

PENYULUHAN PENGOLAHAN LIMBAH TERNAK

DALAM UPAYA MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA

¹Eulis Tanti Marlina, ²Ellin Harlia, ³Yuli Astuti Hidayati, ⁴Deden Zamzam Badruzzaman

^{1,2,3,4}Laboratorium Mikrobiologi dan Penanganan Limbah Peternakan, Fakultas Peternakan
Universitas Padjadjaran, Jawa Barat, Indonesia
email: ¹eulistanti@unpad.ac.id

Abstract. Livestock waste is one of the contributors to greenhouse gas emissions, therefore it needs proper handling so that the impact on the environment can be minimized. Therefore, socialization and education on waste handling is carried out in an effort to reduce greenhouse gas emissions. Socialization to farmer is done online using whatsapp and zoom meetings platform. Partner are farmers from Cileles and Cilayung Villages, Jatinangor Sumedang District. Waste treatment extension activities as an effort to reduce greenhouse gas emissions are carried out by creating audio visuals in the form of videos and e-flyers uploaded to the media youtube and whatsapp partner groups. In general, farmers understand that the waste generated from their livestock activities must be managed properly, but they do not understand that the impact of improper management will result in greenhouse gas emissions. After extension activities was carried out, there was an increase in farmers' knowledge, both on the potential of livestock waste is one of as a greenhouse gases contributors and good waste processing techniques.

Keywords: animal waste, organic fertilizer, greenhouse gas

Abstrak. Limbah peternakan memberi kontribusi yang cukup besar terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, diperlukan penanganan yang tepat sehingga dampak terhadap lingkungan dapat diminimalkan. Oleh karena itu, dilakukan sosialisasi dan edukasi penanganan limbah ternak sebagai upaya mengurangi emisi gas rumah kaca. Mitra merupakan peternak yang berasal dari Desa Cileles dan Desa Cilayung Kecamatan Jatinangor Sumedang. Kegiatan penyuluhan pengolahan limbah sebagai upaya mengurangi emisi gas rumah kaca dilakukan dengan membuat audio visual berupa video dan e-flyer yang diunggah ke media youtube dan whatsapp grup mitra. Metode yang digunakan adalah penyuluhan secara daring menggunakan media zoom meeting. Secara umum peternak mengerti bahwa limbah yang ditimbulkan dari kegiatan usahanya harus dikelola dengan baik, namun mereka tidak memahami bahwa dampak pengelolaan yang tidak tepat akan mengakibatkan emisi gas rumah kaca. Setelah dilakukan penyuluhan, terdapat peningkatan pengetahuan peternak baik potensi limbah ternak sebagai kontributor gas rumah kaca maupun teknik pengolahan limbah yang baik.

Kata Kunci: limbah ternak, pupuk organik, gas rumah kaca

1. Pendahuluan

Permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh sektor peternakan perlu mendapat perhatian semua pihak. Salah satu dampak yang terjadi akibat

penanganan limbah peternakan yang tidak tepat adalah emisi gas rumah kaca berupa CO₂ dan CH₄ (VAC, 2013; Hristov, 2013; Ishak dkk., 2019; Syarifuddin, 2019). Proses pembakaran limbah akan menyumbangkan gas CO₂

ke atmosfer, sedangkan penimbunan limbah peternakan yang tidak terkontrol akan menghasilkan gas metana (CH_4) ke atmosfer. Konsep *zero waste* dalam mencapai industri peternakan, penguasaan peternak dalam teknologi pengolahan limbah ternak menjadi hal yang sangat penting. Akademisi yang berperan sebagai agen perubahan di kalangan peternak mempunyai kewajiban dalam transfer teknologi bagi masyarakat. Salah satu teknologi yang dapat diseminasikan kepada peternak adalah teknologi pengolahan limbah ternak secara terpadu.

Penanganan limbah secara tepat selain menghasilkan lingkungan yang baik juga akan menghasilkan suatu peningkatan nilai ekonomi pada limbah yang dihasilkan. Limbah organik yang dihasilkan dari industri peternakan dapat diolah menjadi beberapa produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi, seperti pupuk organik untuk menyuburkan tanaman, probiotik untuk pertumbuhan ternak, dan biogas sebagai sumber energi alternatif. Saat ini, kesadaran masyarakat petani terhadap penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan sudah semakin baik. Hal ini disebabkan selain harga pupuk anorganik bersubsidi cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun, juga penurunan kesuburan tanah pertanian yang cenderung menurunkan produksi pertanian. Tercatat harga pupuk urea tahun 2020 mencapai harga Rp2.250,00/kg, pupuk ZA Rp1.700,00/kg, pupuk NPK Rp2.300,00/kg (Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2020).

