

**PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* AMPAS TAHU
MENGUNAKAN RAGI ONCOM (*Neurospora sitophila*)**

(Skripsi)

Oleh

Puspa Nurhanan



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

INCREASING THE BIODEGRADABILITY OF TOFU DREG USING ONCOM YEAST (*Neurospora sitophila*)

By

PUSPA NURHANAN

The high content of organic matter in liquid waste and solid waste (tofu dregs) has the potential to be converted into biogas. However, lignocellulosic crude fiber in tofu dreg can reduce the efficiency of degradation by hydrolytic enzymes. Initial treatment (pretreatment) using oncom yeast was carried out to help the hydrolysis process of crude fiber. Oncom yeast contains the mold *Neurospora sitophila* which is capable of producing lignocellulotic enzymes to help decompose lignocellulosic compounds. This study aims to improve the biodegradability of tofu dreg by administering oncom yeast. The research was conducted using a descriptive method with two factors, namely yeast concentration (0%, 2%, 4%, 6%) and length of pretreatment time (0 hour, 24 hours, 48 hours, 72 hours, 96 hours). Observations made included the degree of acidity (pH), Total Solid (TS), Total Volatile Acid (TVA), Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD), and concentration of lignocellulose. The research results obtained were an increase in biodegradability with an increase in the S-COD value reaching 28.098 mg/L and the TVA value of 8.840 mg/L. In addition, there was a decrease in pH conditions reaching 5,25, TS value of 8,03%, concentrations of cellulose, hemicellulose, and lignin respectively 14,51%, 35,42%, and 7,73%.

Keywords : Pretreatment, tofu dreg, lignocellulose, organic compounds, oncom yeast

ABSTRAK

PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* AMPAS TAHU MENGUNAKAN RAGI ONCOM (*Neurospora sitophila*)

Oleh

PUSPA NURHANAN

Kandungan bahan organik yang tinggi dalam limbah cair dan limbah padat (ampas tahu) berpotensi untuk dikonversi menjadi biogas. Namun, serat kasar lignoselulosa pada ampas tahu dapat mengurangi efisiensi degradasi oleh enzim hidrolisis. Perlakuan awal (*pretreatment*) menggunakan ragi oncom dilakukan untuk membantu proses hidrolisis serat kasar. Ragi oncom mengandung kapang *Neurospora sitophila* yang mampu menghasilkan enzim lignoselulolitik untuk membantu menguraikan senyawa lignoselulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan *biodegradability* ampas tahu dengan pemberian ragi oncom. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode deskriptif dengan dua faktor yaitu konsentrasi ragi (0%, 2%, 4%, 6%) dan lama waktu *pretreatment* (0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam). Pengamatan yang dilakukan meliputi derajat keasaman (pH), *Total Solid* (TS), *Total Volatile Acid* (TVA), *Soluble Chemical Oxygen Demand* (S-COD), dan konsentrasi lignoselulosa. Hasil penelitian yang diperoleh adalah terjadinya peningkatan *biodegradability* dengan meningkatnya nilai S-COD mencapai 28.098 mg/L dan nilai TVA sebesar 8.840 mg/L. Selain itu, terjadi penurunan kondisi pH mencapai 5,25, nilai TS sebesar 8,03%, konsentrasi selulosa, hemiselulosa, dan lignin berturut-turut sebesar 14,51%, 35,42%, dan 7,73%.

Kata kunci : *Pretreatment*, ampas tahu, lignoselulosa, senyawa organik, ragi oncom

**PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* AMPAS TAHU
MENGUNAKAN RAGI ONCOM (*Neurospora sitophila*)**

Oleh
Puspa Nurhanan

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **Peningkatan *Biodegradability* Ampas Tahu Menggunakan Ragi Oncom (*Neurospora sitophila*)**

Nama : **Puspa Nurhanan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914231016


Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

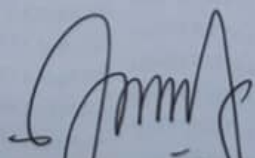
Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing


(Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.)
NIP. 196401061988031002


(Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.)
NIP. 197210061998031005

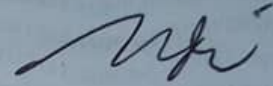
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


(Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.)
NIP. 197210061998031005

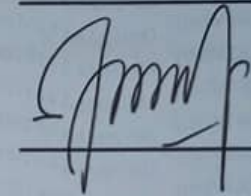
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

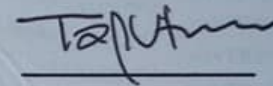
Ketua : Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.



Sekretaris : Dr. Erdi Suroso, S.T. P., M.T.A.



Anggota : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.

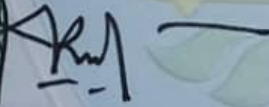


2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si

NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Agustus 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Puspa Nurhanan NPM 1914231016, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya Ilmiah ini tidak berisi material 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 mempertanggungjawabkan.

Bandar Lampung, 24 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Puspa Nurhanan
NPM. 1914231016

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 7 Mei 2001 sebagai anak tunggal dari bapak Muhammad Tafrikhan dan ibu Tutik Iriyani Almh. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah Bandar Jaya (2007 – 2013), Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Terbanggi Besar (2013 – 2016), Sekolah Menengah Akhir di SMAN 1 Terbanggi Besar (2016 – 2019). Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari – Februari 2022 di Desa Varia Agung, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Great Giant Pineapple dengan judul “Mempelajari Pengendalian Potensi Bahaya dan Penerapan Alat Pelindung Diri (APD) Pada Area *QC Processing* PT Great Giant Pineapple” pada bulan Juli – Agustus tahun 2022.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi internal kampus. Organisasi internal yang diikuti adalah BEM Universitas dan UKM Penelitian Universitas Lampung. Penulis juga mengikuti Kursus *Start Up Agrotechnopreneur* dalam program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) tahun 2021, serta menjadi finalis dalam kegiatan lomba *Digital Based Start Up Business* yang diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Bank BPD Jateng tahun 2022.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat tercinta.

Skripsi dengan judul “Peningkatan *Biodegradability* Ampas Tahu Menggunakan Ragi Oncom (*Neurospora Sitophila*)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Hasil Pertanian pada Fakultas Pertanian, Universitas Lampung .

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan guna membangun skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
3. Bapak Ir. Harun Al Rasyid, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M. T., selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing utama yang telah memberi masukan, motivasi dan nasehat sehingga dapat menyusun skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran-saran membangun agar penulisan skripsi ini lebih baik lagi.

6. Seluruh dosen pengajar dan para staff Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung atas semua bimbingan, ilmu, dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
7. Kepada Ayahanda tersayang Muhammad Tafrikhan dan Ibunda Tutik Iriyani Almh serta semua keluarga besar atas dukungan secara moral, finansial, doa, kasih sayang, dan motivasinya selama ini.
8. Kepada sahabat-sahabat saya Elly Fitriana, Balqis Iklil Habiba, Shela Yawli, Putri Ajeng K, Linda Mareta Sari, Siti Fadilah, dan Dio M Thesa terimakasih telah menemani lika-liku perkuliahan, memberikan canda tawa, dan tempat berkeluh kesah penulis.
9. Kepada Bapak Joko, Bang Teguh, dan Bang Febri terimakasih atas semua bantuan dan masukan selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri.
10. Kepada rekan seperjuangan saya Wanda Oktaria, Chindy Aulia, Eriska Mei Wulandari, Bella Ferliana, dan keluarga besar TIP angkatan 2019 lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan, semangat, dukungan dan kebersamaannya selama perkuliahan.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dipergunakan sebaik-baiknya, dan bermanfaat bagi diri sendiri dan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 24 Juli 2023

Puspa Nurhanan
NPM. 1914231016

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ampas Tahu	6
2.2 Ragi Oncom	6
2.3 Lignoselulosa	8
2.4 Pretreatmet Lignoselulosa Pada Biomassa	10
2.5 Biogas	13
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Metode Penelitian.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.5 Pengamatan	17
3.5.1 Analisis pH	17
3.5.2 Analisis Total <i>Solid</i> (TS)	18
3.5.3 Analisis Total <i>Volatile Acid</i> (TVA)	18
3.5.4 Analisis CODs	19
3.5.5 Analisis Lignosesulosa	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Analisis Parameter Derajat Keasaman (pH)	21
4.2 Analisis Parameter <i>Total Solid</i> (TS).....	23

