

PEMANFAATAN LIMBAH BIOMASSA MENJADI PUPUK ORGANIK CAIR SECARA ANAEROB SERTA APLIKASINYA PADA TANAMAN CABAI MERAH DAN DAUN SELEDRI

¹⁾Annis, ²⁾La Ifa, ³⁾Nurjannah

¹⁾Program Pascasarjana Studi Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia

^{2,3)} Dosen Pascasarjana Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo No. 225, Makassar Indonesia 90232

Email: ljannah6907@yahoo.com

ABSTRAK

Pupuk merupakan kebutuhan utama bagi para petani dan perkebunan untuk memperoleh hasil tanaman yang optimal, oleh karena itu kelangkaan dan mahalnya harga pupuk menjadi masalah bagi petani. Limbah dari peternakan sapi di Indonesia belum banyak dimanfaatkan. Sebagian peternak memanfaatkan limbah ini sebagai salah satu biogas dan sebagian membuangnya langsung sehingga menjadi salah satu penyebab polusi lingkungan. Urin sapi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman karena memiliki unsur hara makro dan mikro serta memiliki hormon alami. Penelitian ini dimulai dengan menyiapkan bahan organik yang digunakan seperti kotoran, urin sapi, molases, kulit pisang kepok, air, sari lontar, dan perbandingan EM4. Kulit pisang kepok dicacah menjadi potongan kecil kemudian dibelender hingga halus, dimasukkan ke dalam jergen bersama urin, molases, bahan aktivator sari lontar dan perbandingan EM4 kemudian diaduk hingga merata. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pupuk organik cair urin sapi sampel D menggunakan bioaktivator sari lontar dengan rasio C/N 29, menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman cabai dan seledri pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah anakan. Secara ekonomi, industri rumahan pembuatan pupuk ini telah memenuhi standar untuk didirikan dimana BEP berada pada range 40-50 % dan ROI 44 %.

Kata Kunci : Limbah biomassa, pupuk organik cair, cabai merah, seledri.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses atau kegiatan (Wardana, 2007). Sampah menjadi sumber pencemaran lingkungan karena menimbulkan bau tidak sedap, dapat mencemari tanah dan dipandang sebagai estetika mengurangi keindahan lingkungan. ‘Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan segala sesuatu di muka bumi dalam keadaan sia-sia, maha suci Engkau, maka selamatkanlah kami dari siksa neraka. (Quran, Ali-Imran, 3:191).

Limbah organik berasal dari sampah organik, potensinya sangat tinggi terutama dari daerah perkotaan yang berpenduduk padat. Sebagian besar sampah dari pemukiman (rumah tangga) berupa sampah

organik, yang proporsinya mencapai 78%. Sampah organik ini umumnya bersifat *biodegradable*, yaitu dapat terurai menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana oleh aktivitas mikroorganisme tanah. Penguraian dari sampah organik ini akan menghasilkan materi yang kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan, sehingga sangat baik digunakan sebagai pupuk organik. (Sulistiyawati, et al., 2009).

Pupuk organik adalah nama semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Pemupukan merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam budidaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Pemberian pupuk ke dalam tanah bertujuan untuk menambah dan/atau mempertahankan

kesuburan anorganik tanah, di mana kesuburan anorganik tanah dinilai pirolisi maupun hara mikro secara berkecukupan dan berimbang. Pertumbuhan dan produksi tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan (tanah dan iklim) di mana tanaman tersebut tumbuh.

