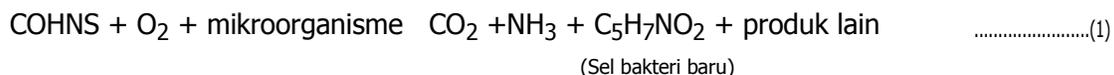
P1 I = limbah cair tahu (kontrol)

P2 II = limbah cair tahu+ 5% EM4 (300 ml)

P3 III = limbah cair tahu+ 10% EM4 (600 ml)

Berdasarkan Tabel 2 penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada hari ke-5 untuk P1 yaitu 690,8 mg/L dengan efisiensi penyisihan 91%. Hal ini menunjukan karena proses dekomposisi senyawa

organik terjadi secara alamiah dalam limbah, sehingga nilai BOD<sub>5</sub> juga menurun selama proses pengolahan. Konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada hari ke-5 untuk P2 dan P3 cenderung lebih cepat dibanding dengan P1, yaitu 252,8 mg/L untuk P2 dan 543,4 mg/L untuk P3 dengan efisiensi sebesar 97% dan 93%. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang terdapat dalam EM4 pada perlakuan P2 dan P3. Bakteri tersebut memfermentasikan bahan organik limbah cair tahu menjadi senyawa asam laktat yang berfungsi untuk mempercepat perombakan bahan organik (Isa, 2008). Selain itu adanya kerjasama antara bakteri asam laktat yang terkandung dalam EM4 dengan jamur fermentasi (*Saccharomyces sp*) yang juga terkandung dalam EM4 dalam memfermentasi bahan organik menjadi senyawa-senyawa organik yang lebih sederhana sehingga cenderung lebih cepat dibanding dengan proses dekomposisi senyawa organik alamiah dalam limbah cair tahu. Mekanisme penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme yaitu (Takwayana, 2012) :



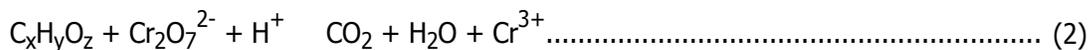
Berdasarkan reaksi (1) tersebut mikroorganisme merombak bahan organik menjadi senyawa organik yang lebih sederhana seperti CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> (Takwayana, 2012), dengan adanya penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara tidak langsung dapat menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> (Avlenda, 2009). Sama halnya dengan hari ke-5, P1 (limbah cair tahu) pada hari ke-10 juga mengalami penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> yaitu 402,9 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 95%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pengolahan berkaitan dengan lamanya pemberian perlakuan maka semakin lama limbah cair tahu diperlakukan semakin besar pula penurunan BOD<sub>5</sub>, akan tetapi penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada hari ke-15 sampai dengan hari ke-20 cenderung stasioner yang nantinya dilanjut pada fase kematian mikroorganisme. Beda halnya dengan P1, pada hari ke-10 konsentrasi BOD<sub>5</sub> untuk P2 mengalami peningkatan menjadi 273,5 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa penguraian bahan organik berlangsung lambat akibat mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 mengalami kejenuhan akan nutrient sehingga konsentrasi BOD<sub>5</sub> meningkat dan efisiensi menurun menjadi 96%.

