



## MANAGEMENT PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKANAN DAN SEKAM PADI UNTUK PRODUKSI BIOGAS DAN KOMPOS MENGGUNAKAN ANAEROBIK DISGETION PADA SUHU THERMOFILIK

SURATNI AFRIANTI<sup>1</sup>, IRVAN<sup>2</sup>, TOUFIQ BIN NUR<sup>3</sup>, DELVIAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department Of Natural Resources And Environmental Management, University of North Sumatra. Medan 20155, Indonesia

<sup>2</sup>Department Of Chemical Engineering, Faculty Of Engineering, University of North Sumatra. Medan 20155, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of North Sumatra. Medan 20155, Indonesia

<sup>4</sup>Department of Forestry, University of North Sumatra. Medan 20155, Indonesia

Corresponding email: irvan@usu.ac.id

### ABSTRAK

Teknologi penguraian *anaerobik* mengolah sampah organik menjadi biogas memiliki banyak keunggulan seperti menghasilkan bioenergy ramah lingkungan karena gas yang terbentuk di manfaatkan menjadi bahan bakar, mengatasi krisis kekurangan energy karena seiring dengan pertumbuhan penduduk dunia maka akan semakin meningkatnya permintaan energy sedangkan sumber daya alam terbatas, dan keunggulan lainya mengurangi tumpukan sampah organik. Penelitian dilakukan dengan merancang *Reactor* biodigester, reactor bekerja secara semi kontinyu, menggunakan pemanas dengan temperature lebih kurang antara 55-60 °C. variabel-variabel pada penelitian ini adalah variable tetap (a). *Starter* berasal dari pembuatan biogas skala *pilot plant* Universitas Sumatera Utara berupa bakteri *metanogenik* yang digunakan. (b). Bahan baku atau umpan yang digunakan Sampah Organik restoran, rumah makan, kantin dan sekam padi. (c). Temperatur Biodigester suhu *termofilik* (55 - 60 °C) (d). pH *Biodigester* dan *fermentor*: pada penelitian ini melihat berapa persentase dan karakteristik limbah dari rumah makan, komposisi kimia sekam padi, unsur hara kompos, maka dari hasil penelitian karakteristik limbah organik rumah makan terdiri dari Sayur-sayuran daging dan buah – buahan berturut turut adalah 40%: 30%: 20% : 10%, unsur hara sekam padi dari kajian studi literatur adalah pH 5.2, TS (wt%) adalah 18.5, VS (wt.%) adalah 17.0, VS/TS ratio adalah 0.92, Kandungan Carbon, C (% , d.b.) adalah 46.5, Nitrogen, N (% , d.b.) adalah 2.2, Persen Fat (% , d.b.) adalah 22.8, Persen Na<sup>+</sup> (% , d.b.) adalah 3.45, Persen Mg<sup>2+</sup> (% , d.b.) adalah 2.30, Persen Ca<sup>2+</sup> (% , d.b.) adalah 0.16 dan kadar unsur hara kompos berada di dalam range standar kompos.

Kata Kunci: Biodigester, Fermentor, Biogas, Metana, *Anaerobik*

### PENDAHULUAN

Limbah organik dari rumah makan merupakan sampah yang berasal dari sisa kegiatan memasak, seperti potongan

sayuran mentah, sisa mencuci atau potongan daging, ayam atau ikan, minyak goreng sisa dari memasak atau sisa makanan dan minuman yang tidak

dikonsumsi pengunjung (Rezeki, et al., 2019). Sebagai perbandingan, menurut, jumlah sampah restoran pada tahun 2018 sebesar 0,105 kg per orang per hari atau 0,139 kg per m<sup>2</sup> per hari, komposisi sampah makanan terbanyak adalah 70,69 sampah organik dengan komposisi yang lebih tinggi dari makanan sisanya 30 persen lagi sampah an organik.

