

**PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* CAMPURAN ONGGOK PADA
LIMBAH CAIR *EFFLUENT ANAEROBIK LAND DIGESTER* UNTUK
MENINGKATKAN POTENSI BIOGAS DI INDUSTRI TAPIOKA**

(Skripsi)

Oleh

M. FRIATNANTO



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

INCREASING BIODEGRADABILITY OF MIXED CASSAVA WET CAKE IN ANAEROBIC LAND DIGESTER EFFLUENT WASTEWATER TO INCREASE POTENTIAL OF BIOGAS IN THE INDUSTRY TAPIOCA

By

M. FRIATNANTO

Decreased tapioca flour production will cause a decrease in the wastewater produced which is used to produce biogas. Cassava wet cake can be used in an effort to increase the content of organic matter or substrate in the decomposition process and is easily soluble in water. The purpose of this study was to determine the effect of adding cassava to the content of Chemical Oxygen Demand Total (COD_t), Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD), pH, Total Volatile Acid (TVA), Total Solid (TS), Volatile Solid (VS) and obtain the best treatment between cassava wet cake concentration and fermentation residence time. This study used a descriptive method with two factors, namely the concentration of cassava wet cake 0%, 5%, 7% and 10% and the fermentation residence time of 0, 3, 4, and 5 days. This research was conducted with two repetitions. The results showed that the addition of cassava produced S-COD values, COD_I was relatively increased and pH, and VS were relatively constant until a residence time of 5 days, TVA and COD_t values increased relative to a residence time of 5 days, while the TS value was constant until a residence time of 5 days. The best treatment was 10% cassava wet cake concentration at a residence time of 5 days which resulted in the highest S-COD value of 1.275mg/L.

Keywords: Organic material, concertation of cassava wet cake, retention time, effluent waste water, cassava wet cake.

ABSTRAK

PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* CAMPURAN ONGGOK PADA LIMBAH CAIR *EFFLUENT ANAEROBIK LAND DIGESTER* UNTUK MENINGKATKAN POTENSI BIOGAS DI INDUSTRI TAPIOKA

Oleh

M. FRIATNANTO

Produksi tepung tapioka yang mengalami penurunan akan menyebabkan terjadinya penurunan limbah cair yang dihasilkan yang digunakan dalam menghasilkan biogas. Onggok dapat digunakan dalam upaya menambah kandungan bahan organik atau substrat dalam proses dekomposisi serta mudah larut dalam air. Sebelum diolah menjadi substrat bagi bakteri metanogen, tingkat biodegradasi onggok perlu diketahui. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan onggok terhadap kandungan *Chemical Oxygen Demand Total* (CODt), *Soluble Chemical Oxygen Demand* (S-COD), pH, *Total Volatil Acid* (TVA), *Total Solid* (TS), *Volatil Solid* (VS) dan memperoleh perlakuan terbaik antara konsentrasi onggok dan waktu tinggal fermentasi. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan dua faktor yaitu konsentrasi onggok 0%, 5%, 7% dan 10% dan waktu tinggal fermentasi 0, 3, 4, dan 5 hari. Penelitian ini dilakukan dengan dua kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan onggok menghasilkan nilai S-COD, CODt relative meningkat serta pH, dan VS relative konstan sampai waktu tinggal 5 hari. Nilai TVA dan CODt relative meningkat sampai pada waktu tinggal 5 hari, sedangkan nilai TS konstan hingga waktu tinggal 5 hari. Perlakuan terbaik adalah konsentrasi onggok 10% pada waktu tinggal 5 hari yang menghasilkan nilai SCOD tertinggi sebesar 1.275mg/L.

Kata kunci: Bahan organik, konsentrasi onggok, lama waktu tinggal, limbah cair *effluent*, onggok.

**PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY* CAMPURAN ONGGOK
PADA LIMBAH CAIR *EFFLUENT ANAEROBIK LAND DIGESTER* UNTUK
MENINGKATKAN POTENSI BIOGAS DI INDUSTRI TAPIOKA**

Oleh

M. FRIATNANTO

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

Judul Skripsi : **PENINGKATAN *BIODEGRADABILITY*
CAMPURAN ONGGOK PADA LIMBAH CAIR
EFFLUENT ANAEROBIK LAND DIGESTER
UNTUK MENINGKATKAN POTENSI BIOGAS
DI INDUSTRI TAPIOKA**

Nama Mahasiswa : **M. FRIATNANTO**

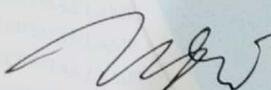
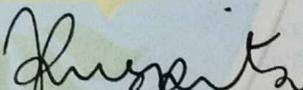
No. Pokok Mahasiswa : 1814231014

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

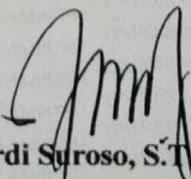
1. Komisi Pembimbing

 
Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T. Puspita Yulhandari, S.T.P., M.Si.

NIP 19640106 198803 1 002

NIP 19810702 201504 2 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


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

NIP 19721006 199803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Puspita Yuliandari, S.T.P., M.Si



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Mei 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya M. Friatnanto NPM 1814231014, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri berdasarkan pada pengetahuan dan penelitian yang telah saya lakukan. Karya ilmiah ini tidak berisi materi yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 12 Juni 2022

Pembuat Pernyataan



M. Friatnanto

1814231014

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 04 September 2000. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Uci Sanusi Edy dan Ibu Sukasih. Penulis memiliki tiga kakak perempuan bernama Fevi Milyarsih, Fina Cithakasih dan Fety Cithiasih. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 03 Perumnas Way Kandis pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama Negeri 25 Bandar Lampung pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2018. Tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Sukarame, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada bulan Februari – Maret 2021. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Siger Jaya Abadi, Desa Kemang, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dan menyelesaikan laporan PU yang berjudul “Mempelajari Penerapan Sanitasi Dan Personal Hygiene Pekerja Dalam Proses Produksi *Pasteurized Crab Meat* Di Pt. Siger Jaya Abadi” pada bulan Agustus-September 2021.

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif menjadi anggota tetap pada Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Selain itu, penulis aktif menjadi asisten Dosen pada matakuliah Kimia Dasar Prodi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Lampung pada tahun 2019.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbi'l'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Peningkatan *Biodegradability* Campuran Onggok Pada limbah cair *Effluent Anaerobik Land Digester* untuk Meningkatkan Potensi Biogas di Industri Tapioka” ini dengan baik. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik untuk laporan ini.

Pada 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 yang telah memberikan arahan dalam kelancaran penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T, selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing 1 (satu) skripsi atas semua bimbingan yang di berikan, arahan, saran serta motivasi untuk kelancaran proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
4. Ibu Puspita Yuliandari, S.T.P., M.Si., selaku dosen pembimbing 2 (dua) skripsi yang telah membimbing dan memberikan saran juga pengarahan dalam kelancaran proses penelitian dan penyelesaian skripsi.
5. Ibu Dr. Sri Hidayati, M.P selaku dosen penguji, terima kasih untuk masukan dan saran - saran dalam kelancaran penelitian dan penulisan skripsi.

6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf administrasi, dan laboratorium di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan serta keikhlasan dalam memberikan ilmunya dan juga arahan selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Kedua orang tua, saudara serta keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta selalu menyertai penulis dalam doanya untuk melaksanakan dan menyelesaikan proses penyusunan skripsi penulis.
8. Reza Pina Lestari yang selalu mendukung setiap langkah yang dilakukan penulis selama penyusunan ini. Terima kasih telah meluangkan waktu yang sangat banyak untuk berada bersama penulis dan juga telah mendukung penulis selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi. Terima kasih karena selalu menyemangati setiap kegiatan yang dilakukan penulis dan selalu sabar menghadapi setiap keluh kesah penulis.
9. Penghuni Erflog Damianos Liza Agisti, Siti Nurjanah, Nabila Istiqomah, Lathifah, Mechael Yosep dan Fathan Archadia yang selalu ketawa ketiwi bersama serta membantu dikala sedang susah.
10. Rekan seperjuangan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Siti Nurjannah, Nadia Dwi Safira, dan Belia Zalista yang telah bekerja sama dari awal penelitian sampai dengan penyusunan skripsi selesai, selalu bersama saat suka dan duka selama penelitian, dan akhirnya kita bisa dan berhasil, serta seluruh teman-teman, kakak-kakak, dan adik adik Jurusan THP atas dukungan semangat dan motivasi kepada penulis.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 12 Juni 2022
Pembuat Pernyataan