Menurut Effendi (2003) dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Tahap pertama bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik, sedangkan tahap kedua bahan anorganik yang tidak stabil dioksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia menjadi nitrit dan nitrat (Nitrifikasi). Pada penentuan nilai BOD, yang berperan hanya tahap pertama sedangkan tahap kedua yaitu oksidasi bahan anorganik dianggap sebagai pengganggu karena proses oksidasi ammonia juga memerlukan oksigen. Kondisi tersebut diperkuat dengan penelitian pada hari ke-15 sampai dengan hari ke-20 konsentrasi BOD<sub>5</sub> meningkat sehingga penguraian bahan organik berlangsung lambat karena pada hari ke-15 dan hari ke-20 pH pada limbah cair mengalami peningkatan yaitu 7,26 dan 8,17 serta menimbulkan bau busuk oleh gas amoniak. Adanya peningkatan pH serta ditandai dengan adanya bau gas ammonia di hari ke-15 dan hari ke-20 menunjukkan bahwa proses yang berlangsung merupakan proses oksidasi ammonia yang dianggap sebagai pengganggu. Berbeda halnya dengan P2 konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada hari ke-10 untuk P3 mengalami penurunan yaitu 311,2 mg/L dengan efisiensi penyisihan 96% dan hari ke-15 konsentrasinya menjadi 308,2 mg/L dengan efisiensi penyisihan 96%. Hal ini menunjukkan bahwa bertambahnya waktu kontak dalam proses bioremediasi maka konsentrasi BOD<sub>5</sub> semakin menurun karena tempat kontak antara mikroorganisme dan limbah cair tahu tersedia cukup banyak, sehingga interaksi antara EM4 dengan limbah cair tahu berlangsung dengan baik (Jasmatiyi dkk. 2010). Hari ke-20 konsentrasi BOD<sub>5</sub> mengalami peningkatan menjadi 379,0 mg/L dengan efisiensi penyisihan 95%, hal ini menunjukkan jumlah bahan organik/nutrient dalam limbah cair mulai berkurang sehingga populasi mikroorganisme menjadi berkurang.

Perlakuan yang cukup baik dalam menurunkan parameter BOD<sub>5</sub> yaitu P2 dengan efisiensi penyisihan 97% di hari ke-5, tetapi konsentrasi akhir BOD<sub>5</sub> masih melebihi baku mutu yang dipersyaratkan oleh KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Industri. Hal ini karena suplai oksigen kurang baik sehubungan dengan pada saat penelitian, oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam mendegradasi senyawa organik hanya memanfaatkan oksigen yang terdapat di atmosfer karena bakteri yang terdapat pada EM4 merupakan bakteri aerob yang membutuhkan oksigen bebas (*Jasmiyati dkk. 2010*). Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya diperlukan suplai oksigen yang secara terus menerus tujuannya untuk mengoptimalkan proses pengolahan, sehingga konsentrasi BOD<sub>5</sub> dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Akan tetapi pengolahan limbah cair tahu menggunakan EM4 dapat dikatakan memiliki efisiensi pengolahan yang cukup baik karena mampu menyisihkan BOD<sub>5</sub> sebanyak 97% pada hari ke-5.

### 3.2.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Angka COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan organik yang terdapat pada limbah cair dapat teroksidasi secara kimia baik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme maupun yang sukar terdegradasi (*Mulyadi, 1994*). Mekanisme penguraian bahan organik secara kimia yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme maupun sukar didegradasi yaitu (*Takwayana, 2012*):



Berdasarkan reaksi (2) bahan buangan organik dioksidasi oleh kalium bikromat menjadi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O serta sejumlah ion krom. Kalium bikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) digunakan sebagai penyuplai oksigen (*oxidizing agent*). Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium bikarbonat yang digunakan pada reaksi oksidasi (*Takwayana, 2012*). Hasil perhitungan analisa COD tidak berbeda jauh dengan hasil penurunan kadar BOD<sub>5</sub>, kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3

**Tabel 3 Analisa Konsentrasi COD**

HARI KE-	Konsentrasi COD (mg/l)			Baku mutu* mg/l	Efisiensi Penyisihan (η) %		
	P1	P2	P3		P1	P2	P3
0	9.256 <sup>^</sup>	9.256 <sup>^</sup>	9.256 <sup>^</sup>	300	0	0	0
5	760 <sup>^</sup>	360 <sup>^</sup>	600 <sup>^</sup>		92	96	94
10	520 <sup>^</sup>	360 <sup>^</sup>	400 <sup>^</sup>		94	96	96
15	640 <sup>^</sup>	400 <sup>^</sup>	360 <sup>^</sup>		93	96	96
20	640 <sup>^</sup>	480 <sup>^</sup>	440 <sup>^</sup>		93	95	95

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

\* Standar Baku Mutu KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Kegiatan Industri lampiran C