Tanah merupakan tempat tumbuh dan sebagai penyedia air, unsur hara dan oksigen bagi tanaman. Ketersediaan unsur hara di dalam tanah untuk kebutuhan tanaman tergantung pada tingkat kesuburan tanah yang bersangkutan yakni kemampuan tanah untuk menyediakan hara bagi tanaman dalam jumlah yang berimbang untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Kesuburan tanah tidak saja dilihat dari kandungan unsur hara di dalam tanah yakni kesuburan anorganik, tetapi juga dari kesuburan fisik dan biologi tanah. Untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, tanaman membutuhkan unsur hara esensial yakni unsur hara makro (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg dan S) yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif banyak dan unsur mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, Cl, Si) yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif sedikit (Finck, 1981). Ketersediaan masing-masing unsur tersebut di dalam tanah berbeda antar tanaman. Jumlah unsur hara di dalam tanah dapat dimanipulasi dengan mudah melalui pemupukan. Keseimbangan hara melalui pemupukan diperlukan untuk proses produksi tanaman dan sekaligus menjaga serta memperbaiki kesuburan tanah (Marpaung, 2014).

Sari lontar dipilih sebagai aktivator untuk mengoptimalkan waktu fermentasi dan menambah nilai kandungan dalam pupuk organik, kita ketahui bahwa sari lontar memiliki banyak kandungan utama yang baik untuk pupuk fermentasi. *Neera* dikatakan mengandung banyak nutrisi, termasuk kalium. Komponen utama penyusun sari lontara adalah gula, gula reduksi, protein, mineral sebagai abu, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin C dan vitamin lainnya. Konsentrasi nutrisi yang tinggi akan mempercepat terjadinya proses fermentasi karena adanya aktivitas mikroba (Arpah, 2001).

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) adalah sayuran semusim yang termasuk famili

terung-terungan (Solanaceae). Tanaman ini berasal dari benua Amerika, tepatnya di daerah Peru, dan menyebar ke daerah lain di benua tersebut. Di Indonesia sendiri diperkirakan cabai merah dibawa oleh saudagar-saudagar dari Persia ketika singgah di Aceh antara lain adalah cabai merah besar, cabai rawit, cabai merah keriting dan paprika. Cabai tidak hanya digunakan untuk konsumsi rumah tangga sebagai bumbu masak atau bahan campuran pada berbagai industri pengolahan makanan dan minuman, tetapi juga digunakan untuk pembuatan obat-obatan dan kosmetik. Selain itu cabai juga mengandung zat-zat gizi yang sangat diperlukan untuk kesehatan manusia. Cabai mengandung protein, lemak, karbohidrat, kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe), vitamin-vitamin, dan mengandung senyawa alkaloid seperti flavonoid, capsolain, dan minyak esensial (Santika, 2006).

Produksi cabai di Indonesia masih rendah dengan rata-rata nasional hanya mencapai 5,5 ton/ha, sedangkan potensi produksinya dapat mencapai 20 ton/ha (Santika, 2006). Berdasarkan hal itu, maka usaha peningkatan produksi cabai harus dilakukan baik dengan cara perbaikan teknik budidaya maupun dengan penggunaan varietas yang sesuai.

Salah satu cara usaha peningkatan produksi yaitu dengan perbaikan teknik budidaya seperti penggunaan pupuk organik. Pupuk organik padat merupakan pupuk dari hasil pelapukan sisa-sisa tanaman atau limbah organik (Musnamar, 2003). Limbah yang dimaksud berasal dari hasil pelapukan jaringan-jaringan tanaman atau bahan-bahan tanaman seperti jerami, sekam, daun-daunan dan rumput-rumputan yang berupa limbah hayati yang mudah diperoleh dari lingkungan sekitar kita, didaur ulang dan dirombak dengan bantuan mikroorganisme dekomposer seperti bakteri dan cendawan menjadi unsur-unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman. Proses perombakan jenis bahan organik menjadi pupuk organik dapat berlangsung secara alami atau buatan (Prihmantoro, 2005).

Pupuk kandang yang berasal dari kotoran sapi merupakan pupuk padat yang banyak mengandung air dan lendir. Pupuk ini digolongkan sebagai pupuk dingin. Pupuk

dingin merupakan pupuk yang terbentuk karena proses penguraian oleh mikroorganisme berlangsung secara perlahan-lahan sehingga tidak membentuk panas. Sebaliknya, pupuk kotoran kambing digolongkan sebagai pupuk panas, yaitu pupuk yang terbentuk karena proses penguraian oleh mikroorganisme berlangsung secara cepat sehingga membentuk panas (Musnamar, 2005). Kelemahan dari pupuk panas adalah mudah menguap karena bahan organiknya tidak terurai secara sempurna sehingga banyak yang berubah menjadi gas (Samekto, 2006).