M.Friatnanto

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Onggok.....	7
2.2 Limbah Cair Tapioka	9
2.3 Substrat Biogas	11
2.4 Parameter Karakteristik Limbah Cair	11
2.4.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	11
2.4.2 Nilai pH (Derajat Keasaman)	12
2.4.3 <i>Total Solid</i> (TS)	13
2.4.4 <i>Volatile Solid</i> (VS)	14
2.4.5 <i>Total Volatile Acid</i> (TVA).....	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Persiapan Bahan dan Pelaksanaan Penelitian.....	18

3.5 Pengamatan	20
3.5.1 <i>Soluble Chemical Oxygen Demand</i> (CODs)	20
3.5.2 <i>Total Chemical Oxygen Demand</i> (T-COD).....	20
3.5.3 Pengukuran pH Metode Potensiometri.....	21
3.5.4 <i>Total Volatile Acid</i> (TVA) Metode Titrasi	21
3.5.5 <i>Total Solid</i> (TS) Metode Gravimetri	22
3.5.6 <i>Volatile Solid</i> (VS)	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Analisis Sampel Uji.....	24
4.2 Analisis Parameter CODt dan S-COD	25
4.2.1 Analisis Parameter <i>Soluble Chemical Oxygen Demand</i> (S-COD)	25
4.2.2 Analisis Parameter <i>Total Chemical Oxygen Demand</i> (CODt)	27
4.2.3 Parameter Rasio SCOD/TCOD.....	29
4.3 Pengukuran Derajat Keasaman (pH).....	31
4.4 Analisis Parameter <i>Total Volatile Acid</i> (TVA)	34
4.5 Analisis Parameter <i>Total Solid</i> dan <i>Volatile Solid</i>	36
4.5.1 Analisis Parameter <i>Total Solid</i> (TS)	36
4.5.2 Analisis Parameter <i>Volatile Solid</i> (VS).....	38
4.5.3 Parameter Rasio VS/TS	40
4.6 Potensi Biogas	41
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Simpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia onggok	8
2. Kombinasi perlakuan konsentrasi onggok segar dan waktu tinggal	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian peningkatan biodegradability campuran onggok pada limbah cair <i>effluent anaerobik land digester</i> untuk meningkatkan potensi biogas di industri tapioka	6
2. Onggok	7
3. Limbah cair tapioka.....	9
4. Diagram alir penelitian.....	19
5. Grafik nilai <i>soluble chemical oxygen demand</i> (S-COD) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka	26
6. Grafik nilai <i>total chemical oxygen demand</i> (CODt) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka	28
7. Rasio SCOD/CODt penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka pada waktu tinggal yang berbeda	31
8. Grafik derajat keasaman (pH) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka.....	32
9. Gelembung – gelembung gas pada permukaan antara campuran onggok dan limbah cair <i>effluent</i> tapioka.....	34
10. Grafik nilai <i>total volatile acid</i> (TVA) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka.....	35
11. Grafik nilai <i>total solid</i> (TS) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka.....	37
12. Grafik nilai <i>volatile solid</i> (VS) akibat penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka.....	38
13. Rasio VS/TS terhadap penambahan onggok pada limbah cair <i>effluent</i> tapioka pada waktu tinggal yang berbedaa	40

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Halaman
1. Data <i>Soluble Chemical Oxygen Demand</i> (S-COD)	51
2. Data <i>e Chemical Oxygen Demand Total</i> (CODt).....	52
3. Data pH	53
4. Data <i>Total Volatile Acid</i> (TVA).....	54
5. Data <i>Total Solid</i>	55
6. Data <i>Volatile Acid</i>	56
7. Foto - Foto Kegiatan Penelitian	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan hasil pertanian di Indonesia semakin berkembang pesat, khususnya dibidang pengolahan hasil pertanian. Semakin berkembangnya industri dalam memproduksi produk akan semakin meningkatkan permasalahan pada lingkungan. Pada umumnya kegiatan industri menghasilkan produk, limbah, dan hasil samping. Apabila limbah dan hasil samping tidak ditangani dengan tepat akan semakin meningkatkan permasalahan pada lingkungan salah satunya industri tapioka. Industri tapioka merupakan salah satu industri yang menghasilkan produk berupa tepung tapioka, limbah cair, dan hasil samping berupa ongkok yang berhubungan erat dengan permasalahan lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat.

Provinsi Lampung merupakan penghasil singkong terbesar di Indonesia dengan angka produksi singkong sebesar 6.683.758 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Singkong dapat diolah menjadi mocaf, gula cair, biokerosin, bioethanol dan salah satunya tepung tapioka. Tepung tapioka merupakan salah satu kebutuhan untuk konsumsi rumah tangga, industri pangan, industri perekat, tekstil, kertas dan lainnya, dalam memproduksi tepung tapioka akan menghasilkan limbah cair yang cukup besar dan juga limbah padat berupa ongkok. Persentase limbah cair yang dihasilkan yaitu memiliki jumlah sebesar 20 m³/ton tapioka atau 5 m³/ton singkong (Adnan, 2019). Industri tapioka berkembang pesat di Indonesia salah satunya di Provinsi Lampung.

Limbah cair *effluent anaerobik land digester* (ALD) atau *sludge* yang berasal dari kolam IPAL dapat digunakan sebagai starter yang diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi biogas (metana), karakteristik limbah cair ini meliputi pH 6,0 – 7,0, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) berkisar 8.000 – 10.000 mg/Liter. Menurut Saron, dkk., (2017), *sludge* masih mengandung banyak bakteri metanogen yang berasal dari hasil pengolahan Instansi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga *sludge* berguna sebagai starter yang baik.

Teknologi pengolahan dan pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi energi sudah banyak dilakukan di negara maju maupun di negara berkembang. Menurut Nusa (2007), Indonesia merupakan negara yang ikut andil dalam pengolahan dan pemanfaatan limbah. Pengimplementasian yang mudah di terapkan di Indonesia adalah Biogas. Fermentasi secara anaerobik akan menghasilkan biogas yang berupa gas metana (CH_4), hidrogen sulfur (H_2S) dan gas lainnya yang dihasilkan dari degradasi bahan organik limbah hasil pertanian. Konsentrasi gas terbesar dalam produksi biogas ialah CH_4 , gas ini berbahaya bagi lingkungan jika tidak dimanfaatkan. Gas CH_4 adalah salah satu gas rumah kaca utama yang mempunyai kontribusi terhadap pemanasan global sebesar 21 kali gas CO_2 , sehingga dalam perhitungannya setiap satuan berat gas CH_4 adalah ekuivalen dengan 21 satuan berat gas CO_2 . Berdasarkan penelitian Afandi (2008), setiap m^3 limbah cair hasil pertanian dapat menghasilkan biogas sebanyak 3.200 m^3 dengan komposisi rata – rata gas metana sebesar 58%. Salah satu hasil pertanian yaitu singkong, setiap ton singkong akan menghasilkan sekitar $24,4 \text{ m}^3$ biogas atau setara dengan $14,6 - 15,8 \text{ m}^3$ gas metana/ton singkong dengan kandungan metana sekitar 59,8% - 64,75% (Hasanudin, 2007).

Menurut Anggari (2020), kandungan pada gas metana dengan persentase sebesar 65% - 70% dapat dikonversi dengan menghasilkan nilai kalor yang besarnya sama dengan energi panas sebesar 5.500 kkal/m^3 atau sebanding dengan 1,25 kWh listrik. Pemanfaatan gas metan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan genset yang berkapasitas 0,32 kg/kWh, dengan demikian jika suatu industri

pengolahan limbah menghasilkan gas metana sebesar 225 m³ maka industri tersebut dapat menghasilkan energi listrik sebesar 703.125 kWh (Wintolo, 2011). Industri tapioka banyak memberikan manfaat pada sentra produksi khususnya dalam peningkatan nilai tambah dan penyerapan tenaga kerja, akan tetapi dalam pengolahan masih menghadapi berbagai permasalahan yaitu diantaranya fluktuasi harga serta keterbatasan bahan baku berupa singkong. Menurut BPS (2018), produksi singkong di Provinsi Lampung pada tahun 2011 sebesar 9.193.676 ton mengalami penurunan produksi hingga tahun 2018 menjadi 5.016.790 ton. Bahan baku tersebut pada umumnya didapatkan dari para petani lokal yang berada disekitar industri. Ketersediaan bahan baku singkong masih memiliki kendala lainnya yaitu kadar pati yang rendah, sementara itu dalam menjalankan kegiatan produksi, energi yang digunakan dalam mengoperasikan seluruh mesin dan peralatan tetap menggunakan energi yang besar dalam jumlah yang sama pada saat bahan baku dalam jumlah banyak maupun sedikit. Hal tersebut juga menyebabkan ketidak stabilan limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair tersebut dapat dimanfaatkan menjadi substrat makanan bagi mikroba metanogen dalam pembentukan biogas. Upaya untuk mengatasi ketidak konstanan produksi limbah cair yang dihasilkan maka dapat dilakukan dengan penambahan onggok segar sehingga diupayakan kebutuhan substrat bagi mikroba pembentuk biogas dapat terpenuhi secara signifikan.