Peningkatan nilai jual limbah peternakan setelah diolah menjadi pupuk organik diharapkan mampu mendorong minat peternak untuk mengolah limbah peternakannya. Harga pupuk organik padat berupa kompos dan vermikompos di pasaran cukup baik berkisar Rp1.000,00-Rp2.500,00/kg, sedangkan

pupuk organik cair mempunyai harga yang sangat beragam dari Rp20.000,00 sampai Rp100.000,00/liter tergantung dari unsur pengkaya di dalamnya. Biokonversi limbah ternak menjadi unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dilakukan melalui fermentasi padat yang menghasilkan Pupuk Organik Padat (POP) dan fermentasi cair dalam menghasilkan Pupuk Organik Cair (POC). Proses pengolahan yang baik dan terkontrol akan menghasilkan kualitas pupuk organik yang baik.

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan secara virtual mengingat keadaan pandemi *Covid-19* kegiatan yang berpotensi mengumpulkan orang harus dihindari, maka kegiatan penyuluhan dilakukan menggunakan media *whatsapp* dan *youtube*. Mitra peternak dipilih berdasarkan domisili yang berdekatan dengan Kampus Unpad Jatinangor yaitu para peternak di Desa Cileles dan Desa Cilayung Kecamatan Jatinangor Kabupaten Sumedang. Melalui kegiatan penyuluhan diharapkan para peternak memahami dampak limbah ternak terhadap penurunan kualitas lingkungan yang berasal dari emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penumpukan limbah ternak yang tidak diolah serta peternak lebih memahami dan meningkatkan pengetahuannya terhadap teknik pengolahan limbah yang benar.

2. Metode Ilmiah

Metode yang digunakan adalah penyuluhan secara daring dengan menggunakan media informasi berupa video dan *e-flyer* yang diunggah ke media *youtube* dan *whatsapp* grup, serta *zoom meeting*.

Penjajakan dan analisis situasi dilaksanakan sebelum penyuluhan melalui pengumpulan informasi dari para peternak mitra sasaran agar kegiatan berjalan lancar dan mudah

diterima oleh masyarakat peternak. Analisis situasi meliputi pengamatan jumlah peternak yang mempunyai gawai yang dapat digunakan mengakses informasi berupa video dan *e-flyer* yang diunggah di media *youtube*, *whatsapp*, serta dapat mengikuti penyuluhan melalui *zoom meeting*. Jumlah peternak di Desa Cileles dan Cilayung yang bersedia mengikuti kegiatan penyuluhan sebanyak 16 orang, sedangkan yang dapat mengikuti kegiatan dengan gawai yang mendukung sebanyak 8 orang, sisanya gawai tidak bisa mengakses media *youtube*, *whatsapp* dan *zoom meeting*. Agar semua peserta dapat mengikuti penyuluhan maka peserta yang tidak mempunyai gawai disarankan untuk bergabung dengan peserta yang mempunyai gawai agar dapat mendukung pelaksanaan penyuluhan. Pelaksanaan penyuluhan secara tatap muka menggunakan *zoom meeting* dimusyawarahkan terlebih dahulu penetapan waktunya sehingga dapat diikuti oleh semua mitra.

3. Hasil dan Pembahasan

Desa Cileles dan Desa Cilayung berada di wilayah Kecamatan Jatinangor, Sumedang. Jumlah Peternak di wilayah tersebut tidak begitu banyak, hanya 16 orang peternak dengan beragam jenis ternak yang dipelihara terutama sapi perah, sapi potong, domba, dan ayam broiler. Kandang tersebar di sekitar perumahan penduduk dengan jarak 5-10 meter dari rumah kediaman pemilik. Hasil analisis awal dengan melakukan survey lapangan, terlihat limbah ditempatkan dengan cara ditumpuk di sekitar kandang.