Pada penelitian ini pupuk yang digunakan adalah pupuk padat dan pupuk cair, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pemberian pupuk organik padat dan pupuk organik cair dengan aktivator sari lontar pada tanaman cabai.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan membuat pupuk organik yang dimulai dari proses fermentasi limbah organik pada berbagai variabel volume sari lontar dan EM4. Dari proses fermentasi dengan bioaktivator tersebut diperoleh pupuk padat dan pupuk cair yang kemudian dilanjutkan dengan analisa kandungan makro, pengaruh pada tanaman cabai dan analisa kelayakan ekonomi.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Tanah Kab. Maros, Sulawesi Selatan dan kebun penelitian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Penelitian dilakukan pada selama \pm 3 bulan yang berlangsung pada Februari 2018 sampai bulan Mei 2018.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian antara lain: wadah plastik, kain kasa, batang pengaduk, pisau, sekop tanaman, alat pengaduk, ember, kantong polybag, alat *spray* (penyemprot), gelas ukur dan peralatan gelas laboratorium. Bahan Penelitian: cairan sari lontar, bakteri EM4, limbah organik berupa pelepah pisang,

jerami, dan kotoran sapi; bibit tanaman cabai varietas Baskara; dan media tanam berupa tanah.

Variabel Penelitian

Variabel Tetap antara lain: jumlah limbah organik (kotoran sapi, jerami, arang sekam padi, dan pelepah pisang). Konsentrasi pupuk padat-media tanam sebanyak 1:10. Variabel Berubah: volume bioaktivator sari lontar: 100 ml; 150 ml; 200 ml, volume bioaktivator EM4: 100 ml; 150 ml; 200 ml, konsentrasi pupuk cair: 5% ; 10% ; 15%.

Prosedur Penelitian

a. Persiapan Fermentasi

Disiapkan bahan organik yang digunakan seperti Kotoran Sapi, Jerami, Arang Sekam Padi, pelepah Pisang, Air, Sari Lontara, dan EM4. Jerami dan batang pisang dicacah menjadi potongan halus, Dimasukkan ke dalam baskom bersama kotoran sapi dan arang sekam lalu ditaburkan bahan aktivator sari lontar dan EM4 kemudian diaduk hingga merata.

b. Proses Fermentasi

Disiapkan drum yang diisi air sebanyak 2 L. Dimasukkan bahan organik (kotoran sapi, jerami, arang sekam dan batang pisang), bahan aktivator sari lontar dan EM4 dengan variabel 100 ml, 150 ml dan 200 ml. Setelah semua bahan dimasukkan kemudian diaduk. Ditambahkan kembali air sebanyak 3 L lalu diaduk kembali. Kemudian drum ditutup dan didiamkan, selama proses berlangsung temperatur maksimum 60-70°C. Dilakukan pengadukan monitoring 3 kali seminggu, dan diamati setiap hari suhu, bau dan warna yang ditimbulkan. Dipisahkan pupuk organik yang matang antara cairan dan padatan. Pupuk cairan kemudian dimasukkan dalam botol plastik. Dilanjutkan analisa di laboratorium untuk mengetahui nilai kandungan unsur hara makro dan diaplikasikan ke tanaman cabai.