Berkembangnya industri tapioka akan sebanding dengan peningkatan jumlah limbah atau hasil samping berupa onggok segar, namun upaya pemanfaatannya kurang efektif. Menurut Umeksi (2016), industri tapioka menghasilkan onggok segar dengan rata – rata sebanyak 200 kg untuk bahan baku singkong sebanyak 1 ton. Onggok segar mengandung bahan organik dengan karakteristik pH 4,0 – 5,0, serat kasar 10% dan karbohidrat sebesar 68% (Chardialani, 2008). Onggok yang dihasilkan dari produksi tapioka pada saat kering dan basah dapat menimbulkan pencemaran udara berupa bau tidak sedap. Bau tidak sedap tersebut disebabkan terjadinya proses pmbusukkan onggok yang sangat cepat. Onggok segar masih mengandung karbohidrat yang cukup tinggi dan protein sebesar 1,57% yang baik digunakan

sebagai substrat bagi pertumbuhan mikroorganisme pembentuk biogas (Chardialani, 2008).

Penambahan ongkok kedalam limbah cair tapioka diperkirakan dapat meningkatkan sumber substrat bagi pertumbuhan bakteri metanogenik untuk produksi biogas. Mikroorganisme dalam limbah cair tapioka (*effluent*) akan mendegradasi ongkok menjadi glukosa dan asam organik yang dapat larut dalam air sehingga meningkatkan kandungan bahan organik terlarut. Peningkatan kandungan bahan organik akan meningkatkan nilai *Total Chemical Oxygen Demand* (T-COD) dan *Soluble Chemical Oxygen Demand* (S-COD). Oleh karena itu, perlu diketahui konsentrasi optimal penambahan ongkok, *sludge* dan waktu tinggal yang dibutuhkan untuk mikroba dalam mendegradasi ongkok sehingga didapatkan perlakuan terbaik. Upaya mengontrol produksi asam lemak yang berlebih dihasilkan pada saat awal waktu tinggal *anaerobic digetion* sehingga perlu dilakukan perlakuan agar jumlah asam lemak yang berlebih tidak mempengaruhi proses fermentasi. Salah satu upaya untuk mengontrol asam lemak tersebut dapat dilakukan dengan proses fermentasi diluar digester, tujuannya untuk membuang gas yang terbentuk pada awal masa tinggal.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. mengetahui pengaruh pencampuran ongkok terhadap kandungan *total chemical oxygen demand* (T-COD), *soluble chemical oxygen demand* (S-COD), pH, *total solid* (TS), *volatile solid* (VS) dan *total volatile acid* (TVA).
2. mengetahui waktu tinggal (*hydraulic retention time*) untuk menghasilkan karakteristik substrat yang terbaik serta potensi biogas yang terbentuk.

1.3 Kerangka Pemikiran

Industri tapioka dapat menghasilkan limbah cair *effluent anaerobik land digester* (ALD) yang dihasilkan dari instalasi pengolahan limbah cair (IPAL) dalam kapasitas yaitu rata – rata 0,1 m³. Pemanfaatan yang banyak diterapkan oleh industri tapioka

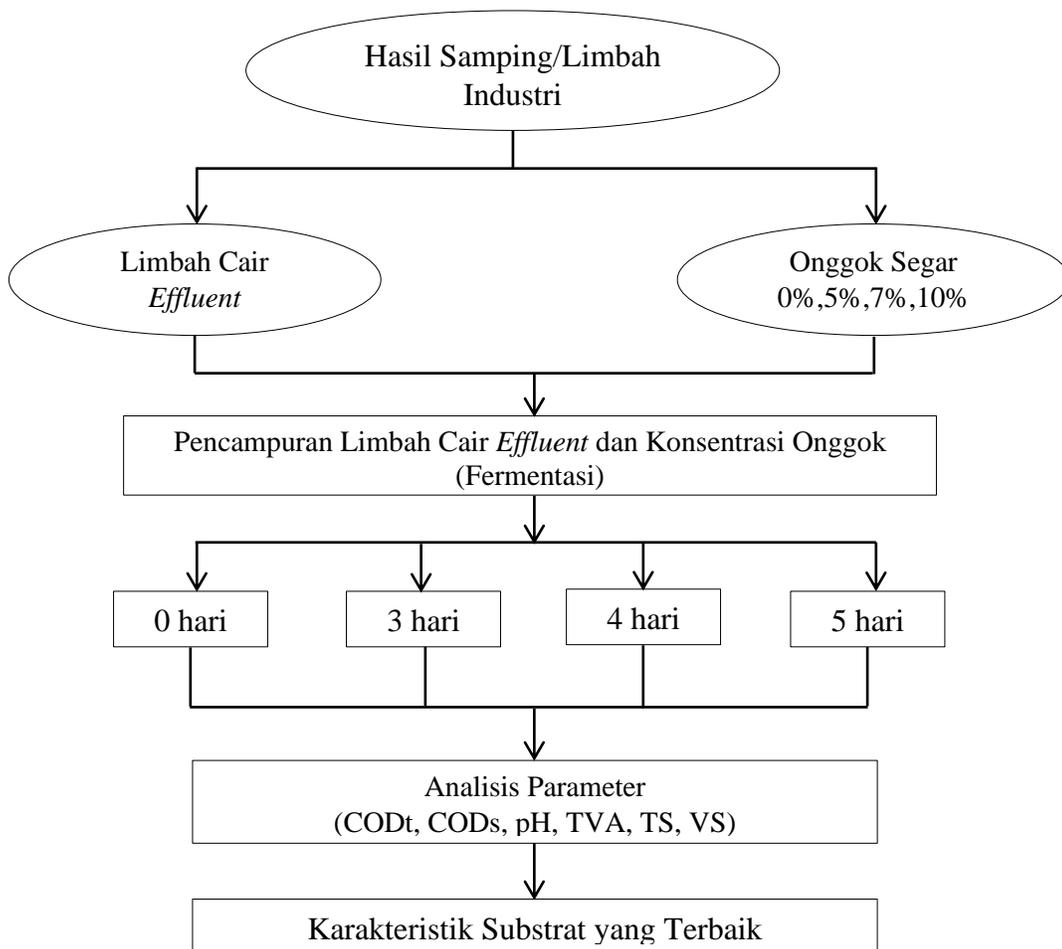
adalah menjadikan limbah cair tersebut sebagai starter yang baik, karena masih terdapat mikroorganisme pengurai untuk pembentukan biogas, hal ini sesuai dengan Saron, dkk (2017) bahwa *sludge* masih mengandung banyak bakteri metanogen yang berasal dari hasil pengolahan IPAL (Instansi Pengolahan Air Limbah). Biogas yang terbentuk akan menghasilkan energi panas atau dapat dikonversi menjadi energi listrik yang dapat digunakan dalam kegiatan produksi.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi penambahan onggok segar sebanyak 0%, 5%, 7%, dan 10% serta limbah cair *effluent anaerobik land digester* (ALD) dan lama waktu tinggal selama 0, 3, 4, dan 5 hari untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan waktu tinggal terbaik dalam menghasilkan karakteristik substrat yang optimal. Kebutuhan sumber makanan pada bakteri perlu ditingkatkan untuk mengoptimalkan pembentukan biogas. Kebutuhan pangan pada bakteri dapat dipenuhi dengan menambahkan onggok segar kedalam limbah cair *effluent anaerobik land digester* (ALD). Onggok segar merupakan hasil samping atau ampas hasil ekstraksi singkong hasil akhir dari pembuatan tepung tapioka yang masih mengandung pati sebesar 68% (Chardialani, 2007).

