

# KINETIKA FILTRASI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIOFILTER MEDIA ZEOLIT

## BIOFILTRATION KINETICS OF TOFU INDUSTRY WASTEWATER USING OF ZEOLITE MEDIUM

Rodiyanti<sup>1</sup>, Sugeng Triyono<sup>2</sup>, Nugroho Haryono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

<sup>2,3</sup>Dosen Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : e-mail : rodiyanti66@gmail.com

Naskah ini diterima pada 26 September 2014; revisi pada 6 November 2014; disetujui untuk dipublikasikan pada 10 November 2014

### ABSTRACT

*This research was aimed to investigate reaction kinetic of tofu industry wastewater using zeolite medium. A static filter reactor using zeolite medium was constructed to carry out this research. Tofu wastewater was resirculated through the medium with various hydraulic retention times (HRT): 0, 3, 6, 12, 24, 36, and 48 hours. First order reaction was then applied on this kinetics. The results showed that pH increased from 4.1 to 8.02. Total P in the wastewater decreased from 12,1 mg/L to 6,91 mg/L (42% reduction), while in the media total P increased from 3,04 mg/L to 5,97 mg/L within 48 hours of filtration.  $N-NH_4^+$  decreased from 64.184 mg/L to 12.85 mg/L (79.9% reduction). Total Solids decreased from 10.404 mg/L to 4003 m (61.5% reduction).*

**Keywords:** wastewater, biofilter, zeolite

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika reaksi air limbah industri tahu dengan menggunakan media zeolit. Pada penelitian ini dibuat sebuah reaktor biofilter tetap menggunakan media zeolit. Air limbah tahu disirkulasi melewati media dengan variasi waktu tinggal atau Hydraulic Retention Times (HRT): 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48 jam. Reaksi orde pertama diterapkan pada kinetika ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH meningkat dari 4,1 menjadi 8,02. P total dalam air limbah menurun dari 12,1 mg/L menjadi 6,91 mg/L (penurunan 42%), sementara P total di media meningkat dari 3,04 mg/L menjadi 5,97 mg/L saat filtrasi 48 jam.  $N-NH_4^+$  menurun dari 64,184 mg/L menjadi 12.85 mg/L (penurunan 79,9%). Total Solids menurun dari 10,404 mg/L menjadi 4003 mg/L (penurunan 61,5%).

**Kata kunci :** air limbah, biofilter, zeolit

## I. PENDAHULUAN

Pada setiap industri pengolahan bahan pangan akan menghasilkan sisa dari proses pengolahan tersebut yang disebut limbah (Jenie dan Rahayu, 1993) salah satunya adalah produksi tahu. Produksi limbah akan meningkat apabila produksi tahu meningkat. Pada umumnya limbah yang dihasilkan dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan secara tepat, hal ini akan menyebabkan permasalahan baru yaitu pencemaran lingkungan (Suprapti, 2003).

Penanganan pencemaran lingkungan tersebut adalah dengan menggunakan biofilter. Menurut Patil (2007) biofilter merupakan teknologi

terbaru pengontrol polusi. Biofilter berfungsi sebagai penghilang dan oksidasi bahan pencemar dengan memanfaatkan mikroorganisme yang hidup dan melekat pada media biofilter tersebut. Menurut Deviny *et al* (1999) material yang digunakan sebagai media pada biofilter antara lain kompos, potongan kayu, kulit kayu, gambut, tanah dan campuran pasir, karbon aktif, batu lahar dan organik sintetik.

Pada penelitian ini bahan padat yang akan digunakan sebagai media biofilter adalah batuan zeolit. Zeolit merupakan sumber daya alam yang melimpah. Zeolit memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar

ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Berdasarkan sifat-sifat tersebut zeolit berpotensi digunakan sebagai bahan pengisi atau media biofilter.

Pemakaian zeolit sebagai media biofilter memiliki kemampuan menurunkan polutan organik yang lebih tinggi yaitu  $\pm 90\%$  dibandingkan tanpa media sebesar  $70\%$ . Perbedaan tersebut disebabkan karena zeolit menjadi media melekatnya mikroorganisme, hingga membentuk lapisan biologis (biofilm) yang berfungsi menguraikan bahan organik (Budijono, dkk., 2010).

