

**KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SECARA KONTINYU
DENGAN MEDIA FILTER BATU FOSFAT
(Skripsi)**

Oleh

SINDYA NIRWANA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

PERFORMANCE OF A CONTINUOUS TREATMENT OF TOFU PROCESSING LIQUID WASTE USING PHOSPHATE ROCK AS THE FILTER MEDIUM

By

SINDYA NIRWANA

Liquid waste of tofu processing industry contains organic matter. Disposing the liquid waste without prior proper treatment will potentially pollute the environment. High containing liquid wastes are typically treated biologically. Biofilter is a waste treatment technology which make use of microorganisms cultured on a medium or attached to the surface of the media. Phosphate rock can be useful to be a filter medium for waste treatment. In addition to be used as the medium for microbes to attach, the spent phosphate rock can be potentially utilized as the raw material of phosphate fertilizer production, in that the acidic liquid waste is able to increase the solubility of PO_4^{3-} in rock. This study aims to find out the efficiency of continuously (*upflow*) waste treatment with phosphate rock as the filter medium and assess the potential PO_4^{3-} dissolution of rock phosphate in the liquid waste.

The materials used in this study were the tofu liquid waste taken from Desa Gunung Sulah, Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung, rock phosphate from

Lampung Tengah and chemicals such as NaOH, KI, HGI₂, and phosphate reagent. The particle size of phosphate rock filter media ranged 3-5 mm and has a porosity of 0,47. The liquid waste was continuously applied to the filter reactor at the flow rate of 0,95 liters per day, in an *upflow* mode without recycle. The parameters observed in the study included pH, TS, TSS, TFS, N-ammonium, phosphate, and the production of biogas.

The results showed that the pH of the liquid waste increased from 3,94 to 5,5. TS, TSS, TFS and each has been reduced by 33,97%, 36,67% and 25,81%. N-ammonium concentration increased by 382,69% from 68,24 mg/l to 329,38 mg/l. The increase of N-ammonium concentration was because the product of N organic decomposition in form of bacterial secretion during the filtration process.

Phosphate concentrations increased by 559,78% from 77,39 mg/l to 510,63 mg/l. The increase of phosphate concentrations was likely due to dissolution of PO₄³⁻ contained in the filter media by the acidic liquid waste. Biogas production averaged 415 ml/day/liter of waste. High concentrations of TS, TSS, TFS, in the effluent were normal, indicating that the effluent needed further treatments.

Phosphate and N-ammonium removal from water generally needed a sequencing aerobic and anaerobic treatments.

Keywords: wastewater of tofu, biofilters, anaerobic, phosphate rock.

ABSTRAK

KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SECARA KONTINYU DENGAN MEDIA FILTER BATU FOSFAT

Oleh

SINDYA NIRWANA

Limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi. Pembuangan limbah cair tahu tanpa dilakukan pengolahan akan berpotensi mencemari lingkungan. Pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, biasanya memanfaatkan aktifitas mikroorganisme untuk mengurai senyawa polutan organik tersebut. Biofilter merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media dan melekat pada permukaan media. Batu fosfat dapat digunakan sebagai media filter untuk pengolahan limbah dan dapat meningkatkan kelarutan PO_4^{3-} yang berpotensi dimanfaatkan menjadi pupuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi pengolahan limbah cair tahu dengan media filter batu fosfat secara kontinyu (*upflow*) dan mengkaji potensi pelarutan batu fosfat dengan limbah cair tahu.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu yang berasal dari Kelurahan Gunung Sulah, Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung, batu fosfat yang digunakan berasal dari Kabupaten Lampung Tengah

dan bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah NaOH, KI, HgI₂, dan reagen fosfat. Media filter batu fosfat yang digunakan berukuran 3 – 5 mm dan memiliki porositas 0,47. Limbah cair tahu difiltrasi secara anaerobik dengan menggunakan batu fosfat sebagai media filter dengan debit 0,95 liter per hari secara kontinyu *upflow* (tidak disirkulasi). Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi pH, TS, TSS, TFS, N–ammonium, fosfat, dan produksi biogas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH limbah cair tahu meningkat dari 3,94 menjadi 5,5. TS, TSS, dan TFS masing-masing mengalami reduksi sebesar 33,97%, 36,67%, dan 25,81% . Konsentrasi N–ammonium meningkat sebanyak 382,69% dari 68,24 mg/l menjadi 329,38 mg/l. Peningkatan konsentrasi N–ammonium merupakan hasil sekresi penguraian N organik oleh bakteri selama proses filtrasi. Konsentrasi fosfat meningkat 559,78% dari 77,39 mg/l menjadi 510,63 mg/l. Konsentrasi fosfat yang meningkat pada *effluent* disebabkan oleh larutnya PO₄³⁻ dari media filter oleh limbah cair tahu yang bersifat asam. Biogas yang dihasilkan rata-rata adalah 415 ml/hari/liter limbah. Konsentrasi TS, TSS, dan TFS setelah melalui proses filtrasi menggunakan batu fosfat masih cukup tinggi bahkan konsentrasi N–ammonium dan fosfat cenderung meningkat. Oleh sebab itu, untuk mengurangi konsentrasi bahan-bahan tersebut masih perlu dilakukan proses pengolahan limbah lanjutan.

Kata kunci : limbah cair tahu, biofilter, anaerobik, batu fosfat.

**KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SECARA KONTINYU
DENGAN MEDIA FILTER BATU FOSFAT**

Oleh

SINDYA NIRWANA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judial Skripsi

**: KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
TAHU SECARA KONTINYU DENGAN
MEDIA FILTER BATU FOSFAT**

Nama Mahasiswa

: Sindya Nirwana

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1214071069

Jurusan

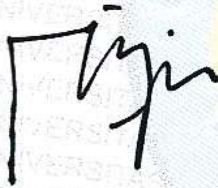
: Teknik Pertanian

Fakultas

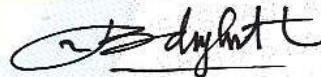
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

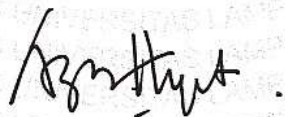


Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP 19611211 198703 1 004



Ir. Budianto Lanya, M.T.
NIP 19580523 198603 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian



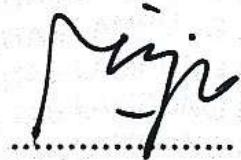
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



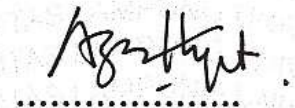
Sekretaris

: **Ir. Budianto Lanya, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian




Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **6 Oktober 2016**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

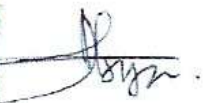
Saya adalahSindya Nirwana.....NPM1214071069.....

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.** dan 2) **Ir. Budianto Lanya, M.T.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Oktober 2016
Yang membuat pernyataan




(Sindya Nirwana)
NPM. 1214071069

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro pada tanggal 4 Agustus 1994, sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Feri Siswanto dan Ibu Puji Asih. Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak di TK Perwanida Pekalongan Lampung Timur dan lulus pada tahun 2000. Pendidikan dilanjutkan di SD Pertiwi Teladan Metro pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2006. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 3 Metro pada tahun 2009 dan sekolah menengah atas diselesaikan di SMA Negeri 4 Metro pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN Undangan. Penulis mendapatkan beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik selama 3 tahun. Penulis pernah menjabat sebagai Bendahara Bidang Penelitian dan Pengembangan (Litbang) di Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada periode 2013 – 2014 dan menjabat sebagai Sekretaris Bidang Penelitian dan Pengembangan (Litbang) di Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada periode 2014 – 2015.

Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Praktik Umum di PT Momenta Agrikultura “Amazing Farm” Kec. Lembang Kab. Bandung Barat Provinsi Jawa Barat dengan judul “Mempelajari Penerapan Irigasi Tetes Pada Tanaman Tomat di PT Momenta Agrikultura (*Amazing Farm*) Lembang, Jawa Barat” selama 30 hari mulai tanggal 27 Juli 2015 sampai tanggal 27 Agustus 2015. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Harong, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus selama 60 hari mulai tanggal 18 Januari 2016 sampai dengan 17 Maret 2016.

Bismillahirrahmanirrahim

ku persembahkan karya kecil ini untuk

Kedua orangtuaku tercinta

Bapak Feri Siswanto

Ibu Puji Asih

Adikku tersayang

Ferryan Dhini Mulya

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SECARA KONTINYU DENGAN MEDIA FILTER BATU FOSFAT**” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya kuliah dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi, dan memberikan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua serta selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan, saran, dan kritik yang membangun.
3. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung serta selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

5. Kedua orang tua dan adik yang sangat aku cintai. Bapak Feri Siswanto, Ibu Puji Asih dan Ferryan Dhini Mulya yang senantiasa mendengarkan keluh kesahku dan memberikan solusi, motivasi, serta do'a yang sangat berarti.
6. Sahabat–sahabat terbaikku dan Ahmad Rifki Maulana yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Teknik Pertanian angkatan 2012 Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Penulis

Sindya Nirwana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	4
1.4. Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Limbah Tahu	5
2.1.1. Proses Pembuatan Tahu	5
2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Tahu	7
2.1.3. Baku Mutu Limbah Cair	8
2.2. Teknologi Pengolahan Limbah	9
2.2.1. Proses Pengolahan dengan Pertumbuhan Tersuspensi (<i>Suspended-Growth Treatment Processes</i>)	10
2.2.2. Proses Pengolahan dengan Pertumbuhan Terekat (<i>Attached-Growth Treatment Processes</i>)	11
2.3. Proses Pengolahan Limbah Anaerobik	14
2.4. Fosfat	16
2.5. Pupuk Fosfat	17
2.6. Parameter Kualitas Limbah	18
2.7. Reduksi Nitrogen	20

2.8. Biogas	21
III. METODOLOGI	22
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Persiapan	24
3.3.2. Pengambilan Data	26
3.4. Analisis Data	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Sistem Biofilter	30
4.2. Parameter Pengolahan Limbah	32
4.2.1. pH	32
4.2.2. TS, TSS, dan TFS	34
4.2.3. Efisiensi	36
4.2.4. N-ammonium	37
4.2.5. Fosfat	39
4.3. Biogas	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

Tabel 4 - 29

Gambar 13 - 45

DAFTAR TABEL

Tabel	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Limbah cair pabrik tahu “Barokah” di Semarang	8
2.	Baku Mutu Limbah Pengolahan Kedelai	9
3.	Spesifikasi biofilter	31
<i>Lampiran</i>		
4.	Pengukuran debit	55
5.	Pengukuran porositas	55
6.	Pengukuran TS, TSS, dan TFS	56
7.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 57	62
8.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 58	63
9.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 59	64
10.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 60	65
11.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 61	66
12.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 65	67
13.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 66	68
14.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 67	69
15.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 68	70
16.	Pengukuran Ammonium pada filtrasi hari ke 69	71
17.	Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 57	72

18. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 58.....	73
19. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 59.....	74
20. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 60.....	75
21. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 61.....	76
22. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 62.....	77
23. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 63.....	78
24. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 64.....	79
25. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 65.....	80
26. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 66.....	81
27. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 67.....	82
28. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 68.....	83
29. Pengukuran Fosfat pada filtrasi hari ke 69.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1.	Diagram proses pembuatan tahu	6
2.	Diagram neraca masa pembuatan tahu	7
3.	Diagram alir penelitian	23
4.	Desain biofilter	26
5.	Perubahan pH selama filtrasi	33
6.	Perubahan konsentrasi <i>total solids</i>	35
7.	Perubahan konsentrasi <i>total suspended solids</i>	35
8.	Perubahan konsentrasi <i>total filterable solids</i>	36
9.	Efisiensi pengolahan limbah	37
10.	Perubahan konsentrasi ammonium	38
11.	Peningkatan konsentrasi fosfat	40
12.	Produksi biogas	42

Lampiran

13.	Deret standar N-ammonium.....	62
14.	Deret standar N-ammonium.....	63
15.	Deret standar N-ammonium.....	64
16.	Deret standar N-ammonium.....	65

17. Deret standar N-ammonium.....	66
18. Deret standar N-ammonium	67
19. Deret standar N-ammonium.....	68
20. Deret standar N-ammonium.....	69
21. Deret standar N-ammonium.....	70
22. Deret standar N-ammonium.....	71
23. Deret standar fosfat	72
24. Deret standar fosfat	73
25. Deret standar fosfat	74
26. Deret standar fosfat	75
27. Deret standar fosfat	76
28. Deret standar fosfat	77
29. Deret standar fosfat	78
30. Deret standar fosfat	78
31. Deret standar fosfat	80
32. Deret standar fosfat	81
33. Deret standar fosfat	82
34. Deret standar fosfat	83
35. Deret standar fosfat	84
36. Pengayakan batu fosfat	85
37. Penyaringan limbah tahu sebelum difiltrasi.....	85
38. Pengukuran pH.....	86
39. Pengukuran TSS dan TFS	86
40. Pengukuran TS, TSS, dan TFS	87

41. Pembuatan deret standar fosfat	87
42. Larutan standar dan sampel pengukuran ammonium.....	88
43. Larutan standar dan sampel pengukuran fosfat.....	88
44. Pembacaan absorbansi dengan spektrofotometer.....	89
45. Kolom biofilter.....	89

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tahu merupakan bahan makanan yang berasal dari olahan kacang kedelai. Berbeda dengan tempe yang merupakan olahan kedelai asli Indonesia, olahan kedelai yang berasal dari Cina ini menjadi menu favorit yang sangat digemari oleh semua kalangan masyarakat Indonesia. Selain rasanya yang enak dan harganya yang terjangkau, tahu memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi terutama protein sehingga tahu dapat digunakan sebagai sumber protein nabati selain tempe. Kebutuhan tahu di Indonesia terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Kesadaran masyarakat akan pemenuhan gizi yang berasal dari tahu terlihat dari konsumsi tahu yang tinggi dengan jumlah mencapai 0,136 kg per kapita dalam seminggu atau setara dengan 7,02 kg/kapita/tahun pada tahun 2014 (BPS, 2014). Tahu dihasilkan dari berbagai produsen tahu, baik produsen tahu skala besar maupun skala rumahan.