Bakteri metanogenik yang menghasilkan metana membutuhkan sumber nutrisi selama fermentasi. Selama proses ini, bakteri membutuhkan waktu untuk mendegradasi bahan organik menjadi gula sederhana. Lama waktu tinggal akan mempengaruhi bahan organik yang terlarut, pembentukan asam yang terbentuk dan padatan tersuspensi pada substrat. Menurut Susilo (2016), pada awal proses perombakan, derajat keasaman akan selalu turun karena sejumlah mikroorganisme tertentu akan mengubah sampah organik menjadi asam organik. Pada proses *metanogenesis*, mikroorganisme akan memakan asam organik yang akan menyebabkan pH menjadi naik kembali mendekati netral. Tingkat keasaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang nantinya mempengaruhi terhadap aktivitas dan pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonia.

Penambahan ongkok pada limbah cair tapioka akan meningkatkan jumlah padatan. Hal ini disebabkan oleh adanya sejalan dengan nilai *total solid* (TS) yang terus meningkat, hal ini terjadi karena adanya sejumlah bahan organik tidak terlarut seperti serat yang belum terdegradasi oleh mikroorganisme. Sebagian bahan organik yang telah terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana dapat meningkatkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD). Semakin banyak senyawa organik yang terkandung maka semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi.

Berdasarkan uraian di atas maka kerangka penelitian adalah sebagai berikut yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian peningkatan *biodegradability* campuran ongkok pada limbah cair *effluent anaerobik land digester* untuk meningkatkan potensi biogas di industri tapioka

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Onggok

Onggok merupakan limbah yang dihasilkan dari industri tapioka dalam bentuk padat yang diperoleh selama proses ekstraksi (Anindyawati *et al.*, 2011). Selama proses ekstraksi ini, sebagian suspensi pati sebagai filtratnya dan ampas yang tertinggal sebagai onggok. Komponen yang terkandung dalam onggok adalah pati dan serat kasar. Pati dan serat kasar yang terdapat di onggok dapat digunakan sebagai tambahan substrat bagi bakteri pembentuk biogas. Kandungan ini bervariasi untuk setiap daerah tempat tumbuhnya, jenis dan mutu ubi kayu, teknologi yang digunakan dan penanganan ampas itu sendiri (Fahmi, 2008).



Gambar 2. Onggok

Sumber: Susilo (2016)

Singkong selain diambil manfaatnya untuk membuat tapioka atau aci, ampas singkong atau onggok juga mempunyai banyak keunggulan yang dimanfaatkan oleh

pelaku usaha dan masyarakat sekitar. Onggok adalah sisa gilingan tapioka yang berasal dari singkong atau ubi kayu atau yang dikenal ampas singkong setelah diambil patinya (Sirait, 2017).

Tabel 1. Komposisi kimia onggok.

Komposisi Kimia	Jumlah presentase (%)
Air	20,00
Abu	0,17
Serat kasar	10,00
Protein	1,57
Lemak	0,26
Karbohidrat	68,00

Sumber: Chardialani (2008)

Limbah padat tapioka berupa ampas tapioka (onggok) memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi berkisar 68%. Sistem pengelolaan yang tepat akan memaksimalkan potensi manfaat dari limbah tersebut. Menurut Bapedal (1996), ampas singkong dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yaitu sebagai pembuatan asam sitrat, campuran pakan ternak, sebagai bahan pengisi pada industri obat nyamuk bakar dan sebagai bahan campuran untuk pembuatan biogas. Onggok masih memiliki kandungan pati dan serat kasar karena pada saat ekstraksi tidak semua kandungan pati terikut dan tersaring bersama filtrat. Pati dan serat kasar merupakan komponen karbohidrat dalam onggok yang masih potensial untuk dimanfaatkan.

- a. Pati, merupakan polimer dari glukosa yang tersusun atas ikatan α - D-glikosida. Pati terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer linear dengan ikatan α -1,4-glukosa. Amilopektin memiliki molekul yang berukuran lebih besar dari amilosa, memiliki ikatan α -1,4-glukosida dan berbentuk cabang pada ikatan α -1,6-glukosida serta pati alami biasanya mengandung amilopektin lebih banyak daripada amilosa. Butiran pati

mengandung amilosa berkisar 15% - 30%, sedangkan amilopektin berkisar antara 70% - 85% (Andriani, 2019).

- b. Serat kasar, merupakan serat tumbuhan yang tidak dapat larut dalam air. Serat kasar yang terdapat pada onggok mengandung hemiselulosa dan selulosa yang merupakan bagian terbesar dari komponen polisakarida non pati. Polimer selulosa umumnya tersusun oleh monomer monomer anhidroglukosa atau glukopiranosida yang saling berhubungan pada posisi atom karbon 1 dan 4 oleh ikatan β -glukosida (Putri, 2020).

2.2 Limbah Cair Tapioka

Limbah cair dihasilkan dari suatu kegiatan seperti agro industri, peternakan atau pabrik pengolahan hasil pertanian maupun limbah kota atau domestik, umumnya mengandung konsentrasi bahan organik sangat tinggi (Ariani, 2014). Bahan organik tersebut terdiri dari karbohidrat, protein, lemak dan selulosa atau lignin selulosa yang dapat didegradasi secara biologi. Limbah cair tersebut mengandung nitrogen, *phospat* dan natrium. Besar atau kecilnya pencemaran limbah organik diukur oleh *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)* untuk limbah cair, sedangkan untuk yang berbentuk *sludge* atau lumpur diukur dengan *Total Volatile Solid (TVS)* (Zulkifli, 2014).



Gambar 3. Limbah cair tapioka
Sumber: Ahmad (2009)

Menurut Widayatno dan Sriyani (2008) yang dimaksud dengan limbah cair industri tapioka yaitu limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan pencucian dan pengupasan.

Kandungan dari limbah tersebut diantaranya adalah padatan tersuspensi kasar dan halus serta senyawa organik. Pemekatan dan pencucian pati dengan sentrifus menghasilkan limbah cukup banyak dengan kandungan padatan tersuspensi halus yang cukup tinggi. Kehadiran zat-zat tersebut dalam limbah cair dapat menimbulkan gangguan-gangguan sebagai berikut:

- a. menyebabkan perubahan rasa dan bau yang tidak sedap;
- b. menimbulkan penyakit misalnya gatal-gatal;
- c. mengurangi estetika sungai; dan
- d. menurunkan kualitas air sumur di sekitar pabrik tapioka (Widayatno, 2008).

Limbah cair tepung tapioka mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi sehingga diperlukan proses pengolahan yang tepat sebelum dibuang ke lingkungan. Masalah yang sering timbul akibat tingginya kandungan limbah cair tapioka diantaranya yaitu bau busuk dan menurunnya kualitas air sungai (Hariyanto *et al.*, 2016). Kualitas limbah cair industri tapioka biasanya diukur dari konsentrasi padatan tersuspensi, pH, COD, dan BOD. Spesifikasi mutu standar limbah cair industri tapioka didasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yaitu tentang baku mutu air limbah.

Menurut Andika (2020) limbah cair tapioka dari hasil pengendapan memiliki BOD 1450,8 - 3030,3 mg/ dengan rata-rata 2313,54 mg/l, COD sebesar 3200 mg/l dan padatan terlarut 638,0 - 2.836,0 mg/l. Karakteristik limbah cair industri tapioka pada kadar padatan terlarut yang menunjukkan bahwa limbah tersebut banyak mengandung bahan organik yang tinggi, hal ini memungkinkan limbah tersebut untuk dapat diolah secara biologis yaitu dengan sistem pengolahan lumpur aktif.

Limbah cair industri tapioka yang masih baru berwarna putih kekuning-kuningan, sedangkan limbah cair sudah basi atau busuk berwarna abu-abu gelap (Al Fatoni, 2019). Kekeruhan yang terjadi pada limbah cair industri tapioka disebabkan oleh adanya zat organik, seperti pati yang terlarut, jasad renik dan zat koloid lainnya yang tidak dapat mengendap dengan segera. Kekeruhan merupakan sifat fisik yang paling mudah diamati untuk kualitas limbah cair pabrik tapioka. Bau dari limbah cair yang

masih baru khas ubi kayu dan akan berubah menjadi asam setelah satu sampai dua hari. Selanjutnya akan menjadi busuk dan mengeluarkan bau yang khas dan tidak sedap (Triantoro, 2019).