Kandungan protein limbah cair tahu cukup tinggi yaitu sebesar  $0,155\%$  (Ratnani, 2012). Unsur N yang terdapat dalam protein tersebut dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembuatan pupuk nitrogen (N). Biofiltrasi limbah cair tahu dengan menggunakan batuan zeolit diharapkan dapat menyaring bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam sample limbah cair yang digunakan serta akan melekat pada media yang digunakan. Akan tetapi hal tersebut belum memiliki acuan mengenai lama filtrasi yang harus dilakukan untuk suatu volume tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kinetika bioreaksi dan mengkaji kinerja biofilter media zeolit.

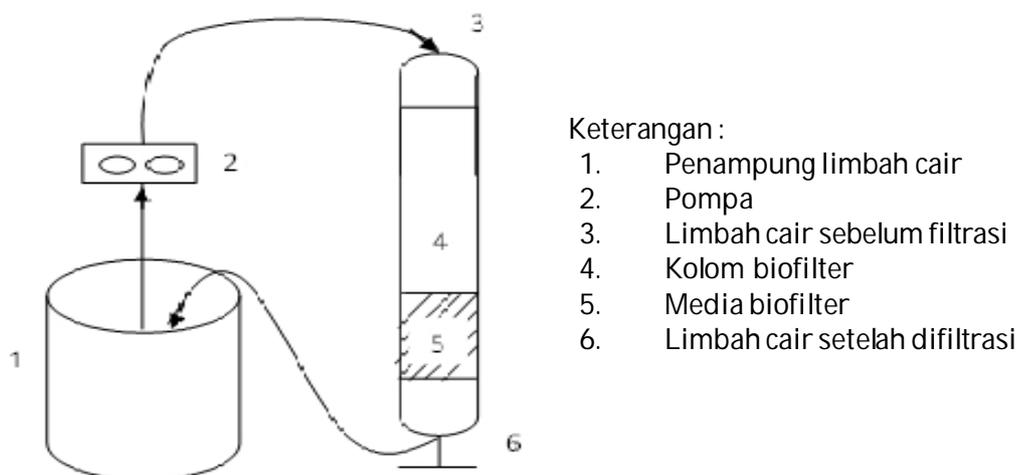
## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2014 sampai dengan bulan Juli 2014 bertempat di

Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian dan Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat biofilter, erlenmeyer, kertas saring Whatman GF/C berpori 1.2 mikron, pH meter, tabung, shaker, spektrofotometer dan alat laboratorium lainnya. Bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu (*whey*) yang berasal dari Kelurahan Gunung Sulah, Bandar Lampung, zeolit sebagai media biofilter, akuades, reagen, asam askorbat,  $HgI_2$ , KI, NaOH dan berbagai zat kimia lain yang dibutuhkan untuk analisis.

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah batu zeolit alam klinoptilolit dengan rumus kimia  $(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}) 24 H_2O$ . Sebelum digunakan, batu zeolit yang berukuran besar diperkecil ukurannya menjadi 3 – 5 mm. Hal ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan batu zeolit tersebut. Selain itu, batu zeolit juga diaktifasi terlebih dahulu dengan cara dipanaskan dalam oven pada suhu  $110^\circ C$  selama 24 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk mengeluarkan air dan menguapkan senyawa-senyawa organik yang terdapat pada pori-pori zeolit, sehingga pori-pori menjadi lebih bersih dan luas permukaan spesifik menjadi lebih besar, akibatnya kapasitas tukar kation dan daya serapnya juga semakin besar (Sugianto, 2012). Rancangan biofilter yang digunakan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Sistem Biofilter

Limbah cair tahu akan disirkulasikan ke kolom biofilter dan melalui media yang terdapat pada kolom biofilter yaitu zeolit dengan bantuan pompa. Setelah melewati media limbah akan kembali ke wadah penampung dan akan disirkulasi kembali. Limbah cair tahu disirkulasi dengan variasi waktu 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam. Variabel pengamatan pada penelitian ini adalah pH, TS, P total, P larut, N-amonium.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kadar Fosfor Total (P Total) Pada Media Biofilter

Pengukuran P total dilakukan dengan menggunakan metode asam askorbat yang dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 720 nm. Sebelum dianalisis batu zeolit di homogenkan dengan pengocok elektrik selama 6 jam, hal ini bertujuan untuk melarutkan kandungan P pada batu zeolit.

Hasil yang diperoleh pada saat sebelum filtrasi dan sesudah filtrasi 48 jam kadar P total pada batu zeolit masing-masing adalah 3,04 mg/L dan 5,97 mg/L. Peningkatan kadar P total pada batu zeolit sebelum dan sesudah filtrasi adalah sebesar 49%. Hal ini dikarenakan terjadinya proses kimia fisik pada air limbah. Kandungan P pada air limbah terabsorpsi oleh media biofilter dalam

hal ini batu zeolit, sehingga kadar P total pada batu zeolit akan bertambah.

