

ISBN : 978-623-6859-62-9

TEKNOLOGI TEPAT GUNA PEMBUATAN PUPUK ORGANIK PADAT DAN CAIR BERBASIS KOTORAN TERNAK SAPI



Soemargono
Purnomo Edi Sasongko
Nove Kartika Erliyanti



PUSAT PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT - LPPM
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Tahun 2021

Penerbit : Mitra Abisatya

TEKNOLOGI TEPAT GUNA
PEMBUATAN PUPUK ORGANIK PADAT DAN CAIR BERBASIS
KOTORAN TERNAK SAPI

Penulis :

Soemargono

Purnomo Edi Sasongko

Nove Kartika Erliyanti

Desain dan Tata Letak Sampul :

Penerbit

ISBN : 978-623-6859-62-9

Diterbitkan pertama kali dalam bahasa Indonesia

oleh :

CV. Mitra Abisatya

Email : penerbitmitraabisatya@gmail.com

Cetakan I : April 2021

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang memproduksi atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa seijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman yang murah dan mudah didapatkan di sekitar petani merupakan bagian dari kebutuhan budidaya pertanian yang mutlak untuk mencapai produktifitas tanaman yang lebih baik. Dengan belajar dari pengalaman penulis dalam kegiatan IPTEKS bagi Masyarakat dan Program Kemitraan Masyarakat di desa Tuter dan Kalipucang Kecamatan Tuter, maka diperoleh gambaran tentang pengembangan teknologi tepat guna pembuatan pupuk organik berbasis kotoran sapi. Proses-proses pembuatan yang diuraikan dalam buku ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan penuluran teknologi praktis kepada para petani dan pemerhati pupuk organik.

Penekanan utama pada buku ini adalah pada pengenalan dan perkembangan teknologi tepat guna pembuatan pupuk organik padat dan cair yang bersumber bahan baku kotoran sapi. Khususnya di sentra-sentra pertanian yang terintegrasi dengan ternak sapi potong ataupun sapi perah. Diharapkan pembaca yang akan menggunakan buku ini sudah memiliki pengetahuan dasar tentang pupuk organik padat dan cair dalam kaitan dengan sistem pertanian terpadu dengan ternak sapi.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan-kekurangan dalam penyusunan buku ini, dan untuk itu penulis dengan senang hati bersedia menerima kritik maupun saran yang berguna bagi perbaikan dan penyempurnaan buku ini. Penulis berharap kiranya buku ini memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi pembaca.

Surabaya, April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II PUPUK ORGANIK.....	5
1.1 Definisi Pupuk Organik	5
1.2 Manfaat Pupuk Organik	6
1.3 Perbandingan Pupuk Organik dan Pupuk Kimia.....	8
BAB III SUMBER-SUMBER NUTRISI TANAMAN	11
2.1 Sumber Pupuk Organik ~ Sumber Nutrisi.....	11
2.2 Persyaratan Teknisi Minimal Pupuk Organik.....	15
BAB IV POTENSI KOTORAN TERNAK SAPI.....	17
3.1 Kotoran Sapi Padat Segar.....	17
3.2 Kotoran Cair/Urin Ternak Sapi	19
BAB V TEKNOLOGI PEMBUATAN PUPUK ORGANIK.....	21
4.1 Pupuk Organik Padat dari Kotoran Padat Sapi	21
4.2 Pupuk Organik Cair dari Urin Sapi	24
4.3 Pupuk Organik dari Slurry Biogas Kotoran Sapi.....	28
4.4 Uji Kualitas Produk Pupuk Organik Kotoran Sapi.....	30
BAB VI PENUTUP.....	31
DAFTAR PUSTAKA	30

BAB I

PENDAHULUAN

Peternakan sapi, baik sapi potong maupun sapi perah yang dikelola oleh peternak kecil, umumnya cukup banyak menghasilkan kotoran ternak baik kotoran padat maupun kotoran cair/urine. Namun demikian masih terbatasnya pengetahuan praktis tentang pengelolaan dan pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi tersebut, belum menjadikannya sumber bahan baku yang potensial untuk membantu meningkatkan produktifitas lahan pertanian di sekitarnya.

Berdasarkan teori ilmiah yang telah penulis pelajari dan mempraktekkannya pada program IPTEKS bagi Masyarakat (IbM) dan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) di Kabupaten Jombang, Magetan dan Pasuruan; ternyata berbagai aplikasi teknik atau metode pengelolaan limbah padat dan cair (kotoran) ternak sapi telah mampu mendongkrak sumberdaya ekonomi masyarakat petani. Salah satu teknologi tepat guna yang masih terus aktual adalah pemanfaatan limbah padat dan cair ternak sapi untuk bahan baku pembuatan pupuk organik padat dan cair.

Kotoran sapi padat merupakan bahan organik sisa proses pencernaan dalam perut jika diproses dengan pengomposan, menghasilkan turunan, terdiri dari material organik yang telah terdekomposisi menjadi unsur-unsur pembentuknya yang lebih

mudah diserap oleh tanaman. Demikian juga urine sapi yang merupakan sisa proses pencernaan berupa cairan. Pada dasarnya penggunaan pupuk organik padat/cair lebih banyak memberikan keuntungan daripada penggunaan pupuk kimia. Walaupun, pupuk kimia memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dibanding pupuk organik padat kotoran atau urine sapi. Kebanyakan Pupuk kimia memberikan efek samping yang merugikan antara lain mengurangi tingkat kesuburan tanah dan residu bahan kimia serta dapat membahayakan kesehatan manusia. Kompos merupakan zat-zat hara yang dapat memulihkan kesuburan tanah. Salah satu manfaat kompos dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Sifat fisik tanah yang semula padat dapat menjadi gembur sehingga pengolahan lahan menjadi lebih mudah. Penyebab tanah yang menjadi gembur yaitu adanya senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium dan hifa yang berfungsi sebagai perekat partikel tanah. Selain meningkatkan unsur hara, kompos juga membantu mencegah kehilangan unsur hara yang cepat hilang (N, P, K), dan mudah hilang oleh penguapan atau oleh perkolasi. Bahan organik dalam kompos dapat mengikat unsur hara yang mudah hilang dan menyediakannya bagi tanaman.