Sebelum dilakukan pelaksanaan penyuluhan, terlebih dahulu mitra peternak disurvei kepemilikan gawai yang dapat mengakses *whatsapp* dan *youtube*. Hasil survey menunjukkan dari peternak yang ada di Desa Cileles dan Desa Cilayung sebanyak 16 orang,

sebanyak 50 % saja yang memiliki gawai yang dapat mengakses *youtube* dan *whatsapp*. Agar semua mitra dapat mengikuti pelatihan, baik secara *synchronous* melalui *zoom* maupun *asynchrhonous* melalui *youtube*, maka mitra yang tidak memiliki gawai dapat bergabung dengan mitra yang mempunyai gawai. Nara sumber untuk menyampaikan pelatihan secara *synchronous* melalui *zoom* adalah staf dosen dari Laboratorium Mikrobiologi dan Penanganan Limbah, Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Profil peserta pelatihan sebagai responden dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk mengetahui pengetahuan mitra terhadap teknologi pengolahan limbah ternak, dilakukan *pre test* (Tabel 2).

Tabel 1.

Profil Responden Peserta Pelatihan				
N	Kriteria	Sub	Juml	Persent
o.	Kriteria		ah	ase (%)
			(oran	
			g)	
1	Jenis Kelamin	Laki-laki	16	100
		Perempuan	0	0
2	Pekerjaan	Petani/Peternak	14	87,5
		Selain Petani/Peternak	2	12,5
3	Umur	15 - 29	0	0
		30 - 44	7	43,75
		45 - 59	5	31,25
		60 - 74	4	25
4	Pendidikan	Tidak tamat SD	2	12,5
		SD	6	37,5
		SMP	5	31,25
		SMA	3	18,75
5	Pengalaman beternak	< 5 Tahun	2	12,5
		5 - 10 Tahun	4	25

		> 10 Tahun	10	62,5
6	Fasilitas	Memiliki	8	50
	Gawai	Tidak Memiliki	8	50
7	Aktivitas	Melakukan	5	31,25
	mengola	Tidak	11	68,75
	h limbah	Melakukan		

Pada Tabel 1 disajikan profil peserta pelatihan pengolahan limbah secara virtual. Semua peserta berjenis kelamin laki-laki, sedangkan mayoritas peserta merupakan peternak/petani murni sebanyak 87,5% dan sisanya mempunyai pekerjaan sampingan sebagai pedagang dan PNS sebanyak 12,5%. Hal ini dapat diartikan bahwa mitra sebagai peserta pelatihan adalah petani/peternak dengan mayoritas pendidikan rendah namun ada pada kelompok usia produktif, yakni tamat Sekolah Dasar sebanyak 37,5 % dengan rentang usia 30-59 tahun sebanyak 75%. Sejalan dengan pendapat Rusli (2012) usia produktif adalah orang yang berada pada rentang umur 15-64 tahun. Hal ini akan menentukan keberhasilan dalam penerimaan inovasi teknologi pengolahan limbah peternakan oleh peserta (South, 1968; Wisdom *et al.*, 2014).

Limbah Peternakan dan Emisi Gas Rumah Kaca

Perubahan iklim telah menjadi masalah lingkungan yang utama. Sejak beberapa tahun gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O) telah meningkat di atmosfer dan menyebabkan perubahan iklim. Gas CH₄ dan CO₂ telah meningkat masing-masing sebesar 148% dan 38% pada tahun 2009 mengakibatkan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi sebesar 0,6°C, sejak akhir 1800-an (Smith *et al.*, 2014). Sektor pertanian, termasuk di dalam sub sektor peternakan, adalah penyumbang

terbesar untuk CH₄ dan N₂O. Estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) secara global yang diakibatkan oleh industri peternakan berkisar dari 8 hingga 51% (Herrero *et al.*, 2011). Oleh karena itu, beberapa upaya harus dilakukan di dalam mengelola limbah peternakan sebagai sumber emisi gas rumah kaca, diantaranya pengolahan limbah ternak menjadi pupuk organik melalui pengomposan. Hasil penelitian menyatakan bahwa proses pengomposan limbah ternak secara nyata dapat mereduksi emisi CH₄ dari limbah padat (Petersen, 2020). Penjelasan mengenai emisi gas rumah kaca ditampilkan melalui *e-flyer* seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *E-flyer* Emisi Gas Rumah Kaca