4.3 Analisis Parameter <i>Total Volatile Acid (TVA)</i>	25
4.4 Analisis Parameter <i>Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD)</i>	27
4.5 Analisis Parameter Lignoselulosa	29
4.5.1 Selulosa.....	29
4.5.2 Hemiselulosa	31
4.5.3 Lignin.....	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan pretreatment ampas tahu dengan ragi oncom.....	17
2. Hasil Pengukuran pH Masing-masing Perlakuan	44
3. Hasil Pengukuran <i>Total Solid</i> (TS) Masing-masing Perlakuan.....	45
4. Hasil Pengukuran <i>Total volatile acid</i> (TVA) Masing-masing Perlakuan	46
5. Hasil Pengukuran <i>Soluble Chemical Oxygen Demand</i> (S-COD) Masing-masing Perlakuan	47
6. Hasil Pengukuran Lignoselulosa Masing-Masing Perlakuan Ulangan 1	48
7. Hasil Pengukuran Lignoselulosa Masing-Masing Perlakuan Ulangan 2	49
8. Hasil Pengukuran Lignoselulosa Total Masing-Masing Perlakuan	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran <i>pretreatment</i> ampas tahu menggunakan ragi oncom	5
2. Struktur lignoselulosa pada biomassa	8
3. Skema konversi bahan organik menjadi biogas.....	15
4. Nilai pH substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	22
5. Nilai <i>total solid</i> (TS) substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom	24
6. Nilai <i>total volatile acid</i> (TVA) substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	25
7. Nilai <i>soluble chemical oxygen demand</i> (S-COD) substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	28
8. Nilai konsentrasi selulosa pada substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	30
9. Nilai konsentrasi hemiselulosa pada substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	32
10. Nilai konsentrasi lignin pada substrat campuran ampas tahu dan ragi oncom.....	34
11. Pengambilan sampel ampas tahu	52
12. Sampel ampas tahu yang telah dicampur ragi	52
13. Pemerasan substrat.....	52
14. Pengukuran pH sampel	52
15. Penimbangan sampel untuk Mengukur TS	52
16. Pengovenan sampel.....	52
17. Penambahan asam untuk proses titrasi.....	53
18. Pemanasan sampel sebelum titrasi.....	53
19. Proses titrasi untuk mengukur TVA	53
20. Proses sentrifugasi	53
21. Proses refluks sebelum mengukur S-COD.....	53
22. Pengukuran S-COD.....	53
23. Pemanasan sampel untuk mengukur lignoselulosa.....	54
24. Penyaringan sampel setelah pemanasan.....	54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahu merupakan makanan yang banyak digemari masyarakat Indonesia karena mengandung protein nabati yang tinggi. Kandungan gizi dalam 100 gram tahu yaitu 30,7 g protein, 12,69 g lemak dan 4,18 g karbohidrat (Alamu *et al.*, 2017). Selain itu, isoflavon, aglikon, dan protein yang terkandung dalam tahu memiliki sifat antioksidan sebagai pelindung dari oksidasi lipid. Menurut data Badan Pusat Statistik (2022), rata-rata konsumsi per kapita untuk tahu sebesar 0,158 kg setiap minggunya pada tahun 2021. Jumlah tersebut naik 3,27% dibanding tahun 2020 sebesar 0,153 kg setiap minggu. Tingginya minat masyarakat Indonesia akan konsumsi tahu menyebabkan semakin maraknya jumlah usaha industri tahu yang tersebar luas di seluruh Indonesia.

Industri tahu di Indonesia pada umumnya memproduksi dalam skala kecil dan menengah yang membutuhkan banyak konsumsi energi dalam proses produksinya. Menurut Ningsih dkk (2020), total konsumsi energi di industri tahu sebesar 69,33 MJ/Kg yang terdiri dari energi untuk perebusan 66,64 MJ/Kg, energi untuk mesin penggilingan 2,39 MJ/Kg, energi listrik 0,20 MJ/Kg, dan energi dari tenaga manusia 0,11 MJ/Kg. Sumber energi yang digunakan untuk proses perebusan diantaranya yaitu kayu bakar sebanyak 71,05 MJ/Kg, pelet sebanyak 6,02 MJ/Kg, dan LPG sebanyak 16,95 MJ/Kg. Sumber energi yang paling banyak digunakan dalam industri tahu untuk proses perebusan yaitu kayu bakar. Namun, penggunaan energi kayu bakar kurang efisien dikarenakan banyak energi yang terbuang ke lingkungan. Selain itu, penggunaan kayu bakar dalam proses produksi tahu dapat mengganggu kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan (Rosyidah dkk, 2020). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan

energi pada produksi tahu dan meningkatkan kualitas lingkungan, alternatif perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti energi kayu bakar menjadi energi terbarukan berupa biogas.

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan bahan bakar motor atau genset (Hariyanto, 2014). Biogas mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan sumber energi fosil yaitu ramah lingkungan, teknologi konversi energi yang mudah diaplikasikan, dan bahan bakunya mudah didapat (Wahyuni, 2015). Bahan baku pembuatan biogas dapat diperoleh dari limbah hasil industri baik limbah padat maupun limbah cair.

Industri tahu sendiri menghasilkan produk samping berupa limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair. Limbah tahu yang apabila dibuang langsung ke lingkungan akan berbau busuk, berwarna hitam, dan mencemari lingkungan karena kandungan bahan organiknya yang tinggi (Rolia dan Amran, 2015). Limbah cair tahu memiliki komposisi bahan organik berupa protein 40-60%, karbohidrat 25-50%, dan lemak 10% yang dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi biogas (Amalia dkk, 2022). Selain itu, limbah ampas tahu mengandung senyawa organik cukup tinggi berupa protein 17,72%, lemak 2,62%, dan karbohidrat 66,24% yang juga berpotensi untuk dijadikan bahan campuran dalam pembuatan biogas (Wati, 2013). Namun, limbah ampas tahu sendiri masih mengandung serat kasar lignoselulosa yang dapat dapat mengurangi efisiensi degradasi oleh enzim hidrolisis ketika menjadi bahan campuran dalam pembuatan biogas. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya guna meningkatkan proses degradasi substrat yaitu dengan cara *pretreatment* salah satunya yaitu *pretreatment* biologis.

Keunggulan dari *pretreatment* biologis adalah mudah diaplikasikan dan ramah lingkungan. *Pretreatment* biologis dapat dilakukan dengan mikroorganisme yang dapat memproduksi enzim ligninolitik untuk mendegradasi struktur lignin sehingga akan memudahkan akses enzim hidrolitik untuk menguraikan

holoselulosa menjadi monomer gula. Salah satu mikroorganisme yang dapat menguraikan komponen lignoselulosa adalah kapang *Neurospora sitophila* yang terdapat dalam ragi oncom. Kapang ini dapat memproduksi enzim lignoselulolitik yang dapat dimanfaatkan dalam proses biodelignifikasi untuk membantu menguraikan senyawa lignoselulosa pada biomassa (Djali dkk, 2021). Substrat ampas tahu yang telah melalui tahap hidrolisis saat proses *pretreatment* selanjutnya dapat dicampurkan dengan limbah cair tahu untuk dilakukan fermentasi pembentukan gas metan (biogas).

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan *biodegradability* ampas tahu dengan ragi oncom (*Neurospora sitophila*).