2.3 Substrat Biogas

Seperti halnya makhluk hidup, mikroorganisme juga membutuhkan suplai makanan yang akan menjadi sumber energi dan menyediakan unsur-unsur kimia dasar untuk pertumbuhan sel. Substrat (makanan) yang dibutuhkan oleh mikroba untuk kelangsungan hidupnya berhubungan erat dengan komposisi kimianya. Produksi biogas memerlukan bahan baku yang tinggi akan substrat dalam menghasilkan biogas yang optimum. Pada umumnya substrat yang dapat digunakan dalam memproduksi biogas yaitu diantaranya limbah cair industri kelapa sawit (POME), limbah cair industri tapioka dan limbah cair industri tahu sehingga onggok dapat direkomendasikan sebagai bahan organik yang dapat digunakan untuk substrat pembentukan biogas.

2.4 Parameter Karakteristik Limbah Cair

2.4.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimia bahan organik di dalam air. COD juga merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran bahan organik pada limbah cair. Uji COD dapat dilakukan lebih cepat dari pada uji BOD, karena waktu yang diperlukan hanya sekitar 2 jam (Andika *et al.*, 2020). *Chemical Oxygen Demand (COD)* atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (O_2 mg) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air. Menurut Mubin (2016), 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. Oksigen terlarut merupakan banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan

diukur dalam satuan ppm (Ramayanti, 2019). Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotor air baku. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Rendahnya nilai oksigen terlarut berarti beban pencemaran meningkat sehingga koagulan yang bekerja untuk mengendapkan koloid harus bereaksi dahulu dengan polutan-polutan dalam air menyebabkan konsumsi bertambah. *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu jumlah oksigen (O_2 mg) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air di mana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka yang ditunjukkan COD merupakan ukuran bagi pencemaran air dari zat-zat organik yang secara alamiah dapat mengoksidasi melalui proses mikrobiologis dan dapat juga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Rahmawati, 2013).

Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih. Perak Sulfat (Ag_2SO_4) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang umumnya terdapat di dalam air buangan. Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik hampir teroksidasi maka zat pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ yang sudah direfluks masih harus tersisa. $K_2Cr_2O_7$ yang tersisa dalam larutan tersebut digunakan untuk menentukan berapa oksigen yang telah terpakai. Sisa $K_2Cr_2O_7$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan Ferro Amonium Sulfat (FAS) (Muthawali *et al.*, 2013).

2.4.2 Nilai pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH merupakan tingkat keasaman atau kebasaan yang menunjukkan jumlah ion – ion pada limbah. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia maupun biologi dari organisme yang hidup didalamnya. Derajat keasaman diduga sangat berpengaruh terhadap daya racun pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat didalam air. Pada awal proses perombakan, derajat keasaman akan selalu turun karena sejumlah mikroorganisme

tertentu akan mengubah sampah organik menjadi asam organik. Dalam proses selanjutnya, mikroorganisme jenis lainnya akan memakan asam organik yang akan menyebabkan pH menjadi naik kembali mendekati netral (Hidayat, 2016). Tingkat keasamaan (pH) yang ideal dalam proses perombakan adalah antara 6-8 dengan tingkat masih diterima adalah pH 5 (minimum) dan pH 12 (maksimum). pH pada proses perombakan anaerob biasa berlangsung antara 6,6 - 7,6. *Archaea metanogen* tidak dapat toleran pada pH di luar 6,7 - 7,4 sedangkan mikroorganisme non metanogen mampu hidup pada pH 5 - 8,5. Praperlakuan kimia umumnya diperlukan pada limbah cair dengan derajat keasamaan tinggi ($< \text{pH } 5$) dan umumnya penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk meningkatkan pH limbah cair menjadi netral (Indarto, 2010).

2.4.3 Total Solid (TS)

Total solid atau biasa disebut total padatan merupakan jumlah materi padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik selama proses digester terjadi dan ini mengindikasikan laju penghancuran atau pembusukan material padatan limbah organik yang terdapat pada biodigester. *Total solid* merupakan salah satu faktor yang dapat menunjukkan telah terjadi proses pendegradasian karena padatan ini akan dirombak pada saat terjadinya pendekomposisi bahan. Nilai TS secara umum direpresentasikan dalam % bahan baku (Sulistyo, 2012). Total padatan (*total solid*) merupakan residu yang tertinggal di dalam wadah setelah proses evaporasi cairan dari sampel yang kemudian akan dikeringkan di dalam oven pada suhu 103°C hingga 105°C selama tidak kurang dari satu jam. Angka *total solid* dapat menunjukkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan limbah selama proses fermentasi. Proses fermentasi mikroorganisme akan memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi yang dapat menghasilkan molekul air dan karbondioksida. Sebagian besar air akan tertinggal dalam produk dan sebagian lagi akan keluar dari produk. Air yang tertinggal dalam produk inilah yang akan menyebabkan kadar air menjadi tinggi dan bahan kering menjadi rendah (Gatot *et al.*, 2019).

2.4.4 *Volatile Solid (VS)*

Volatile solid merupakan berat yang hilang setelah sampel dibakar dipanaskan hingga mengering pada suhu 550°C. Penentuan *volatile solid* tidak dibedakan secara tepat antara material organik dan anorganik karena berat yang hilang selama pembakaran tidak ditentukan pada material organik (Kurniawan, 2016). *Volatile solid* merupakan substrat (sumber makanan) yang akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan di dalam biodigester terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen (Rivan, 2019). Menurut Ni'mah (2014) mikroorganisme di dalam biodigester berangsur-angsur mencapai pertumbuhan yang setimbang antara mikroorganisme non metanogen dan metanogen, kondisi ini dapat dilihat dari produksi gas metana yang meningkat. Dua jenis bakteri di dalam reaktor biogas yang sangat berperan, yakni bakteri asidogenik dan bakteri metanogen. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang berimbang. Bakteri-bakteri ini memanfaatkan bahan organik dan memproduksi metan dan gas yang lain dalam siklus hidup pada kondisi anaerob. Bakteri - bakteri tersebut memerlukan kondisi tertentu dan sensitif terhadap lingkungan mikro dalam reaktor seperti temperatur, keasaman dan jumlah material organik yang akan dicerna. Terdapat beberapa spesies metanogenik dengan berbagai karakteristik. Bakteri ini mempunyai beberapa sifat fisiologi yang umum, tetapi mempunyai morfologi yang seragam atau sama antara lain *Methanomicrobium*, *Methanosarcina*, *Metanococcus*, dan *Methanothrix* (Budiyono, 2013). Setiap bakteri membutuhkan keadaan air yang sesuai untuk pertumbuhannya, begitu juga bakteri untuk produksi biogas. Bakteri untuk produksi biogas menghendaki TS 7–9% pada fermentasi basah. Untuk proses fermentasi kering TS dapat lebih besar dari 15% (Wahyuni, 2011).

2.4.5 *Total Volatile Acid (TVA)*

Total Volatile Acid merupakan produk dari hasil proses metabolisme karbohidrat di dalam rumen hewan memamah biak yang dibantu oleh mikroba tertentu. TVA

merupakan senyawa *intermediate* (asetat, propionat, butirat, laktat), dihasilkan selama *asidogenesis*, dengan rantai karbon hingga enam atom. Dalam kebanyakan kasus, ketidakstabilan proses digestion akan menyebabkan akumulasi TVA di dalam digester, yang dapat menyebabkan penurunan nilai pH. Namun, akumulasi TVA tidak akan selalu diungkapkan oleh penurunan nilai pH, karena kapasitas penyangga digester melalui jenis biomassa yang terkandung di dalamnya (Rivan, 2019). Ada tiga tahap dalam proses terbentuknya TVA yang pertama, karbohidrat mengalami hidrolisis menjadi monosakarida, seperti glukosa, fruktosa dan pentosa. Tahap kedua dengan melakukan proses glikolisis, yaitu hasil dari produk dari tahap pertama akan mengalami pencernaan yang menghasilkan piruvat. Piruvat selanjutnya akan diubah menjadi TVA yang umumnya terdiri dari asam asetat, asam butirat dan asam propionat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Januari 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu cawan petri, *autoclave*, erlenmeyer 50 ml dan 100 ml, *hot plate*, *laminar air flow*, mikropipet, tabung *centrifuge*, cawan porselen, lemari pendingin, labu ukur, tabung reaksi, gelas ukur, timbangan digital, oven, desikator, penjepit cawan, spatula, pH meter, *vortex Maxi Mix II*, COD reaktor DRB 200, HACH spektrofotometer, *rubber bulb*, corong kaca, batang statif, kertas label dan peralatan keselamatan laboratorium.