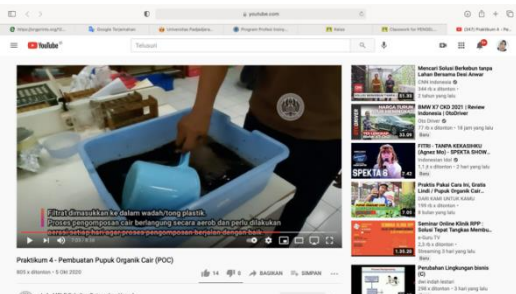
Pengolahan Limbah Ternak Menjadi Pupuk Organik

Proses pengolahan limbah ternak menjadi pupuk organik dilakukan melalui metode pengomposan. Pengomposan merupakan proses biologis dimana bahan organik akan diuraikan menjadi senyawa-senyawa sederhana yang pada akhirnya menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman (Raza and Ahmad, 2016; Sarkar *et al.*, 2016). Pelatihan pengomposan pada mitra peternak dilakukan dengan

cara mengirimkan materi penyuluhan berupa prosedur pembuatan pupuk organik padat (kompos dan vermikompos) dan pupuk organik cair. Materi penyuluhan dikemas melalui tayangan *e-flyer* dan video tentang pengolahan limbah ternak secara terpadu. Tampilan *e-flyer* dapat dilihat pada Gambar 2. dan cuplikan video ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. *E-flyer* Pengolahan limbah menjadi Pupuk Organik



Gambar 3. Cuplikan Video Pembuatan Pupuk Organik (<https://youtu.be/089ts15wxqM>)

Tahap pertama, video memperlihatkan proses dekomposisi awal. Dekomposisi awal merupakan proses perombakan bahan organik oleh mikroorganisme secara aerob. Proses dekomposisi awal berlangsung selama 7 hari. Suhu akan meningkat secara gradual dan mencapai puncaknya pada hari ke-3 dan ke-4 hingga mencapai suhu 60°C (Marlina, 2020). Pada suhu ini

akan berkembang bakteri thermofilik yang berperan di dalam degradasi bahan organik pada limbah. Suhu thermofilik merupakan suhu yang ideal dalam perombakan bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana dan pada suhu ini bakteri patogen mulai menurun jumlahnya (Marlina, 2016). Suhu akan terus menurun sampai hari ke-7 suhu akan kembali ke suhu awal yakni suhu ruang (27-28°C). Suhu selama pengomposan merupakan refleksi dari adanya aktivitas mikroba yang merombak bahan organik. Oleh karena itu, agar mendapatkan suhu yang tinggi dalam tumpukan kompos, maka harus diperhitungkan faktor-faktor yang ideal untuk pertumbuhan mikroba pengurai. Faktor-faktor dalam pengomposan yang harus diperhatikan diantaranya kadar air bahan baku dan nisbah C/N (Diaz and Savage, 2007). Kadar air yang optimal berkisar 55-60% dan nisbah C/N optimal berkisar 30-40. Nisbah C/N pada beberapa limbah ternak berkisar antara 15-21, tergantung dari spesies ternak dan jenis pakan yang diberikan. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan lain sebagai campuran limbah ternak sebagai sumber karbon. Bahan-bahan yang berada di sekitar peternakan dapat dijadikan sumber karbon sebagai tambahan pada campuran kompos. Bahan-bahan yang dapat dijadikan sumber karbon tersebut terdiri dari sisa pakan ternak berupa rumput atau jerami yang tidak dimakan ternak, atau serbuk gergaji yang merupakan limbah dari industri penggergajian kayu. Sumber karbon yang ditambahkan pada campuran kompos dapat menggunakan bahan di sekitar peternakan, yaitu sisa pakan ternak berupa rumput atau jerami yang tidak dimakan ternak, atau serbuk gergaji limbah dari industri penggergajian kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran limbah ternak dengan jerami padi akan menghasilkan rataan suhu yang relatif