Pupuk organik dari kotoran sapi ibarat multi-vitamin untuk tanah pertanian, meningkatkan kesuburan tanah, dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan

bahan organik tanah dan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba tersebut membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit. Tanaman yang dipupuk dengan kompos juga cenderung lebih baik kualitasnya dari pada tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia, misalnya hasil panen lebih tahan disimpan, lebih berat, lebih segar, dan lebih enak.

Pupuk organik padat dan cair kotoran ternak sapi memiliki beberapa keunggulan yang belum bisa digantikan oleh pupuk kimia, keunggulan tersebut antara lain: (1) pupuk organik mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro meskipun dalam jumlah kecil, (2) memperbaiki granulasi tanah berpasir dan tanah padat sehingga dapat meningkatkan kualitas aerasi, memperbaiki drainase tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air, (3) mengandung asam humat (humus) yang mampu meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, (4) meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, (5) meningkatkan pH tanah pada tanah yang cenderung asam, dan (6) tidak menyebabkan polusi tanah dan air.

Berdasarkan pengalaman dalam berbagai kegiatan pengabdian kepada masyarakat terkait teknologi tepat guna

pembuatan pupuk organik berbasis kotoran ternak di beberapa wilayah, maka tim penulis berharap penularan atau diseminasi pengetahuan tentang pupuk organik ini dapat menyebar dan membantu mengatasi kebutuhan pupuk tanaman yang semakin hari semakin tinggi, sekaligus mengurangi ketergantungan kepada pupuk kimia.

BAB II

PUPUK ORGANIK

1.1 Definisi Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang tersusun atas sebagian atau seluruhnya berasal dari tanaman atau hewan yang telah mengalami rekayasa. Bentuk dari pupuk organik dapat berupa padat atau cair yang mempunyai fungsi sebagai *supplier* bahan organik. Pupuk organik dapat memperbaiki sifat biologi, fisik, dan kimia dari tanah (Sumarsono dkk., 2017).

Penggunaan pupuk organik dari tahun ke tahun mempunyai peluang yang besar. Hal ini dikarenakan semakin mahalnya pupuk kimia akibat pengurangan subsidi pupuk oleh pemerintah, penggunaan pupuk kimia dapat mengurangi tingkat kesuburan tanah, adanya usaha pertanian organik yang lagi marak akhir-akhir ini, dan tingginya tingkat kesadaran para petani terhadap residu pupuk kimia (Sentana, 2010). Oleh karena itu saat ini proses pembuatan dan penggunaan pupuk organik semakin marak dilakukan oleh para petani.

1.2 Manfaat Pupuk Organik

Pupuk organik mempunyai banyak manfaat, antara lain:

a. Sumber Penyedia Unsur Hara yang Lengkap

Unsur hara yang terdapat pada pupuk organik ada dua, yakni unsur hara mikro dan makro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Unsur hara mikro yang terdapat pada pupuk organik adalah aluminium, seng, tembaga, besi, boron, dan born. Unsur makro yang terkandung pada pupuk organik adalah nitrogen, kalium, fosfor, kalsium, sulfur, dan magnesium (Sumarsono dkk., 2017).

b. Memperbaiki Struktur Tanah

Pupuk organik mempunyai kemampuan dalam memperbaiki struktur ini. Hal ini yang membuat pupuk organik mempunyai fungsi yang istimewa. Pupuk organik jika digunakan secara terus menerus pada tanah lempung atau tanah liat menjadikan tanah tersebut gembur. Penggunaan pupuk organik secara berkelanjutan pada tanah yang berpasir mampu meningkatkan daya ikat tanah terhadap air dan udara serta menggemburkan tanah tersebut (Sentana, 2010). Hal ini terjadi karena pupuk organik mempunyai kemampuan untuk menghasilkan pori-pori pada tanah yang liat dan mengikat butiran pasir yang halus agar menjadi lebih solid dan gembur.

c. Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation

Kapasitas tukar kation adalah kemampuan tanah untuk meningkatkan interaksi antar ion yang terdapat di dalam tanah. Tanah yang memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi

cenderung memiliki kemampuan yang lebih dalam menyediakan unsur hara daripada tanah yang memiliki tingkat kapasitas tukar kation yang rendah. Kapasitas tukar kation yang dimiliki oleh tanah berasal dari koloid liat yang mempunyai permukaan bermuatan negatif yang mampu menjerat kation-kation. Bahan organik juga memiliki sifat ini, sehingga bahan organik yang terkandung dalam tanah dengan kandungan yang tinggi meningkatkan tingkat tukar kation.

d. Meningkatkan Kemampuan Daya Simpan Air

Bahan-bahan organik yang terkandung dalam pupuk organik mempunyai sifat higroskopis yang tinggi. Air diserap dan disimpan dalam pori-pori tanah kemudian dikeluarkan pada saat akar tanaman membutuhkannya. Kemampuan sifat menyerap air tersebut mengakibatkan kelembaban tanah terjaga sehingga relatif aman dari kekeringan. Bahan-bahan organik tersebut mempunyai kemampuan memegang air lima kali lipat dari bobotnya.

e. Mengaktifkan Ekosistem Biota Tanah

Pupuk organik mempunyai beberapa dekomposer baik berupa jamur atau bakteri. Penambahan bahan organik ke tanah secara otomatis akan semakin menambah populasi mikroba-mikroba dekomposer yang telah ada sebelumnya. Dekomposer tersebut membantu proses penguraian bahan organik menjadi unsur hara yang dibutuhkan tanaman semakin cepat. Tanah yang lembab akibat penggunaan bahan organik juga membuat kondisi ideal bagi perkembangan aneka biota tanah.

f. Aman bagi Manusia dan Lingkungan

Pemakaian pupuk organik tidak menimbulkan residu pada hasil panen sehingga tidak membahayakan manusia dan lingkungan.

g. Meningkatkan Produksi Pertanian

Berbagai penelitian menunjukkan pengaruh yang positif tentang penggunaan pupuk organik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Pemberian *sludge* cair limbah biogas dari kotoran sapi dapat meningkatkan berat kering jagung pipilan lebih dari 50% dibandingkan pemakaian pupuk kimia (Febrisiantosa dkk., 2009). Basri (2008) melaporkan bahwa pupuk organik solid meningkatkan produksi padi dari 3-3,6 ton GKG/ha menjadi 9,6 ton GKG/ha. Pupuk organik juga meningkatkan produksi kacang tanah dan sawi masing-masing 25 dan 21% (Nurhikmat dkk., 2009).

