

Produk Biogas Hasil Konversi Sampah Organik Rumah Tangga dengan Penambahan Limbah Serbuk Gergaji

C. Selry Tanri¹, A. Dwifitrah^{1*}, A. Harry RJ¹, Rakhmad Armus¹

¹*Departemen Teknik Lingkungan, Sekolah Tinggi Nusantera Indonesia, Makassar*

**Email: dwicidj@gmail.com*

Abstrak

Salah satu pemanfaatan alternatif sampah organik rumah tangga adalah mengelolah sampah menjadi biogas, dengan menambahkan campuran bahan organik untuk meningkatkan kualitas biogas. Penelitian ini bertujuan mengetahui optimasi dan karakteristik biogas dari pemanfaatan sampah organik rumah tangga dengan penambahan serbuk gergaji dan komposisinya yang ditambahkan dalam sampah organik rumah tangga. Jenis penelitian kuantitatif, dengan empat perlakuan, perlakuan P0 (kontrol) yaitu mencampurkan sampah organik rumah tangga 100%; Perlakuan P1 yaitu mencampurkan sampah organik rumah tangga dengan komposisi 70% + 30% limbah serbuk gergaji, perlakuan P2 yaitu mencampurkan 75% + 25% limbah serbuk gergaji, perlakuan P3 yaitu mencampurkan 80% + 20% limbah serbuk gergaji. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu penambahan serbuk gergaji pada sampah organik rumah tangga dapat meningkatkan ratio C/N, dimana peningkatan ratio C/N terbesar terdapat pada perlakuan P1. Penambahan serbuk gergaji dapat menurunkan nilai CO dan CO₂ pada proses dekomposisi anaerob dimana penurunan terbesar terdapat pada perlakuan P1. Penambahan serbuk gergaji dapat meningkatkan nilai hidrokarbon (HC) dan metana (CH₄) pada proses dekomposisi dimana nilai hidrokarbon dan metana terbesar terdapat pada perlakuan P1. Komposisi antara sampah organik dan serbuk gergaji yang optimal dalam menghasilkan produk biogas adalah pada perlakuan P1 yaitu mencampurkan 70% sampah organik dengan 30% serbuk gergaji ditambah bioaktivator.

Kata kunci: Bioaktivator, biogas, hidrokarbon, serbuk gergaji, sampah organik

PENDAHULUAN

Peningkatan tumpukan sampah di berbagai wilayah saat ini memerlukan penanganan sampah secara skala rumah tangga yang tidak hanya bertumpu pada aktivitas pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan sampah, sehingga pendekatan yang tepat menggantikan pendekatan *end of pipe* yang selama ini dijalankan adalah dengan mengimplementasikan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*), *extended producer responsibility* (EPR), pemanfaatan sampah (*waste utilisation*), dan pemrosesan akhir sampah di TPA yang ramah lingkungan (Kobeissi *et al.*, 2000). Hasil penelitian mengenai sampah padat di Indonesia menunjukkan bahwa 80% diantaranya merupakan sampah organik dan diperkirakan

78% dari sampah organik dapat dipergunakan kembali. Hasil tersebut kemudian dijadikan dasar dalam mengimplementasikan prinsip 3R yaitu dengan mendaur ulang sampah menjadi sumber energi alternatif (biogas). Energi biogas adalah salah satu dari banyak macam sumber energi terbarukan, karena energi biogas dapat diperoleh dari air buangan rumah tangga, kotoran cair dari peternakan ayam, sapi, babi, sampah organik dari pasar, industri makanan dan limbah buangan lainnya. Produksi biogas memungkinkan pertanian berkelanjutan dengan sistem proses terbarukan dan ramah lingkungan. Pada umumnya, biogas terdiri atas gas metana sekitar 55-80%, dimana gas metana diproduksi dari kotoran hewan yang mengandung energi 4,800-6,700 kcal/m³, sedangkan gas metana murni mengandung energi 8,900 kcal/m³. Sistem produksi biogas mempunyai beberapa keuntungan yaitu mengurangi pengaruh gas rumah kaca, mengurangi polusi bau yang tidak sedap, sebagai pupuk serta produksi daya dan panas (Sulaiman *et al.*, 2014).