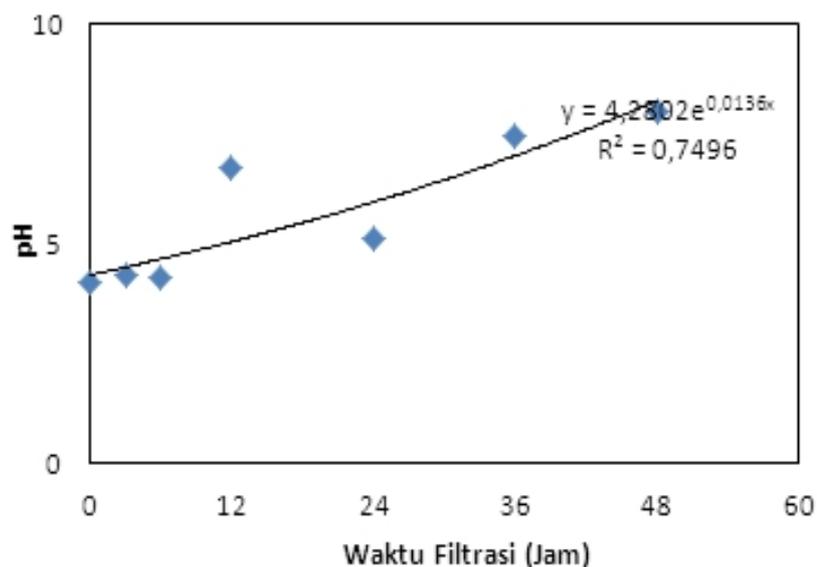
#### 3.2 pH

pH atau derajat keasaman merupakan salah satu karakteristik penting dari air limbah karena reaksi-reaksi yang terjadi pada air limbah tersebut salah satunya dipengaruhi oleh pH. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai pH seperti yang disajikan pada Gambar 2.

pH sebelum filtrasi atau 0 jam sebesar 4,104 dan pH sesudah filtrasi yang tertinggi sebesar 8,023 dengan waktu filtrasi selama 48 jam. Hasil yang di dapat terjadi perbedaan pH sebelum dan sesudah filtrasi karena semakin lama waktu filtrasi maka interaksi antara air limbah dengan batu zeolit akan semakin lama. Hal ini dikarenakan batu zeolit bersifat basa dengan stabilitas basa 7-10 (Sugianto, 2012). Koefisien korelasi (R) untuk hubungan pH dengan lama filtrasi adalah sebesar 0,865. Ketepatan permodelan persamaan adalah sebesar 86,5%.

#### 3.3 Total Solids (TS)

Total solids atau total padatan yang terkandung pada limbah cair tahu berasal dari sisa-sisa proses pembuatan tahu tersebut misalnya dari proses pencucian kedelai. Apabila nilai TS pada limbah tinggi maka proses terjadinya endapan pada daerah buangan akan lebih cepat. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan pada air

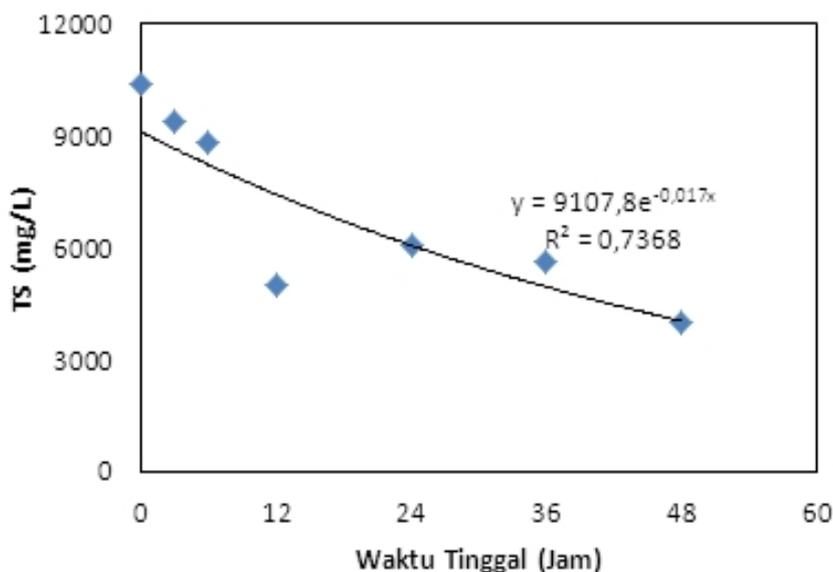


Gambar 2. Analisis regresi eksponensial waktu filtrasi terhadap perubahan pH

limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan TS pada air limbah dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu secara fisik, biologis dan kimia. Pada penelitian ini pengolahan yang digunakan adalah pengolahan secara fisik dan