Semakin tinggi produksi tahu tentunya menghasilkan limbah yang tinggi pula. Industri tahu ini menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan limbah cair. Pemanfaatan limbah padat umumnya digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah

cair tahu dibuang ke lingkungan. Pengolahan 1 kg kacang kedelai menjadi tahu akan menghasilkan limbah cair sebanyak 15 – 20 liter (Sadzali, 2010).

Limbah cair tahu merupakan bahan organik yang mudah diurai oleh mikroorganisme sehingga akan menimbulkan bau tidak sedap akibat proses pembusukan oleh bakteri (Sadzali, 2010). Limbah cair tahu memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 11628 ppm, DO 4,5 ppm (Ratnani, 2012), Nitrogen 0,27% dan Fosfor 228,85 ppm (Asmoro, dkk., 2008). Selain itu, pH limbah cair tahu yang dihasilkan bersifat asam. Air limbah tahu yang langsung dibuang ke perairan akan merubah pH air dan mengganggu kehidupan organisme air. Pencemaran limbah dapat meracuni biota yang hidup di perairan oleh sebab itu pembuangan limbah tanpa tindakan pengolahan sangat berbahaya (Adack, 2013).

Sebagian besar proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, biasanya memanfaatkan aktifitas mikroorganisme untuk mengurai senyawa polutan organik tersebut. Biofilter merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media dan melekat pada permukaan media (Kemenkes RI, 2011). Prinsip dasar biofilter adalah mengalirkan air limbah ke dalam suatu biakan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media, polutan yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi senyawa yang tidak mencemari lingkungan.

Media biofilter merupakan hal yang penting dari biofilter. Media biofilter dapat berupa batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, dan batu bara (kokas) (Kemenkes RI, 2011). Batuan fosfat merupakan salah satu bahan yang

dapat digunakan sebagai media biofilter. Batu fosfat alam biasanya menjadi sumber P yang digunakan sebagai bahan baku industri pupuk. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan bahan kimia asam dengan harga yang tinggi. Limbah cair tahu yang bersifat asam berpotensi untuk digunakan sebagai pelarut P pada batu fosfat. Hasil penelitian Triyono, dkk., (2015) menyebutkan bahwa limbah cair tahu yang difiltrasi dengan menggunakan batuan fosfat sebagai media biofilter dapat mereduksi 45% *total solids*, 70% ammonium, dan 90% P total dengan filtrasi selama 48 jam dan nilai P terlarut dari fosfat alam meningkat sebanyak 30% setelah filtrasi.

Teknologi pengolahan limbah cair telah berkembang secara beragam. Proses pengolahan limbah dapat dilakukan dengan gabungan dari beberapa proses maupun satu proses. Pada penelitian terdahulu oleh Silviana (2014), telah dilakukan pengolahan limbah cair tahu dengan filtrasi sistem bed. Penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair tahu dengan filtrasi anaerob secara kontinu untuk mengetahui pengolahan limbah yang terjadi.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui efisiensi pengolahan limbah dengan reaktor biofilter kontinu.
2. Mengetahui kualitas limbah cair tahu setelah difiltrasi.
3. Mengetahui produksi biogas yang dihasilkan.
4. Mengkaji potensi pelarutan batu fosfat dengan limbah cair tahu.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai efisiensi pengolahan limbah cair tahu menggunakan batu fosfat sebagai media filter.
2. Batu fosfat setelah digunakan untuk filtrasi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman.
3. Biogas yang dihasilkan selama pengolahan limbah berpotensi menjadi energi alternatif.

1.4. Hipotesis

Terdapat perubahan kualitas limbah cair tahu setelah proses pengolahan biofilter anaerob.