Biogas merupakan suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (Azzahrah, dkk., 2014) atau campuran gas yang dihasilkan dari aktivitas bakteri metanogenik pada kondisi anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik (Almasi *et al.*, 2019). Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri melalui proses penguraian dan *asidifikasi*. Bakteri ini akan menguraikan sampah kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana, sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa yang sederhana. Setelah material organik berubah menjadi asam-asam, maka tahap kedua dari proses *anaerobic-digestion* adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *Methaninao cocus*, *Methano sarcina*, *Methano bacterium* (Husein, 2009).

Salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas adalah dengan mengetahui perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) atau disebut rasio C/N. Untuk memproduksi biogas yang efektif diperlukan beberapa faktor diantaranya adalah C/N berkisar 20-30 dan kadar keasaman PH 6-7. Apabila C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogenik untuk pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan rendah. Sebaliknya jika C/N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH₄) sehingga pH > 8,5 yang menyebabkan berkurangnya bakteri metanogenik (Eswanto, dkk., 2018). Berdasarkan hal tersebut di atas, diperlukan suatu upaya dalam meningkatkan kapasitas kalor. Salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas kalor dalam pembentukan biogas adalah dengan memperhatikan nilai karbon dan nitrogen. Untuk memperoleh nilai karbon dan nitrogen dalam pembentukan biogas, maka perlu dilakukan penambahan serbuk gergaji. Hal ini didukung dengan peneliti sebelumnya, bahwa bahan organik yang mempunyai nilai C/N tertinggi adalah serbuk gergaji dengan rasio berkisar 200-500 (Natalina, dkk., 2017). Dengan demikian, penambahan serbuk gergaji dalam pembuatan biogas dari sampah organik diduga dapat meningkatkan kualitas biogas, sehingga untuk mengoptimalkan pemanfaatan sampah organik dengan penambahan limbah serbuk gergaji perlu dilakukan suatu kajian. Kajian ini meliputi komposisi jumlah dan kualitas sampah organik dengan bahan tambahan serbuk gergaji agar menghasilkan biogas yang berkualitas baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik produk biogas dari pemanfaatan sampah organik rumah tangga dengan penambahan serbuk gergaji serta untuk mengetahui komposisi serbuk gergaji yang ditambahkan dalam sampah organik untuk mengoptimalkan pembentukan produk biogas.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan rancangan penelitian

Pengambilan sampel sampah organik rumah tangga dilakukan pada Penyelenggaraan Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS3R) Rappang bersinar Kabupaten Sidrap, kemudian

diuji pada Laboratorium Balai Besar Pengembangan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Makassar mulai bulan Maret - September 2017. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah rumah tangga yang berada pada tempat pengolahan sampah 3R Rappang bersinar sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah sebagian sampah yang diambil dari tempat pengelolaan sampah 3R yang terdiri dari kulit pisang, kulit wortel, kulit kentang, potongan sayur dan nasi

Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap eksperimen, dan tahap analisis dekomposisi. Tahap pendahuluan yaitu tahap pembuatan starter dengan metode Takakura (Hidayah, 2017; Ratna, dkk., 2017; Yona, 2019). Tahap eksperimen yaitu tahap pengumpulan, pemilahan, dan pencacahan, limbah organik rumah tangga dan limbah serbuk gergaji dimana sampah organik diambil langsung dari tempat pengolahan sampah (TPS) 3R. Sampah organik diambil dan dipilah dengan sampah lainnya secara manual lalu dimasukkan ke dalam karung plastik sesuai kebutuhan perlakuan kemudian dicacah untuk memperluas permukaan limbah sehingga limbah dapat dengan mudah dan cepat terdekomposisi. Sampah organik rumah tangga dan limbah serbuk gergaji masing-masing ditimbang dan dicampur dengan bioaktivator sesuai kebutuhan perlakuan. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam digester pengomposan dan dibiarkan terdekomposisi selama 5 hari, 10 hari, dan 15 hari selama waktu ini proses fermentasi akan berlangsung dan gas yang dihasilkan akan terjebak di dalam digester yang bervolume 19 L. Gas ini akan mengalir memenuhi plastik penampung. Perlakuan terdiri dari 4 perlakuan dan tiap perlakuan terdiri dari dua sampel. Adapun perlakuan yang peneliti lakukan adalah:

- P0 = Sampah organik rumah tangga 100% (kontrol) + bioaktivator
- P1 = Sampah organik rumah tangga 70% + 30% limbah serbuk gergaji + bioaktivator
- P2 = Sampah organik rumah tangga 75% + 25% limbah serbuk gergaji + bioaktivator
- P3 = Sampah organik rumah tangga 80% + 20% limbah serbuk gergaji + bioaktivator

Tahap analisis hasil dekomposisi selama proses fermentasi dilakukan beberapa pengukuran pada sampel limbah setiap lima hari yang meliputi pengukuran, suhu, pH, hidrokarbon, karbon monoksida, dan karbon dioksida, sedangkan pada C/N hanya dilakukan satu kali.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari seluruh pengukuran dianalisis secara statistik dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dengan membandingkan hasil setiap perlakuan pada setiap pengukuran (Tiro, 2011).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rasio C/N

Hasil uji bahan organik (Tabel 1) menunjukkan bahwa kandungan karbon (C) pada sampah rumah tangga yang diteliti mencapai 6.98% sedangkan kandungan nitrogen (N) yang didapatkan sebesar 0.27%, maka dari itu rasio C/N pada perlakuan P0 (kontrol) mencapai 26. Perlakuan P1 yaitu perlakuan dengan mencampurkan 70% sampah organik rumah tangga dengan 30% serbuk gergaji ditambah dengan bioaktivator memiliki nilai C/N 28 atau meningkat 8% dibandingkan pada perlakuan P0. Perlakuan P2 yaitu mencampurkan 75% sampah organik rumah tangga dengan 25% serbuk gergaji ditambah dengan bioaktivator mempunyai rasio C/N sebesar 27 atau meningkat 3% dari rasio C/N kontrol. Perlakuan P3 yaitu mencampurkan 80% sampah organik rumah tangga dengan 20% serbuk gergaji ditambah dengan bioaktivator mempunyai kandungan karbon (C) sebesar 18.22% dan nitrogen (N) 0.85% sehingga rasio C/N sebesar 21 mengalami penurunan sebesar 21% dari rasio C/N kontrol.

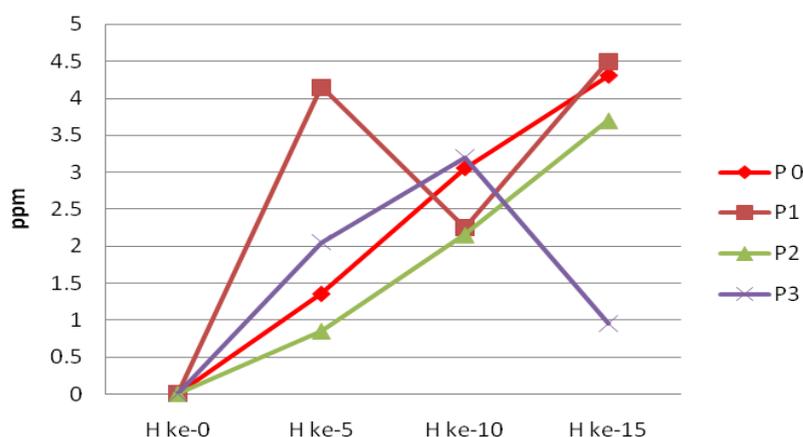
Tabel 1. Uji Bahan Organik

Sampel	Bahan Organik		
	C	N	C/N
P0	6.98	0.27	26
P1	10.89	0.39	28
P2	13.54	0.51	27
P3	18.22	0.85	21

Kadar Keasaman (pH)

Selama proses eksperimen ini terdapat perubahan pH pada setiap sampelnya, terlihat pada gambar 2 bahwa derajat keasaman ditiap perlakuan mengalami peningkatan hingga akhir pengukuran kecuali pada perlakuan P2. Data tersebut diambil dari rata rata hasil kedua sampel ditiap perlakuan.