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah analisa uji mutu pupuk dan aplikasi pupuk pada pertumbuhan tanaman cabai. Analisa uji mutu pupuk dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan unsur hara makro yaitu N, P, K, C, dan pH. Selain itu juga dilakukan analisa

pertumbuhan dengan mengaplikasikan pupuk padat dan pupuk cair yang diperoleh dari proses fermentasi pada tanaman cabai dengan pengamatan selama dua minggu. Pengecekan tanaman dilakukan dua kali seminggu untuk melihat perubahan pada tanaman setelah penambahan pupuk organik padat dan cair yang mempengaruhi kandungan dalam unsur tanah. Pupuk padat dicampurkan pada media tanam dalam polybag dan Pupuk cair disemprotkan seminggu dua kali pada tanaman. Konsentrasi pupuk padat adalah 1:10 terhadap media tanam sedangkan konsentrasi pupuk cair yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15%. Adapun parameter pertumbuhan tanaman cabai yang diamati adalah jumlah daun dan tinggi batang. Setelah diketahui kondisi optimum hasil uji kandungan unsur hara makro dan pertumbuhan tanaman cabai, maka dilakukan analisa kelayakan ekonomi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan unsur hara makro pada pupuk organik padat dan cair dengan aktivator sari lontar dan EM4

Tabel 1. Hasil uji pupuk padat dengan aktivator sari lontar dan EM4

No. Urut	Parameter	Hasil					
		Sari		Sari		Sari	
		Lontar 100 ml	EM4 100 ml	Lontar 150 ml	EM4 150 ml	Lontar 200 ml	EM4 200 ml
1	N-total, %	0,53	0,94	0,71	0,68	0,68	0,84
2	P ₂ O ₅ , %	0,55	0,53	0,55	0,52	0,57	0,50
3	K ₂ O, %	2,16	2,42	2,33	2,15	2,58	2,14
4	pH	8,81	8,38	8,85	8,43	8,81	8,43
5	C-Organik, %	27,60	29,03	28,88	28,41	29,17	29,11
6	Kadar air, %	8,58	8,41	8,96	7,94	9,21	8,65
7	C/N	52	31	40	42	43	35

Tabel 1 menunjukkan hasil uji pupuk padat dengan aktivator sari lontar dan EM4 pada parameter N-total, P, K, pH, C-Organik, kadar air dan rasio C/N. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa unsur hara makro pupuk padat dengan aktivator sari lontar lebih baik daripada EM4. Berdasarkan dari data tersebut dapat dilihat bahwa kandungan unsur hara makro pupuk padat dengan aktivator sari lontar lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk padat dengan aktivator EM4, namun

nilai antara keduanya tidak jauh berbeda (signifikan). Sehingga dalam hal ini penggunaan sari lontar sebagai aktivator pada pembuatan pupuk organik padat cukup bersaing dengan penggunaan EM4 sebagai aktivator yang selama ini telah dikomersilkan.

Tabel 2. Hasil uji pupuk cair dengan aktivator sari lontar dan EM4

No. Urut	Parameter	Hasil					
		Sari		Sari		Sari	
		Lontar 100 ml	EM4 100 ml	Lontar 150 ml	EM4 150 ml	Lontar 200 ml	EM4 200 ml
1	N-total, %	0,29	0,39	0,30	0,51	0,40	0,48
2	P ₂ O ₅ , %	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03
3	K ₂ O, %	0,46	0,45	0,42	0,55	0,49	0,47
4	pH	8,26	8,36	8,40	8,17	8,24	8,26
5	C-Organik, %	7,54	0,45	6,00	0,82	4,53	1,01

Tabel 2 menunjukkan hasil uji pupuk cair dengan aktivator sari lontar dan EM4 pada parameter N-total, P, K, pH, C-Organik. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa unsur hara makro pupuk cair dengan aktivator sari lontar 100 ml lebih besar dibandingkan dengan menggunakan aktivator EM4 100 ml. Ketersediaan unsur hara pada tanaman akan memberikan pertumbuhan tanaman yang normal. Unsur hara yang telah di uji antara lain N-total, P, K, pH, C-Organik, kadar air dan rasio C/N sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk melakukan proses metabolisme. Unsur N berperan dalam pertumbuhan daun pada tanaman, kadar N yang cukup dapat berpengaruh pada pertumbuhan luas daun dan jumlah daun yang signifikan. Unsur P berperan sebagai transfer energi ATP (adenin tri fospat).