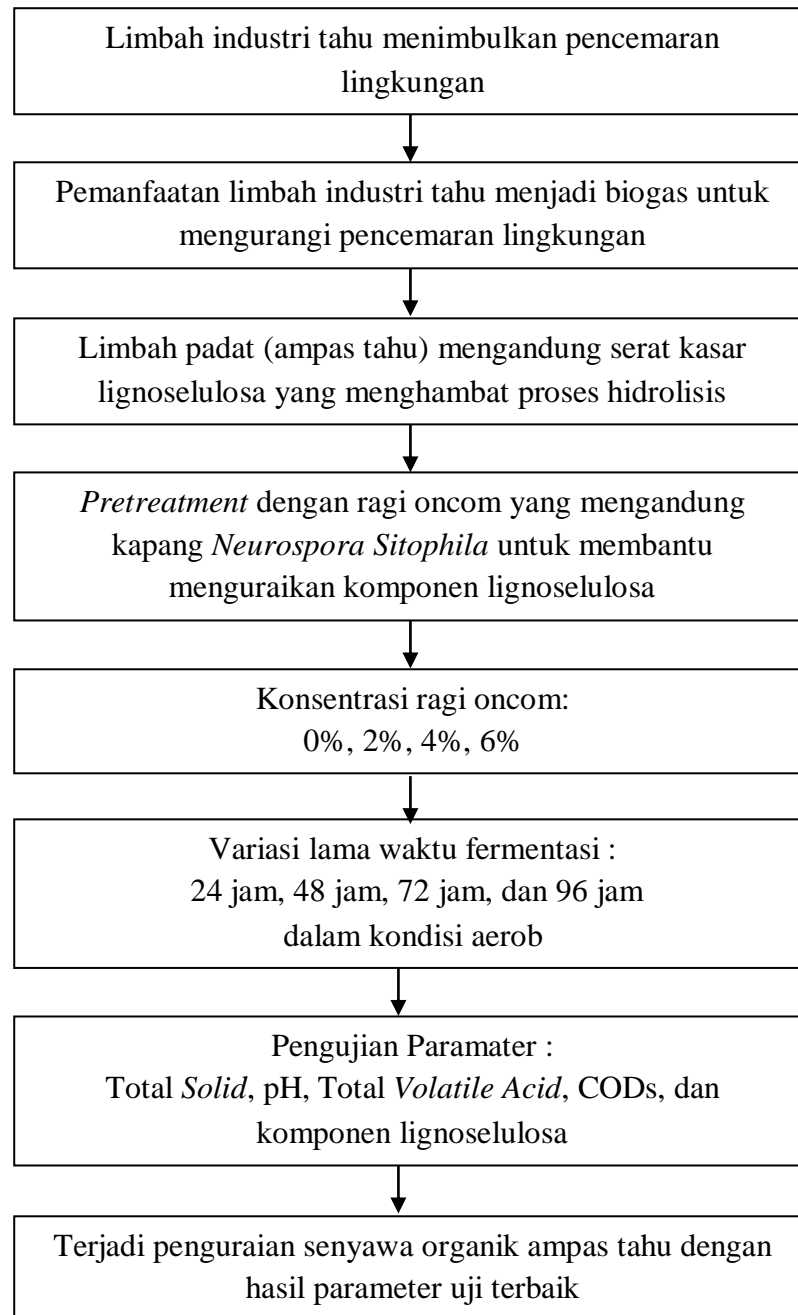
1.3 Kerangka Pemikiran

Pengolahan tahu akan menghasilkan buangan yang berupa limbah padat dan cair. Limbah yang dominan terbuang yaitu dalam bentuk cair dan berpotensi mencemari perairan. Limbah tahu yang apabila dibuang langsung ke lingkungan akan berbau busuk, berwarna hitam, dan mencemari lingkungan karena kandungan bahan organiknya yang tinggi (Rolia dan Amran, 2015). Limbah cair tahu memiliki komposisi bahan organik berupa protein 40-60%, karbohidrat 25-50%, dan lemak 10% (Amalia dkk, 2022). Selain itu, limbah ampas tahu mengandung senyawa organik cukup tinggi berupa protein 17,72%, lemak 2,62%, dan karbohidrat 66,24% (Wati, 2013). Kandungan senyawa organik yang tinggi pada limbah tahu berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku biogas. Namun, limbah ampas tahu sendiri masih mengandung serat kasar lignoselulosa yang dapat dapat mengurangi efisiensi degradasi oleh enzim hidrolisis pada pembuatan biogas. Menurut Sutedia (2010), ampas tahu memiliki kandungan serat kasar yaitu komponen lignoselulosa berupa hemiselulosa 40,49%, selulosa 19,15%, dan lignin 8,63% yang dapat mengurangi efisiensi degradasi oleh enzim hidrolisis pada pembuatan biogas. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya guna

meningkatkan proses hidrolisis substrat yaitu dengan cara *pretreatment* biologis menggunakan ragi oncom yang mengandung kapang *Neurospora sitophila*.

Menurut hasil penelitian Djali dkk (2021), kapang *Neurospora sitophila* mampu mengurangi kandungan lignoselulosa pada kulit kopi dengan persentase penurunan kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa berturut-turut sebesar 25%, 20,11%, dan 16,56%. Selain itu, menurut penelitian Nurhaita dkk (2012), fermentasi bagas tebu menggunakan kapang *Neurospora sitophila* dengan konsentrasi 6% mampu menurunkan kandungan serat kasar dari 39,92% menjadi 31,25%. Kapang *Neurospora sitophila* memiliki aktivitas selulolitik karena mampu menghasilkan enzim selulase dan xilanase yang menguraikan selulosa dan hemiselulosa, sehingga komponen serat yang tinggi dalam bahan dapat dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana (Mahfudz, 2006).

Penelitian ini akan dilakukan *pretreatment* dengan variasi konsentrasi kapang *Neurospora sitophila* sebanyak 0%, 2%, 4%, 6% yang ditambahkan dalam ampas tahu. Proses *pretreatment* ini akan dilakukan dengan variasi waktu selama 24 jam, 48 jam, 72, dan 96 jam dalam kondisi aerob. Penentuan variasi waktu didasarkan dari penelitian Budiyanto dkk (2021) bahwa penurunan kandungan serat kasar terendah dihasilkan oleh ampas tahu yang diinkubasi dengan kapang *Neurospora sitophila* selama 4 hari. *Neurospora sitophila* termasuk kapang mesofilik yang memiliki suhu optimum pertumbuhan sekitar 30°C dan pH substrat 5,5. Kondisi tersebut sangat baik untuk digunakan mikroorganisme kapang dalam memproduksi enzim yang dapat menguraikan substrat (Syahrudin dkk, 2011). Diagram kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran *pretreatment* ampas tahu menggunakan ragi oncom

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan limbah padat yang diperoleh dari proses pembuatan tahu. Bahan dasar pembuatan tahu adalah kedelai. Kedelai tersebut digiling menggunakan alat penggiling yang kemudian akan dihasilkan bubur kedelai. Selanjutnya, bubur kedelai tersebut dipanaskan hingga muncul gelembung kecil lalu disaring sehingga diperoleh sari kedelai dan ampas kedelai (ampas tahu). Ampas tahu yang merupakan hasil samping industri tahu masih memiliki kandungan gizi tinggi. Kandungan gizi dalam 100 gram ampas tahu yaitu protein 17,72%, lemak 2,62%, karbohidrat 66,24%, dan abu 3,58%. Selain itu, ampas tahu juga mengandung serat kasar berupa hemiselulosa 40,49%, selulosa 19,15%, dan lignin 8,63% (Wati, 2013).

Ampas tahu juga mengandung unsur-unsur mineral mikro maupun makro. Unsur mikro diantaranya yaitu Fe 200-500 ppm, Mn 30-100 ppm, Cu 5-15 ppm, Co kurang dari 1 ppm, Zn lebih dari 50 ppm. Ampas tahu dalam keadaan segar berkadar air sekitar 84,5% dari bobotnya. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan umur simpannya pendek. Ampas tahu basah akan mengalami pembusukan selama 2-3 hari. Sedangkan, ampas tahu kering mengandung air sekitar 10,0 - 15,5% sehingga umur simpannya lebih lama dibandingkan dengan ampas tahu segar (Widjatmoko, 1996).

2.2 Ragi Oncom

Ragi yang digunakan dalam pembuatan oncom merupakan ragi jenis campuran fungi. Ragi campuran yang digunakan dalam fermentasi oncom terdiri dari campuran kelompok mikroba diantaranya adalah *Neurospora sitophila*

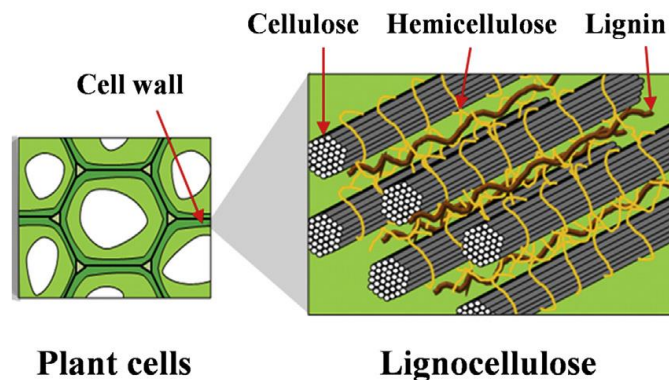
dan *Rhizopus*. Namun, jenis kapang yang berperan penting dalam pembuatan oncom adalah *Neurospora sitophila*. Nama *Neurospora sitophila* berasal dari kata neuron (sel saraf) karena guratan-guratan pada sporanya menyerupai bentuk akson dan sitos (makanan) serta philos (menyukai). Klasifikasi ilmiah untuk *Neurospora* adalah genus *Neurospora*, familia Sordariaceae, ordo Sordariales, class Ascomycetes, filum Ascomycota dan kingdom fungi. *Neurospora* mempunyai ciri hidup berkoloni dengan warna kuning sampai orange pucat. Organisme ini ditemukan pada tanah dan sisa-sisa vegetasi (Jacobson *et al.*, 2006).