Sampah restoran jika tidak dikelola dengan baik akan berdampak negative terhadap lingkungan. Pengelolaan limbah organik restoran harus dilakukan dengan baik supaya tidak memberikan dampak negative terhadap lingkungan, termasuk pemanfaatannya sebagai komponen utama dalam produksi biogas, karena banyak mengandung polisakarida, asam amino, dan lipid yang bersifat biodegradable (Wahyono et al., 2012). Limbah organik restoran dilaporkan terdiri dari 11,87 % polisakarida, 13,818,1% komponen asam amino, dan 3,7833,72% lipid.

Pengolahan limbah organik menjadi biogas sudah banyak dilakukan di seluruh dunia termasuk di Indonesia, akan tetapi dalam penelitian ini mempunyai perbedaan sama penelitian yang lain adalah, memanfaatkan kembali outlet cair dari fermentor dimanfaatkan untuk starter sebagai sumber mikroorganisme untuk pengomposan, salah satu pemanfaatan limbah organik yang sudah dilakukan seperti pemanfaatan limbah peternakan menggunakan teknologi *anaerobik biofermentor*. Teknologi *biogas anaerob* merupakan teknologi mudah dipraktikkan, sangat sederhana dan menggunakan peralatan yang digunakan dalam proses ini relatif murah dan mudah didapat. Penelitian lainya juga pernah dilakukan untuk pemanfaatan limbah

makanan dan limbah cair dari industri pembuatan tahu juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku dalam pembuatan biogas. Pengolahan bahan organik dengan proses anaerobic ini bertujuan untuk mengurangi polutan pada limbah dan menghasilkan energi terbarukan berupa biogas untuk mengatasi masalah krisis energi yang terjadi saat ini. Proses ini selain menghasilkan produk biogas, juga menghasilkan pupuk cair yang dapat digunakan untuk pertanian [6]. Penggunaan biogas sebagai energi alternatif juga dapat mendukung program pemerintah untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

Limbah dari rumah makan bisa direkomendasikan sebagai bahan baku untuk proses *anaerobic digestion* karena berpotensi menghasilkan metana yang tinggi. Pada Kandungan limbah makanan sebesar 7-31% TS diperkirakan menghasilkan 0,44-0,48 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg VS . Kandungan makromolekul mengandung banyak unsur organik pada limbah rumah makan sangat cocok buat pertumbuhan mikroorganisme anaerobic.

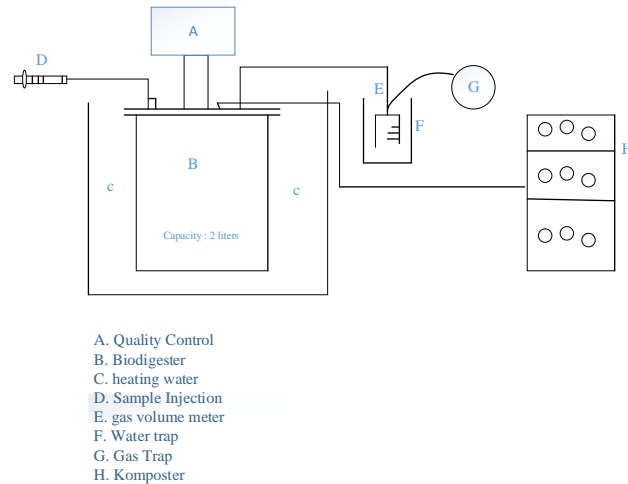
## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan adalah limbah yang dimanfaatkan adalah sisa makanan yang dibuang oleh tamu restoran dan tidak dikonsumsi digunakan sebagai bahan baku. Limbah tersebut terdiri dari sayur sayuran, nasi, daging, sosis.

### **Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah fermentor jar, adapun rangkaian peralatan bisa dilihat di bawah ini. Alat dibawah ini merupakan perencanaan penelitian skala laboratorium



Gambar Rancangan Model Kombinasi Biodigester Dan Komposter

Gambaran alah adalah sebuah Proses fermentasi berlangsung pada kapasitas dua liter dengan menggunakan digester transparan (EYELA, Model MBF 300ME) dilengkapi dengan jaket air berdingding ganda berfungsi untuk mengontrol suhu, katup berfungsi untuk pengambilan sampel, saluran untuk pembuangan dan umpan masuk, dan *bohlam indikator alarm atau Quality Control* mengantisipasi gangguan suhu kemudian buangan pada fermentor dialirkan ke komposter.

### Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan mengambil atau menampung sampah organik rumah makan kemudian dilakukan karakteristik atau pemisahan setelah itu ditimbangan untuk mendapatkan persentase berat, sedangkan untuk nilai sifat kimia sekam padi dan analisis unsur hara kompos dilakukan dengan studi literatur dengan melihat hasil penelitian terdahulu.

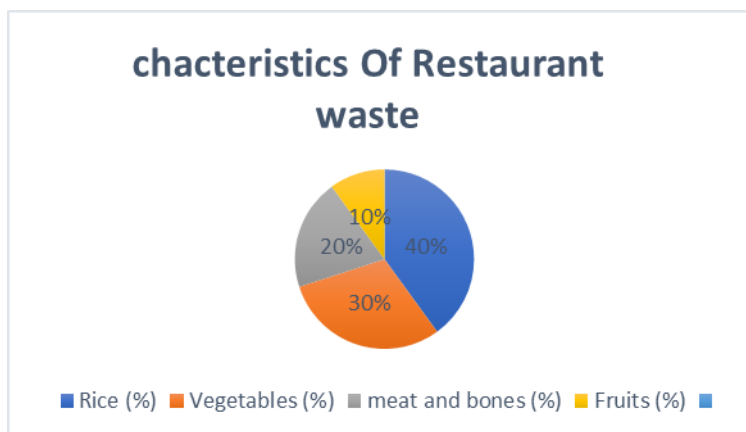
Sedangkan untuk gambaran metode dari Proses fermentasi atau degradasi yang digunakan adalah anaerob menggunakan biodigester proses ini bisa

menfaatkan atau mengelola sampah atau limbah menjadi bahan bernilai tinggi seperti bioenergy dan cairan yang kaya nutrisi [10], Kemudian umpan atau bahan baku yang sudah dicampur di masukan kedalam biodigester, penelitian dilakukan skala laboratorium dengan skala biodigester adalah 2 liter, temperature digunakan adalah 55o C.

Hasil outlet dari biodigester di alirkan ke komposter yang di pasang secara terhubung atau terintegrasi dengan reactor pertama yaitu dengan biodigester, umpan yang digunakan adalah dengan memanfaatkan sekam padi sebanyak 3 kg, kadar air pengomposan adalah 55%-65%, pengukuran temperature dilakukan 2 kali sehari, pengukuran PH dilakukan 1 kali sehari, pengukuran kadar air dilakukan 1 kali sehari, pengukuran kemampuan ikat air dilakukan 1 kali dalam 10 hari, dan analisa kadar N,P,K dan rasio C/N dilakukan setelah kompos matang.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan peneliti maka didapat besaran pesentasi nasi. Sayur-sayuran daging dan buah – buahan berturut turut adalah 40%: 30%: 20% : 10%.



Gambar Persentasi Limbah Restoran

Limbah restoran adalah sisa atau sisa dapur yang merupakan sisa sayuran dan bahan makanan lainnya yang tidak di manfaatkan, tidak dimasak dan harus dibuang. Ada beberapa jenis limbah dapur yang tidak berbau seperti kulit buah, ampas teh, ampas kopi, dan sisa sayuran, sedangkan ada limbah yang berbau busuk berupa kepala udang, sisa makanan

busuk, sisik dan jeroan ikan. Kategori lain adalah benda yang susah untuk dihancurkan seperti batok kelapa, plastik, kaleng, tulang dan lain-lain untuk pembuatan biogas limbah yang baik untuk digunakan adalah sampah organik buah dan sayuran seperti kotoran ternak merupakan substrat terbaik untuk menghasilkan biogas.