lebih tinggi dibandingkan dengan limbah ternak tanpa campuran (Marlina, 2020) (Grafik 1). Kadar air diperlukan agar proses dekomposisi berjalan dengan baik. Mikroba yang bekerja dalam proses pengomposan beragam jenisnya, yaitu kapang, bakteri, yeast, dan *actinomycetes* (Marlina, 2010). Mikroba-mikroba ini dapat tumbuh dengan baik apabila tercukupi kebutuhannya. Seperti halnya, makhluk hidup lainnya, mikroba membutuhkan kadar air yang optimal. Apabila substrat kompos kekurangan air, maka mikroba akan bekerja secara lamban. Demikian juga sebaliknya, apabila substrat kelebihan air maka bakteri pembusuk akan mengalahkan bakteri pengurai yang diharapkan, akibatnya tumpukan kompos akan berbau busuk. Pengukuran kadar air substrat dapat dilakukan di laboratorium dengan cara menimbang bahan awal kemudian dikeringkan pada oven suhu 105°C selama 16 jam atau sampai berat bahan konstan. Namun, hal tersebut tidak dapat dipraktikkan oleh peternak di lapangan. Oleh karena itu, para peternak diajarkan bagaimana cara pengukuran kadar air yang cukup praktis, yaitu melalui kepalan tangan. Campuran substrat sebagai bahan baku kompos digenggam dengan satu tangan, kemudian dikepal dengan erat beberapa saat sebelum dilepas kembali dari kepalan, apabila kepalan saat dilepaskan masih membentuk gundukan, maka kadar air sudah cukup, namun apabila saat kepalan dilepaskan langsung pecah maka campuran kompos kekurangan air, sehingga perlu ditambahkan air ke dalam campuran. Apabila saat campuran kompos dikepal dengan erat terdapat air yang menetes di sela-sela jari maka dipastikan campuran kompos kelebihan air dan diperlukan penguapan dengan cara diangin-angin.

Selanjutnya, hasil dekomposisi awal yang biasa disebut 'dekomposan' dibongkar dan diangin-angin sampai

mencapai kadar air 15-20%. Tujuan pengeringan dekomposan adalah supaya mikroorganisme yang tumbuh pada dekomposan akan lebih mudah terekstrak pada waktu proses ekstraksi. Proses ekstraksi menggunakan air panas dengan suhu 70-85°C. Padatan sisa ekstraksi diangin-angin sampai 3 hari untuk menguapkan amoniaknya, kemudian ditanami dengan cacing *Eisenia fetida* yang akan melanjutkan proses dekomposisi setelah dekomposisi oleh mikroorganisme. Dekomposisi senyawa sederhana oleh cacing tanah akan berlangsung selama 2 minggu. Proses pengomposan menggunakan cacing tanah yang disebut dengan vermicomposting akan menghasilkan pupuk organik padat yang disebut *Vermicompost*. *Vermicompost* merupakan pupuk yang berkualitas baik karena terkandung hormon dan enzim yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman (Getachew *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019). Selain mendapatkan pupuk yang berkualitas baik, proses *vermicomposting* juga akan menghasilkan produk lain berupa biomassa cacing tanah. Dewasa ini, penggunaan cacing tanah di bidang *fitofarmaka* semakin berkembang, baik digunakan dalam pengobatan medis atau sebagai bahan kosmetik (Azmi *et al.*, 2014; Kartikaningsih dkk., 2019). Dengan demikian cacing tanah yang dihasilkan dari proses *vermicomposting* mempunyai nilai ekonomis cukup tinggi untuk menambah pendapatan para peternak.

Cairan hasil ekstraksi disebut filtrat akan diinkubasi secara aerob selama 30-45 hari menjadi pupuk organik cair. Agar diperoleh oksigen yang dibutuhkan dalam metabolisme mikroorganisme untuk mendekomposisi senyawa sederhana menjadi unsur hara, maka proses aerasi diperlukan. Proses aerasi dilakukan dengan menggunakan aerator setiap hari selama 30 menit.

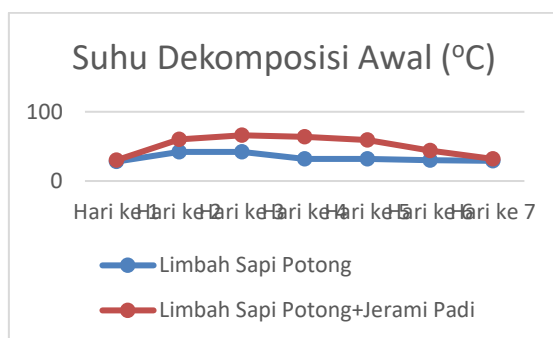
Namun demikian, untuk kondisi tertentu, fungsi aerator dapat digantikan dengan gayung dengan cara mengaduk cairan menggunakan gayung.