Kehidupan dan pertumbuhan kapang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan substrat yang digunakan. Substrat merupakan sumber nutrisi utama bagi fungi agar kapang mengekskresikan enzim ekstraseluler yang dapat mengurai senyawa kompleks dari substrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Suhu ruangan untuk pertumbuhan kapang *Neurospora sitophila* yaitu pada 25-30°C dengan kelembaban 70-90% (Kalsum dan Sjojfan 2008). Selain itu, pH substrat yang baik untuk pertumbuhan kapang *Neurospora* adalah 5,5 dimana aktivitas mikroorganisme optimum sehingga memproduksi enzim yang dapat menguraikan substrat (Syahrudin dkk, 2011).

Kapang *Neurospora* merupakan kapang karotenogenik yang dapat menghasilkan pigmen karotenoid. Kandungan karotenogenik pada *Neurospora* telah banyak digunakan untuk pembuatan makanan tradisional di Indonesia. Contoh makanan yang menggunakan bantuan kapang *Neurospora* yaitu pada proses fermentasi oncom sehingga dikenal dengan nama ragi oncom. Karotenoid yang diproduksi kapang karotenogenik *Neurospora* didominasi oleh β -karoten (Kenyamu *et al.*, 2014). Selain itu, kapang ini juga dapat memproduksi enzim lignoselulolitik yang dapat dimanfaatkan dalam proses biodelignifikasi untuk membantu menguraikan senyawa lignoselulosa pada biomassa (Djali dkk, 2021).

2.3 Lignoselulosa

Lignoselulosa terusun dari tiga struktur utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga komponen tersebut membentuk suatu ikatan kimia yang kompleks yang menjadi bahan dasar dinding sel tumbuhan. Besarnya kandungan masing-masing komponen bergantung pada jenis biomassa, umur, dan kondisi lingkungan tempat biomassa tumbuh (Hermiati dkk, 2017). Struktur lignoselulosa disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur lignoselulosa pada biomassa
Sumber : Alsono dkk (2012)

Komponen lignoselulosa mempunyai manfaat yang besar. Selulosa dan hemiselulosa dapat di manfaatkan menjadi bahan baku pulp kertas serta dapat dikonversi menjadi bioethanol. Lignin dapat dimanfaatkan menjadi bahan perekat. Proses pemanfaatan biomassa lignoselulosa diawali dengan perlakuan awal. Perlakuan awal bertujuan untuk mempermudah proses degradasi dan perluasan akses ke dalam polimernya dengan cara memisahkan selulosa dari polimer matrik lignoselulosa (Darojati, 2017). Degradasi lignoselulosa sebagai substrat harus melalui beberapa tahapan. Tahapan tersebut antara lain yaitu delignifikasi untuk melepas selulosa dan hemiselulosa dari ikatan kompleks lignin lalu depolimerisasi untuk mendapatkan gula bebas (Anindyawati, 2010). Berikut adalah penjelasan mengenai komponen lignoselulosa.

1. Selulosa

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa adalah polimer glukosa berbentuk rantai linier yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4

glikosidik dan berasosiasi sangat erat dengan hemiselulosa dan lignin (Anindyawati, 2010). Struktur yang berbentuk linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen (Peres *et al.*, 2002). Dengan adanya ikatan hidrogen yang terbentuk, maka struktur selulosa menjadi stabil dan padat serta tersusun secara teratur membentuk daerah kristalin. Daerah kristalin ini menyebabkan selulosa menjadi lebih tahan terhadap degradasi termal dibandingkan hemiselulosa. Daerah amorf selulosa secara struktural kurang kompak dan dapat terdegradasi dengan mudah oleh enzim dibandingkan daerah kristalin.

Molekul selulosa dalam tumbuhan tersusun dalam bentuk fibril yang terdiri atas beberapa molekul paralel yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik sehingga sulit diuraikan. Komponen-komponen tersebut dapat diuraikan oleh aktivitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme yang mampu menghidrolisis selulosa adalah bakteri dan fungi. Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa, sedangkan hidrolisis tak sempurna menghasilkan disakarida dari selulosa yang disebut selobiosa dan selo-oligosakarida. Selulosa dapat dikonversi menjadi produk-produk bernilai ekonomi yang lebih tinggi seperti glukosa, etanol, dan pakan ternak dengan cara menghidrolisis selulosa menggunakan bantuan selulase sebagai biokatalisator atau dengan hidrolisis secara asam/basa (Peres *et al.*, 2002).

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa tersusun dari gabungan gula-gula sederhana dengan lima atom karbon dengan rumus $C_5H_{10}O_5$ (pentosan) atau enam atom karbon dengan rumus $C_6H_{12}O_6$ (hexosan). Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa. Komponen terbesar hemiselulosa sel tanaman yaitu xilan yang merupakan jenis polisakarida paling melimpah ke-2 di alam setelah selulosa. Deobald dan Crawford (2002) juga menyatakan bahwa, hemiselulosa merupakan rantai polimer bercabang dan memiliki struktur yang sangat kompleks karena tersusun dari jenis gula yang

beragam dan tersusun atas berbagai intermonomerik. Hemiselulosa memiliki rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk sehingga menyebabkan sebagian besar hemiselulosa dapat larut dalam air. Rantai utama hemiselulosa dapat berupa homopolimer (umumnya terdiri dari satu jenis gula yang berulang) atau dapat juga berupa heteropolimer (campuran beberapa jenis gula) (Banu *et al.*, 2021).

3. Lignin

Lignin merupakan polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi dan tersusun atas unit-unit fenilpropan (p-koumaril, koniferil dan sinapil alkohol). Meskipun tersusun atas karbohidrat, hidrogen dan oksigen, lignin bukanlah golongan karbohidrat melainkan golongan fenol. Fungsi utama lignin adalah memperkuat struktur tanaman dalam menahan serangan mikroba dan tekanan oksidasi (Anindyawati, 2010). Lignin merupakan komponen utama penyusun dinding sel kayu terbanyak kedua setelah selulosa. Lignin terdapat diantara sel-sel yang berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel bersama-sama. Lignin dalam dinding sel seringkali berasosiasi dengan selulosa untuk memberikan ketegaran pada sel. Lignin merupakan salah satu faktor utama yang menyulitkan degradasi lignoselulosa dengan enzim (Darojati, 2017).

2.4 Pretreatment Lignoselulosa Pada Biomassa

Tahap pertama dalam biokonversi bahan lignoselulosa menjadi bioenergi adalah pengecilan ukuran dan *pretreatment*. Tujuan dari semua teknologi *pretreatment* adalah untuk meningkatkan luas permukaan, menguraikan lignin, mengurangi sifat kristal selulosa atau berbagai senyawa yang dapat menghambat laju hidrolisis (Banu *et al.*, 2021). *Pretreatment* dapat dilakukan dengan metode fisika, kimia, biologi atau kombinasi dari metode-metode tersebut. Kerusakan struktur kristal selulosa saat proses *pretreatment* akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana berupa glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Pemilihan metode *pretreatment* yang tepat sangat penting dilakukan karena tahap ini menentukan tahapan proses hidrolisis. Penggunaan metode *pretreatment* yang tidak optimal akan menyebabkan degradasi hemiselulosa dan lignin secara parsial

serta menghasilkan senyawa beracun yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Pejo *et al.*, 2011).

1. *Pretreatment* Mekanik

Pretreatment secara mekanik/fisika bertujuan mengurangi ukuran partikel bahan baku. Pengurangan ukuran bahan baku menjadi bagian-bagian kecil merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan aksesibilitas enzim ke bahan lignoselulosa. Keunggulan utama dari metode ini adalah ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan-bahan kimia dan tidak menghasilkan residu berbahaya. Berbagai perlakuan fisika ini telah banyak diujicobakan, tetapi sebagian besar perlakuan fisika tersebut memerlukan banyak energi sehingga tidak layak secara ekonomi. *Pretreatment* mekanik dapat dilakukan dengan cara penggilingan (*milling*), *microwave*, dan ultrasonik.