Bahan – bahan yang digunakan yaitu onggok segar, *inoculum* berupa *sludge* aktif limbah cair dari *Anaerobic Land Digester* (ALD) yang masing-masing bahan tersebut diperoleh dari pabrik tapioka yang terdapat di Lampung Tengah, Provinsi Lampung, selain itu juga dibutuhkan bahan-bahan kimia lain pendukung penelitian yaitu kalium dikromat reagen COD (kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)), *indicator* PP 1%, H_2SO_4 0,1N, NaOH 0,1N, asam sulfat pekat (H_2SO_4) dan aquades.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk grafik, lalu dilakukan analisis secara deskriptif. Penelitian ini menggunakan 2 (dua) faktor perlakuan yang digunakan yaitu konsentrasi onggok pada limbah cair *effluent* tapioka sebesar 0% (b/v) (K1), 5% (b/v) (K2), 7% (b/v) (K3), dan 10% (b/v) (K4) dengan volume total kerja adalah 20 liter dan waktu tinggal 0 hari (T1), 3 hari (T2), 4 hari (T3), dan 5 hari (T4). Percobaan dilakukan dengan 2 (dua) kali pengulangan dan total 16 unit percobaan. Penelitian ini melibatkan tiga tahapan yaitu: pengumpulan bahan baku, merancang reaktor pengujian sederhana serta analisis sampel uji untuk mendapatkan substansi terbaik. Analisis yang dilakukan antara lain:

1. Pengukuran pH,
2. Pengukuran TS (*Total Solid*)
3. Pengukuran VS (*Volatil Solid*)
4. Pengukuran TVA (*Total Volatile Acid*),
5. Pengukuran COD Total, dan
6. Pengukuran COD *soluble*.

Perlakuan terhadap masing masing sampel limbah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Kombinasi perlakuan konsentrasi onggok segar dan waktu tinggal

Konsentrasi	0% (K1)	5% (K2)	7% (K3)	10% (K4)
Hari	0 kg	1 kg	1,4 kg	2 kg
0 Hari (T1)	K1T1	K2T1	K3T1	K4T1
3 Hari (T2)	K1T2	K2T2	K3T2	K4T2
4 Hari (T3)	K1T3	K2T3	K3T3	K4T3
5 Hari (T4)	K1T4	K2T4	K3T4	K4T4

Keterangan:

K1T1 = Volume ALD 20 Liter	+	0 kg onggok (waktu tinggal 0 hari)
K2T1 = Volume ALD 19 Liter	+	1 kg onggok (waktu tinggal 0 hari)
K3T1 = Volume ALD 18,6 Liter	+	1,4 kg onggok (waktu tinggal 0 hari)
K4T1 = Volume ALD 18 Liter	+	2 kg onggok (waktu tinggal 0 hari)
K1T2 = Volume ALD 20 Liter	+	0 kg onggok (waktu tinggal 3 hari)
K2T2 = Volume ALD 19 Liter	+	1 kg onggok (waktu tinggal 3 hari)
K3T2 = Volume ALD 18,6 Liter	+	1,4 kg onggok (waktu tinggal 3 hari)
K4T2 = Volume ALD 18 Liter	+	2 kg onggok (waktu tinggal 3 hari)
K1T3 = Volume ALD 20 Liter	+	0 kg onggok (waktu tinggal 4 hari)
K2T3 = Volume ALD 19 Liter	+	1 kg onggok (waktu tinggal 4 hari)
K3T3 = Volume ALD 18,6 Liter	+	1,4 kg onggok (waktu tinggal 4 hari)
K4T3 = Volume ALD 18 Liter	+	2 kg onggok (waktu tinggal 4 hari)
K1T4 = Volume ALD 20 Liter	+	0 kg onggok (waktu tinggal 5 hari)
K2T4 = Volume ALD 19 Liter	+	1 kg onggok (waktu tinggal 5 hari)
K3T4 = Volume ALD 18,6 Liter	+	1,4 kg onggok (waktu tinggal 5 hari)
K4T4 = Volume ALD 18 Liter	+	2 kg onggok (waktu tinggal 5 hari)

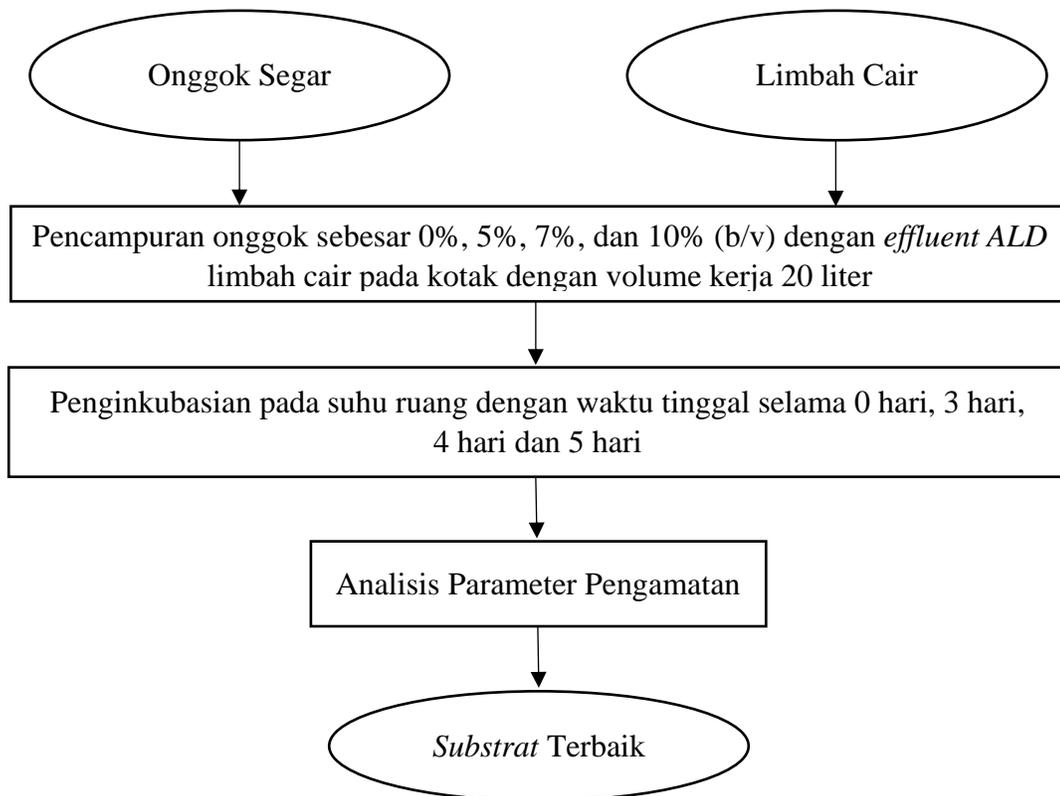
Penelitian *pretreatment* onggok segar dengan 2 (dua) faktor konsentrasi onggok (b/v) dan waktu tinggal. Dengan pengambilan sebanyak 2 (dua) kali sampling dalam setiap kontainer pegujian (*duplo*). Onggok yang digunakan pada proses *treatment* adalah onggok segar. Pengamatan dilakukan terhadap nilai *soluble chemical oxygen demand* (S-COD), *total chemical oxygen demand* (T-COD) metode refluks tertutup, pH metode potensiometri, *Total Volatile Acid* (TVA) metode titrasi, *total solid* (TS) metode gravimetri, *volatile solid* (VS) metode gravimetri.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan dan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel onggok sebagai substrat dan limbah cair *effluent* sebagai starter mikroba pengurai. Onggok segar memiliki aroma yang khas onggok

(beraroma singkong), bertekstur padat serta memiliki warna putih kekuningan. Sementara, limbah cair *effluent* atau *sludge* dari lumpur aktif yang diperoleh dari kolam IPAL yang memiliki aroma tidak sedap, memiliki tekstur yang kental dan berwarna hitam pekat. Perlakuan awal onggok dilakukan dengan menambahkan onggok segar dengan limbah cair *effluent anaerobic land digester* (ALD). Konsentrasi onggok yang digunakan pada air tersebut yaitu 0% (b/v) (K1), 5% (b/v) (K2), 7% (b/v) (K3), dan 10% (b/v) (K4) dengan volume total adalah 20 liter. Sampel dilakukan pengadukan 2 kali dalam sehari yaitu pagi dan sore hari dengan waktu tinggal 0 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Setelah itu, dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan analisa.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian Peningkatan *Biodegradability* Campuran Onggok Pada Limbah Cair *Effluent Anaerobik Land Digester* Untuk Meningkatkan Potensi Biogas Di Industri Tapioka

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dengan mengukur nilai *total soluble chemical oxygen demand* (CODs), *total chemical oxygen demand* (T-COD), pH, *Total Volatile Acid* (TVA), *total solid* (TS) dan *volatile solid* (VS).