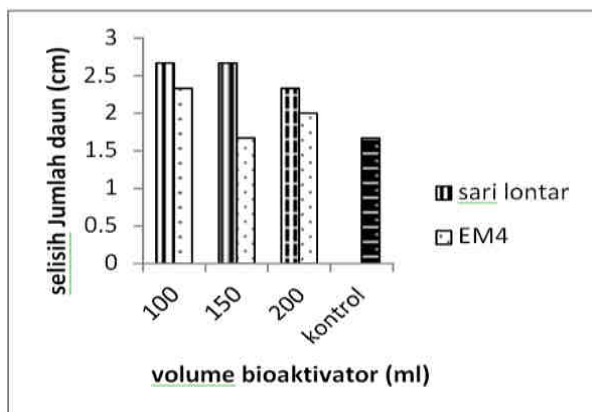
Berdasarkan data hasil pengamatan unsur hara makro dengan aktivator sari lontar dan EM4 belum memenuhi standar baku mutu Permentan No.70 tahun 2011, sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan bahan baku yang mengandung unsur N, P, K, C-org dan pH.

Aplikasi pupuk padat dan cair dari limbah organik menggunakan aktivator sari lontar dan EM4 pada tanaman cabai.

Aplikasi pupuk organik padat dan cair dilakukan pada tanaman cabai yang telah

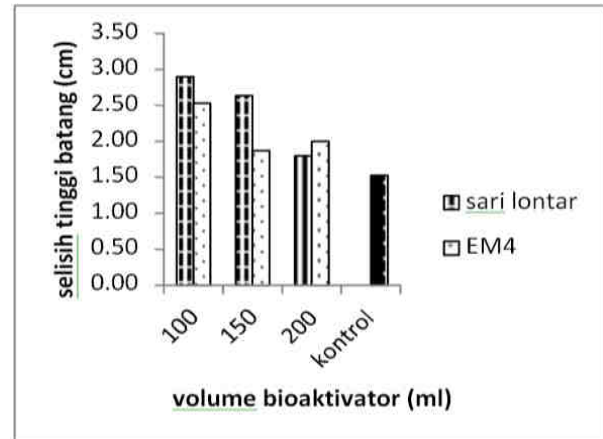
disemai selama tiga minggu, kemudian dipindahkan ke media tanam (polybag) dan dilakukan pengamatan selama dua minggu dengan penyiraman air dua kali sehari yaitu pagi dan sore. Parameter yang diamati pada pertumbuhan tanaman cabai adalah jumlah daun dan tinggi batang. Pada pupuk padat, dicampurkan pada media tanam saat dipindahkan ke polybag dengan perbandingan 1:10 sedangkan pupuk cair dilakukan dengan penyemprotan ke tanaman cabai sebanyak dua kali seminggu dengan konsentrasi pupuk cair 5%,10% dan 15%.

Secara umum kondisi tanaman cabai setelah penambahan pupuk organik padat dan cair dari limbah organik dengan aktivator sari lontar dan EM4, mengalami pertumbuhan dengan baik. Kondisi tersebut dapat dilihat pada jumlah daun dan pertambahan tinggi batang yang cukup signifikan setelah ditambahkan pupuk. Pertumbuhan tersebut juga telah dibandingkan terhadap kontrol tanaman cabai tanpa pupuk.



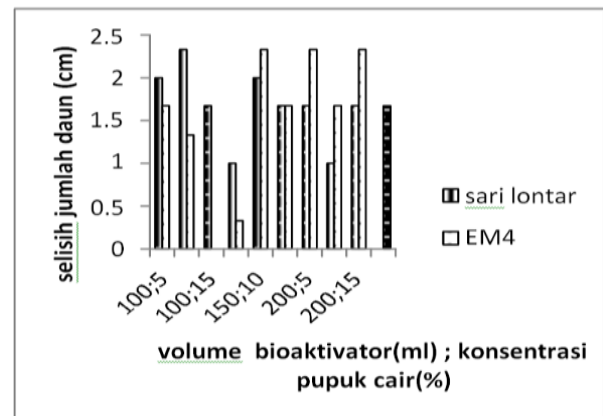
Gambar 1. Perbandingan jumlah daun tanaman cabai menggunakan pupuk organik padat dengan aktivator sari lontar dan EM4

Perbandingan jumlah daun tanaman cabai dengan pupuk organik padat menggunakan aktivator sari lontar dan EM4. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pertumbuhan jumlah daun pada pupuk padat dengan aktivator sari lontar lebih baik daripada pupuk padat dengan aktivator EM4.