Karbon dioksida (CO₂)



Gambar 1. Rata-Rata Nilai Karbon Dioksida (CO₂) dari Dua Kali Perlakuan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan P0 dihari ke-5 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) sebesar 1.35%, hari ke-10 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 3.05%, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 4.3%. Pada perlakuan P1 dihari ke-5 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) sebesar 4.15%, hari ke-10 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 2.25%, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 4.5%. Pada

perlakuan P2 dihari ke-5 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) sebesar 0.85%, hari ke-10 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 2.15%, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 3.7%. Pada perlakuan P3 dihari ke-5 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) sebesar 2.05%, hari ke-10 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 3.2%, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata karbon dioksida (CO₂) mencapai 0.95%.

Hidrokarbon (HC)

Gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan P0 dihari ke-5 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) sebesar 0 ppm, hari ke-10 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 2 ppm, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 0 ppm. Pada perlakuan P1 dihari ke-5 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) sebesar 89.5 ppm, hari ke-10 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 62.5 ppm, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 14.5 ppm. Pada perlakuan P2 dihari ke-5 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) sebesar 16.5 ppm, hari ke-10 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 56 ppm, sedangkan hari ke-15 nilai hidrokarbon (HC) mencapai 27 ppm. Pada perlakuan P3 dihari ke-5 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) sebesar 30.5 ppm, hari ke-10 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 32.5 ppm, sedangkan hari ke-15 nilai rata-rata hidrokarbon (HC) mencapai 15 ppm.

Methana (CH₄)

Nilai konsentrasi metana dengan menggunakan rumus konversi hasil pengukuran hidrokarbon untuk estimasi konsentrasi metana dalam biogas yaitu:

$$\text{Konsentrasi metana (mg/L)} = \text{konsentrasi HC total} \times (\text{Mr Metana} / \text{Mr Toluena})$$

Keterangan:

$$\text{Massa atom relatif (Ar) C} = 12$$

$$\text{Massa atom relatif (Ar) H} = 1$$

Jadi dapat diketahui massa molekul relatif (Mr) metana dan toluena yaitu:

$$\text{Mr Metana (CH}_4\text{)} = \text{Ar C} + 4 \text{ Ar H} = 12 + 4(1) = 12 + 4 = 16 \text{ dan}$$

$$\text{Mr Toluena (C}_7\text{H}_8\text{)} = 7 \text{ Ar C} + 8 \text{ Ar H} = 7(12) + 8(1) = 92$$