### KARAKTERISTIK LIMBAH RUMAH MAKAN DARI LITERATUR

NO	PARAMETER	Hasil	
		[13]	[14]
1	PH	5.2 ± 0.3	-
2	TS (wt%)	18.5 ± 0.1	30.9 ± 0.1
3	VS (wt.%)	17.0 ± 0.1	26.4 ± 0.1
4	VS/TS ratio	0.92	0.85
5	Kandungan Carbon, C (% , d.b.)	46.5 ± 1.5	46.78 ± 1.15
6	Nitrogen, N (% , d.b.)	2.2 ± 0.3	3.16 ± 0.22
7	C/N ratio	21.1	14.8
8	Persen Fat (% , d.b.)	22.8	-
9	Persen Na <sup>+</sup> (% , d.b.)	3.45 ± 0.20	-
10	Persen Mg <sup>2+</sup> (% , d.b.)	2.30 ± 0.04	0.9 ± 0.11
11	Persen Ca <sup>2+</sup> (% , d.b.)	0.16 ± 0.01	0.14 ± 0.01
12	Fe <sup>3+</sup> (ppm)	0.03 ± 0.01	2.16 ± 0.29
13	Mn <sup>2+</sup> (ppm)	100 ± 23	60 ± 30
14	Zn <sup>2+</sup> (ppm)	110 ± 95	76 ± 22

#### PH (DERAJAT KEASAMAN)

Selama proses pembentukan biogas nilai PH harus dijaga dalam keadaan optimal, pada tabel diatas nilai PH tergolong rendah yaitu dengan hasil pH 5 sedangkan nilai pH yang optimal berada antara 6,5 dan 7. pH tidak boleh di bawah 6,2. Penurunan nilai pH menghambat konversi

substrat menjadi biogas, yang pada gilirannya mengurangi jumlah biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi harus dihindari karena menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai produk utama sebagai produk akhir.

Dalam penelitian yang dilakukan nilai pH merupakan variabel yang dikontrol untuk proses degradasi bahan organik

untuk produksi biogas dan gas metana menggunakan *anaerobik*. pH merupakan salah faktor penentu keberhasilan pembentukan biogas. pH dipantau setiap hari dengan cara pengambilan sampel untuk mengetahui kondisi pH substrat dalam digester.

Derajat keasaman (pH) harus dijaga dalam keadaan optimal, yaitu antara 6,87.2. Jika nilai pH substrat turun, maka konversi substrat menjadi biogas menjadi sulit yang berujung pada penurunan jumlah biogas. Menurut nilai pH yang terlalu tinggi juga harus dihindari, karena akan menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai produk utama sebagai produk akhir, dalam penelitian yang dilakukannya untuk memproduksi biogas dari limbah kentang berkisar antara 5-11.

#### TOTAL SOLID (TS)

TS merupakan jumlah materi padatan yang terdapat dalam limbah organik selama proses anaerobic *digester* terjadi dan ini merupakan indikasi laju pembusukan material padatan limbah organik. Banyaknya padatan dalam limbah di gambarkan dengan tinngginya nilai TS, nilai TS bisa mempengaruhi (HRT) pada proses digester.

#### VOLATILE SOLIDS (VS)

VS adalah bagian dari TS yang dikonversi menjadi gas pada tahapan asidifikasi dan metanogenesis terjadi dalam proses fermentasi limbah organik menjadi biogas. Pada analisis skala laboratorium, sebagian berat padatan bahan organik yang hilang terbakar atau menguap serta mengalami proses gasifikasi, dengan cara

pembakaran pada suhu sangat tinggi yaitu 538° C, hasilnya disebut sebagai volatile solid. Hal ini berpetensi untuk produksi biogas atau disebut juga persentase volatile solid untuk beberapa bahan organik yang berbeda.