Persentase penurunan TS sebelum dan sesudah filtrasi adalah sebesar 61,5%. Penurunan ini terjadi karena adanya proses fisik dan biologis pada proses filtrasi tersebut. Bahan organik pada

partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Pengukuran kadar P total pada air limbah sama dengan pengukuran P total pada media biofilter yaitu dengan menggunakan metode asam askorbat. Akan tetapi pengukuran P total pada air limbah tidak melalui tahapan pengocokan atau shaker. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti yang disajikan pada Gambar 4.

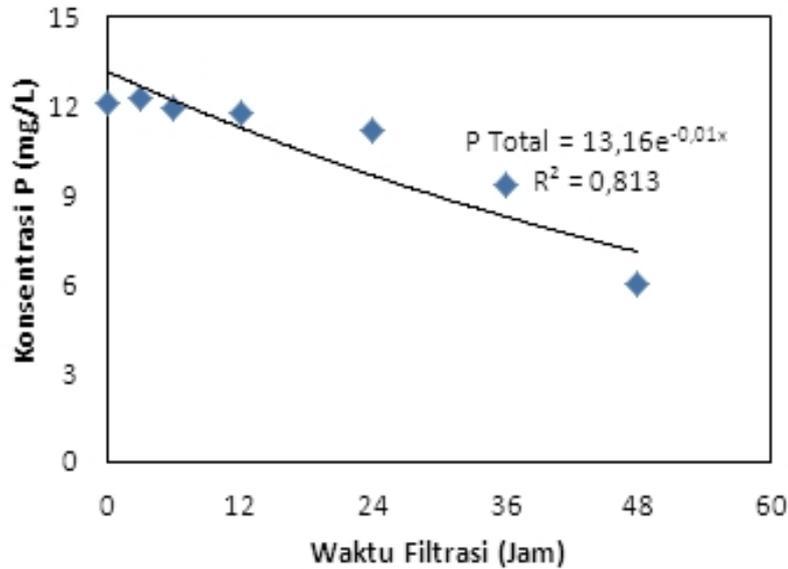


Gambar 3. Analisis regresi eksponensial waktu filtrasi terhadap perubahan TS

air limbah akan terhalang oleh tumpukan media biofilter, sehingga kandungan bahan organik atau TS pada air limbah akan berkurang. Sedangkan pengolahan secara biologis pada penelitian ini adalah lapisan biofilm yang dibuat oleh mikroorganisme yang terdapat pada zeolit kandungan bahan organik yang terdapat di limbah cair tahu terjerap ke dalam rongga dan saluran yang terdapat pada batu zeolit. Selain itu pada batu zeolit tumbuh mikroorganisme yang akan menguraikan bahan organik yang terkandung pada air limbah sehingga TS pada air limbah akan mengalami penurunan. Koefisien korelasi (R) untuk hubungan TS dengan waktu filtrasi adalah sebesar 0,856. Ketepatan permodelan persamaan tersebut adalah sebesar 85,6%.

### 3.4 Kadar Fosfor Total (P Total) Pada Air Limbah

Fosfor total merupakan jumlah total fosfor yang terdapat pada air limbah tersebut, baik berupa Persentase penurunan kadar P total pada air limbah adalah sebesar 42,9%. Pengukuran P total pada air limbah berlangsung secara kimia fisik dan biologis. Proses kimia fisik adalah dengan adanya proses absorpsi unsur P yang terdapat pada air limbah. Unsur P pada air limbah akan diserap oleh batu zeolit, sehingga kadar P total di air limbah akan berkurang dan kadar P total pada batu zeolit akan bertambah. Proses biologis adalah dengan adanya proses asimilasi sel. Pengambilan P anorganik dari air limbah ( $\text{HPO}_4^{2-}$  or  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) akan diubah menjadi P organik oleh mikroorganisme yang terdapat pada batu zeolit.