1.3 Perbandingan Pupuk Organik dan Pupuk Kimia

Perbandingan pupuk organik dan pupuk kimia ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Pupuk Organik dan Pupuk Kimia

No	Faktor Penentu	Jenis Pupuk	Keunggulan	Kelemahan
1.	Proses Penyerapan Unsur Hara	Pupuk Organik	Penggunaan dalam jangka panjang sangat baik karena unsur hara yang terdapat meningkatkan kapasitas tukar katio tanah yang akan mengakibatkan akar tanaman mudah menyerap unsur-unsur hara yang terdapat di tanah.	Unsur-unsur hara yang terdapat di dalam pupuk organik cenderung sulit untuk langsung dicerna oleh tanaman. Hal ini diakibatkan karena unsur-unsur hara dalam pupuk organik masih tersimpan dalam ikatan kimia yang kompleks.
		Pupuk Kimia	Pupuk kimia memiliki kandungan unsur hara yang bisa langsung diserap oleh akar tanamn tanpa proses yang rumit, sehingga efeknya akan langsung bisa terlihat pada pertanaman.	Unsur hara atau nutrisi yang terkandung pada pupuk kimia mudah hilang akibat pencucian tanah dan erosi.
2.	Komposisi Unsur Hara	Pupuk Organik	Unsur hara yang dimiliki pupuk organik cukup lengkap baik berupa unsur hara makro dan unsur hara mikro.	Persentase komposisi unsur hara tidak dapat dipastikan dan setiap pupuk organik memiliki kandungan unsur hara yang berbeda tergantung dari bahan penyusunnya.
		Pupuk Kimia	Komposisi unsur hara yang terkandung di dalam pupuk kimia dapat diketahui secara pasti persentasenya	Hanya memiliki 1 atau beberapa saja unsur hara, seperti urea yang hanya memiliki unsur Nitrogen saja.
3.	Efek Penggunaan	Pupuk Organik	Pada penggunaan dalam jangka waktu yang panjang akan sangat baik untuk tanah. Pupuk	Memerlukan waktu cukup lama atau beberapa kali aplikasi

Sumber: Sumarsono dkk., 2017

Tabel 2.1 Perbandingan Pupuk Organik dan Pupuk Kimia
(Lanjutan)

			organik akan memperbaiki sifat fisik, kimia serta biologi tanah sehingga tanah menjadi gembur serta meningkatkan kemampuan menyimpan air.	
		Pupuk Kimia	Pada waktu singkat dapat memberikan hasil yang signifikan pada pertanaman	Pada penggunaan jangka panjang akan dapat merusak tanah karena tanah menjadi keras yang akhirnya akan mengurangi kemampuan menyimpan air dan lambat laun akan mengurangi kesuburan tanah.
4.	Hasil Produk	Pupuk Organik	Hasil produksi dengan menggunakan <i>pupuk organik</i> lebih aman dan lebih sehat	Mungkin kelemahan produk organik adalah harga yang sedikit lebih mahal dikarenakan hasil yang diperoleh lebih rendah dari produk dengan pupuk kimia.
		Pupuk Kimia	Harganya lebih murah bila dibandingkan dengan produk-produk organik dan hasilnya juga lebih tinggi.	Produk yang dihasilkan cenderung tidak terlalu memperdulikan para konsumen dari sisi kesehatannya.
5.	Ekosistem Tanah	Pupuk Organik	Pada point ini pupuk organik memiliki nilai yang sangat tinggi karena mampu memicu tumbuh kembangnya mikro dan makro organisme tanah yang hasil akhirnya tentu tanah akan menjadi semakin subur.	Efektifitas dan kepraktisan dalam melakukan pemupukan karena memerlukan volume yang besar.
		Pupuk Kimia	Praktis dan simple dalam aplikasi pemupukan	Penggunaan pupuk kimia terus menerus akan membunuh mikro dan makro organisme tanah, sehingga akan membuat dosis pupuk yang digunakan akan semakin meningkat.

Sumber: Sumarsono dkk., 2017

BAB III

SUMBER-SUMBER NUTRISI

TANAMAN

2.1. Sumber Pupuk Organik ~ Sumber Nutrisi

Selama pertumbuhan vegetatif dan generatif, tanaman membutuhkan unsur hara dari dalam tanah. Ketersediaan unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam tanah sangat bergantung pada sumber penyedia hara tersebut. Selain dari proses pelapukan mineral pembentuk tanah, unsur hara tanaman pada dasarnya disediakan oleh sumber nutrisi lain, baik berupa sisa pelapukan bahan organik alami di alam maupun berupa masukan berupa pupuk kimia ataupun pupuk organik.

Sesuai judul, teknologi tepat guna yang membahas khusus tentang pupuk organik berbasis kotoran sapi, maka sebelumnya harus memahami sumber nutrisi N-P-K dari berbagai sumber bahan baku pupuk organik sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.1. Bahan baku pembuatan pupuk organik, dapat berasal dari seresah segar/layu tanaman pangan ataupun tanaman hijauan lain; serta dapat juga berasal dari sisa pencernaan pakan ternak yang bersumber pada hijauan tanaman. Secara fisik sumber bahan baku pupuk organik dapat dibedakan sebagai: (1) padatan kering yang biasanya berupa brangkas tanaman segar/sisa panen,

(2) padatan basah berupa kotoran/faeses ternak (sapi, kuda, kambing, gajah, ayam dll.), (3) limbah organik sisa olahan bahan industri (blotong tebu, bungkil biji jarak, bungkil biji kapuk dll.), (4) kotoran kelelawar atau walet yang dikenal dengan nama guano, serta (5) urin atau air kencing ternak sapi/kuda/kelinci/kambing dll.

Sehingga secara umum sumber bahan pupuk organik dapat bersifat hayati dan/atau nabati, yang kesemuanya bersifat saling melengkapi kebutuhan nutrisi tanaman.