#### KANDUNGAN NITROGEN DAN RASIO KARBON NITROGEN

Kandungan Nitrogen dan karbon merupakan sumber nutrisi pertama untuk bakteri *anaerob* [19], sehingga penelitian [20] pertumbuhan bakteri yang optimum sangat dipengaruhi oleh unsur nitrogen dan karbon, untuk mensuplai energi Karbon sangat dibutuhkan sedangkan nitrogen dibutuhkan untuk pembentukan struktur sel bakteri. Nitrogen pada konsentrasi tinggi bisa menghambat proses *fermentasi anaerob* [21]. Konsentrasi berkisar antara 200 – 1500 mg/lit adalah kondisei yang ideal untuk fermentasi dan apabila besar dari 3000 mg/lit akan bersifat racun atau toxic. Proses fermentasi secara *anaerob* bisa optimum dengan rasio C: N bernilai 30:1, dimana jumlah nilai karbon 30 kali dari jumlah nitrogen.

Sampah organik dengan nilai C/N tinggi bisa dicampur dengan yang lebih rendah sehingga diperoleh nilai rasio C/N menjadi ideal, seperti yang dilakukan pencampuran limbah jerami (straw) dengan limbah toilet (latrine waste) untuk mendapatkan nilai C/N yang ideal atau mencampurkan kotoran manusia dengan kotoran gajah sehingga mendapat jumlah rasio C/N yang seimbang dan produksi biogas dapat berjalan optimum.

#### TABEL KOMPOSISI KIMIA SEKAM PADI

No	Parameter	HASIL
1	N (%)	0.85 ± 0.07
2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.70 ± 0.93
3	K <sub>2</sub> O(%)	1.65 ± 0.11
4	Si (%)	69.28 ± 0.82
5	C/N	43.8 ± 0.64

Tulisan mengatakan bahwa nitrogen adalah salah satu unsur penting bagi pertumbuhan tumbuhan bila kekurangan nitrogen maka perkembangan dan pertumbuhan tanaman akan terganggu. Nitrogen merupakan konstituen penting dari klorofil dan untuk warna hijau daun pada tanaman. Kompos mengandung kandungan N yang optimum dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Akumulasi nitrogen yang tinggi pada kompos tidak umum terjadi karena nutrisi dalam pupuk kompos dilepaskan secara bertahap. Kelebihan nitrogen pada tanaman pupuk dapat mengakibatkan pertumbuhan yang baik, cepat dan warna hijau pada tanaman lebih cemerlang. Sedangkan kekurangan nitrogen akan menyebabkan hilangnya warna hijau daun pada tanaman, pertumbuhan akan lambat dan kecil, kandungan protein rendah, dan warna lama kelamaan akan kuning.

Fosfor merupakan konstituen dari struktur asam nukleat kompleks pada tanaman bisa mengatur sintesis protein. Oleh karena itu, fosfor sangat penting untuk pembelahan sel tanaman.

Menambahkan fosfor ke tanah rendah kadar fosfornya akan meningkatkan pertumbuhan akar, tahan banting musim dingin, dan sering mempercepat kematangan tanaman. Kekurangan fosfor dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman akan lambat, perkembangan biji dan buah yang buruk, dan mungkin ada perubahan warna daun yang matang menjadi warna biru tua menjadi biru-hijau pada tanaman. Kompos mengandung konsentrasi fosfor yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Salah satu unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman adalah kalium. Kalium bisa meningkatkan pertumbuhan tanaman, karoten, dan kandungan klorofil. Kalium juga penting karena membantu tanaman melawan penyakit dan bertahan dalam kondisi cuaca buruk seperti kekeringan. Kekurangan kalium pada tanaman dapat menyebabkan daun hangus dan kecoklatan. Batang tanaman tidak kuat juga bisa dikaitkan dengan kekurangan kalium.