Berdasarkan Tabel 3 penurunan konsentrasi COD pada hari ke-5 untuk P1 yaitu 760 mg/L dengan efisiensi penyisihan 92%. Hal ini karena proses dekomposisi senyawa organik terjadi secara alamiah dalam limbah, sehingga nilai COD juga menurun selama proses pengolahan. Konsentrasi COD pada hari ke-5 untuk P2 dan P3 cenderung lebih cepat dibanding dengan P1 yaitu 360 mg/L untuk P dan 600 mg/L untuk P3 dengan efisiensi penyisihan sebesar 96% dan 94%. Hal ini menunjukkan karena aktivitas dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang terdapat dalam EM4 pada P2 dan P3 memfermentasikan bahan organik limbah cair tahu menjadi senyawa asam laktat yang berfungsi untuk mempercepat perombakan bahan organik (*Isa, 2008*). Selain itu adanya bantuan enzim protease yang dihasilkan oleh berbagai jenis mikroba yang terdapat pada EM4 mulai dari bakteri, kapang dan khamir. Protease merupakan enzim yang berperan dalam reaksi yang melibatkan pemecahan protein diantaranya menjadi amonia, nitrit, nitrat, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (*Fitria, 2008*). Adanya proses pemecahan atau penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara

tidak langsung dapat menurunkan nilai COD (Avlenda, 2009). Sama halnya dengan hari ke-5, P1 (limbah cair tahu) pada hari ke-10 juga mengalami penurunan konsentrasi COD yaitu 520 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 94%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pengolahan berkaitan dengan lamanya pemberian perlakuan maka semakin lama limbah cair tahu diperlakukan semakin besar pula penurunan COD, akan tetapi penurunan konsentrasi COD pada hari ke-15 sampai dengan hari ke-20 cenderung stasioner yang nantinya dilanjut pada fase kematian mikroorganisme. Konsentrasi COD untuk P2 pada hari ke-15 sampai dengan hari ke-20 mengalami peningkatan dari 400 mg/L menjadi 480 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa penguraian bahan organik berlangsung lambat akibat mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 mengalami kejenuhan akan nutrient yang ditandai dengan penurunan efisiensi penyisihan di hari ke-20 yaitu 95%. Konsentrasi COD untuk P3 menurun di hari ke-15 yaitu 360 mg/L karena bakteri *Pseudomonas* yang terdapat pada EM4 berperan dalam menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara tidak langsung dapat menurunkan nilai COD (Avlenda, 2009).

Perlakuan yang cukup baik dalam menurunkan parameter COD yaitu P2 (limbah cair tahu+5% EM4) dengan efisiensi penyisihan 96% di hari ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian EM4 pada limbah cair tahu memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD akan tetapi konsentrasi akhir COD masih melebihi baku mutu yang dipersyaratkan oleh KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Industri.

### 3.2.3 pH

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme di dalam media penguraian bahan organik adalah pH. pH optimum untuk proses penguraian bahan organik menurut Sutanto (2002) antara 5-8. Hasil pengukuran awal pada penelitian ini pH limbah cair tahu yaitu 4,19. Perubahan nilai pH yang terjadi selama penguraian bahan organik dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4 Analisa Pengukuran pH Limbah Cair**

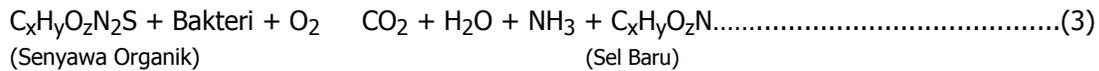
Hari Ke-	pH			Baku mutu*
	Perlakuan I	Perlakuan II	Perlakuan III	
0	4,19	4,19	4,19	6-9
5	4,21	4,58	4,39	
10	4,92	5,75	5,39	
15	6,88	7,26	6,69	
20	8,06	8,17	7,98	