II. TINJAUAN PUSTAKA

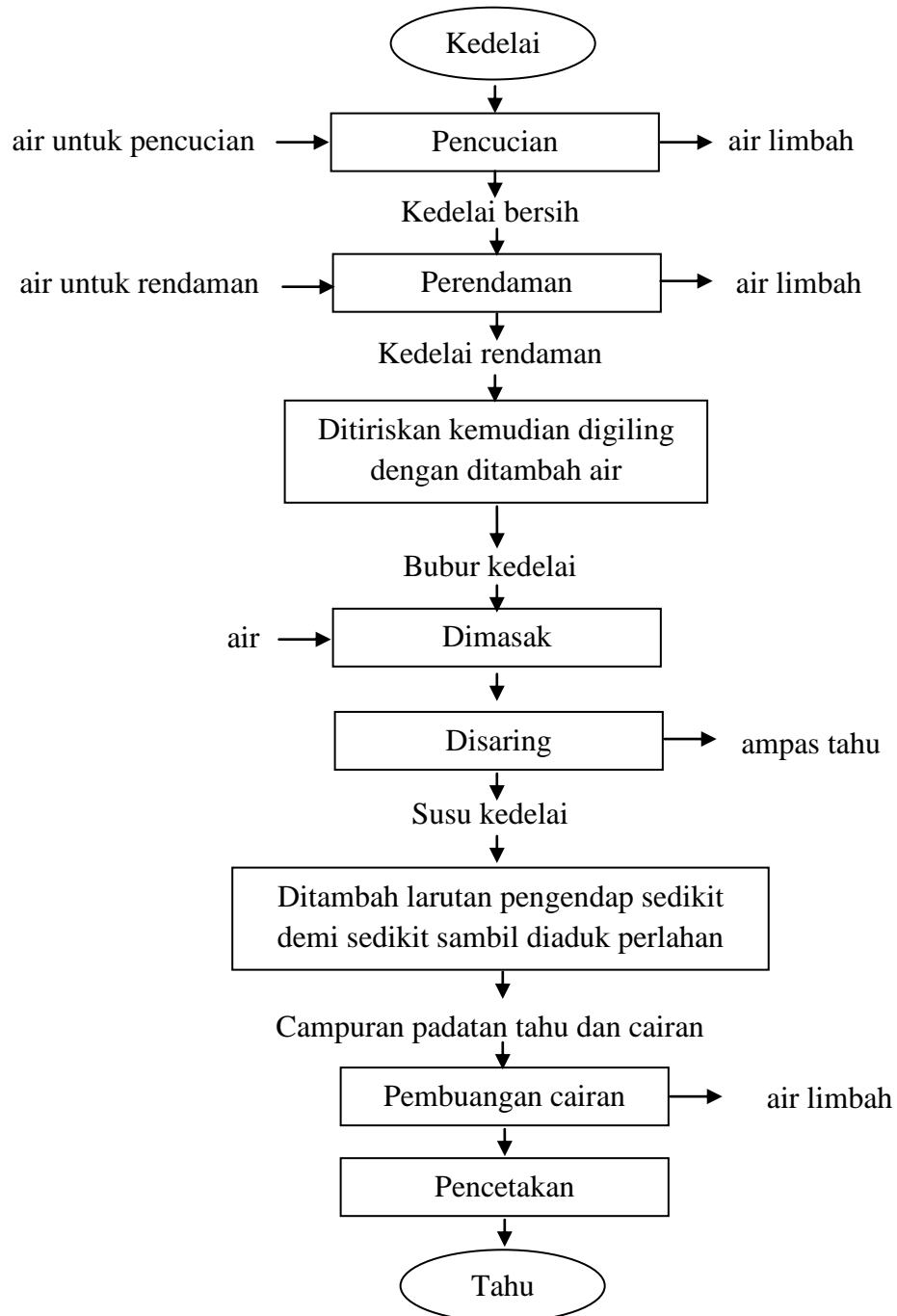
2.1. Limbah Tahu

Tahu merupakan produk makanan yang berasal dari olahan kedelai yang banyak digemari masyarakat. Umumnya pembuatan tahu dilakukan oleh industri kecil atau industri rumah tangga. Hampir di setiap kota di Indonesia dijumpai industri tahu. Pada prinsipnya pembuatan tahu dibuat dengan mengekstrak protein kemudian mengumpulkannya hingga membentuk padatan protein. Setiap proses pengolahan tahu memerlukan banyak air mulai dari pencucian dan perebusan kedelai. Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu berupa limbah cair dan limbah padat. Buangan industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang sangat tinggi. Bahan organik yang terkandung pada buangan tersebut berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak (Said dan Wahjono, 1999).

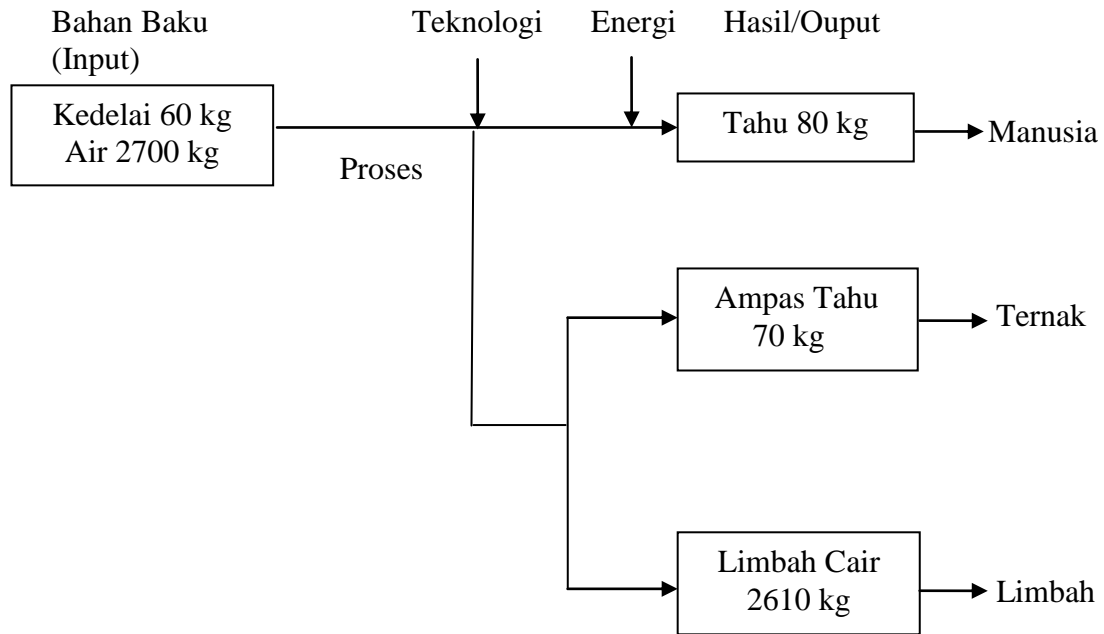
2.1.1. Proses Pembuatan Tahu

Proses pembuatan tahu melalui beberapa tahapan diantaranya sortasi kacang kedelai dan pembersihan, kemudian dilakukan perendaman selama 4 - 10 jam, pencucian, penggilingan kacang kedelai menjadi bubur kedelai, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, kemudian pengepresan dan pencetakan. Dalam pembuatan 60 kg kacang kedelai menjadi tahu menghasilkan limbah cair

sebanyak 2610 kg (Said dan Wahjono, 1999). Diagram pembuatan tahu dan neraca masa pembuatan tahu dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Diagram proses pembuatan tahu
(Sumber : Said dan Wahjono, 1999)



Gambar 2. Diagram neraca masa pembuatan tahu
(Sumber : Said dan Wahjono, 1999)

2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Tahu

Industri tahu yang berkembang biasanya adalah industri kecil (*home industry*), yang mana industri tersebut dikelola oleh masyarakat yang belum memikirkan adanya sistem pengolahan limbah sehingga limbah yang dibuang tanpa pengolahan akan mencemari lingkungan. Pemilihan sistem pengolahan limbah yang akan dilakukan didasarkan pada sifat dan karakteristik limbah tersebut. Sifat dan karakteristik limbah yang menentukan pengolahan limbah adalah kualitas air limbah yang meliputi parameter pH, COD (*chemical oxygen demand*), BOD (*biological oxygen demand*), dan kandungan organik yang lain. Berikut adalah karakteristik limbah cair pabrik tahu “Barokah” di Semarang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Limbah cair pabrik tahu “Barokah” di Semarang

No	Parameter	Hasil Analisis
1	pH	4,26
2	DO	4,5 ppm
3	COD	11628 ppm
4	Air	99,162 %
5	Abu	0,139 %
6	Karbohidrat	0,294%
7	Protein	0,155 %
8	Lemak	0,058 %
9	Serat kasar	0,191 %
10	Temperatur	45 °C
11	Warna	Kuning keruh
12	Bau	Berbau menyengat

Sumber : Ratnani, 2012

2.1.3. Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Industri pengolahan kedelai adalah usaha dan/atau kegiatan yang memanfaatkan kedelai sebagai bahan baku utama yang tidak bisa digantikan dengan bahan lain (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014). Nilai baku mutu limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Pengolahan Kedelai

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar ¹⁾ (mg/l)	Beban ²⁾ (kg/ton)	Kadar ¹⁾ (mg/l)	Beban ²⁾ (kg/ton)	Kadar ¹⁾ (mg/l)	Beban ²⁾ (kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 – 9		6 – 9		6 - 9	
Kuatitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton) ³	10		20		10	

Keterangan:

- 1) kecuali untuk pH
- 2) Satuan beban adalah kg per ton bahan baku
- 3) Satuan kuantitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2014.

2.2. Teknologi Pengolahan Limbah

Teknologi pengolahan limbah saat ini terus berkembang dan diarahkan pada peningkatan efisiensi, pemanfaatan sumberdaya lokal dan pemenuhan baku mutu.

Pengolahan biologi untuk limbah cair adalah pemanfaatan proses metabolisme makhluk hidup untuk menghilangkan polutan tertentu dari limbah cair. Untuk limbah domestik, tujuan pengolahan biologi adalah untuk menurunkan kadar zat organik, sedangkan untuk limbah industri, pengolahan biologi dapat diterapkan untuk menurunkan kadar zat organik maupun anorganik. Umumnya pengolahan biologi memanfaatkan metabolisme mikroorganisme untuk mengkoagulasi dan menghilangkan koloid yang tidak mengendap serta menstabilkan zat organik.