Tabel 3.1. Sumber Nutrisi N, P dan K dari Berbagai Bahan Baku Pupuk Organik

No	Sumber Bahan Baku	Kadar Hara dan kadar air bahan (%)				Berat Bahan (kg)
		N	P	K	Air	
1	Pukan Sapi					1
	Kering	0,40	0,20	0,10	85,00	
	Basah	1,00	0,50	1,50	92,00	
2	Pukan Kuda					1
	Kering	0,55	0,30	0,40	75,00	
	Basah	1,40	0,02	1,60	90,00	
3	Pukan Kambing					2
	Kering	0,60	0,30	0,17	60,00	
	Basah	1,50	0,13	1,80	85,00	
4	Pukan Domba					1
	Kering	0,75	0,50	0,45	60,00	
	Basah	1,35	0,05	2,10	65,00	
5.	Pukan Ayam					1
	Kering	1,00	0,80	0,40	55,00	
	Basah	1,00	0,80	0,40	60,00	
6	Pupuk Guano *)	4,89	1,65	1,89		
7	Jerami Padi					3
8	Azolla/Kayu Apu					
9	Pahitan / Titonia	1,76	0,82	3,92		
10	Orok-2 /Eceng2					
11	Bungkil biji kapuk	3,5-4,5	2	2		
12	Bungkil biji jarak	3 - 5	2	2		
13	Blotong tebu	0,25	0,16	0,38	52,67	
14	Kompos					2
Jumlah						10

Olabode, dkk 2007, Budiono (2008)

*) kotoran kelelawar memiliki hara N % (sangat tinggi); P % (sangat tinggi); K % (sangat tinggi); dan rasio C/N 5 (rendah)

Selanjutnya pada Tabel 3.2. di bawah menunjukkan potensi sumber nutrisi/hara dari beberapa seresah tanaman pangan.

Tabel 3.2. Sumber Nutrisi/Hara Beberapa Tanaman Pangan

No.	Jensi Tanaman	Total Hara dalam Sisa Tanaman kecuali Akar(kg. ha ⁻¹)					
		N	P	K	CA	Mg	S
1.	Kacang-2an						
	K. Tunggak	25	2	21	17	8	6
	K. Tanah	7	5	59	60	17	16
	K. Hijau	35	3	54	18	9	7
	Kedelai	15	2	13	1	2	6
	K. Panjang	65	6	33	23	16	8
2.	Biji-bijian						
	Jagung hibrida	45	7	58	7	12	6
	Jagung lokal	25	4	32	4	7	4
	Padi unggul	30	2	93	10	6	1
	Padi local	15	2	49	5	3	1
3.	Umbi-umbian						
	Singkong	61	5	41	42	11	6
	Kentang	39	8	46	9	4	5
	Ubi jalar	30	5	29	4	2	3

Menurut Cahaya dan Nugraha (2008), kompos yang telah matang berbau seperti tanah, karena materi yang dikandungnya sudah menyerupai materi tanah dan berwarna coklat kehitamhitaman, yang terbentuk akibat pengaruh bahan organik yang sudah stabil, sedangkan bentuk akhir sudah tidak menyerupai bentuk aslinya karena sudah hancur akibat penguraian alami oleh mikroorganisme yang hidup di dalam kompos.

2.2 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik

Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, menegaskan bahwa persyaratan teknis minimal untuk pupuk organik padat sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat

No	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU	
			MURNI	DIPERKAYA MIKROBA
1.	C - organik	%	minimum 15	minimum 15
2.	C/N	-	≤ 25	≤ 25
3.	Kadar Air	% (w/w)	8-20	10-25
4.	Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	minimum 2	
5.	Hara mikro Fe total Fe tersedia Zn	ppm ppm ppm	maksimum 15.000 maksimum 500 maksimum 5000	maksimum 15.000 maksimum 500 maksimum 5000
6.	pH	-	4 - 9	4 - 9
7.	<i>E.coli</i> <i>Salmonella sp</i>	Cfu/g atau MPN/g cfu/g atau MPN/g	< 1 x 10 ² < 1 x 10 ²	< 1 x 10 ² < 1 x 10 ²
8.	Mikroba fungsional**	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵
9.	Logam berat: As Hg Pb Cd Cr Ni	ppm ppm ppm ppm ppm ppm	maksimum 10 maksimum 1 maksimum 50 maksimum 2 maksimum 180 maksimum 50	maksimum 10 maksimum 1 maksimum 50 maksimum 2 maksimum 180 maksimum 50
10.	Ukuran butir 2-4,75mm***	%	minimum 75	minimum 75
11.	Bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%	maksimum 2	maksimum 2
12.	Unsur/senyawa lain**** Na Cl	ppm ppm	maksimum 2.000 maksimum 2.000	maksimum 2.000 maksimum 2.000

*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintesis.

***) Mikroba fungsional sesuai klaim genusnya dan jumlah genus masing-masing ≥ 1 x 10⁵ cfu/g

****) Khusus untuk pupuk organik granul.

*****) Khusus untuk pupuk organik hasil ekstraksi rumput laut. Semua persyaratan diatas kecuali kadar air, dihitung atas dasar berat kering (adbk)

Di samping itu, untuk pupuk organik cair sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair

No.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C – organik	% (w/v)	minimum 10
2.	Hara makro: N + P ₂ O ₅ + K ₂ O	% (w/v)	2 - 6
3.	N-organik	% (w/v)	minimum 0,5
4.	Hara mikro** Fe total Mn total Cu total Zn total B total Mo total	ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90 – 900 25 – 500 25 – 500 25 – 500 12 – 250 2 – 10
5.	pH	-	4 – 9
6.	<i>E.coli</i> <i>Salmonella sp</i>	cfu/ml atau MPN/ml cfu/ml atau MPN/ml	< 1 x 10 ² < 1 x 10 ²
7.	Logam berat As Hg Pb Cd Cr Ni	ppm ppm ppm ppm ppm ppm	maksimum 5,0 maksimum 0,2 maksimum 5,0 maksimum 1,0 maksimum 40 maksimum 10
8.	Unsur/senyawa lain*** Na Cl	ppm ppm	maksimum 2.000 maksimum 2.000

*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintetis.

***) Minimum 3 (tiga) unsur.

****) Khusus untuk pupuk organik hasil ekstraksi rumput laut dan produk laut lainnya.

BAB IV

POTENSI KOTORAN TERNAK SAPI

3.1 Kotoran Sapi Padat Segar

Pupuk kandang (pukan) dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang selanjutnya mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur Nitrogen yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran.