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

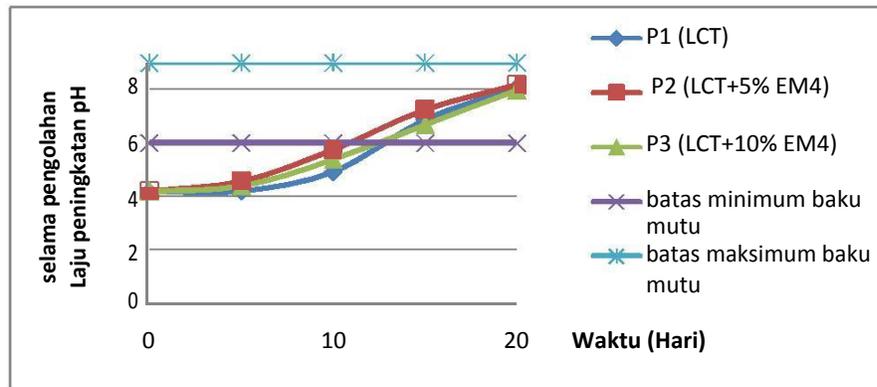
\*Standar Baku Mutu KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Kegiatan Industri.

Berdasarkan Tabel 4 nilai pH disetiap perlakuan pada limbah cair tahu mengalami peningkatan selama proses pengolahan. Kenaikan pH dari asam hingga netral pada limbah cair tahu, diperkirakan oleh aktivitas mikroorganisme baik yang terdapat pada limbah cair tahu maupun yang terdapat dalam EM4. Proses penguraian berjalan sempurna apabila nilai pH mendekati 7. Adapun salah satu ciri dari penguraian bahan organik ini antara lain menghasilkan gas berbau seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ) (Fitria, 2008). Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian dihari ke-15 nilai pH pada limbah cair tahu disetiap perlakuan mengalami peningkatan yaitu 6,88 untuk perlakuan I (Kontrol), 7,26 untuk perlakuan II (Limbah cair tahu + 1/20 EM4) dan 6,69 untuk perlakuan III (limbah cair tahu + 1/10 EM4). Sedangkan pada hari ke-20 untuk perlakuan I pH menjadi 8,06, perlakuan II pH menjadi 8,17 serta untuk perlakuan III nilai pH menjadi 7,98. Selain dari nilai pH yang mendekati netral pada hari ke-15 dan hari ke-20 juga timbul bau busuk dari gas amonia hasil dari pemecahan protein oleh mikroba. Pada lingkungan basa,  $\text{NH}_3$  akan dilepas ke atmosfer sehingga dapat

tercium bau gas ammonia. Mekanisme mikroorganismenya pada proses dekomposisi bahan organik yang terdapat pada limbah cair tahu dapat dilihat pada reaksi sebagai berikut (Effendi, H. 2003) :



Berdasarkan persamaan reaksi (3) menunjukkan bahwa lingkungan bersifat basa karena terbentuk ammonia, apabila reaksi yang terbentuk berupa  $NH_4^+$  maka lingkungan bersifat asam (Effendi, 2003). Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 2 Peningkatan Nilai pH Setelah Perlakuan**

Berdasarkan KEP-51/MENLH/10/1995 baku mutu limbah cair lampiran C untuk kegiatan industri, pH yang dipersyaratkan berkisar antara 6-9. Dengan demikian parameter pH yang diperoleh menunjukkan bahwa ketiga perlakuan memenuhi persyaratan selama 15-20 hari pengolahan.

**3.2.4 TSS**

Parameter TSS pada saat kondisi eksisting (hari ke-0) masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan, akan tetapi pada penelitian ini tetap dilakukan pengukuran parameter TSS tujuannya untuk melihat pengaruh treatment yang dilakukan pada limbah cair tahu terhadap konsentrasi TSS. Salah satu sumber TSS pada industri tahu yaitu bakteri, karbohidrat dan zat anorganik lainnya. Hasil analisa pengukuran TSS dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5 Analisa Pengukuran TSS**

HARI KE-	Konsentrasi TSS			Baku Mutu mg/L
	P1	P2	P3	
0	330	330	330	
5	432 <sup>^</sup>	424 <sup>^</sup>	404 <sup>^</sup>	
10	510 <sup>^</sup>	405 <sup>^</sup>	454 <sup>^</sup>	400
15	748 <sup>^</sup>	3146 <sup>^</sup>	1078 <sup>^</sup>	
20	1881 <sup>^</sup>	1546 <sup>^</sup>	2811 <sup>^</sup>	