### TABEL UNSUR HARA KOMPOS

No	Parameter	HASIL (%)	Hari Ke-N
1	N : P : K: C/N [31]	1,62 : 0,26 : 0,55 : 23	30
2	N : P : C/N [32]	1,07 : 0,34 : 1,50	44
3	N : P : K [33]	1,44 : 0,75 : 9,45	13
4	N : P : C/N [34]	1,64 : 0,62 : 12	25
5	N : P : K: C/N [35]	0,89 : 0,09 : 0,56 : 28,71	19

Bahan organik mempunyai peran terhadap ketersediaan unsur hara tanah, unsur hata ini tidak terlepas dari proses *mineralisasi* dimana ini merupakan tahap akhir pada proses perombakan bahan organik pada limbah. Mineralisasi adalah proses pelepasan mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap seperti unsur N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro dengan jumlah yang sangat kecil. Unsur hara N, P dan S merupakan unsur yang relatif lebih banyak yang dilepas dan bisa dimanfaatkan oleh tanaman. Penelitian pada tabel diatas menggambarkan

bahwanya kompos yang dihasilkan kaya akan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

Sumber energi bagi makro tanah dan mikro-fauna bersumber dari bahan organik. Penambahan bahan organik kedalam tanah akan berdampak mengkatnya aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah, terutama yang berhubungan dengan aktivitas makro tanah dan dekomposisi bahan organik. Bakteri fungi dan aktinomisetes merupakan mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik.

## KESIMPULAN

Tulisan ini bisa disimpulkan bahwasanya maka dari hasil penelitian karakteristik limbah organik rumah makan terdiri dari Sayur-sayuran daging dan buah – buahan berturut turut adalah 40%: 30%: 20% : 10%, unsur hara sekam padi dari kajian studi literatur adalah pH 5.2, TS (wt%) adalah 18.5, VS (wt.%) adalah 17.0, VS/TS ratio adalah 0.92, Kandungan

Carbon, C (% , d.b.) adalah 46.5, Nitrogen, N (% , d.b.) adalah 2.2, Persen Fat (% , d.b.) adalah 22.8, Persen Na<sup>+</sup> (% , d.b.) adalah 3.45, Persen Mg<sup>2+</sup> (% , d.b.) adalah 2.30, Persen Ca<sup>2+</sup> (% , d.b.) adalah 0.16 dan kadar unsur hara kompos berada di dalam range standar kompos.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Betz, J. Buchli, C. Göbel, And C. Müller, "Food Waste In The Swiss Food Service Industry - Magnitude And Potential For Reduction," *Waste Manag.*, Vol. 35, Pp. 218–226, 2015.
- A. Bauer, H. Mayr, K. Hopfner-Sixt, And T. Amon, "Detailed Monitoring Of Two Biogas Plants And Mechanical Solid-Liquid Separation Of Fermentation Residues," *J. Biotechnol.*, Vol. 142, No. 1, Pp. 56–63, 2009.
- A. Khalid, M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, And L. Dawson, "The Anaerobic Digestion Of Solid Organic Waste," *Waste Manag.*, Vol. 31, No. 8, Pp. 1737–1744, 2011.
- A. Panigrahi *Et Al.*, "Carbon: Nitrogen (C:N) Ratio Level Variation Influences Microbial Community Of The System And Growth As Well As Immunity Of Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) In Biofloc Based Culture System," *Fish Shellfish Immunol.*, Vol. 81, No. March, Pp. 329–337, 2018.
- Agusni And H. Satriawan, "Perubahan Kualitas Tanah Ultisol Akibat Penambahan Berbagai Sumber Bahan Organik," *Lentera*, Vol. 12, No. 3, Pp. 32–36, 2012.
- Budiyono, F. Manthia, N. Amalin, H. Hawali Abdul Matin, And S. Sumardiono, "Production Of Biogas From Organic Fruit Waste In Anaerobic Digester Using Ruminant As The Inoculum," *Matec Web Conf.*, Vol. 156, Pp. 1–5, 2018.
- C. Zhang, G. Xiao, L. Peng, H. Su, And T. Tan, "The Anaerobic Co-Digestion Of Food Waste And Cattle Manure," *Bioresour. Technol.*, Vol. 129, Pp. 170–176, 2013.
- R. Zhang *Et Al.*, "Characterization Of Food Waste As Feedstock For Anaerobic Digestion," *Bioresour. Technol.*, Vol. 98, No. 4, Pp. 929–935, 2007.
- C. Zhang, H. Su, J. Baeyens, And T. Tan, "Reviewing The Anaerobic Digestion Of Food Waste For Biogas Production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 38, Pp. 383–392, 2014.
- C. H. Bühlmann, B. S. Mickan, S. Tait, M. Renton, And P. A. Bahri, "Lactic Acid From Mixed Food Wastes At A Commercial Biogas Facility: Effect Of Feedstock And Process Conditions," *J. Clean. Prod.*, Vol. 284, P. 125243, 2021.
- C. D. Johnson And D. R. Decoteau, "Nitrogen And Potassium Fertility Affects Jalapeno Pepper Plant Growth, Pod Yield, And Pungency," *Hortscience*, Vol. 31, No. 7, Pp. 1119–1123, 1996.
- E. Suwatanti And P. Widiyaningrum, "Pemanfaatan Mol Limbah Sayur Pada Proses Pembuatan Kompos," *J. Mipa*, Vol. 40, No. 1, Pp. 1–6, 2017.