Manfaat dari penggunaan pukan telah diketahui berabad-abad lampau bagi pertumbuhan tanaman, baik pangan, ornamental, maupun perkebunan. Yang harus mendapat perhatian khusus dalam penggunaan pupuk organik kotoran ternak adalah kandungan haranya yang sangat bervariasi. Komposisi hara ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan umur hewan, jenis makanannya, alas kandang, dan penyimpanan/pengelolaan.

Tabel 4.1. Kadar Nutrisi yang Terdapat dalam Kotoran Ternak

Sumberpukan	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
	ppm						
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Sumber: Tan(1993)

Tabel 4.2. Kandungan Hara dari Kotoran Ternak Segar

Sumber	Kadar Air	Bahan organik	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Rasio C/N
Sapi	80	16	0,3	0,2	0,15	0,2	20-25
Kerbau	81	12,7	0,25	0,18	0,17	0,4	25-28
Kambing	64	31	0,7	0,4	0,25	0,4	20-25
Ayam	57	29	1,5	1,3	0,8	4,0	9-11
Babi	78	17	0,5	0,4	0,4	0,07	19-20
Kuda	73	22	0,5	0,25	0,3	0,2	24

Sumber: Pinus Lingga(1991)

Selain serat, kotoran sapi memiliki kandungan air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

Telah dibuktikan dari berbagai penelitian di laboratorium, bahwa pupuk yang berasal atau berbahan baku kotoran sapi memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dan bisa dimanfaatkan/ dibutuhkan oleh tanaman.

Tabel 4.3. Kadar Hara Beberapa Bahan Dasar Pupuk Organik Sebelum Dikomposkan

Jenis bahan dasar	Kadar hara (g100 g ⁻¹)				
	C	N	C/N	P	K
Bahan Segar					
Kotoran sapi	63,44	1,53	41,46	0,67	0,70
Kotoran kambing	46,51	1,41	32,98	0,54	0,75
Kotoran ayam	42,18	1,50	28,12	1,97	0,68
Kompos					
Sapi		2,34	16,8	1,08	0,69
Kambing		1,85	11,3	1,14	2,49
Ayam		1,70	10,8	2,12	1,45

Sumber: Tim Balittanah

3.2 Kotoran Cair/Urin Ternak Sapi

Selain kotoran yang berbentuk padat, urine juga bisa dijadikan pupuk untuk tanaman. *Urin* merupakan buangan dari sisa-sisa metabolisme dalam tubuh. *Urin* mengandung kadar nitrogen yang tinggi, hasil dari perombakan metabolisme protein. Selain nitrogen, urine juga mengandung sulfur dan fosfat.

Oleh karenanya jika peternak bisa mengelola dan memanfaatkan limbah dari kencing sapi ini maka akan mendapatkan masukan dan keuntungan ganda dari peternakannya. Peternak yang memanfaatkan urine menjadi bio-

urine maka agar praktis dalam penampungannya diperlukan suatu saluran limbah yang dimodifikasi agar kotoran padat sapi dan urinenya bisa terpisah.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Andi Putranto AT (2003) di Dusun Ngadong, Desa Girikerto, Kec. Turi, Kab. Sleman Yogyakarta bahwa dalam 100 ekor sapi dapat menghasilkan 1.500 liter sampai dengan 2.000 liter urine per hari. Berdasarkan hal tersebut maka jika terdapat 50.000 ternak maka terdapat potensi kurang lebih 731.895 liter urine sapi per hari yang terbuang dan tidak dimanfaatkan. Itu baru urine yang dihasilkan dari ternak sapi belum dari ternak kuda, kerbau, kambing, dan yang sejenis lainnya.

Tabel 4.4. Jenis dan Kandungan Zat Hara pada beberapa Kotoran Ternak Padat dan Cair

Nama Ternak & bentuk kotorannya	N (%)	F (%)	K (%)	Air (%)
Kuda - padat	0.55	0.30	0.40	75
Kuda - cair	1.40	0.02	1.60	90
Kerbau - Padat	0.60	0.30	0.34	85
Kerbau - Cair	1.00	0.15	1.50	92
Sapi -padat	0.40	0.20	0.10	85
Sapi - cair	1.00	0.50	1.50	92
Kambing - padat	0.60	0.30	0.17	60
Kambing - cair	1.50	0.13	1.80	85
Domba - padat	0.75	0.50	0.45	60
Domba - cair	1.35	0.05	2.10	85

Sumber: Lingga, 1991

BAB V

TEKNOLOGI PEMBUATAN

PUPUK ORGANIK

4.1 Pupuk Organik Padat dari Kotoran Padat Sapi

Pemanfaatan kotoran padat ternak sapi/kuda hingga saat ini masih belum secara maksimal baik untuk keperluan sendiri maupun untuk diusahakan secara komersil. Kebanyakan peternak ataupun petani ternak hanya membiarkan penumpukan kotoran padat untuk pematangan melalui proses fermentasi alami di sekitar perkandangan yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

Oleh karena itu, perlu adanya usaha pengenalan teknologi yang lebih maju namun terjangkau terkait pengelolaan kotoran kandang sapi, baik untuk dijadikan pupuk organik padat (kompos pupuk kandang) ataupun serbuk yang diperkaya. Hal ini menjadi sebuah peluang untuk mendapatkan keuntungan lebih besar bagi para peternak dan petani. Dalam proses pengolahan kotoran ternak sapi menjadi pupuk organik yang memenuhi persyaratan teknis, perlu terlebih dahulu dilakukan proses fermentasi untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dan tidak berbahaya bagi tanaman.

Teknologi dalam proses pembuatan pupuk organik padat yang berbahan baku dari kotoran padat sapi dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Bahan-Bahan:

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| - Kotoran padat sapi | 1 kuintal |
| - Abu sekam/jerami | 25 kg |
| - Tetes tebu (mollases) | 750 ml |
| - Bio aktivator/starter (EM-4) | 250 ml |
| - Air bersih | 10 liter |

b. Peralatan :

- Bak penampungan kotoran ternak
- Terpal kanvas penutup ukuran 6 m x 6 m
- Kantong / zak plastik kapasitas 50 kg
- Cangkul, sekop dan garbu
- Crusher penghancur seresah dan ranting tanaman

c. Prosedur pembuatan

- Siapkan lokasi untuk penimbunan kotoran sapi padat segar, diamkan hingga terjadi pengeringan dan fermentasi alami pada area yang akan teduh.
- Ambil bagian kotoran sapi yang sudah cukup matang proses pengeringan dan fermentasi akaminya, sekitar 100 kg, tampung dalam bak pengomposan yang telah disiapkan.
- Siapkan pangkasan segar tanaman/seresah dan lakukan penghancuran dalam mesin crusher, siapkan sekitar 50-100 kg dan masukkan ke dalam bak pengomposan yang telah berisi kotoran sapi sebelumnya.