$$\text{Sehingga diperoleh Mr Metana/ Mr toluena} = 16 / 92 = 0.17.$$

Hasil pengukuran metana pada P0, hari ke-5 = 0, hari ke-10 = 2, dan hari ke-15 = 0. Pada perlakuan P1, hari ke-5 = 15.22, hari ke-10 = 10.63, dan hari ke-15 = 2.47. Pada perlakuan P2, hari ke-5 = 72.81, hari ke-10 = 9.52, dan hari ke-15 = 4.59 serta pada perlakuan P3, hari ke-5 = 5.19, hari ke-10 = 5.53, dan hari ke-15 = 2.55. Penelitian ini menunjukkan hasil pengamatan yang dilakukan selama 15 hari pada P0 sangat bervariasi pada tiap pengukuran, dimana nilai pH di setiap pengukuran mengalami perubahan yaitu dari 3.5 hingga 5.5, suhu mengalami perubahan dari 20°C hingga mencapai 26°C kemudian turun kembali ke 25°C, CO dan CO₂ mengalami peningkatan tiap pengukuran, sedangkan hidrokarbon didapatkan 2 ppm pada hari ke-10 dan metana sebesar 0.34. Pada perlakuan P1 didapatkan rasio C/N tertinggi dari setiap perlakuan, sejalan dengan sedangkan pH pada tiap pengukuran dimulai dari 4 dan kemudian tetap sama hingga hari terakhir yaitu sebesar 6.5 yang merupakan nilai pH tertinggi. Derajat keasaman (pH) dalam proses dekomposisi antara 6.0 – 8.0 karena pada derajat keasaman tersebut mikroba dapat tumbuh dan mengadakan aktivitas dalam mendekomposisi limbah organik (Rahayu & Sukmono, 2013), sedangkan temperatur, nilai CO dan CO₂ mengalami perubahan yang bervariasi. Nilai hidrokarbon dan metana pada perlakuan P1 merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Pada perlakuan P2, rasio C/N lebih tinggi dibanding P0 (kontrol), sedangkan rerata nilai pH pada tiap pengukuran berada pada kondisi stabil dalam proses pengomposan, sedangkan suhu, karbon monoksida dan karbon dioksida (CO₂) mengalami perubahan sehingga memperjelas terjadinya proses dekomposisi dalam perlakuan ini. Pada perlakuan ini menghasilkan biogas dimana diketahui adanya nilai hidrokarbon yang kemudian dikonversi untuk melihat konsentrasi metana, walaupun hanya terbilang sedikit dibanding perlakuan P1 dan P3. Pada perlakuan P3 didapatkan rasio C/N lebih rendah dibandingkan P0 (kontrol), sedangkan rerata pH dalam kondisi stabil untuk terjadinya proses dekomposisi, sedangkan temperatur, CO dan CO₂ mengalami perubahan yang bervariasi dalam tiap pengukuran, sedangkan nilai hidrokarbon dan metana pada perlakuan merupakan nilai tertinggi setelah perlakuan P1, dimana membuktikan bahwa dalam perlakuan ini juga didapatkan kehadiran biogas.

Ratio C/N pada perlakuan P3 mengalami penurunan dikarenakan nilai nitrogen (N) yang sangat besar walaupun nilai karbon (C) pada perlakuan ini merupakan nilai karbon terbesar diantara semua perlakuan. Namun pada P1 dan P2 mengalami peningkatan setelah dicampurkan serbuk gergaji dimana hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa dalam meningkatkan ratio C/N pada sampah organik yang mempunyai ratio C/N rendah perlu ditambahkan limbah organik yang mempunyai nilai C/N tinggi seperti : potongan kayu, serbuk gergaji dan jerami (Lutfi, dkk., 2017). Rasio C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak untuk produksi biogas adalah 25-30 (Mahmuda, dkk., 2020). Nilai hidrokarbon dan metana tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 yang juga mempunyai nilai C/N tertinggi di antara semua perlakuan. Gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) menentukan kualitas biogas. Bila kadar CH₄ tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO₂ yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah (Widhyanuriyawan, dkk., 2013). Sehingga dapat disimpulkan karbon dioksida mempunyai pengaruh negatif terhadap kualitas biogas. Dalam penelitian ini gas hidrokarbon dan metana terendah didapatkan pada kontrol sedangkan yang tertinggi didapatkan pada perlakuan P1, sehingga perlakuan dengan campuran 70% sampah organik rumah tangga dengan 30% serbuk gergaji ditambah bioaktivator menghasilkan kualitas yang lebih baik diantara semua perlakuan.

KESIMPULAN

Konversi sampah organik rumah tangga dengan penambahan serbuk gergaji dapat meningkatkan rasio C/N 8%, menurunkan nilai karbon monoksida (CO) hingga 70% dan meningkatkan nilai kadar keasaman (pH) pada proses dekomposisi sampah rumah tangga. Komposisi antara sampah organik dan serbuk gergaji yang optimal dalam produksi biogas adalah pada perlakuan P1 (sampah organik rumah tangga 70% + 30% limbah serbuk gergaji + bioaktivator).