3.5.1 *Soluble Chemical Oxygen Demand* (CODs)

Pengukuran *soluble chemical oxygen demand* (CODs) bertujuan untuk mengetahui total kebutuhan oksigen dalam mengoksidasi bahan organik padatan dalam larutan (*soluble*) secara kimiawi. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Proses pengukuran CODs dilakukan dengan memasukan 45 ml sampel ke dalam *centrifuge*. Proses sentrifugasi dilakukan dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Sampel limbah yang telah terpisah dari padatan terlarutnya (*supernatant*) diambil sebanyak 0,2 ml menggunakan pipet volumetrik 1 ml. Sampel dimasukan kedalam tabung yang berisikan reagen COD lalu dihomogenkan dengan *vortex*, kemudian dipanaskan di reaktor DRB 200 selama 120 menit pada temperatur 150⁰C. setelah dipanaskan sampel didinginkan pada suhu ruang dan dilakukan pengukuran COD menggunakan HACH spektrofotometer DR 4000 (SNI 06-6989.2-2004).

3.5.2 *Total Chemical Oxygen Demand* (T-COD)

Pengukuran *total chemical oxygen demand* (T-COD) bertujuan untuk mengetahui total kebutuhan oksigen dalam mengoksidasi bahan organik padatan dalam larutan secara kimiawi. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Proses pengukuran T-COD yaitu dengan melakukan pengenceran sampel 100 kali yaitu dengan mengambil 5 ml sampel yang telah dihomogenkan kemudian memasukan ke dalam labu ukur 500 ml. Menambahkan aquades sampai dengan garis batas, lalu homogenkan larutan dengan cara membolak-balikan labu ukur. Menuangkan sampel yang telah homogen kedalam gelas beaker

50ml. Sampel limbah hasil pengenceran diambil sebanyak 0,2 ml menggunakan pipet volumetrik 1 ml. Sampel dimasukkan ke dalam tabung yang berisikan reagen COD lalu homogenan dengan *vortex*, kemudian dipanaskan di reaktor DRB 200 selama 120 menit pada temperatur 150°C. Setelah dipanaskan sampel didinginkan pada suhu ruang dan dilakukan pengukuran COD menggunakan HACH spektrofotometer DR 4000 (SNI 06-6989.2-2004).

3.5.3 Pengukuran pH Metode Potensiometri

Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan suatu sampel limbah. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Nilai pH yang optimum menurut Rittman dan McCarty (2001) pada proses anaerobik memerlukan pH berkisar antara 6,5 – 7,6. Analisa pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital. Sampel limbah yang telah dihomogenkan dimasukkan kedalam *beaker glass* 50 mL. Proses pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan elektroda pH ke dalam sampel. Selanjutnya mencatat angka yang tampak pada layar hingga pH konstan (SNI 06-6989.11-2004).

3.5.4 Total Volatile Acid (TVA) Metode Titiasi

Analisa *total volatile acid* (TVA) dilakukan untuk mengetahui jumlah total padatan yang menguap pada bahan. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Proses analisa diawali dengan memasukan 50 mL sampel kedalam erlenmeyer 100 mL. Selanjutnya mengondisikan pH menjadi 4 (empat) dengan menambahkan H₂SO₄ 0,1N. Sampel tersebut dipanaskan dengan menggunakan *hotplate magnetic stirrer* selama 3 menit sampai sampel mendidih. Setelah dipanaskan sampel didinginkan pada suhu ruang kemudian ditambahkan 5 tetes indikator pp dan homogenkan. Selanjutnya melakukan titrasi sampel menggunakan NaOH 0,1 N sampai terlihat sedikit berwarna merah muda. Lalu

mencatat volume NaOH yang terpakai dan menghitung TVA dengan menggunakan rumus:

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

3.5.5 *Total Solid (TS) Metode Gravimetri*

Analisis *Total Solid (TS)* dilakukan dengan mengukur jumlah padatan yang terdapat pada limbah cair baik yang larut atau tidak larut. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Analisis TS sampel dilakukan dengan memanaskan dan menimbang cawan kosong. Menuangkan sampel kedalam cawan dan timbang, dan memanaskan dengan menggunakan oven dengan suhu 105⁰C selama 24 jam. Setelah proses pengeringan, cawan didinginkan didalam desikator selama 15 menit, lalu cawan berisi sampel tersebut ditimbang. Setelah didapatkan bobot tetap dilakukan perhitungan TS dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$TS = \frac{\text{Berat cawan setelah di oven (g)} - \text{Berat cawan kosong (g)}}{\text{Volume larutan (g)}} \times 100\% \dots \dots (2)$$

3.5.6 *Volatile Solid (VS)*

Analisis *Volatile Solid (VS)* bertujuan untuk menyatakan berat bahan yang hilang atau pecahan dari *total solid* selama proses pemanasan. Pengukuran dilakukan pada sampel setelah proses perlakuan awal, pengambilan dan pengujian sampel dilakukan di pagi hari untuk setiap perlakuan pada waktu tinggal 0, 3, 4, dan 5 hari. Prosedur analisis VS merupakan proses kelanjutan dari TS, setelah cawan dioven dan didapatkan berat konstan dilanjutkan dengan memasukan cawan kedalam *furnace* pada suhu 550⁰C selama 1 jam dan biarkan sampai suhu turun. Kemudian cawan tersebut dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit, lalu cawan berisi sampel

tersebut ditimbang. Setelah didapatkan bobot tetap dilakukan perhitungan VS dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$VS = \frac{\text{Berat cawan setelah di furnace (g)} - \text{Berat cawan (g)}}{\text{Volume sampel (g)}} \times 100\% \dots \dots (3)$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan pada penelitian ini adalah

1. Pencampuran limbah cair *effluent anaerobic land digester* dan onggok memberikan pengaruh pada kandungan S-COD sebesar 1.275 mg/L, CODt sebesar 43.000 mg/L, pH optimum 7,4, TS sebesar 4,06% - 6,11 %, dan VS sebesar 1,4% - 2,56 % pada konsentersasi 10% dan lama waktu tinggal 5 hari menandakan kondisi ini dapat direkomendasikan sebagai substrat yang baik untuk meningkatkan produksi biogas.
2. Perlakuan awal penambahan onggok dan limbah cair *effluent anaerobic land digester* dengan konsentersasi 10% menghasilkan nilai tertinggi pada setiap komponen analisis pengamatan dengan lama waktu tinggal 5 hari serta akan menghasilkan potensi biogas sebesar 580,7 m³/ton tapioka.

5.2 Saran

Sebaiknya perlu dilakukan pengecilian ukuran dan penyaringan terhadap onggok serta limbah cair effluent untuk menyeragamkan ukuran agar mendapatkan media sampel yang lebih homogen dan diupayakan untuk dapat menstabilkan udara di lingkungan sekitar pada saat penelitian serta perlu dilakukannya pengukuran terhadap biogas yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. G.. 2009. *Pedoman Pengolahan Limbah Industri Pengolahan Tapioka. Program Agroindustry to Zerowaste*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta. 16 – 31.
- Afandi, T., Putri, M., Nuradiatmida, G., Muslihasari, A.. 2008. *Aplikasi limbah cair tapioka sebagai sumber energi alternatif berupa biogas*. PKMP. Universitas Negeri Malang.
- Ahmad, A.. 2009. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair*. UNRI Press. Pekanbaru.
- Ahmad, A., Syarfi., Melissa., A.. 2011. *Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit*. Riau: Universitas Riau.
- Ahmad, A., Setiadi, T., Syafila, M. Dan Liang O. B.. 1999. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Cair Industri yang Menganung Minyak dan Lemak*. Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo.
- Al Fatoni, D., dan Wardono, H. R. I.. 2019. Studi Pengolahan Air Limbah Tapioka di Pabrik Aci. *Buletin Keslingmas*, 38(3), 277-284.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R.. 2020. Penentuan nilai BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di pusat penelitian kelapa sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), 14-22.
- Andriani, R.. 2019. *Pengaruh Tekanan Terhadap Hasil Cake Dari Limbah Pabrik Tepung Tapioka Basah (Onggok) Menggunakan Alat Filter Press Plate and Frame (The Effect of Pressure On Cake Results From Tapioca Flour Of Wet Waste (Onggok) Using Plate and Frame Filter Press)* (Doctoral dissertation, undip vokasi).
- Anggari, V. S. dan Prayitno. 2020. Studi Literatur Limbah Tapioka Untuk Produksi Biogas: Metode Pengolahan Dan Peranan Starter-Substrat. *Jurnal Teknologi Separasi (Distilat)*. 6 (2): 176 - 187.