- E. Marniza And S. Febriza, "Pembuatan Kompos Dari Sampah Organik Pasar Dengan Menggunakan Em-4," *J. Pharm. Heal. Res.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 6–10, 2020.
- P. Pertanian And N. Samarinda, "Pembuatan Kompos Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Menggunakan Mikroorganisme Em-4 Composs From Kepok Banana Skin Waste Using Em-4 Microorganism," Vol. 4, No. Em 4, 2011.
- E. V. Kuznetsov, A. E. Khadzhide, Y. A. Poltorak, And M. Kuznetsova, "Operator Model To Control Process Of Obtaining Vermicompost," *Eurasian J. Biosci.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 315–321, 2019.
- G. Esposito, L. Frunzo, A. Panico, And F. Pirozzi, "Enhanced Bio-Methane Production From Co-Digestion Of Different Organic Wastes," *Environ. Technol. (United Kingdom)*, Vol. 33, No. 24, Pp. 2733–2740, 2012.
- G. Kaur, L. Luo, G. Chen, And J. W. C. Wong, "Integrated Food Waste And Sewage Treatment – A Better Approach Than Conventional Food Waste-Sludge Co-Digestion For Higher Energy Recovery Via Anaerobic Digestion," *Bioresour. Technol.*, Vol. 289, No. May, P. 121698, 2019.
- H. Budiarto, M. F. Afriyadi, And A. Tuhuloula, "Pemanfaatan Sludge Hasil Produksi Biogas Berbasis Limbah Cair Latex Menjadi Pupuk Kompos Cair," *Konversi*, Vol. 3, No. 1, P. 25, 2014.
- J. Verzeaux, B. Hirel, F. Dubois, P. J. Lea, And T. Tétu, "Agricultural Practices To Improve Nitrogen Use Efficiency Through The Use Of Arbuscular Mycorrhizae: Basic And Agronomic Aspects," *Plant Sci.*, Vol. 264, No. August, Pp. 48–56, 2017.
- L. Zhang, Y. W. Lee, And D. Jahng, "Anaerobic Co-Digestion Of Food Waste And Piggery Wastewater: Focusing On The Role Of Trace Elements," *Bioresour. Technol.*, Vol. 102, No. 8, Pp. 5048–5059, 2011.
- L. Jolla, "The Occurrence And Characteristics Of Chitinoclastic Bacteria In The Sea," *Growth (Lakeland)*, No. 5, Pp. 275–287, 1937.
- L. Safitri, "Ketersediaan Hara Makro Pada Beberapa Sistem Manajemen Lahan Sawah Serta Produksi Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.)," *Agrihumanis J. Agric. Hum. Resour. Dev. Stud.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 43–54, 2020.
- M. Carmona-Cabello, I. L. García, J. Sáez-Bastante, S. Pinzi, A. A. Koutinas, And M. P. Dorado, "Food Waste From Restaurant Sector – Characterization For Biorefinery Approach," *Bioresour. Technol.*, Vol. 301, No. September 2019, P. 122779, 2020.
- M. Faisal, A. Gani, F. Mulana, And H. Daimon, "Treatment And Utilization Of Industrial Tofu Waste In Indonesia," *Asian J. Chem.*, Vol. 28, No. 3, Pp. 501–507, 2016.
- M. M. Merghany, M. M. Shahein, M. A. Sliem, K. F. Abdelgawad, And A. F. Radwan, "Effect Of Nano-Fertilizers On Cucumber Plant Growth, Fruit Yield And It' S Quality," *Plant Arch.*, Vol. 19, Pp. 165–172, 2019.
- N. E. B. Hisham And N. H. Ramli, "Incorporation Of Rice Husk Ash With Palm Oil Mill Wastes In Enhancing Physicochemical Properties Of The Compost," *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.*, Vol. 44, No. 1, Pp. 221–236, 2021.
- N. Liu, T. Hou, H. Yin, L. Han, And G. Huang, "Effects Of Amoxicillin On Nitrogen Transformation And Bacterial Community Succession During Aerobic Composting," *J. Hazard. Mater.*, Vol. 362, Pp. 258–265, 2019.
- P. H. L. Nguyen, P. Kuruparan, And C. Visvanathan, "Anaerobic Digestion Of Municipal Solid Waste As A