Proses penggilingan digunakan untuk mengurangi ukuran partikel, mengubah struktur serta tingkat kristalinitas lignoselulosa (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Metode *microwave* menggunakan gelombang pendek energi elektromagnetik dengan frekuensi bervariasi dari 0,3 hingga 300 GHz. Gelombang mikro ini akan mengakibatkan proses polarisasi makromolekul, perubahan struktur protein, menghasilkan panas dan tekanan yang cepat sehingga mampu menghasilkan hidrolisis sel dan memaksa keluar senyawa dari matriks biologis. *Pretreatment* metode ultrasonik akan menghasilkan gelombang ultrasonik yang bukan berfungsi untuk menghidrolisis biomassa menjadi gula sederhana, melainkan agar substrat yang dihasilkan lebih mudah untuk dihidrolisis dengan cara meningkatkan luas permukaan dan merubah kristalinitas substrat (Yunus *et al.*, 2010).

2. *Pretreatment* Kimia

Pretreatment secara kimiawi mempunyai tujuan utama untuk meningkatkan biodegradasi selulosa dengan menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Metode ini juga bertujuan menurunkan tingkat polimerisasi dan kristalinitas komponen selulosa. *Pretreatment* secara kimiawi dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa asam dan basa. *Pretreatment* asam menggunakan larutan asam sebagai

katalisnya. Asam memiliki pengaruh yang kuat pada hemiselulosa dan lignin dibandingkan pada struktur kristalin selulosa. Tujuan utama metode ini adalah melarutkan sebagian hemiselulosa agar enzim selulase dapat menjangkau struktur selulosa. Metode *pretreatment* basa dalam pengolahan biomassa lignoselulosa umumnya menggunakan basa seperti natrium, kalium, kalsium, dan amonium hidroksida. Pemakaian basa menyebabkan perubahan struktur lignin dengan cara mendegradasi ester dan rantai samping glikosidiknya. Penggunaan basa jugamenyebabkan dekrystalisasi selulosa dan solvasi hemiselulosa. Namun, *pretreatment* kimia ini memiliki kekurangan dapat mengakibatkan pembentukan senyawa inhibitor, menyebabkan korosi pada peralatan, dan sulit *recovery* asam yang digunakan pada substrat (Pejo *et al.*, 2011).

3. *Pretreatment* Biologi

Pretreatment biologi biomassa lignoselulosa dikategorikan menjadi *pretreatment* jamur (sistem ligninolitik oksidatif dan sistem hidrolitik), *pretreatment* konsorsium mikroba, dan *pretreatment* enzimatik (Kudanga dan Le Roes Hill, 2014). *Pretreatment* ini dapat menggunakan mikroorganisme jamur pembusuk putih dan coklat, serta jamur pembusuk lunak. Mikroorganisme tersebut diketahui mampu merubah komposisi kimia dan struktur biomassa lignoselulosa (Pejo *et al.*, 2011). *Pretreatment* jamur terdiri dari dua sistem yaitu sistem ligninolitik oksidatif dan sistem hidrolitik. Sistem ligninolitik oksidatif yang ada pada jamur mengganggu ikatan fenil pada lignin. Sistem hidrolitik pada jamur mendegradasi selulosa dan hemiselulosa pada biomassa lignoselulosa (Ma *et al.*, 2017).

Metode biologis ini melibatkan energi dan permintaan bahan kimia yang rendah sehingga dapat melibatkan waktu perawatan yang lebih lama. *Pretreatment* enzimatik umumnya menggunakan enzim laktase dan peroksidase mangan atau dikenal sebagai enzim pendegradasi untuk selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Enzim laktase dan enzim peroksidase mangan membantu menghilangkan gula yang dapat difermentasi dalam lignoselulosa biomassa sehingga dapat meningkatkan pembentukan metana. Namun, harga enzim yang mahal menjadi kekurangan dalam *pretreatment* enzimatik (Amin *et al.*, 2017).

2.5 Biogas

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam biodigester dengan kondisi anaerob (tanpa udara). Biogas dapat dibakar seperti elpiji dan dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik sehingga dapat dijadikan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Suhu, kelembaban dan tingkat keasaman perlu disesuaikan agar bakteri dapat berkembang dengan baik dalam menghasilkan gas metan (Suyitno, 2010). Komposisi jenis gas dan jumlahnya pada suatu unit biogas yaitu Metana 55-75%, Karbondioksida 25-45%, Karbonmonoksida 0-0,3%, Nitrogen 1-5%, Hidrogen 0-3%, dan Hidrogen Sulfida 0,1-0,5% (Karellas, 2010). Menurut Esposito *et al.*, (2011), proses pembentukan biogas melalui empat tahapan yaitu sebagai berikut.

1. Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis, bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraselular (selulose, amilase, protease dan lipase) dari mikroorganisme. Pada proses ini akan terjadi pemutusan rantai panjang dari senyawa polimer pada bahan organik seperti karbohidrat, protein dan lipida menjadi monomer. Protein terhidrolisis menjadi asam amino, asam nukleat menjadi purin dan pirimidin, lipida menjadi asam lemak dan gliserin serta polisakarida menjadi monosakarida dan disakarida. Pada tahapan ini juga akan terjadi pemecahan enzimatis dari bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, polisakarida, protein, asam nukleat dan lain-lain menjadi bahan yang mudah larut. Bakteri yang biasa berperan dalam proses hidrolisis yaitu *Clostridium*. Bakteri ini dapat menguraikan limbah yang mengandung glukosa (Deublein dan Steinhauser, 2008).

2. Asidogenesis

Senyawa-senyawa yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan dijadikan sumber energi bagi mikroorganisme untuk tahap pengasaman atau asidogenesis. Pada tahap asidogenesis, bakteri menghasilkan asam untuk mengubah senyawa rantai pendek dari hasil hidrolisis menjadi senyawa organik sederhana seperti asam format, asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam laktat, dan hidrogen

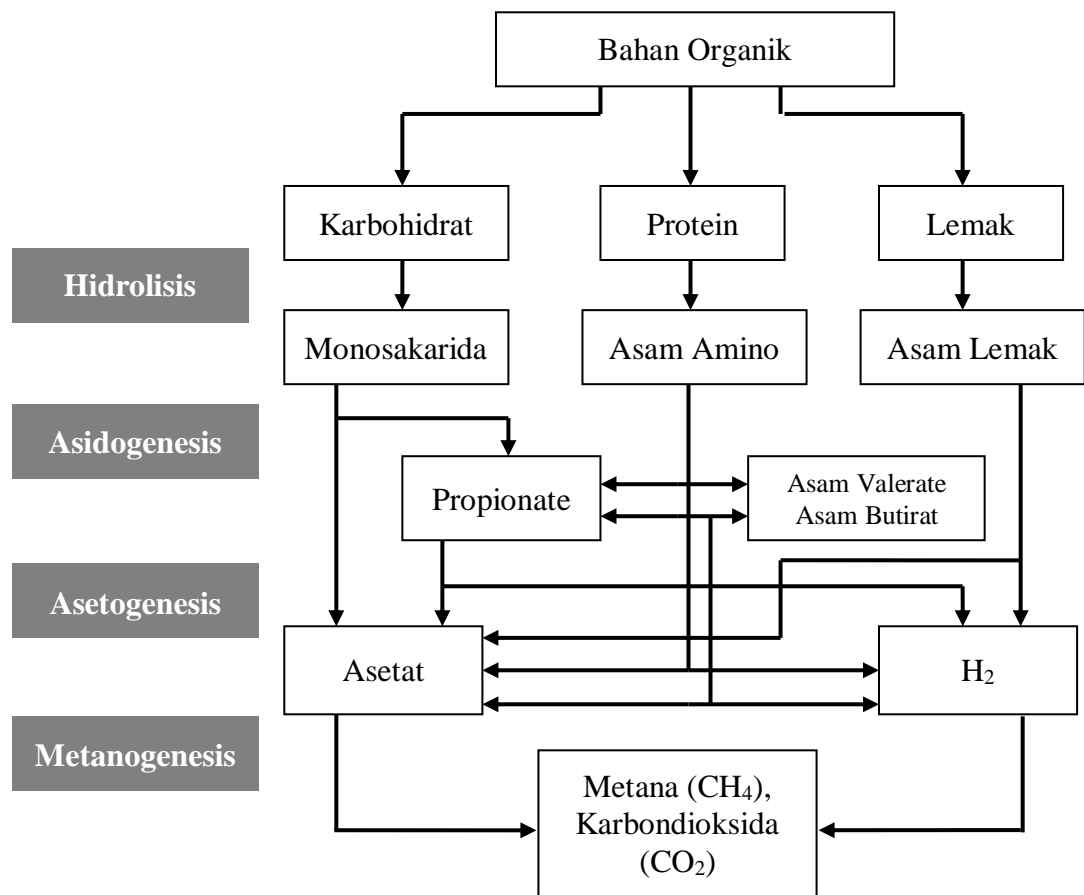
sulfida. Bakteri ini merupakan bakteri obligat anaerob dan anaerob fakultatif. Pembentukan asam organik pada proses pengasaman ini terjadi karena adanya bakteri *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes* (Deublein dan Steinhauser, 2008). Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan.