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

\*Standar Baku Mutu KepMenLH no 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Kegiatan Industri

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan dengan adanya penambahan EM4 pada limbah cair tahu tidak menyebabkan perbedaan dalam menurunkan kandungan TSS dengan kontrol (P1). Kondisi tersebut ditunjukkan dengan konsentrasi TSS untuk semua perlakuan mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa-senyawa nitrogen yang terdapat dalam limbah cair tahu terbentuk dalam bahan tersuspensi, selain itu juga ammonia dapat terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi sehingga mengendap di dasar perairan (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil penelitian di dasar bak terdapat endapan serta timbul bau gas  $NH_3$  pada

hari ke-15 sampai hari ke-20, kondisi tersebut kemungkinan yang menyebabkan TSS meningkat. Selain itu juga volume air limbah yang semakin lama semakin berkurang, maka jarak air limbah dengan endapan di dasar bak semakin dekat yang secara otomatis terjadi pengadukan pada saat pengambilan sampel akibatnya endapan yang terangkat terukur sebagai TSS yang dapat meningkatkan konsentrasi TSS. Menurut Puspita (2008) zat tersuspensi merupakan 40% bagian zat padat total dalam keadaan terapung, zat padat tersuspensi dapat mengembang dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang. Berdasarkan hasil penelitian terdapat zat padat total dalam keadaan terapung yang berasal dari sisa gumpalan tahu yang terbawa pada limbah cair tahu sehingga mengembang dan membentuk tumpukan lumpur yang secara otomatis meningkatkan konsentrasi TSS. Berdasarkan KEP-51/MENLH/10/1995 baku mutu limbah cair lampiran C untuk kegiatan industri, konsentrasi TSS yang dipersyaratkan yaitu 400 mg/L dengan demikian konsentrasi TSS yang diperoleh masih melebihi baku mutu sehingga untuk penelitian selanjutnya diperlukan bak pengendap dan adanya penyaringan sebelum pengolahan sehubungan dengan karakteristik dari limbah cair tahu yang masih mengandung sisa gumpalan tahu yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi TSS. Selain itu volume operasional selama penelitian perlu diperhatikan sehingga tidak mengganggu proses yang berlangsung, minimal volume operasional yang tersedia sebanyak 60% dari volume total.

### 3.3 Unsur Hara Pada Limbah Cair

#### Tahu 3.3.1 Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan salah satu unsur kimia yang terkandung pada limbah cair tahu. Sumber utama nitrogen yaitu berasal dari kacang kedelai yang merupakan salah satu bahan baku dalam produksi tahu. Nitrogen merupakan unsur penyusun yang penting dalam sintesa protein. Sebagian besar dari nitrogen total dalam air dapat terikat sebagai nitrogen organik, yaitu dalam bahan-bahan berprotein (*Fitria, 2008*). Bentuk utama nitrogen di air limbah adalah material protein yang dipecah oleh bantuan enzim proteinase menjadi ammonia, nitrat dan nitrit. Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam bentuk terlarut atau sebagai bahan tersuspensi. Jenis nitrogen di air meliputi nitrogen organik, amonia, nitrit, dan nitrat (*Saeni 1989*). Nitrogen dapat berperan sebagai pembentukan zat hijau daun/klorofil padatumbuhan. Oleh karena itu dilakukan pengukuran konsentrasi nitrogen pada limbah cair tahu, baik yang tidak ditambahkan EM4 atau yang ditambahkan EM4. Hasil analisa pengukuran nitrogen dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6 Analisa Pengukuran Nitrogen (N)**

Hari Ke-	Konsentrasi NTK (%)		
	P1	P2	P3
0	0,25	0,25	0,25
10	1,47	1,61	1,12
20	0,98	1,12	1,05