- Anindyawati, T dan Sukardi. 2011. *Reaksi Hidrolisis dengan Katalisator Enzim: Study Awal Pemanfaatan Onggok sebagai Sumber Pektin*.
- Ariani, W., Sumiyati, S., & Wardhana, I. W.. 2014. *Studi Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random (Studi Kasus: Rumah Makan Bakso Krebo Banyumanik)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Arshad A., Hashmi H., Qureashi A.. 2011. Anaerobic Digestion of CHL Orphenolic W astes. *Int. J. Environ. Res.*, 5(1): 149- 158.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.2-2004) Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri*. Hal 1-7.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.11-2004) Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH meter*. Hal 1-3.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Produksi Ubi Kayu Berdasarkan Provinsi*. Statistik Indonesia. Jakarta.
- Bappedal. 1996. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia*. Jakarta,
- Budiyono, B.. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD: N Terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinsasse). *Jurnal Eksergi*, 11(1), 1-6.
- Chardialani, A.. 2008. *Studi Pemanfaatan Onggok Sebagai Bioimmobilizer Mikroorganisme Dalam Produksi Biogas Dari Limbah Cair Industri Tapioka. (Skripsi)*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Fahmi, N.. 2008. *Pengolahan Tapioka Secara Industri*. <http://digilib.unimus.ac.id/files/106jtpunimus-gdl-nurulfahmi-52563.pdf>. Diakses tanggal 15 Desember 2020.
- Fairus, S., Salafudin, L., Rahman, dan Apriani, E.. 2011. *Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi : Biogas dan Precursor Briket*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Yogyakarta 22 Februari 2011. ISSN 1692-4393. E01: 1- 10.
- Gatot, Yulianto., Andareswari, N., dan Hariyadi, S.. 2019. Karakteristik Dan Strategi Pengelolaan Limbah Cair Usaha Tapioka Di Bogor Utara. *Ecolab*, 13(2), 84-95.
- Ghaly, A. E., Ramkumar, D. R., Sadaka, S. S., & Rochon, J. D.. 2000. Effect of reseeded and pH control on the performance of a two-stage mesophilic

- anaerobic digester operating on acid cheese whey. *Canadian Agricultural Engineering*. Vol 42. No. 4.
- Greenberg, A.E., L.S. Clasceri and A.D. Easton. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water Wastewater*. 18th ed. APHA, AWWA, WACF. Washington.
- Hariyanto, B dan Larasati. D., A.. 2016. *Dampak Pembuangan Limbah Tapioka Terhadap Kualitas Air Tambak Di Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati*. Universitas Surabaya. Surabaya.
- Hasanudin, U.. 2007. *Biogas Production From Agro-Industries Wastewater. Workshop on "Commercialization of Renewable Energy Recovery from Agroindustry Wastewater"*. University of Lampung. Lampung. Indonesia.
- Hidayat, N.. 2016. *Bioproses Limbah Cair*. Penerbit Andi. Jakarta.
- Indarto, K., E.. 2010. Produksi biogas limbah cair industri tapioka melalui peningkatan suhu dan penambahan urea pada perombakan anaerob. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- 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.
- Kendali W. A.. 2015. Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4 (2) (2015) 42-49.
- Kurniawan, W., Herpandi, H., dan Lestari, S.. 2016. Uji Potensi Biogas dari Limbah Jeroan Ikan dan Campuran Kiambang (*Salvinia molesta*) secara Anaerob Batch. *Jurnal Fishtech*, 5(1), 43-51.
- Kresnawaty I., Susanti I., Siswanto, dan Panji T.. 2008. Optimasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan penambahan logam. *Jurnal Menara Perkebunan*. 76(1): 23-25.
- Mahajoeno, E., Lay W.B., Sutjahjo, H.S., Siswanto. 2008. Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Biodiversitas* 9: 48 – 52.
- Morgenroth, E., Kommedal, R., and Harremoes, P.. 2002. Processes and Modelling of Hydrolysis of particulate organic matter in aerobic wastewater treatment- a Review. *Journal Wat. Sci. Technol.* 45(6): 25- 40.
- Mubin, F., Binilang, A., dan Halim, F.. 2016. Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3).
- Muthawali, D. I.. 2013. Analisa COD dari Campuran Limbah Domestik dan Laboratorium di Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan, *Jurnal Stikna*, 5(1), 1-13.

- Ni'mah, L.. 2014. Biogas from solid waste of tofu production and cow manure mixture: composition effect. *Journal Chemica*, 1(1), 1-9.
- Nusa, I.S. dan Utomo, K.. 2007. Pengolahan air limbah domestik dengan proses lumpur aktif yang diisi dengan media bioball. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2).
- Nuraini, E., Tantri, F., & Fajar, L.. 2019. Penentuan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta. *Integrated Lab Journal*. Vol 07. No. 2
- Nugrahini, P.. 2008. *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Olafadehan, O.A. dan Alabi, A.T.. 2009. Modelling and Simulation of Methanogenic Phase of an Anaerobic Digester. *Journal of Engineering Research*. 13(2): 1-16.
- Putri, P. W., Surahmanto, S., dan Achmadi, J.. 2020. Kandungan *Neutral Detergent Fibre* (NDF), *Acid Detergent Fibre* (ADF), Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin Onggok yang Difermentasi *Trichoderma reesei* dengan Suplementasi N, S, P. *Bulletin of Applied Animal Research*, 2(1), 33-37.
- Rahmawati, R., Chadijah, S., dan Ilyas, A.. 2013. Analisa Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Cair Laboratorium Biokimia UIN Makassar Menggunakan *Fly Ash* (Abu Terbang) Batubara. *Jurnal Al-Kimia*, 1(1), 64-75.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H dan Yananto, T.. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob. *Jurnal Teknologi lingkungan*. 5: 20-26.
- Ramayanti, D., dan Amna, U.. 2019. Analisis Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan pH (*potential Hydrogen*) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1), 16-21.
- Rittman, B. E. dan P. L. McCarty. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. The McGraw-Hill Companies. New York.
- Rivan, Al Ma'arif. 2019. Pengaruh periode waktu pembuangan volatile fatty acids terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida biogas pada proses fermentasi anaerobic. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah.
- Sarono, Hasanudin, U., Widodo, Y. R., Sukaryana, Y., dan Supriyanto. 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor CSTR. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*.
- Sirait, W. M.. 2017. *Analisis Manajemen Pengelolaan Onggok Singkong Terhadap Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat dalam Perspektif Ekonomi Islam (Studi Pada PT. Budi Starch & Sweetener Div. Tapioka Desa Gedung Ketapang Kec.*

- Sungkai Selatan Lampung Utara*) (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Sulistyo, H., Syamsiah, S., Herawati, D. A., dan Wibawa, A. A.. 2012. Biogas production from traditional market waste to generate renewable energy. In *2012 7th International forum on strategic technology (IFOST)* (pp. 1-4). IEEE.
- Susilo, F. A. P., Suharto, B., dan Susanawati, L. D.. 2016. Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap kadar BOD dan COD limbah tapioka dengan metode *rotating biological contactor*. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 2(1), 21-26.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, dan H. D. Stensel. 2003. *Waste Water Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy Inc. New York.
- Triantoro, A., Mustofa, A., Kartini, K., dan Hanafi, A.. 2019. Studi Analisa Kualitas Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dan Onggok Tepung Tapioka Menggunakan Karbonisasi. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 1(1), 54-60.
- Umeksi, Septaristya. 2016. Pengaruh lama hidrolisis H₂SO₄ dan konsentrasi molase terhadap fermentasi tepung onggok untuk menghasilkan bioetanol. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Wahyuni, S., dan Mutia, S.. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. AgroMedia. Jakarta.
- Widayatno dan Sriyani. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi*. Prosiding Seminar Nasional Teknoin. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Widyaningsih, V.. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Katin Yongma Fisip UI*. Depok: Jurusan Teknik Lingkungan UI.
- Wintolo, M. dan Isdiyanto, R.. 2011. Prospek Pemanfaatan Biogas Dari Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbaru*. 10 (2): 103 – 112.
- Yonathan, A., A. R. Prasetya, dan B. Pramudono. 2012. Produksi biogas dari enceng gondok (*Eicchornia crassipes*) kajian konsistensi dan pH terhadap biogas yang dihasilkan. *J. Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1):412-416.
- Zulkifli, A.. 2014. *Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan*. Salemba Teknika. Jakarta.