Proses dalam pengolahan biologi dapat berlangsung secara aerobik, anaerobik, maupun gabungan keduanya. Secara garis besar, pengolahan biologi dibedakan

menjadi dua kelompok, yaitu proses pengolahan dengan pertumbuhan tersuspensi dan proses pengolahan dengan pertumbuhan terikat (Siregar, dkk., 2004).

2.2.1. Proses Pengolahan dengan Pertumbuhan Tersuspensi (*Suspended-Growth Treatment Processes*)

Pada pengolahan tersuspensi, proses pengolahan dilakukan oleh biomassa (mikroorganisme) yang tersuspensi dalam limbah cair. Beberapa proses pengolahan tersuspensi adalah sebagai berikut :

1. *Activated Sludge* (Pengolahan Lumpur Aktif)

Proses *activated sludge* merupakan pengolahan biologi yang paling banyak digunakan dewasa ini. Proses ini memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan polutan, baik dalam suasana aerobik (dengan aerasi) maupun anaerobik (tanpa aerasi). *Activated Sludge* diaplikasikan pada pengolahan limbah cair domestik dan limbah cair industri yang memiliki kandungan zat organik tinggi.

2. *Sequential Batch Reactor* (SBR)

Sequential Batch Reactor (SBR) merupakan modifikasi dari proses *activated sludge* dengan mengubah aliran (*inflow*) dan aerasi kontinyu menjadi *batch* (diskrit).

3. Proses *Activated Sludge* dengan Teknologi Ozon

Penerapan teknologi ozon merupakan modifikasi pada proses *activated sludge*. Ozon yang merupakan spesi aktif dari oksigen memiliki potensial oksidasi 2,07 V, lebih tinggi dibandingkan dengan chlorine yang hanya

memiliki potensial oksidasi 1,36 V. Dengan potensial oksidasi yang tinggi, ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*sterilization*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deodoration*), dan menguraikan senyawa organik (*degradation*).

4. *Contact Stabilization System*

Contact Stabilization System merupakan modifikasi dari proses *activated sludge* yang memanfaatkan proses *biosorption*. *Biosorption* merupakan proses pengikatan polutan oleh biomassa dalam reaktor.

5. *Alternate Intermittent Cyclic Aeration Reactor (AICAR)*

AICAR merupakan modifikasi dari *activated sludge* dengan membagi aliran menjadi dua reaktor paralel. Masing-masing reaktor terbagi menjadi dua muka dan bagian belakang.

6. *Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB)*

Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) merupakan teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan limbah cair secara anaerobik. Pada teknologi ini, limbah cair dialirkan dari bawah ke atas melalui *sludge bed*. Dari proses ini didapatkan air jernih dan gas hasil proses anaerobik yang dapat dimanfaatkan.

2.2.2. Proses Pengolahan dengan Pertumbuhan Terekat (*Attached-Growth Treatment Processes*)

Pengolahan biologi yang lain adalah proses pertumbuhan terlekat. Pada pengolahan terlekat, proses pengolahan dilakukan oleh biomassa

(mikroorganisme) yang terlekat pada media tertentu yang berkontak dengan limbah cair.

1. *Trickling Filter* atau Biofilter

Trickling Filter adalah proses pengolahan limbah cair secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media filter. *Trickling Filter* digunakan untuk menyisihkan kandungan zat organik pada limbah cair serta nitrifikasi (konversi nitrogen dari amonia menjadi nitrat). Mikroorganisme yang berperan dalam *trickling filter* adalah mikroorganisme fakultatif yang dapat hidup dengan maupun tanpa kehadiran oksigen.

Prinsip kerja *trickling filter* yaitu limbah cair dialirkan melalui bak filter yang berisi media permeabel (batu berdiameter 25-100 mm).

Mikroorganisme dalam filter membentuk *biofilm/slime layer* pada permukaan media. Pada bagian luar *slime layer* berlangsung proses aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme menyebabkan *slime layer* bertambah tebal sehingga bagian dalam *slime layer* tidak tercapai oleh oksigen dan berlangsung proses anaerobik.

Kelebihan *trickling filter*:

- Efektif menghilangkan amonia dan bau
- Mudah dioperasikan dan dirawat, serta biaya operasi rendah
- Stabil terhadap perubahan konsentrasi zat organik
- Resisten terhadap kehadiran zat toksik (beracun) dalam limbah cair.

Kekurangan *trickling filter*:

- Sering terjadi penyumbatan
- Periode istirahat panjang

Trickling Filter umumnya diaplikasikan pada pengolahan limbah domestik, namun dapat juga diaplikasikan pada pengolahan limbah cair industri yang memiliki kandungan zat organik yang tinggi.

2. *Rotating Biological Contractors (RBC)*

RBC terdiri atas serangkaian piringan (*disk*) dari bahan polystyrene atau polivinil klorida (PVC). Rangkaian piringan tersebut sebagian terendam dalam bak berisi limbah cair dan berputar perlahan. RBC dapat digunakan untuk pengolahan sekunder dan proses nitrifikasi.

3. *Aerobic Fluidized Bed*

Aerobic Fluidized Bed adalah tangki bioreaktor dengan aliran ke atas melalui media berpori yang mengandung mikroorganisme aerobik. Untuk menyuplai oksigen bagi mikroorganisme, terdapat inlet udara dibagian bawah tangki.

4. *Anaerobic Fluidized Bed (AFB)*

Bioreaktor *Anaerobic Fluidized Bed (AFB)* merupakan salah satu bentuk pengolahan anaerobik yang umum digunakan. AFB dapat digunakan untuk mereduksi senyawa organik toksik serta mendenitrifikasi nitrat dalam limbah cair.

5. *Fluidization Bed Crystallization* (FBC)

Pengolahan senyawa anorganik yang umumnya digunakan adalah metode presipitasi konvensional. Metode ini menghasilkan lumpur yang harus diolah dengan pengolahan lanjutan. FBC merupakan alternatif teknologi pengolahan limbah anorganik dengan menambahkan *carrier* dan pereaksi pada reaktor sehingga komponen anorganik pada limbah cair bereaksi membentuk Kristal. Metode ini dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair yang mengandung flour, ion logam berat, fosfat, ammonia, dan pelunasan air dalam pengolahan air bersih dan limbah cair.

2.3. Proses Pengolahan Limbah Anaerobik

Limbah industri khususnya gas primer dinyatakan dalam wujud limbah organik yang mudah busuk dan berpotensi menimbulkan mikroba patogen. Pada pengolahan limbah lumpur berupa senyawa kimia organik dengan proses anaerobik oleh berbagai macam mikroba yang dibantu oleh nutrisi menjadi produk gas bio. Keuntungan perlakuan anaerobik diantaranya adalah reduksi limbah, stabilisasi, perbaikan drainase dan matinya mikroba patogen. Komponen limbah industri sangat kompleks termasuk polisakarida, lemak dan protein. Senyawa polisakarida, protein dan lemak dihidrolisis menjadi senyawa dengan berat molekul rendah khususnya asam lemak dan alkohol dengan berat molekul rendah. Seterusnya senyawa asam lemak dan alkohol ini didiversi menjadi gas metan dan gas karbondioksida (Suharto, 2011).

1. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang menjadi senyawa yang sederhana. Pada tahap ini, bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid, dan protein didegradasi menjadi senyawa dengan rantai pendek, seperti peptida, asam amino, dan gula sederhana. Kelompok bakteri hidrolisa, seperti *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae* yang melakukan proses ini.