*Sumber : Hasil Penelitian, 2013*

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan konsentrasi nitrogen pada setiap perlakuan mengalami peningkatan pada hari ke-10. Hal ini menunjukkan bahwa bahan makanan/nutrisi untuk bakteri dalam keadaan cukup sehingga aktivitas mikroorganisme terdapat dalam EM4 bekerja dengan efektif dalam menambah unsur hara. Kadar nitrogen pada hari ke-20 mengalami penurunan karena nitrogen yang berada dalam air limbah mula-mula berasal dari nitrogen organik dalam bentuk protein, dengan bertambahnya waktu kadar nitrogen organik berkurang karena dikonversi menjadi ammonia yang kemudian terlepas ke udara dalam bentuk ammonia bebas sehingga konsentrasi nitrogen yang terukur menjadi berkurang (*Effendi, 2003*). Konsentrasi nitrogen untuk semua perlakuan di hari ke-10 dan hari ke-20 masih lebih dari 0,4% artinya limbah cair tersebut baik yang tanpa ditambahkan EM4

maupun yang ditambahkan EM4 berpotensi untuk bisa digunakan langsung pada tanaman sebagai nutrisi yang diperlukan untuk tanaman. Syarat kadar nitrogen dalam pupuk menurut SNI 19-7030-2004 minimum 0,4%.

### 3.3.2 Fosfor (P)

Fosfor merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting bagi makhluk hidup. Fosfor yang terdapat di alam terbagi kedalam dua bentuk yaitu senyawa fosfat organik dan senyawa fosfat anorganik. Senyawa fosfat organik terdapat pada tumbuhan atau hewan. Sedangkan senyawa fosfat anorganik terdapat pada air dan tanah, dimana fosfat tersebut tidak larut dalam air yang kemudian terkikis dan mengendap disedimentasi (*Jeffries dan Mills, 1996*). Hasil analisa pengukuran fosfor dalam bentuk  $P_2O_5$  dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7 Analisa Pengukuran Fosfor**

Hari Ke-	Konsentrasi $P_2O_5$ (%)		
	P1	P2	P3
0	0.029497	0.029497	0.029497
10	0.000166	0.00005	0.000147
20	0.000844	0.001231	0.000730

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan Tabel 7 kadar P pada limbah cair tahu baik yang tidak ditambahkan EM4 maupun yang ditambahkan EM4 mengalami penurunan dari hari ke-10 sampai dengan hari ke-20. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme selain merombak P organik menjadi P anorganik juga menggunakan unsur P untuk aktivitas metabolisme hidupnya (*Notohadiprawiro, 1999*) sehingga mengurangi kandungan P tersedia dalam limbah cair. Selain itu kemungkinan kandungan fosfor yang terkandung pada limbah cair terkikis dan mengendap sehingga pada saat pengukuran sebagian kadar P tidak terukur karena mengendap di dasar bak. Hasil dari penelitian di dasar reaktor terdapat endapan/lumpur yang kemungkinan kadar P mengendap dalam lumpur dan terukur sebagai TSS. Berdasarkan standar SNI 19-7030-2004 kadar P dalam pupuk yang diperbolehkan minimum 0,1% sehingga kadar P yang terdapat dalam limbah cair tahu baik yang ditambahkan dengan EM4 maupun yang tidak ditambahkan EM4 masih belum memenuhi standar.

### 3.3.3 Kalium (K)

Pada dasarnya limbah cair tahu mengandung kadar kalium (K) yang berasal dari kacang kedelai, sehingga pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar kalium pada limbah cair tahu, baik yang tidak ditambahkan EM4 atau yang ditambahkan EM4. Bakteri yang terdapat pada EM4 selama proses penguraian unsur hara membentuk asam organik yang dapat meningkatkan  $K^+$  sehingga dapat berpotensi untuk digunakan langsung pada tanaman sebagai nutrisi yang diperlukan untuk tanaman (*Fitria, 2008*). Hasil analisa pengukuran kalium dalam bentuk  $K_2O$  dapat dilihat pada tabel 8