Gambar 4. Analisis regresi eksponensial waktu filtrasi terhadap perubahan kadar P total pada air limbah

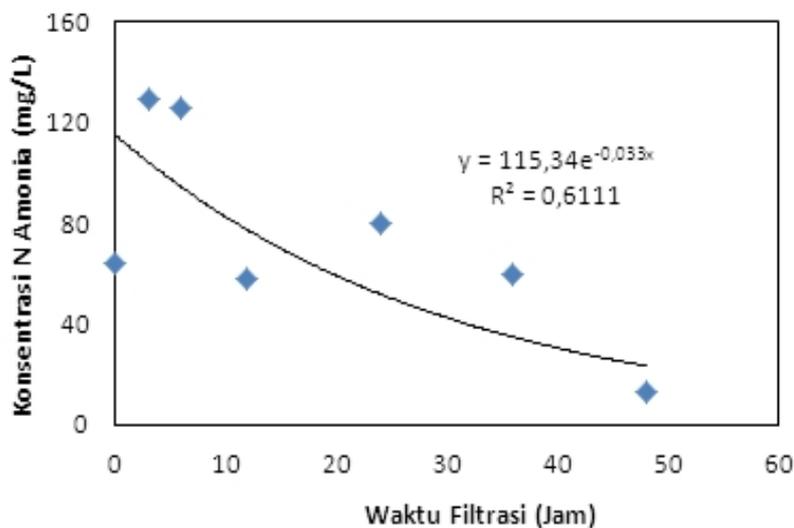
### 3.5 Kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Nitrogen-amonium) Pada air Limbah

Jumlah fosfor yang berlebihan dan disertai dengan adanya nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan alga di perairan menjadi meningkat. Peningkatan jumlah alga ini membentuk lapisan pada permukaan air, sehingga dapat menghambat masuknya cahaya matahari ke dasar perairan yang akan merugikan ekosistem perairan (Efendi, 2003). Oleh karena itu keberadaan nitrogen dalam air limbah perlu direduksi.

Kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di dalam air limbah mengalami penurunan. Semakin lama waktu filtrasi maka kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> akan semakin menurun. Persentase penurunan kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> adalah sebesar 79,9%. Koefisien korelasi (R) untuk hubungan kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dengan waktu filtrasi adalah sebesar 0,755. Ketepatan permodelan persamaan yang diperoleh adalah sebesar 75,5%.

Sample dibaca dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 425 nm. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti yang disajikan pada Gambar 5.

Pada penelitian ini pengukuran kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dilakukan dengan menggunakan metode Nessler.



Gambar 5. Analisis regresi waktu filtrasi terhadap perubahan kadar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Nitrogen-amonium)

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

1. Kadar P total pada air limbah mengalami penurunan sebesar 50,6% dibandingkan sebelum difiltrasi dan persamaan kinetika reaksi yang diperoleh adalah  $P_{total} = 13,16 \cdot 0,01^x$ . Sedangkan kadar P total pada batu zeolit mengalami peningkatan sebesar 49% setelah difiltrasi.
2. Kadar  $N-NH_4^+$  di dalam air limbah mengalami penurunan sebesar 79,9% dan persamaan kinetika reaksinya adalah  $Kadar\ N-NH_4^+ = 115,3e^{-0,03x}$ .
3. Nilai pH sebelum dan sesudah filtrasi mengalami kenaikan sebesar 48,9%, nilai pH tertinggi terjadi saat filtrasi 48 jam dengan nilai pH sebesar 8,02. Hal ini dikarenakan batu zeolit bersifat basa dengan stabilitas basa 7-10 dan karena proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang membentuk amonia.

##### 4.2 Saran

Untuk menyempurnakan hasil dari penelitian ini maka perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang penggunaan media biofilter secara berulang. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk filtrasi sampai terjadi penyumbatan pada media tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budijono, M. Hasbi, dan Ahmali. 2010. Efektivitas Pemakaian Zeolit sebagai Media Biofilter Limbah Cair Tahu. *Jurnal Ilmu Perairan*. Vol. 8 (2): 64-70.
- Deviny, J. S., M. A. Deshusses, and T. S. Webster. 1999. *Biofiltration for Air Pollution Control*. Lewis Publishers. New York.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Jenie, B.S.L., dan W. P. Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kansius. Yogyakarta.
- Patil, K. D. 2007. *Mechanical Operations Fundamental Principles and Applications*. Nirali Prakashan. Mumbai.
- Ratnani, R. D. 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif untuk Menurunkan Pencemaran pada Limbah Cair Industri Tahu. *Momentum*. Universitas Wahid Hasyim Semarang. Vol 8 (1): 1-5.
- Sugianto, R. 2012. *Zeolite Untuk Perairan Siapa Takut*. CV Minatama. Bandar Lampung.
- Suprpti, M. L. 2003. *Teknologi Pengolahan Pangan Pembuatan Tahu*. Kanisius. Yogyakarta.