2. Asidogenesis

Asidogenesis adalah pembentukan asam dari senyawa sederhana. Bakteri asidogen, *Desulfovibrio*, pada tahap ini memproses senyawa terlarut pada hidrolisis menjadi asam-asam lemak rantai pendek yang umumnya asam asetat dan asam format.

3. Metanogenesis

Metanogenesis ialah proses pembentukan gas metan dengan bantuan bakteri pembentuk metan seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosarcina*, dan *Methanococcus*. Tahap ini mengubah asam-asam lemak rantai pendek menjadi H_2 , CO_2 , dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO_2 , kemudian bersama-sama dengan H_2 dan CO_2 menghasilkan produk akhir, yaitu metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2).

2.4. Fosfat

Fosfat alam (*rock phosphate*) adalah nama yang digunakan untuk beberapa jenis batuan yang mengandung mineral fosfat dalam jumlah yang cukup signifikan, atau nama mineral yang mengandung ion fosfat dalam struktur kimianya.

Menurut Kasno, dkk (2009) berdasarkan proses-proses pembentukannya fosfat alam dapat dibedakan atas tiga.

1. Fosfat primer terbentuk dari pembekuan magma alkali yang mengandung mineral fosfat apatit, terutama fluor apatit $\{Ca_5(PO_4)_3F\}$. Apatit dapat dibedakan atas *Chlorapatite* $3Ca_3(PO_4)_2CaCl_2$ dan *Flour apatite* $3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$.
2. Fosfat sedimenter (marin), merupakan endapan fosfat sedimen yang terendapkan di laut dalam, pada lingkungan alkali dan lingkungan yang tenang. Fosfat alam terbentuk di laut dalam bentuk *calcium phosphate* yang disebut *phosphorit*. Bahan endapan ini dapat ditemukan dalam endapan yang berlapis lapis hingga ribuan mil persegi. Elemen P berasal dari pelarutan batuan, sebagian P diserap oleh tanaman dan sebagian lagi terbawa oleh aliran ke laut dalam.
3. Fosfat guano, merupakan hasil akumulasi sekresi burung pemakan ikan dan kelelawar yang terlarut dan bereaksi dengan batu gamping karena pengaruh air hujan dan air tanah.

Fosfat alam merupakan sumber P yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri seperti pupuk P yang mudah larut/*water-soluble P/WSP* (antara lain TSP, SP-18, SSP, DAP, MOP), bahan kimia, produk makanan dan suplemen hewan,

dan detergen. Industri pupuk menggunakan sekitar 90% fosfat alam yang diproduksi di dunia. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan biaya tinggi, pemborosan energi dan memerlukan jumlah bahan kimia seperti asam sulfat dan asam fosfat yang besar. Oleh karena itu diperlukan peningkatan efisiensi penggunaan pupuk P. Salah satunya adalah menggunakan fosfat alam sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*) menggunakan fosfat alam sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*).

2.5. Pupuk Fosfat

Fosfat merupakan unsur hara makro esensial yang dibutuhkan tanaman. Sumber P untuk tanaman berasal dari tanah dan dari pupuk. Pupuk sumber P dapat berupa TSP, SP-36, dan SP-18, pupuk majemuk NPK, DAP, dan pupuk organik. Salah satu sumber pupuk P yang murah yaitu fosfat alam. Pupuk fosfat alam berasal dari batuan fosfat yang digiling halus sehingga dapat langsung digunakan sebagai pupuk. Fosfat alam yang berasal dari batuan endapan atau sedimen yang mempunyai reaktivitas tinggi dapat digunakan secara langsung sebagai pupuk (Balai Penelitian Tanah, 2011).

Keuntungan menggunakan fosfat alam secara langsung yaitu:

1. Dapat menghemat energi dan mengurangi pencemaran yang diakibatkan industri pupuk;
2. Harga per satuan hara lebih murah;
3. Efektivitasnya sama atau kadang lebih tinggi dibandingkan dengan SP-36;

4. Meningkatkan efisiensi pupuk P 10-20% dan bersifat *slow release* sehingga residunya dapat dimanfaatkan untuk musim tanam berikutnya; dan
5. Mengandung hara Ca, Mg, dan hara mikro serta sesuai untuk tanah masam (Balai Penelitian Tanah, 2011).

2.6. Parameter Kualitas Limbah

Pencemaran lingkungan dapat diukur dengan parameter kualitas limbah yang dibuang.

1. Parameter Fisik

Parameter fisik limbah terdiri dari warna, temperatur, parameter konduktivitas, bau, rasa, kekeruhan, dan *total solids*.

2. Parameter Kimia

Parameter kimia terdiri dari pH, oksigen terlarut (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), sulfat, klorida, florida, dan bahan-bahan kimia lainnya.

3. Parameter Biologi

Kontaminan-kontaminan biologis dalam air dapat menimbulkan berbagai penyakit yang dikenal dengan nama *water-borne disease* seperti thypus, cholera, dysentrie, dll.

4. Parameter Radioaktif

Radioaktivitas dalam air dapat berasal dari kebocoran instalasi nuklir. Zat radioaktif sangat berbahaya karena memiliki sifat mutagenik yang dapat mempengaruhi kesehatan.

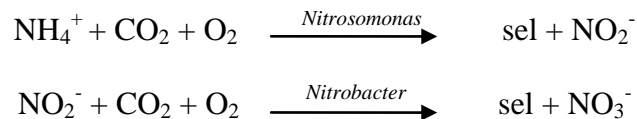
BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk konversi mikroba atau mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair oleh mikroba pada suhu 20°C selama waktu inkubasi 5 hari. Parameter BOD digunakan untuk mengetahui karakteristik senyawa kimia organik dalam limbah cair. BOD dilakukan pada suhu 20°C karena pada waktu pengambilan cuplikan limbah cair di Inggris suhunya 20°C (Suharto, 2011).

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Pada reaksi ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air .

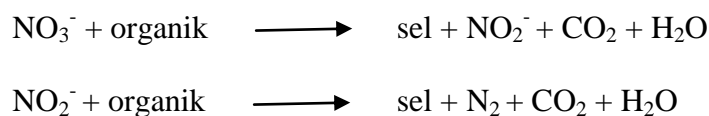
Total solids atau zat padat yang tinggi dapat mengandung mikroorganisme, zat organik, dan dapat mengakibatkan kerak pada proses industri. Total padatan terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS) adalah suatu ukuran jumlah partikel padat yang terlarut di dalam suatu cairan (Siregar, dkk., 2004). Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, kekeruhan air meningkat yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme dalam air.