**Tabel 8 Analisa Pengukuran Kalium ( $K_2O$ )**

Hari Ke-	Konsentrasi $K_2O$ (%)		
	P1	P2	P3
0	0,00021	0,00021	0,00021
10	0,14097	0,15989	0,12710
20	0,21208	0,20883	0,19276

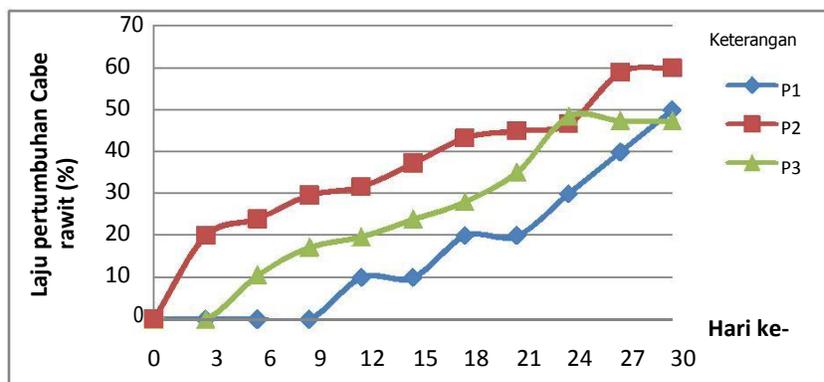
Sumber : Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan Tabel 8 kadar Kalium untuk P1 dan P2 di hari ke-20 cukup berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai nutrisi untuk tanaman karena memenuhi syarat SNI 19-7030-2004 dalam pupuk minimum 0,2%. Kadar Kalium pada P3 di hari ke-20 masih belum memenuhi syarat SNI- SNI 19-7030-2004 dalam pupuk minimum yang diperbolehkan yaitu

0,2% sehingga P3 tidak digunakan dalam penelitian lanjutan terhadap uji coba terhadap tanaman *Capsicum frutescens L.* P2 (LCT+ 5% EM4) yang dianggap berpotensi untuk diuji cobakan pada tanaman *Capsicum frutescens L.*, sehubungan dengan pertimbangan analisis sebelumnya, bahwa kandungan nitrogen dan fosfor yang tersedia lebih besar dibanding dengan P1 dan P3.

### 3.4 Hasil Akhir Penelitian

Pengamatan terhadap pengaruh dari hasil penambahan limbah cair tahu terhadap uji coba tanaman cabe rawit yang dilakukan selama 30 hari dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Laju Pertumbuhan *Capsicum frutescens L* selama 30 hari.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa P2 berpotensi sebagai nutrisi tanaman dengan rata-rata laju pertumbuhan 36% dan tumbuhnya bakal cabang dalam waktu kontak 12 hari. Persentasi tersebut menunjukkan bahwa pemupukan menggunakan limbah cair tahu+EM4 (P2) dapat meningkatkan tinggi tanaman *Capsicum frutescens L* karena limbah cair tahu mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman terutama unsur N, P dan K. Unsur N, P, dan K dibutuhkan untuk suplai energi pada pembelahan sel dan kekuatan jaringan terutama dinding primer pada jaringan batang dan daun (Salisbury dan Ross 1995). Unsur hara yang terdapat pada pupuk organik cair ini akan diserap oleh tanaman *Capsicum frutescens L*. Tanaman *Capsicum frutescens L* tumbuh dengan baik karena kebutuhan hidupnya dapat terpenuhi dan proses-proses metabolismenya berjalan dengan lancar, tetapi dilihat pada Gambar 3 laju pertumbuhan untuk setiap perlakuan tidak berbeda jauh karena umur tanaman relatif muda sehingga perbedaannya tidak terlihat cukup jauh tetapi pada hari ke-12 tanaman *Capsicum frutescens L* untuk P2 tumbuh bakal cabang yang menunjukkan perkembangan yang cukup cepat dan bakal cabang tersebut menunjukkan bakal tumbuhnya bunga/buah (Nurohman, 2011). P3 di hari ke-24 mengalami penurunan karena tanaman mati karena gangguan eksternal yaitu adanya hama. Penelitian hanya sampai pada tinggi batang, jumlah daun, dan bakal cabang. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diperlukan pengamatan terhadap buah cabe (produksi cabe), serta diperlukan pengolahan lebih lanjut mengenai pemanfaatan sebagai pupuk cair organik tanaman yang sesuai dengan SNI 19-7030-2004 dan Permentan no 70 tahun 2011 sehingga potensi dari limbah cair tahu sebagai pupuk cair organik dapat diaplikasikan.