- Aduk campuran tersebut selama 15 menit hingga merata, kemudian tambahkan abu sekam atau jerami padi serta aduk kembali hingga merata.
- Setelah dirasa cukup merata, taburkan mikroba pemacu dekomposisi (EM-4) ke seluruh permukaan campuran bahan-bahan tadi sampai diaduk-aduk hingga meresap habis.
- Bak fermentasi selanjutnya ditutup rapat, pengadukan ini dilakukan tiap hari selama **21 hari**.
- Setelah 21 hari, hasil fermentasi campuran kotoran sapi dan seresah tanaman diayak dan lakukan pengemasan untuk siap digunakan atau dijual.
- Sebelum digunakan dilakukan uji laboratoris untuk menguji kualitas pupuk organik agar memenuhi SNI.

Proses pembuatan pupuk organik padat/tepung berbasis kotoran padat sapi yang diperkaya dapat dilihat pada Gambar 5.1. berikut ini.



Gambar 5.1. Bagan Alir Proses Pembuatan Pupuk Organik Kotoran Sapi

4.2 Pupuk Organik Cair dari Urin Sapi

Pemanfaatan limbah ternak berupa urine belum tergarap secara maksimal baik untuk keperluan sendiri maupun untuk diusahakan secara komersil. Kebanyakan mesyarakat membiarkan atau membuang **urin ternak** di sekitar perkandangan yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya usaha pemanfaatan urine, baik untuk dijadikan **pupuk cair** atau yang lebih populer dengan sebutan **bio-urine**.

Hal ini menjadi sebuah peluang untuk mendapatkan keuntungan lebih besar bagi para peternak dan petani. Dalam proses pengolahan urine ternak menjadi bio-urine perlu terlebih dahulu dilakukan proses fermentasi untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dan tidak berbahaya bagi tanaman.

Teknologi dalam proses pembuatan pupuk organik cair yang berbahan baku dari urin sapi dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Bahan-Bahan:

- Urin sapi/kambing 100-130 liter
- Tetes tebu (mollases) 750 ml
- Bio aktivator/starter 250 ml
- Air bersih 10 liter

b. Peralatan :

- Drum plastik ukuran 100 liter 4 unit
- Ember plastik ukuran 20 liter 2 unit
- Aerator/agitator (pengaduk) 1 unit

c. Prosedur pembuatan

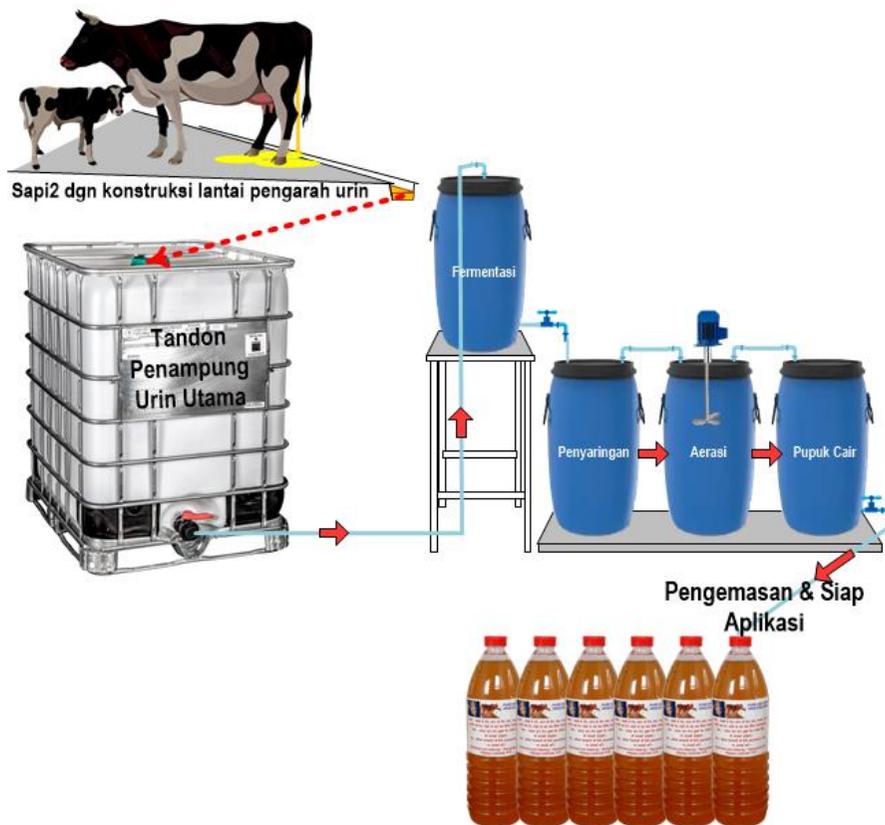
- Larutkan **Bio aktivator** dan **Molasses** kedalam air sebanyak **10 liter**, kemudian dituangkan kedalam drum yang telah terisi urine.
- Campurkan empon-empon (temulawak, temu ireng, kunyit, kencur, sirih, dll) yang telah dihaluskan kedalam drum urine.
- Aduk campuran tersebut selama **15 menit**, kemudian drum ditutup rapat, pengadukan ini dilakukan tiap hari selama **21 hari**.

- Setelah 21 hari, urine langsung disaring dan lakukan aerasi menggunakan aerator gelembung selama **3 jam**. Tujuannya untuk menurunkan kandungan amoniak dalam larutan.
- **Pupuk Bio-urinsiap** digunakan.
Proses pembuatan pupuk organik cair berbasis urin sapi yang diperkaya dapat dilihat pada Gambar 5.2. berikut ini.

d. Cara penggunaan

- Pupuk cair dari urin sapi yang sudah jadi, merupakan pupuk cair yang cukup pekat, sehingga dalam penggunaannya harus diencerkan dengan dicampur air bersih/sumur, dengan perbandingan **1 liter urin : 10 liter air**.
- Untuk perlakuan benih, benih/biji direndam selama semalaman, Untuk bibit, perendaman selama maksimal **10 menit**,
- Untuk pupuk cair yang diaplikasi lewat daun, gunakan **1 liter urine** per tangki,

Kandungan unsur hara bio-urine adalah : kadar Nitrogen (N) sebanyak **21%**, Fosfor (P) sebanyak **15%**, Kalium (K) sebanyak **1,05%**, C-Organik **4,82%** dan pH **7,13%**.