2.7. Reduksi Nitrogen

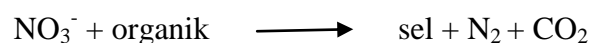
Reduksi nitrogen dapat dilakukan dengan dengan dua tahap yaitu nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi adalah proses biologis yang akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit kemudian nitrat. Bakteri nitrifikasi yang paling penting untuk proses nitrifikasi adalah *Nitrosomonas* yang mengubah ammonium menjadi nitrit dan bakteri *Nitrobacter* yang mengubah nitrit menjadi nitrat (Jenie dan Rahayu, 1993). Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Tahap kedua pada proses reduksi nitrogen adalah denitrifikasi. Untuk mereduksi nitrat dikenal dalam 2 jenis penguraian yaitu asimilasi dan desimilasi. Asimilasi adalah menguraian nitrat menjadi persenyawaan amonia yang akan bereaksi menjadi molekul organik dan desimilasi adalah penguraian yang menghasilkan molekul nitrogen sebagai produk akhir. Proses tersebut secara umum disebut denitrifikasi. Reaksi penguraian nitrat adalah sebagai berikut.



Produk akhir yang dihasilkan dari penguraian nitrat adalah gas nitrogen (N_2) atau nitrogen oksida (N_2O). Kedua gas tersebut dapat menguap di udara. Namun, jumlah nitrit yang terbentuk sering kali tidak diamati karena senyawa antara. Proses penguraian lebih sering disajikan secara keseluruhan seperti pada persamaan berikut.



2.8. Biogas

Biogas adalah suatu gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas). Gas yang dihasilkan berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbondioksida. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri mektan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30 °C - 50 °C. Pada suhu tersebut mikroorganisme dapat bekerja secara optimal merombak bahan-bahan organik (Simamora, dkk., 2006).

Biogas dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pengganti sumber energi utama. Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan produksi biogas. Faktor pendukung untuk mempercepat proses fermentasi adalah kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan bakteri perombak, salah satunya adalah bahan baku isian. Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sisa dapur, dan sampah organik. Bahan baku isian ini harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling (Simamora, dkk., 2006).

III. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga September 2016 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

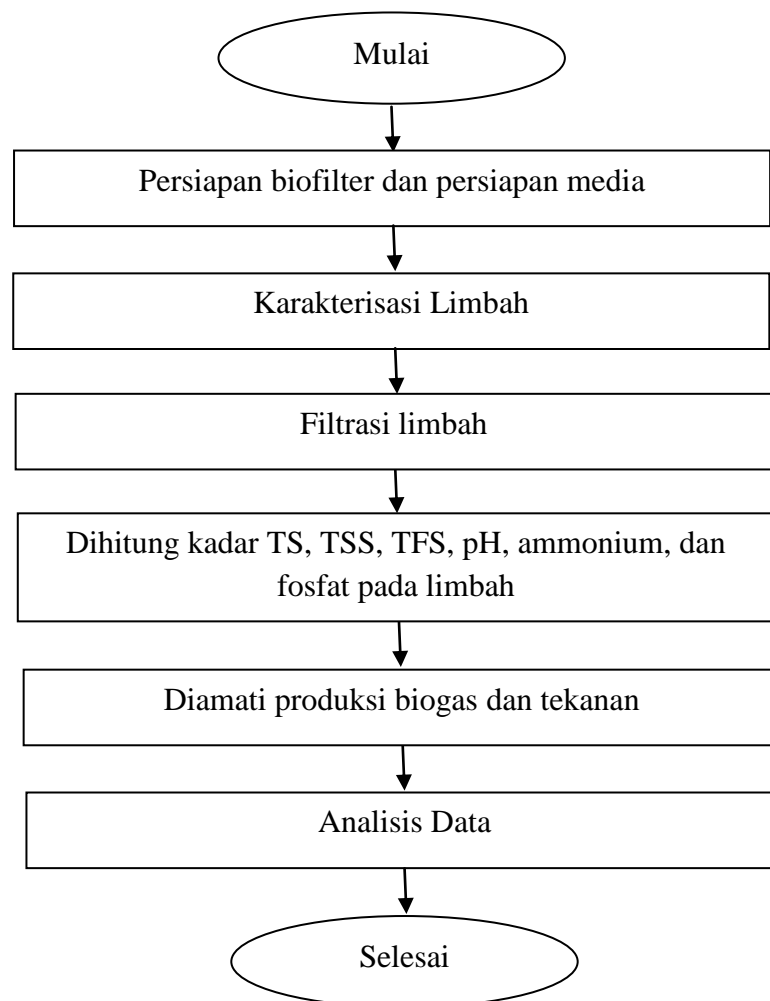
3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat biofilter rakitan, oven, timbangan analitik, spektrofotometer, cawan, botol sampel, pipet, beaker glass, gelas ukur, pompa peristaltik, botol, ember, dan alat alat laboratorium lainnya.

Bahan yang digunakan adalah batu fosfat yang berasal dari Kabupaten Lampung Tengah, limbah cair tahu berasal dari Kelurahan Gunung Sulah, Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung, dan bahan-bahan kimia yang digunakan adalah NaOH, KI, HgI₂, reagen fosfat.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan mempersiapkan perangkat biofilter dan media filter, karakterisasi limbah cair tahu, kemudian dilakukan filtrasi, menghitung variabel pengamatan, dan selesai. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.3.1. Persiapan

1. Persiapan Media

Batu fosfat berfungsi sebagai media filtrasi. Ukuran batu yang digunakan berukuran antara 3 – 5 mm. Media filter yang telah disiapkan sesuai ukuran dicuci untuk menghilangkan debu yang menempel pada media filter. Setelah itu, batu fosfat dijemur di bawah sinar matahari (kering udara) dan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105 °C. Hal tersebut dilakukan untuk menguapkan bahan-bahan organik yang terdapat pada pori batu fosfat, sehingga daya serap terhadap air pada pori tersebut akan meningkat.

2. Pengukuran debit

Pompa yang digunakan adalah pompa peristaltik.

Debit pompa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = V/t \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

Q = debit (m³/s)

V = volume limbah yang dialirkan (m³)

t = waktu (s)

3. Porositas

Porositas dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Porositas} = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume total}} \dots \dots \dots (2)$$

4. *Hydraulic Retention Time* (HRT)

Hydraulic Retention Time dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q} \text{ (hari)} \dots\dots\dots (3)$$

dimana

V = volume pori (liter)

Q = debit (liter/hari)

5. *Loading Rate*

Loading rate dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Loading rate} = \frac{C \times V}{\text{HRT}} \text{ (mg/hari)} \dots\dots\dots (4)$$

dimana

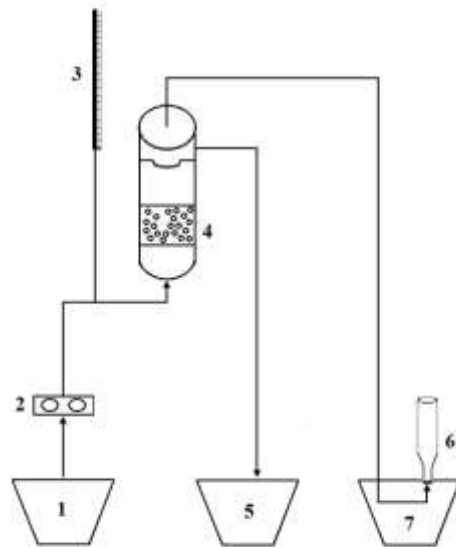
C = konsentrasi (TS, TSS, TFS) (mg/liter)

V = volume pori (liter)

HRT = *Hydraulic Retention Time* (hari)

6. Persiapan perangkat biofilter

Biofilter rakitan yang digunakan terdiri dari selang, kolom biofilter, pompa, bak penampung, dan botol yang digunakan untuk menampung biogas. Media filtrasi berupa batuan fosfat sebanyak 1 liter. Desain biofilter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan:

1. *Influent*
2. Pompa peristaltik
3. Monometer
4. Kolom biofilter
5. *Effluent*
6. Botol penampung biogas
7. Ember penampung air

Gambar 4. Desain biofilter

Limbah dialirkan melewati media filter dengan debit ± 1 liter per hari. Limbah dialirkan secara kontinyu dengan aliran ke atas (*upflow*). Pengukuran variabel pengamatan dimulai saat bakteri dalam media filter sudah hidup dan stabil, kemudian dilakukan pengamatan secara kontinyu. Proses pengolahan limbah dilakukan secara anaerob yang akan menghasilkan biogas, biogas ditampung dalam botol dan diamati pertambahan volumenya setiap hari selama proses pengolahan limbah berlangsung.