Pada video ditampilkan beberapa ciri mudah yang menandakan bahwa proses pembuatan pupuk padat (*vermicompost*) maupun pupuk cair sudah selesai (Tabel 2).

Tabel 2.

Ciri-ciri Pupuk Organik Padat dan Cair yang sudah matang

No	PARAMETER	PUPUK PADAT	PUPUK CAIR
1	Warna	Warna kehitam-hitaman menyerupai warna tanah	Warna hitam jernih, tembus cahaya
2	Bau	bau khas tanah, tidak tercium bau bahan asal (feses ternak),	tidak tercium bau feses, bau netral
3	Suhu	Suhu Ruang	Suhu ruang
3	Uap air	Tidak mengandung uap air pada saat dimasukkan ke kantong plastik	-
4	Homogenitas	-	Tidak ada endapan apabila disimpkan dalam waktu cukup lama



Grafik 1. Suhu selama proses dekomposisi awal

Dalam mengukur efektivitas penerimaan pengetahuan melalui penyuluhan dapat diukur melalui tes sederhana yang dilakukan di awal (*pre test*) dan akhir (*post test*) pelatihan. Hasil *pre test* dan *post test* kepada 16 mitra peternak peserta pelatihan pengolahan limbah secara virtual disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3.

Hasil Pre Test dan Post Test Pengetahuan Peternak terhadap Emisi GRK dan Teknologi Pengolahan Limbah ternak Menjadi Pupuk Organik

No		Pre Test	Post Test	Peningkatan
1	Emisi GRK	48,12 5 ± 17,78	65,9 4 ± 17,3	37 %
2	Teknologi Pengolahan Limbah	67,50 ± 15,65	94,5 5 ± 11,2	40,1 %

Peningkatan pengetahuan emisi gas rumah kaca dan pengetahuan pengolahan limbah di mitra peternak cukup rendah, yakni masing-masing 37% dan 40,1%. Hal ini diduga penyuluhan secara visual tidak begitu efektif dibandingkan dengan penyuluhan secara langsung dengan praktek demplot. Pada pengetahuan teknologi pengolahan limbah hampir semua mitra mengetahui teknologi pengolahan limbah, namun belum melaksanakannya. Hal ini terlihat dari rata-rata nilai *pre test* yang cukup tinggi yakni 67,50 (Tabel 2). Namun demikian, tingginya pengetahuan teknologi pengolahan limbah tidak diikuti dengan tingginya aktivitas mitra peternak mengolah limbah (Tabel 1).

4. Kesimpulan dan Saran

Pada umumnya pengetahuan masyarakat peternak mengenai emisi gas rumah kaca di Desa Cileles dan Desa Cilayung, Kecamatan Jatinangor Kabupaten Sumedang masih rendah,

namun demikian pengetahuan teknologi pengolahan limbah menjadi pupuk organik sudah cukup tinggi. Melalui edukasi secara tidak langsung melalui video, e-flyer, dan edukasi secara langsung melalui zoom meeting pengetahuan peternak terhadap dampak dari limbah yang tidak diolah terhadap kerusakan lingkungan semakin meningkat dan diharapkan kesadaran mengolah limbah akan meningkat juga.