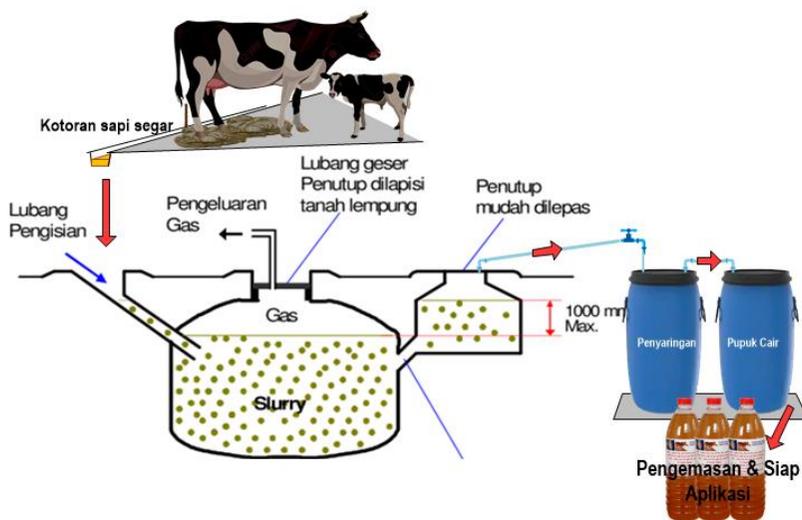


Gambar 5.2. Bagan Alir Proses Pembuatan Pupuk Cair Urin Sapi

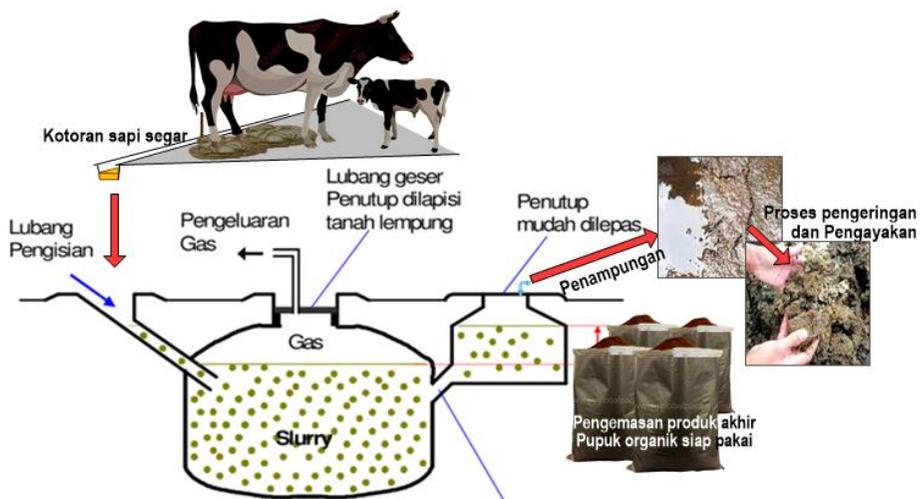
4.3 Pupuk Organik dari Slurry Biogas Kotoran Sapi

Pemanfaatan limbah endapan proses biogas berupa slurry belum tergarap secara maksimal baik untuk keperluan sendiri maupun untuk diusahakan secara komersil. Kebanyakan masyarakat menguras, membiaskan atau membuang *slurry* yang notabene ternak kotoran ternak sapi padat yang telah bebas gas metananya di sekitar perkandangan yang dapat menimbulkan pencemaran dan gangguan estetika lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya usaha pemanfaatan slurry, baik untuk dijadikan pupuk cair atau yang lebih populer dengan sebutan *bio-slurry* maupun pupuk organik padat serbuk.

Adapun proses pembuatan pupuk organik cair dan padat berbasis slurry biogas kotoran sapi dapat dilihat pada Gambar 5.3. dan Gambar 5.4. berikut ini.



Gambar 5.3. Bagan Alir Proses Pembuatan Pupuk *Slurry* Cair



Gambar 5.4. Bagan Alir Proses Pembuatan Pupuk *Slurry* Padat

Namun demikian, yang perlu diperhatikan bahwa pada pemanfaatan kotoran ternak sapi menjadi bahan pakan biogas, selama proses fermentasi lumpur kotoran ternak tersebut mengalami proses pelepasan gas metana yang dimanfaatkan untuk bahan bakar. Proses fermentasi yang melibatkan bakteri perombak unsur nitrogen/protein dalam bahan kotoran cukup menguras sebagian besar unsur hara yang cepat dibutuhkan oleh tanaman. Oleh karenanya, untuk menghasilkan pupuk organik yang kaya nutrisi harus dilakukan penambahan bahan pengkaya unsur yang dibutuhkan tanaman selama proses pencampuran bahan dan penyaringan produk pupuk.

4.4 Uji Kualitas Produk Pupuk Organik Kotoran Sapi

Sebagaimana telah diuraikan di Bab 3, Kementerian Pertanian Republik Indonesia melalui Kepmentan Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 telah menetapkan regulasi tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik padat dan cair. Oleh karenanya, kewajiban pengrajin pupuk organik untuk terus memantau kualitas produk pupuknya. Untuk tetap menjaga dan terus meningkatkan kualitas produk pupuk organik serta dampak aplikasinya di lahan pertanian, dengan mendasarkan setiap parameter persyaratan teknis yang sudah ditetapkan diatas.

Uji petik kualitas proses produksi sebaiknya dilakukan secara terintegrasi, terprogram, terjadual dan berkelanjutan; mulai dari uji bahan baku hingga bahan jadi siap aplikasi.