3.3.2. Pengambilan Data

Data yang dikumpulkan merupakan hasil pengukuran dari setiap variabel pengamatan yang diambil pada saat sebelum filtrasi dan sesudah filtrasi. Variabel yang diamati adalah sebagai berikut:

a. Pengamatan pada *influent* dan *effluent* limbah

1. *Total Solids*

$$TS = \frac{(W_2 - W_1)}{V_s} \text{ (mg/l) } \dots\dots\dots(5)$$

dimana

W_1 = berat cawan (mg)

W_2 = berat cawan + residu limbah setelah dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam (mg)

V_s = volume sampel (liter)

2. *Total Suspended Solids*

$$TSS = \frac{(W_{K2} - W_{K1})}{V_s} \text{ (mg/l) } \dots\dots\dots(6)$$

dimana

W_{K1} = cawan+kertas saring (mg)

W_{K2} = cawan+kertas saring+residu (mg)

V_s = volume sampel (liter)

3. *Total Filtrable Solids*

$$TFS = \frac{(W_{f2} - W_{f1})}{V_s} \text{ (mg/l) } \dots\dots\dots(7)$$

dimana

W_{f1} = berat cawan (mg)

W_{f2} = berat cawan + residu limbah lolos saringan setelah dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam (mg)

V_s = volume sampel (liter)

4. pH

pH diukur dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran pH dilakukan setiap hari.

5. N-ammonium

Pengukuran konsentrasi ammonium pada limbah dilakukan dengan metode spektroskopi pada panjang gelombang 425 nm menggunakan metode Nessler. Prosedur kerja pengukuran ammonium terlampir.

6. Fosfat (PO_4^{3-})

Pengukuran fosfat dilakukan dengan menggunakan metode asam karbonat dengan reagent PhosVer 3[®] dari HACH. Pengukuran konsentrasi fosfat pada limbah dilakukan dengan metode spektroskopi pada panjang gelombang 720 nm. Prosedur kerja pengukuran fosfat terlampir.

b. Pengamatan Tekanan (P)

Tekanan diketahui dengan mengamati tinggi kolom air dalam selang setiap hari yang kemudian dihitung dengan dengan rumus berikut.

$$P = \rho \times g \times h \text{ (Pa)} \dots \dots \dots (8)$$

dimana

ρ = masa jenis (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian (m)

c. Pengamatan biogas

Produksi biogas yang dihasilkan selama proses pengolahan limbah anaerob diamati setiap hari.

d. Efisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

dimana

C_0 = konsentrasi TS, TSS, dan TFS sebelum filtrasi

C_t = konsentrasi TS, TSS, dan TFS sesudah filtrasi pada waktu t

3.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari analisis penelitian akan disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan uraian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Efisiensi pengolahan limbah dengan menggunakan batu fosfat sebagai media filter terhadap TS, TSS, dan TFS masing-masing adalah sebesar 33,79%, 36,67%, dan 25,81%.
2. pH limbah cair tahu meningkat dari 3,9 menjadi 5,5 selama proses filtrasi.
3. Konsentrasi ammonium mengalami peningkatan sebesar 382,69% karena konversi N organik oleh bakteri.
4. Konsentrasi fosfat pada limbah *effluent* meningkat sebesar 559,78%. Hal tersebut menunjukkan bahwa limbah cair tahu dapat melarutkan PO_4^{3-} pada batu fosfat.
5. Biogas yang dihasilkan dalam pengolahan limbah secara anaerob adalah 415 ml/hari/liter limbah.

5.2. Saran

Saran untuk menyempurnakan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan limbah yang lebih efisien untuk mendapatkan limbah yang sesuai dengan baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adack, J. 2013. Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan Hidup. *Lex Administratum* Vol. 1. No. 3 : 78-97.
- Asmoro, Y., Suranto dan D. Sutoyo. 2008. Pemanfaatan Limbah Tahu untuk Peningkatan Hasil Tanaman Petsai (*Brassica chinensis*). *Bioteknologi* Vol. 5. No. 2: 51-55.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Konsumsi Rata-Rata per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2014*. <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/950>. Diakses pada 9 April 2016.
- Balai Penelitian Tanah. 2011. Fosfat Alam Sumber Pupuk P yang Murah. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Vol. 33 No. 1 : 10-12.
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius. Yogyakarta. 184 hlm.
- Kasno, A., S. Rochayati, dan B.H. Prasetyo. 2009. *Deposit, Penyebaran, dan Karakteristik Fosfat Alam*. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian : 21 hlm.
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan. Jakarta. 93 hlm.
- Mahida, U.N. 1993. *Water Pollution and Disposal of Waste Water on Land (Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri, G.A. Ticoalu)*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 544 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Baku Mutu Air Limbah*. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. . No. 1815. Jakarta. 85 hlm.

- Ratnani, R.D. 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok Dan Lumpur Aktif Untuk Menurunkan Pencemaran Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Momentum*, Vol. 8. No. 1 : 1- 5.
- Sadzali, I. 2010. Potensi Limbah Tahu Sebagai Biogas. *Jurnal UI Untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains, dan Teknologi*. Vol 1 : 62 – 69.
- Said, N.I dan H.D.Wahjono. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Jakarta. 45 hlm.
- Said, N.I. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta Pusat. 606 hlm.
- Silviana, M. 2014. Filtrasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Media Partikel Batuan Fosfat. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Simamora, S., Salundik, S. Wahyuni, dan Sarajudin. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak & Gas dari Kotoran Ternak*. PT Agro Media Pustaka. Jakarta. 52 hlm.
- Siregar, M.R.T., A. Djajadiningrat, Hiskia, D. Syamsi, N. Idayanti, dan Widyarani. 2004. *Roadmap Teknologi: Pemanfaatan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Pengolahan Limbah*. LIPI Press. Jakarta. 244 hlm.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. ANDI. Yogyakarta. 518 hlm.
- Tchobanoglous, G dan F.L.Burton. 1991. *Waste Water Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. McGrow Hill Book Co. New York.
- Triyono, S. 2011. *Modul Praktikum Rekayasa Pengolahan Limbah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 32 hlm.
- Triyono, S., A. Haryanto, dan M. Silviana. 2015. Filtrasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Media Partikel Batuan Fosfat. *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI Program Studi TIP-UTM*.