3. Asetogenesis

Menurut Romli (2010), tidak semua produk asidogenesis dapat dipergunakan secara langsung pada tahap metanogenesis. Bakteri metanogen tidak dapat menggunakan produk dari asidogenesis dengan atom karbon lebih dari dua untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu, pada tahap asetogenesis ini akan terjadi perombakan asam volatil rantai pendek dan alkohol oleh bakteri asetogenik menjadi substrat metanogen yaitu asetat, H_2 dan CO_2 . Bakteri yang melakukan perombakan tersebut yaitu *Acetobacterium woodii* dan *Clostridium aceticum*. Produk yang dihasilkan dari tahap ini akan menjadi substrat pada pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik.

4. Metanogenesis

Pada tahap ini bakteri metanogenik akan merombak senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Bakteri perombak yang berperan pada tahap metanogenesis adalah *Methanosarcina*, *Methanococcus*, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Bakteri tersebut menggunakan hidrogen, CO_2 dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO_2 . Terdapat dua kelompok bakteri yang bertanggung jawab dalam pembentukan metana yaitu *Metanaogen asetoklastik* dan bakteri *Metanaogen* pengguna hidrogen. Dua jenis bakteri ini bekerjasama secara simbiosis. Bakteri *Metanaogen asetoklastik* melakukan konversi asam asetat menjadi metana. Sedangkan, bakteri *Metanaogen* melakukan penyisihan hidrogen untuk menghasilkan metana. Skema konversi bahan organik biogas pada kondisi anaerob disajikan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 3. Skema konversi bahan organik menjadi biogas
 Sumber : Esposito *et al.*, (2011)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juni 2023 di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur, erlenmeyer, statif dan klem, sarung tangan, timbangan analitik, gelas beaker, oven, pipet ukur, mikropipet, cawan petri, cawan porselen, pH meter Hanna Instruments 2550, kertas saring, desikator, *centrifuge*, tabung *centrifuge*, lemari asam, refluks, spektrofotometer Hanna Instruments 83399 *Multiparameter Photometer with COD*, tabung COD, rak tabung COD, labu ukur, *rubber bulb*, spatula, *hotplate* dan *magnetic stirrer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tahu, ragi oncom, indikator fenoftalein, reagen COD *high range*, aquades, NaOH, dan H₂SO₄.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk tabel dan grafik (*Microsoft Excel Analysis*) dan kemudian dianalisis secara deskriptif. Perlakuan yang digunakan terdiri dari 2 faktor yaitu konsentrasi ragi dan lama waktu *pretreatment*. Faktor konsentrasi ragi terdiri dari 4 taraf (0%, 2%, 4%, 6%) dan faktor lama waktu *pretreatment* terdiri dari 5 taraf (0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam). Suhu yang digunakan saat

terjadinya proses *pretreatment* adalah suhu ruang dan dalam kondisi aerobik. Perlakuan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan *pretreatment* ampas tahu dengan ragi oncom

Konsentrasi	Waktu <i>Pretreatment</i> (Jam)					
	Ragi	0 (T0)	24 (T1)	48 (T2)	72 (T3)	96 (T4)
0% (K0)		K0T0	K0T1	K0T2	K0T3	K0T4
2% (K1)		K1T0	K1T1	K1T2	K1T3	K1T4
4% (K2)		K2T0	K2T1	K2T2	K2T3	K2T4
6% (K3)		K3T0	K3T1	K3T2	K3T3	K3T4

Keterangan :

K = Konsentrasi ragi

T = Waktu *pretreatment* (jam)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan sampel ampas tahu segar dan ragi oncom yang diperoleh dari industri tahu di Jalan Sasonoloyo 1, Gunung Sulah, Kecamatan Way Halim, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Ragi oncom diperoleh dari produk oncom yang diambil atau disayat bagian sporanya. Ampas tahu yang baru dihasilkan dari proses produksi tahu diletakkan dalam gelas beaker masing-masing sebanyak 350 gram. Ragi oncom dicampurkan dalam ampas tahudengan variasi konsentrasi (0%, 2%, 4%, 6%). Selanjutnya, menutupi bagian atas gelas beaker menggunakan kain saring dan mendiarkannya pada suhu ruang selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Kemudian, mengambil masing-masing sampel untuk dilakukan uji pengamatan.

3.5 Pengamatan

3.5.1 Analisis Derajat Keasaman (pH)

Analisis pH dilakukan untuk mengetahui kondisi pH substrat setelah mengalami proses *pretreatment* atau kondisi pH sebelum substrat memasuki tahap fermentasi dalam digester anaerobik biogas. Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter Hanna Instruments 2550. Pengujian pH dilakukan dengan menggunakan

metode APHA AWWA WEF 23rd Edition 2017 Part 4500 – H+ B. Pengukuran pH diawali dengan membilas elektroda pada pH meter dengan air suling sebanyak tiga kali dan mengeringkannya dengan tisu. Merendam elektroda ke dalam sampel selama ± 1 menit kemudian mengeringkannya dengan tisu. Mengganti sampel dan merendam elektroda ke dalam sampel baru tersebut sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Angka yang tertera pada layar pH meter merupakan nilai pH dari substansi yang diukur. Angka hasil pengukuran tersebut kemudian dicatat pada lembar pengamatan (Ramadani dkk, 2021).

3.5.2 Analisis Total Solid (TS)

Analisis Total Solid (TS) adalah pengukuran jumlah padatan yang terdapat pada substrat baik padatan terlarut maupun tidak larut. Total solid merupakan salah satu faktor yang menunjukkan telah terjadinya proses pendegradasian karena padatan ini akan dirombak oleh mikroorganisme pada saat terjadinya pendekomposisi bahan (Loughrin *et al.*, 2009). Analisis TS dilakukan menggunakan metode gravimetri. Pengukuran TS sampel diawali dengan memanaskan dan menimbang cawan kosong. Selanjutnya, memasukkan sampel ke dalam cawan lalu timbang dan panaskan menggunakan oven memmert dengan suhu $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Mendinginkan cawan di dalam desikator selama 15 menit dan menimbang cawan berisi sampel (APHA, 1998). Kemudian, dilakukan perhitungan TS dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{TS} = \frac{\text{Berat cawan setelah di oven (g)} - \text{Berat cawan kosong (g)}}{\text{Berat sampel awal (g)}} \times 100\%$$

Keterangan :

TS = Total solid (%)

3.5.3 Analisis Total Volatile Acid (TVA)

Total *volatile acid* merupakan suatu produk antara yang dihasilkan selama proses degradasi yang kemudian akan dikonversi menjadi asam-asam volatil pada tahap asidogenesis (Schink, 2002). Proses analisa TVA sampel dilakukan dengan

memasukkan 50 mL sampel ke dalam erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya, mengatur pH sampel tersebut menuju pH 4 dengan menambahkan H₂SO₄ 0,1 N. Memanaskan larutan sampel tersebut hingga mendidih selama ± 3 menit menggunakan *hotplate & magnetic stirrer Fisher Scientific* dan mendinginkannya sampai suhu ruang. Kemudian, menambahkan 5 tetes indikator PP 1% dan melakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N sampai menunjukkan perubahan warna menjadi merah muda. Mencatat volume NaOH yang terpakai dan menghitung TVA dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{TVA} = \frac{\text{Volume Naoh } 0,1 \text{ N} \times 0,1 \times 60}{50} \times 1000$$

Keterangan :

TVA = Total *volatile acid* ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)

3.5.4 Analisis CODs

Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) merupakan bahan yang mengandung COD yang terlarut dalam limbah dan bahan yang mudah didekomposisi secara biologis oleh mikroba (Metcalf dan Eddy, 2003). Analisis S-COD dilakukan untuk melihat potensi bahan organik yang mudah dikonversi oleh mikroba sehingga dapat meningkatkan asam-asam volatil yang akan digunakan dalam pembentukan gas metan (Padmono, 2003). Analisis dilakukan dengan mengambil sampel 45 mL kedalam tabung *centrifuge*. Proses sentrifugasi dilakukan dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Prinsip sentrifugator yaitu memutar tabung (rotasi) dengan kecepatan tinggi sehingga terpisah antara partikel yang terkandung dari larutannya. Selanjutnya, mengambil larutan sampel yang telah terpisah dari partikel terlarutnya (supernatant) sebanyak 0,2 mL menggunakan pipa volumetrik 1 mL. Memasukkan larutan kedalam vial atau tabung yang berisi reagen COD kemudian memanaskannya dengan unit reaktor DBR 200 pada suhu 150°C selama 2 jam. Selanjutnya, mengeluarkan vial dan mendinginkannya pada suhu ruang. Kemudian, mengukur nilai COD dengan HACH Spektrofotometri DR4000 pada panjang gelombang 620 nm (APHA, 1998).