- Treatment Prior To Landfill," *Bioresour. Technol.*, Vol. 98, No. 2, Pp. 380–387, 2007.
- S. M. Shahzad *Et Al.*, "Interaction Of Compost Additives With Phosphate Solubilizing Rhizobacteria Improved Maize Production And Soil Biochemical Properties Under Dryland Agriculture," *Soil Tillage Res.*, Vol. 174, No. May 2017, Pp. 70–80, 2017.
- S. T. Z. Enceng Sobari, "Pembuatan Kompos Dari Limbah Padat Penyulingan Nilam Dengan Metode Fermentasi," *J. Ilm. Ilmu Dan Teknol. Rekayasa*, Vol. 2, No. 2, Pp. 90–97, 2020.
- Sri Ngapiyatun, Arief Rahman, Humairo Aziza, Budi Winarni, And Wartomo, "Pemanfaatan Limbah Sampah Kota Sebagai Kompos," *Bul. Loupe*, Vol. 16, No. 02, Pp. 1–6, 2020.
- Triastinurmiatiningsih, P. Harsani, A. Qur'ania, And R. F. Hermawan, "Effects Of Deficiency Nitrogen Phosphorus Potassium Calcium In Okra (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench) Through Hydroponics," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, Vol. 8, No. 3, Pp. 4393–4396, 2019.
- Y. Dewilda, R. Aziz, And M. Fauzi, "Kajian Potensi Daur Ulang Sampah Makanan Restoran Di Kota Padang," *J. Serambi Eng.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 482–487, 2019.
- Y. Lu, Q. Zhang, X. Wang, X. Zhou, And J. Zhu, "Effect Of Ph On Volatile Fatty Acid Production From Anaerobic Digestion Of Potato Peel Waste," *Bioresour. Technol.*, Vol. 316, No. June, Pp. 3–10, 2020.
- Y. Gao *Et Al.*, "Anaerobic Digestion Performance Of Concentrated Municipal Sewage By Forward Osmosis Membrane: Focus On The Impact Of Salt And Ammonia Nitrogen," *Bioresour. Technol.*, Vol. 276, No. November 2018, Pp. 204–210, 2019.
- Y. Yahya, T. Tamrin, And S. Triyono, "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, Dan Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum* Cv. Mott) Dengan Sistem Batch," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, Vol. 6, No. 3, P. 151, 2018.
- Y. Wang, M. B. Villamil, P. C. Davidson, And N. Akdeniz, "A Quantitative Understanding Of The Role Of Co-Composted Biochar In Plant Growth Using Meta-Analysis," *Sci. Total Environ.*, Vol. 685, Pp. 741–752, 2019.