DAFTAR PUSTAKA

- Almasi, A., Mohammadi, M., Azizi, A., Berizi, Z., Shamsi, K., Shahbazi, A., and Mosavi, S. A., 2019. *Recycling and Reusing of Municipal Solid Waste*. Resour. Conserv. Recycl. 141: 329–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.017>.
- Azzahrah, F., Kahar, dan Kasim, H., 2014. *Analisis Kinerja Digester Biogas Sampah Organik*. Sekolah Tinggi Pertanian. Kutai Timur Jurnal Pertanian Terpadu Jilid II Nomor 2 Desember 2014.
- Eswanto, Ilmi, dan Siahaan, A. R., 2018. *Analisa Reaktor Biogas Campuran Limbah Kotoran Kambing dengan Jerami dan EM4 Sistem Menetap*. Sainstek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 12(1): 40-46.
- Hidayah, A., 2017. *Takakura Home Method; Solusi Cerdas Menciptakan Makassar Ta'Tidak Rantasa*. Jurnal Penelitian dan Penalaran. 4(2): 1-8.
- Husein, A., 2009. *Pemanfaatan dan Pengembangan Biogas Sebagai Salah Satu Alternatif Sumber Energi Listrik Pedesaan Ramah Lingkungan (Studi Kasus di Wilayah Kecamatan Bandar Kabupaten Pacitan)*. Badan Penelitian dan Pengembangan, Provinsi Jawa Timur.

- Kobeissi, A., Simeu-abazi, Z., and Zamaï, E., 2000. *Evaluation Product for Recycling*. IFAC Proceeding 33(11): 1185–1190. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)37523-7](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)37523-7).
- Lutfi, M., Nugroho, dan W. A., Ayumi I. de E., 2017. *Efektivitas Tipe Pengomposan (Konvensional, Aerasi, dan Rak Segitiga) terhadap Sifat Fisik dan Kimia Kompos dari Sludge Biogas dan Serbuk Gergaji*. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 5(3): 265-272.
- Mahmuda, K., Salundik, dan Karti, P. D. M. H., 2020. *Penggunaan Mikroorganisme Lokal dari Berbagai Formula Terhadap Kualitas Biourine Kambing Terfortifikasi*. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 8(1): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.29244/jipthp.8.1.1-7>
- Natalina, Sulastri, dan Aisah, N. N., 2017. *Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Gergaji Kotoran Sapi dan Kototran Kambing Pada Pembuatan Kompos*. *Jurnal Malahayati*. 1(2): 94- 101.
- Rahayu, D. E dan Sukmono, Y., 2013. *Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Organik Pasar berdasarkan Karakteristiknya (Studi Kasus Pasar Segiri Kota Samarinda)*. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5(2): 77-90.
- Ratna, D. A. P., Samudro, G., dan Sumiyati. S., 2017. *Pengaruh kadar Air Terhadap Proses Pengomposan Sampah Organik dengan Metode Takakura*. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 6: 124-128.
- Sulaiman, A., Othman, N., Baharuddin, A. S., Mokhtar, M. N., Tabatabaei, M., 2014. *Enhancing the Halal Food Industry by Utilizing Food Wastes to Produce Value-added Bioproducts*. *Procedia - Soc. Behav. Sci*. 121: 35–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1106>.
- Tiro, M. A., 2011. *Analisis Korelasi Regresi*. Edisi Ketiga. Andira Publisher, Makassar.
- Widhyanuriyawan, D., Hamidi, N., Trimandoko, C., 2014. *Purifikasi Biogas dengan Variasi Ukuran dan Massa Zeolit Terhadap Kandungan CH₄ dan CO₂*. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 5(3): 27-32.
- Yona, M., 2019. *Pengolahan Sayuran Tidak Layak Konsumsi Pasar Kaget Menjadi Pupuk Kompos Ramah Lingkungan Dengan Metode Takakura Di Kelurahan Sungai Langkai Kecamatan Sagulung Kepulauan Riau*. *Minda Baharu*. 3(1): 1-8. DOI: 10.33373/jmb.v3i1.1381.