3.5.5 Analisis Lignoselulosa

Analisis kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulose dengan metode Chesson (Datta, 1981). Prosedur pengukuran diawali dari mengeringkan sampel dengan oven pada suhu 105°C sampai bobot konstan. Selanjutnya, mencampur 1 gram sampel (berat a) dengan 150 ml air destilat dan mendidihkannya selama 2 jam. Menyaring dengan kertas saring yang dilanjutkan dengan mengeringkan bagian padat (residu) dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan dan menimbang beratnya (berat b). Setelah itu, mendidihkan sampel dengan 150 ml larutan H₂SO₄ 0,5 M selama 2 jam disertai dengan menyaring dan membilasnya dengan air destilat sebanyak 300 mL. Kemudian, mengeringkan bagian padat (residu) dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan dan menimbangannya (berat c). Tahap selanjutnya yaitu merendam sampel yang telah dikeringkan dengan larutan H₂SO₄ 72% (v/v) sebanyak 10 mL pada suhu kamar selama 4 jam. Menambahkan H₂SO₄ 1 N sebanyak 150 mL dan direfluks hingga mendidih selama 2 jam. Selanjutnya, menyaring residu dan mencucinya dengan air destilat sebanyak 300 mL. Kemudian, mengeringkan residu dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan dan menimbangannya (berat d). Mengabukan residu dan menimbangannya (berat e). Setelah dilakukan tahapan prosedur yang telah dijelaskan, kemudian melakukan perhitungan kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar hemiselulosa (\%)} = \frac{b-c}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar selulosa (\%)} = \frac{c-d}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin (\%)} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

Berat a = Berat sampel awal (gram)

Berat b = Berat sampel residu 1 (gram)

Berat c = Berat sampel residu 2 (gram)

Berat d = Berat sampel residu 3 (gram)

Berat e = Berat sampel residu 4 (gram)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah peningkatan *biodegradability* pada substrat ampas tahu yang ditambahkan dengan ragi oncom ditunjukkan dengan meningkatnya nilai S-COD mencapai 28.098 mg/L dan nilai TVA sebesar 8.840 mg/L. Selain itu, terjadi penurunan kondisi pH mencapai 5,25, nilai TS sebesar 8,03%, konsentrasi selulosa sebesar 14,51%, konsentrasi hemiselulosa sebesar 35,42%, dan konsentrasi lignin sebesar 7,73%.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai perhitungan potensi biogas dan kualitas biogas dari substrat ampas tahu dengan penambahan ragi oncom yang dicampurkan dengan limbah cair tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamu EO, Therese G, Mdziniso P, Bussie MD. 2017. Assessment of Nutritional Characteristics of Products Developed Using Soybean (*Glycine Max (L.) Merr.*) Pipeline And Improved Varieties. *Cogent Food Agric* 3: 1-12. DOI: 10.1080/2331 1932.2017.1398042.
- Amalia, R.N., Devy, S.D., Kurniawan, A.S., Hasanah, N., Salsabila, E.D., Ratnawati, D.A.A., Fadil, F.M., Syarif, N.A., Aturdin, G.A. 2022. Potensi Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*. Vol 1 (1) : 37.
- Amer G.I., dan W.D. Stephen, 2008. *Microbiology of Lignin Degradation. Annual Report on Fermentation Processes*. Vol 4. Academic Press, New York. 397 hlm.
- American Public Health Association (APHA). 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 4th edition. American Public Health Association, Washington DC. 1193 hlm.
- Amin, F. R., Khalid, H., Zhang, H., Rahman, S. u., Zhang, R., Liu, G. 2017. *Pretreatment Methods of Lignocellulosic Biomass for Anaerobic Digestion*. AMB Expr. 225 hlm.
- Anindyawati, Trisanti. 2010. Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Jurnal Pertanian*. Vol 45 (2): 9-11.
- Anugrah, E.T., Nurhasanah.,Nuranisa, M. 2017. Pengaruh pH Dalam Produksi Biogas Dari Limbah Kecambah Kacang Hijau. *Jurnal Prisma Fisika*.Vol 5 (2) : 72–76.
- Appels, L., Baeyens, J., Degre've, J., dan Dewil, R. 2008. *Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge*. *Progress in Energy and Combustion Science* 34: 755-781.
- Aziz A.A., M. Husin, and A. Mokhtar. 2002. Preparation of cellulose from oil palm empty fruit bunches via ethanol digestion: effect of acid and alkali catalysts.*Journal of Oil Palm Research*. Vol 14 (1) : 9-14.

- Badan Pusat Statistik 2022. *Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting*. Diakses tanggal 18 Januari 2023
- Banu, R., Sugitha, S., Kavitha, S., Kannah, Y., Merrylin, J., Kumar, G. 2021. Lignocellulosic Biomass Pretreatment for Enhanced Bioenergy Recovery: Effect of Lignocelluloses Recalcitrance and Enhancement Strategies. *Article*. Central University of Tamil Nadu. India. 14-16 hlm.
- Broughton, A. D. 2009. Hydrolysis and Acydogenesis of Farm Dairy effluent for Biogas Production at Ambient Temperatures. *Thesis*. Master of Engineering in Enviromental Engineering at Massey University. Palmerston North. New Zealand. 140 hlm.
- Budiyanto., Suryapratama, W., Rahayu, S. 2021. Efek Inkubasi Aerob Fakultatif terhadap Kualitas Organoleptik, Fisik, dan Nutrisi Ampas Tahu Difermentasi Kapang Neurosporasitophila dan Trichoderma viridae sebagai Pakan Ternak. *Jurnal Peternakan Indonesia*. Vol 23 (2) : 141.
- Chernicharo, C. A. 2007. *Biological Wastewater Treatment: Anaerobic Reactors*. Volume Four. IWA Publishing. London. 188 hlm.
- Darojati, H.A. 2017. Prospek Pengembangan Teknologi Radiasi Sebagai Perlakuan Pendahuluan Biomassa Lignoselulosa. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol 11 (2) : 72.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components. *Biotechnology and Bioengineering*. Vol 23 (9): 2167-2170.
- Deobald, L. A., dan Crawford, D. 2002. *Lignocellulose Biodegradation*. ASM Press. Washington. 737 hlm.
- Deublein, D. and Steinhauser, A, 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resource*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA ,Weinheim. 520 hlm.
- Djali , M., Kayaputri, I.L., Kurniati, D., Sukarminah,E., Mudjenan, I.M.H., Utama., G.L. 2021. Degradation of Lignocelluloses Cocoa Shell (Theobroma cacao L.) by Various Types of Mould Treatments. *Journal of Food Quality*. Vol 5 (1) : 4-6.
- Esposito G, L Frunzo, A Panico, dan F Pirozzi. 2011. Modelling the Effect of the OLR and OFMSW Particle Size on the Performances of an Anaerobic Co-digestion Reactor. *J Process Biochem* Vol 4 (6) :557-565.
- Fitriani, V. 2003. Ekstraksi dan Karakteristik Pektin dari Kulit Jeruk Lemon. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian ITB. Bogor. 228 hlm.

- Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey. 188 hlm.
- Grady, C.P.L., and H.C. Lim. 1990. *Biological Wastewater Treatment – Theory and Application*. Marcel Dekker. Inc. New York. 304 hlm.
- Hariyanto, A. 2014. *Energi Terbarukan*. Bandar Lampung. Bab V : 195-246.
- Herawati1, D.A., Wibawa, A.A. 2010. Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol 4 (1) : 30.
- Hermiati E, Mangunwidjaja, Candra Sunarti T, Suparno O, Prasetya B. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24 (4) : 15-16.
- Jacobson DJ, Dettman JR, Adams RI, Boesl C, Sultana S, Roenneberg T, Mellow M, Duarte M, Marques I, Ushakova A. 2006. *New Findings of Neurospora in Europe and Comparisons of Diversity in Temperate Climates on Continental Scales*. *Mycologia*. 98 :550-559.
- Kahar, A., Warmadewanthi, I., dan Hermana, J. 2018. *Effects Of Temperature-Ph On Liquid Phase Mass Transfer And Diffusion Coefficients At Leachate Treatment In Anaerobic Bioreactor* 7(2): 41–48.
- Kalsum U, Sjojfan O. 2008. *Pengaruh Waktu Inkubasi Campuran Ampas Tahu dan Onggok yang Difermentasi Dengan Neurospora sitophila Terhadap Kandungan Zat Makan*. Puslitbangnak. Bogor. 232 hlm.
- Kannah R., Y., S., K., P., S., Kumar, G., and Banu J., R. 2021. Ultrasonic Induced Mechanoacoustic Effect on Delignification of rice Straw for Cost Effective Biopretreatment and Biomethane Recovery. *Sustain Energy Fuels* 5: 1832–1844.
- Kansoh, A. L, Nagieb Z. A. 2004. *Xylanase and Mananase enzyme from Streptomyces galbus NR and Their use in Biobleaching of Softwood Kraft Pulp*.Antonie Van Leeuwenhoek. 103-114 hlm.
- Karellas S, I Boukis dan G Kontopoulos. 2010. Development of an Investment Decision Tool for Biogas Production from Agricultural Waste. *J Renew Sust Energ Rev*. 14: 1273-1282.
- Kenyamu M, Mappiratu, Nurakhirawati. 2014. Kajian Waktu Simpan Karoten Kapang Oncom Merah (*Neurospora sp*) ang Diproduksi Pada Media Tongkol Jagung. *Online J Nat Sci*. 3: 62-69.

- Kudanga, T., and Le Roes-Hill, M. (2014). *Laccase Applications in Biofuels Production: Current Status and Future Prospects*. *Appl Microbiol Biotechnol.* 98 : 6525–6542.
- Lin, R., Cheng, J., Ding, L., Murphy, J.D., 2018. Improved efficiency of anaerobic digestion through direct interspecies electron transfer at mesophilic and thermophilic temperature ranges. *Chem. Eng. J.* 350: 681–691.
- Loughrin, J. H., M. B. Vanotti., A. A. Szogi, and N. Lovanh. 2009. Evaluation of Second-Generation Multistage Wastewater Treatment System for the Removal of Malodors from Liquid Swine Waste. *Journal of Environmental Quality*. Vol38 : 1739-1748.
- Ma, Y., Yin, Y., and Liu, Y. (2017). A Holistic Approach for Food Waste Management towards Zero-Solid Disposal and Energy/resource Recovery. *Bioresour Techn.* 228: 56–61.
- Mahfudz, L. D. 2006. Ampas Tahu Fermentasi Sebagai Bahan Pakan Ayam Pedaging. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian.* Vol 21 (1): 39-45.
- Mara, I.M., dan Alit, I.B. 2011. Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Kotoran Ternak. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin.* Vol 1 (2) : 5-6.
- Martaguri, Mirnawati, Muis, H. 2011. Peningkatan Kualitas Ampas Sagu Melalui Fermentasi Sebagai Bahan Pakan Ternak. *Jurnal Peternakan.* Vol 8 (1) : 38-43.
- Metcalf and Eddy, Inc. 2003. *Waste Water Engineering Treatment Dsiposal Reuse 3rd Eddition*. McGraw Hill Inc. New York. 1846 hlm.
- Ningsih, L. M., Mazancová, J., Hasanudin, U., Roubík, H. 2020. Energy Audit in Tofu Industry: Evidence from Indonesia. *Article*. University of Life Science Prague. 6-8 hlm.
- Nurhaita., Rita, W., Definiati, N.,. Zurina, R. 2012. Fermentasi Bagase Tebu Dengan *Neurospora sitophila* dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Gizi dan Kecernaan Secara in Vitro. *Jurnal Embrio.* Vol 5 (1) : 4-5.
- Padmono, D. 2003. Pengaruh Beban Organik Terhadap Efisiensi Anaerobic Fixed Bed Reactor Dengan Sistem Aliran Catu Up-Flow. *Jurnal Teknik Lingkungan.* Vol 4(3): 148-154.
- Pambudi. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. www.dikti.org. Diakses Pada Tanggal 20 November 2022. 296 hlm.

- Pejo, T., Alvira, Ballesteros M., Negro MJ. 2011. *Pretreatment Technologies for Lignocellulose-to-Bioethanol Conversion*. Di dalam Pandey A (ed.), *Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes*. 149-176 hlm.
- Peres, J., J. Munoz-dorado, T. De la rubia, and J. Martinez. 2002. Biodegradation and Biological Treatment of Cellulose, Hemicellulose and Lignin. *Int. microbial*. 5 : 53-56
- Ramadani, R., Samsunar, S., Utami, M. 2021. Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), Byological Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*. Vol 6 (2) : 14-15.
- Ramdiana. 2017. Pengaruh Variasi Komposisi pada Campuran Limbah Cair Aren dan Kotoran Sapi terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Eksergi*. Vol 14 (2): 12-17.
- Rinawati, R., Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P. S. 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*. Vol 1(1): 36–45.
- Rolia, E., dan Amran, Y. 2015. Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Cair Pada Pabrik Tahu Di Kelurahan Mulyojati 16 C. *Jurnal Tapak*. Vol 5 (1) : 83–88.
- Romli M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. TML Publikasi. Bogor. 245 hlm.
- Rosyidah, M., Masruri, A., Putra, R.A., Mayanita., Ananda., Cindy. 2020. Analysis Of Environmental Impact With The Life Cycle Assessment (LCA) Method On Tofu Production. *International Journal Of Science, Technology & Management*. ISSN: 2722-4015.
- Rusdiyono, A. P., Kirom, M. R., dan Qurthobi, A. 2017. Perancangan Alat Ukur Konsentrasi Gas Metana dari Anaerobic Baffled Reactor (Abr) Semi-Kontinyu dengan Substrat Susu Basi. *E-proceeding OfEngineering*. Vol.4 No.1ISSN : 2355-9365.
- Sari, P. D., Puri, W. A., dan Hanum, D. 2018. Delignifikasi bonggol jagung dengan metode microwave alkali. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian "AGRIKA"*. Vol 12 (2) :15.
- Schink, B. 2002. Synergistic interactions in the microbial world. *Antonie van Leeuwenhoek. International Journal of General and Molecular Microbiology*. 81(1–4): 257 – 261.

- Soetopo, S.R., Sri, P., Yusup, S., dan Krisna, A. W. 2011. Efektivitas Proses Kontinyu Digestasi Anaerobik Dua Tahap Pada Pengolahan Lumpur Biologi Industri Kertas. *Jurnal Riset Industri*. Vol 5 (2): 131-142.
- Sutedja AM. 2010. Fraksinasi Protein dan Karakterisasi Sifat Fungsional Tepung Okara. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 208 hlm.
- Suyitno. 2010. *Teknologi Biogas (Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan)*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 109 hlm.
- Syafila, Mindriany, Asis, H. D., Marisa, H. 2003. Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase. *PROC ITB Sciences*. Vol 35(1): 19-31.
- Syahrudin E, Abbas H, Heryandi Y. 2011. Pengaruh Pemberian Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*) Fermentasi Terhadap Kandungan Kolesterol Karkas Ayam Broiler. *JITV*. 16: 266-271.
- Taherzadeh MJ dan Karimi K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *Int. J. Mol. Sci.*9: 1621-1651.
- Valencia, P.E., dan V.I. Meitiniarti. 2017. Isolasi dan karakterisasi jamur lignolitik serta perbandingan kemampuannya dalam biodelignifikasi. *Scripta Biologica*. Vol 4(3): 171–175.
- Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur. 116 hlm.
- Wati, R. 2013. Pengaruh Penggunaan Tepung Ampas Tahu Sebagai Bahan Komposit Terhadap Kualitas Kue Kering Lidah Kucing. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah. 118 hlm.
- Widjatmoko. 1996. *Penggunaan Ampas Tahu Dalam Ransum Unggas*. Poultry Indonesia. 165 hlm.
- Yuniarti, Aditya, K. W. dan Setiawan, Y. 2008. *Pembuatan selulosa asetat dari limbah rami dan prospeknya sebagai bahan membran*. Balai Besar Penelitian Pulp Kertas. Bandung. 124 hlm.
- Yunus R, Salleh SF, Abdullah N, dan Biak DRA. 2010. Effect of Ultrasonic Pretreatment on Low Temperature Acid Hydrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Bioresource technology*. Vol 101(24): 9792-9796.