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah cair tahu menggunakan EM4 pada perlakuan P2 mampu menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> sebesar 97%, COD sebesar 96% di hari ke-5, nilai P 0,001231% di hari ke-20. Serta meningkatkan nilai pH menjadi 7,26 di hari ke-15, TSS sebesar 1546 mg/L di hari ke-20, nilai N 1,12% di hari ke-20 dan nilai K<sub>2</sub>O 0,2% di hari ke

20. Selain itu hasil uji coba terhadap tanaman *Capsicum frutescens L* menunjukkan bahwa P2 cukup berpotensi sebagai nutrisi terhadap tanaman yang ditandai dengan batang utama tanaman lebih tinggi sementara daun lebih banyak dibanding dengan penggunaan pupuk NPK (P3) dan tanpa adanya pemupukan (P1) selain itu batang utama tanaman lebih kuat dan pertumbuhannya lebih cepat dengan rata-rata laju tinggi pertumbuhan tanaman 36% serta tumbuhnya bakal cabang dalam waktu kontak 12 hari.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Avlenda, E. (2009). *Penggunaan Tanaman Kangkung (Ipomoea aquatica) Forsk.) Dan Genjer (Limnocharis flava (L.) Buch.) Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Bandung: Tesis Pascasarjana Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Badan Standar Nasional Indonesia no 19-7030-2004 . 2004. *Standar kualitas pupuk organik*. Jakarta: SNI 19-7030-2004
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fitria, Y. (2008). *Pembuatan Pupuk Organik cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (Effective Microorganism 4)*. Bogor : Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Fitriyah, N R. (2011). *Studi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pupuk Cair Tanaman (Studi Kasus Pabrik Tahu Kenjeran)*. Surabaya : Teknik Lingkungan.
- Isa, M. (2008). *Pengaruh Pemberian Dosis EM4, Cacing Lumbricus Rubellus dan Campuran Keduanya Terhadap Lama Waktu Pengomposan Sampah Rumah Tangga*. Semarang : Fakultas Kesehatan Masyarakat.
- Jasmiyati, sofia, Thamrin, A. (2010). *Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Effective Microorganism 4 (EM4)*. Riau: Program Studi Ilmu Lingkungan PPS.
- Jeffries, M. dan Mills, D. (1996). *Freshwater Ecology, principles and Application*. UK : John Wiley and Sons, chishester.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1995. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri* Jakarta: KEP- 51/MENLH/10/1995.
- Mulyadi. (1994) *Pupuk dan cara pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Notohadiprawiro, T. (1999). *Tanah dan Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Nurhasan dan Pramudyanto, BD. (1991). *Penanganan air Limbah Pabrik tahu*. Semarang : Yayasan Bina Karya Lestari.
- Nurhasan, A. dan B. B. Pramudyanto. (1997). *Pengolahan Air Buangan Tahu*. Semarang : Yayasan Bina Karya Lestari dan Wahana Lingkungan Hidup Indonesia
- Nurohman, T. (2011). *Budidaya Tanaman Cabe dalam polybag*. Yogyakarta: Andi.
- Puspita, D. (2008). *Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Laundry dengan Reaktor Activated Carbon*. Yogyakarta : Program Studi Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Saeni MS . (1989). *Kimia Lingkungan*. Bogor : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Pendidikan Tinggi PAU. IPB
- Salisbury FB dan Ross CW. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. ITB Press. Bandung
- Sutanto, R. (2002). *Penerapan Pertanian Organik Masyarakat dan Pengembangan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Takwayana, H. P. (2012). PT. Tiga Manunggal Synthetic Industries. Dipetik Febuari 05, 2012 dari <http://herapoezzpietha.blogspot.com>