BAB VI

PENUTUP

Pada teknis pembuatan pupuk dari serasah memerlukan bioactivator untuk mengoptimalkan peran mikroorganisme decomposer agar proses perombakan berjalan cepat, kotoran ternak dan hijauan sebagai bahan tambahan. Selain itu kotoran ternak setelah terinkubasi merupakan bahan yang mengandung banyak unsur hara. Keuntungan penambahan mikroorganisme efektif sebagai bioaktivator adalah diantaranya: mempercepat dekomposisi bahan-bahan organik secara fermentasi, melarutkan komponen fosfat (P) yang tidak tersedia menjadi bentuk P yang tersedia bagi tanaman, mengikat nitrogen udara, menghasilkan berbagai enzim dan hormon bagi senyawa bioaktif untuk pertumbuhan (www.khaniwata.itgo.com)

Berdasarkan wujudnya, pupuk organik (organik fertilizer) yang berasal dari kotoran sapi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu cair dan padat (remahan). Dalam beberapa hal, pupuk organik cair (POC) lebih disukai petani karena praktis dan menghemat tempat penyimpanan. Pada dasarnya, pembuatan POC juga dimaksudkan untuk pengayaan unsur hara dalam pupuk tersebut. Pengayaan itu bisa menggunakan urin ternak, dalam hal ini sapi, atau biasa disebut sebagai biourine. Bisa juga

menggunakan kotoran ternak yang padat (*feces*) atau disebut sebagai biokultur. Proses pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dilakukan dengan menyediakan bahan baku berupa kotoran sapi yang telah bercampur dengan urin yang telah dikumpulkan selama beberapa hari dalam satu kandang. Untuk mempercepat proses fermentasi ditambahkan bioaktivator berupa inokulum EM-4 yang telah dilarutkan dalam molase. Kemudian campurkan mikrobia dalam molase dengan kotoran sapi yang mengandung urin ke dalam tangki atau drum. Aerasi dapat dilakukan dengan pengadukan selama 1-2 jam kemudian drum ditutup rapat dan didiamkan selama 7 hari dan setiap harinya dilakukan pengadukan selama 15-30 menit. Pada hari ke 8 cairan yang berada di bagian paling atas diambil dan bagian yang mengendap diperas. Cairan hasil perasan dicampur dengan cairan yang diambil sebelumnya. Cairan ini disimpan dalam jerigen sebagai Pupuk Organik Cair (POC).

Sedangkan untuk limbah padat kotoran ternak dan sisa pakan berupa daun-daun hijau dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kandang padat (kompos). Bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut: Kotoran ternak sapi sebanyak 40 kg, sisa-sisa daun hijau 20 kg, bioaktivator EM-4 yang telah dilarutkan dalam molase atau cairan gula, abu sekam 10 kg, kalsit atau kapur 1 kg. Tempat pembuatan pupuk kandang dilakukan di tempat yang beralas tanah dan ternaungi agar pupuk tidak terkena sinar matahari dan air hujan secara langsung. Untuk pengolahan, perlu

disediakan dua lokasi yang dapat dipakai untuk tempat pembalikan.

Proses meliputi: kotoran sapi yang masih bercampur dengan urin diambil dari kandang dan telah ditiriskan selama satu minggu untuk mengurangi kadar air. Kotoran sapi yang kadar airnya telah berkurang dicampur dengan sisa pakan hijau, daun-daunan kering, abu sekam, kapur, dan larutan EM-4 dalam molase dicampur dan diaduk merata didiamkan selama 1 minggu dengan ditutup karung goni atau terpal. Setelah satu minggu di lokasi 1, tumpukan dipindahkan ke lokasi 2 dengan cara dibalik secara untuk menambah suplai oksigen dan meningkatkan homogenitas bahan. Pada tahap ini diharapkan terjadi peningkatan suhu sampai 70% untuk mematikan pertumbuhan biji gulma, sehingga kompos bebas dari gulma. Setiap minggu selama 4 minggu dilakukan pembalikan secara teratur. Setelah minggu ke empat diharapkan kompos telah matang dengan warna pupuk coklat kehitaman bertekstur remah dan tidak berbau (Gambar 5). Untuk mendapatkan tekstur yang beragam, maka sebaiknya kompos yang telah jadi diayak (Lili Muslihat, 2008)

Keunggulan pupuk organik berupa pupuk kandang atau kompos maupun pupuk cair dibandingkan dengan pupuk buatan (anorganik) adalah diantaranya: memperbaiki tekstur tanah, meningkatkan pH tanah, menambah unsur hara makro maupun mikro, meningkatkan keberadaan jasad-jasad renik dalam tanah, dan tidak menimbulkan polusi lingkungan. Sedangkan

kelemahannya adalah : jumlah pupuk yang diberikan lebih tinggi dari pada pupuk anorganik dan respon tanaman lebih lambat (Sibuea, dkk, 1993).

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, A. 2008. Bukti Keunggulan Pupuk Organik Solid. *Tani, Mei-Juni*, 30.
- Febrisiantosa, A., Rosyida, V.T., dan Suharwadji. 2009. Pengaruh Pemberian Sludge Cair terhadap Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays*). *Proceedings of 6th Basic Science National Seminar*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang, 21 Februari, hal. 75-77.
- Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah.
- Lingga, 1991. Petunjuk penggunaan Pupuk. *Penebar Swadaya. Jakarta*.
- Nurhikmat, A., Rosyida, V.T., Suharwadji, dan Febrisiantosa, A. 2009. Aplikasi Terpadu Pemupukan Organik dan Irigasi Tetes pada Produksi Tanaman Kacang Tanah dan Sawi. *Seminar Nasional 2009 Pengembangan Teknologi Berbasis Bahan Baku Lokal*, Fak. Tek. Pertanian UGM, LIPI, BKPP, BI, dan PATPI.
- Olabode, O.S., Ogunyemi S., Akanbi, W.B., Adesina G.O. dan P.A. Babajide. 2007. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A Gray for Soil Improvement. *World Journal of Agricultural Sciences Vol 3, No 4, hal 503-507*.
- Putranto, A.T.S.A. 2003. Pemanfaatan urine sapi Bali untuk pembuatan pupuk organik cair di Dusun Ngandong, Desa Girikerto, Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman Daerah

Istimewa Yogyakarta. *Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta.*

Sentana, S. 2010. Pupuk Organik, Peluang, dan Kendalanya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, hal. D05-1 - D05-4, Yogyakarta 26 Januari.*

Sumarsono, Widjajanto, D.W., dan Sutarno. 2017. Petunjuk Praktikum Matakuliah Pertanian Organik. *Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Jurusan Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.*

www.khaniwata.itgo.com

ISBN 978-623-6859-62-9



9 786236 859629