Penghargaan

Perhargaan diberikan kepada Rektor Universitas Padjadjaran melalui Direktorat Riset Pengabdian kepada Masyarakat dan Inovasi Universitas Padjadjaran atas pendanaan yang diberikan sehingga kegiatan dapat dilaksanakan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, N., P. Hashim, D. M. Hashim, N. Halimoon, N. M. N. Majid. (2014). Anti-elastase, anti-tyrosinase and matrix metalloproteinase-1 inhibitory activity of earthworm extracts as potential new anti-aging agent. *Asian Pacific of Tropical Biomedicine*. Vol. 4, Suppl. 1, S148-S352.
- Diaz, L.F. and G.M. Savage. (2007). Chapter 4 Factors that affect the process in: *Compost Science and Technology*. Elsevier *Waste Management Series*. Vol. 8 (2007): 49-65.
- Getachew, A., T. Adisu, L. Abeble and B. Anbessa. (2018). Vermicompost Potential of Common Earthworms (*Eudrilus eugeniae*) and Red Wiggler (*Eisenia fetida*) Worm on the Decomposition of Various Organic Wastes. *International Journal of Plant & Soil Science*. 24(3): 1-13, DOI: 10.9734/IJPSS/2018/42986
- Herrero, P. Gerber, T. Vellinga, T. Garnett, A. Leip, C. Opio, H.J. Westhoek, P.K. Thornton, J. Olesen, N. Hutchings, H. Montgomery, J.F. Soussana, H. Steinfeld, T.A. McAllister. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology* 166–167 (2011) 779–782.
- Hristov, A.N., Joonpyo O, Chanhee Lee, Robert Meinen, Felipe Montes, Troy Ott, Jeff Firkins, Al Rotz, Curtis Dell, Adegbola Adesogan, WenZhu Yang, Juan Tricarico, Ermias Kebreab, Garry Waghorn, Jan Dijkstra and Simon Oosting. (2013). Mitigation Of Greenhouse Gas Emissions In Livestock Production. A review of technical options for non-CO2 emissio Fao Animal Production And Health. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.
- Ishak, A.B.I., M. Takdir, Wardi. (2019). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari sektor Peternakan Tahun 2016 di Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 21(1): 51-58.
- Kartikaningsih, H., S. Maharani, F. Sartika. (2019). Antibacterial activity ethyl acetate extracts of earthworms (*Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida*, *Nereis sp.*) Toward *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Thyposa* *In vitro*. *Jurnal Biologi El-Hidayah* Vo;. 7 No. 2 (2019): 62-73.
- Liu, M., C. Wang, F. Wang, Y. Xie. (2019). Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil. *Applied Soil Ecology*. Vol. 142 (2019):147-154.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia. (2020). Permentan 49/2020 tentang Alokasi dan Harga Eceran Tertinggi Pupuk Bersubsidi Sektor Pertanian

- TA. 2021. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.
- Marlina, E.T. (2010). Biokonversi Limbah Industri Peternakan. Unpad Press. Bandung.
- Marlina, E.T., Tb. B. A. Kurnani, Y.A. Hidayati. (2016). Detection of Pathogenic Bacteria and Heavy Metal on Liquid organic fertilizer from dairy cattle waste. Proceeding of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology, Denpasar Bali 10-12, 2016.
- Marlina, E.T., D.Z. Badruzzaman, E. Harlia, Y.A. Hidayati, I. Susilawati. (2020). Microbial Population Dynamics and Fiber Reduction in The Initial Decomposition of Beef Cattle Waste Composting. *Ziraa'ah*, Vol. 45 (1): 94-102.
- Petersen, S.O. (2020). Greenhouse gas emissions from animal manure. Danish Institute of Agricultural Sciences. Tjele, Denmark.
- Raza, S and J. Ahmad. (2016). Composting process: a review. *International Journal of Biological Research*. 4 (2):102-104.
- Rusli S. (2012). Pengantar ilmu kependudukan. Edisi revisi. Jakarta (ID): LP3ES
- Sarkar, S., S. Pal., S. Chanda. (2016). Optimization of a Vegetable Waste Composting Process with a Significant Thermophilic Phase. *Procedia Environmental Sciences* 35 (2016): 435-440.
- Smith, P.; Bustamante, M. (2014). Agriculture, Forestry, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In *Climate Change: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- Syarifuddin, H., A. Rahman Sy., D. Devitriano. (2019). Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CH₄ dan N₂O) dari Sektor Peternakan Sapi dengan Metode Tier-1 IPCC di Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan* Vol. 22, 2019:84-94.
- South, D.R. (1968). A Theoretical and Empirical Analysis of the Adoption-Diffusion Process of Social Change. *LSU Historical Dissertations and Theses*, 1420. https://digitalcommons.lsu.edu/grad_school_disstheses/1420
- VAC. S-C., G.E. Popita, N. Frunzeti, A. Popovici. (2013). Evaluation of Greenhouse Gas Emission from Animal Manure Using the Closed Chamber Method for Gas Fluxes. *Not Bot Horti Agrobo*. 41 (2): 576-581.
- Wisdom, J.P., K.H.B. Chor, K.E. Hoagwood, S.M. Horwitz. (2014). Innovation Adoption: A Review of Theories and Constructs. *Adm Policy Ment Health*. 41(4): 480-502. doi: 10.1007/s10488-013-0486-4.