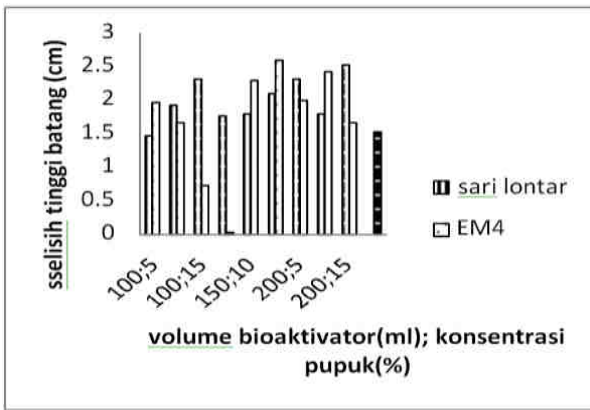
Gambar 2. Perbandingan tinggi batang tanaman cabai menggunakan pupuk organik padat dengan aktivator sari lontar dan EM4

Perbandingan tinggi batang tanaman cabai dengan pupuk organik padat menggunakan aktivator sari lontar dan EM4. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pertambahan tinggi batang menggunakan pupuk padat dengan aktivator sari lontar lebih baik dibandingkan menggunakan aktivator EM4.



Gambar 3. Perbandingan jumlah daun tanaman cabai menggunakan pupuk organik cair dengan aktivator sari lontar dan EM4

Perbandingan jumlah daun tanaman cabai menggunakan pupuk organik cair dengan aktivator sari lontar dan EM4. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa menggunakan pupuk cair dengan aktivator sari lontar lebih baik pada volume aktivator 100 ml dengan konsentrasi 10%.

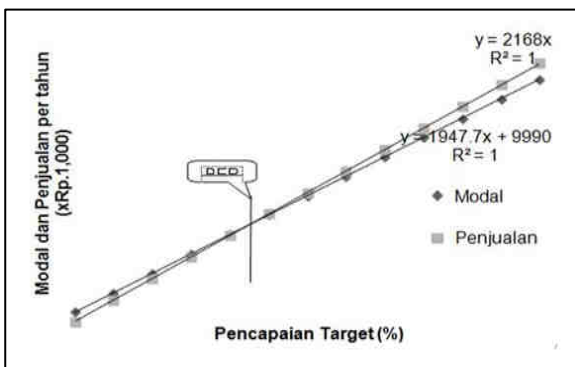


Gambar 4. Perbandingan tinggi batang tanaman cabai menggunakan pupuk organik cair dengan aktivator sari lontar dan EM4

Perbandingan pertambahan tinggi batang tanaman cabai menggunakan pupuk organik cair dengan aktivator sari lontar dan EM4. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pertambahan jumlah daun menggunakan pupuk cair dengan aktivator sari lontar lebih efisien dibandingkan menggunakan aktivator EM4.

Analisa Ekonomi

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa perlakuan yang paling optimum adalah pupuk dengan pemakaian aktivator sari lontar sebanyak 100 ml. Dari hasil perhitungan tersebut kemudian ditentukan BEP, dari *home industry* pembuatan pupuk organik dari limbah organik dengan aktivator sari lontar tersebut.



Gambar 5. BEP *home industry* pembuatan pupuk organik dari limbah organik dengan aktivator sari lontar.

Dari hasil penelitian pembuatan pupuk organik dari limbah organik dengan aktivator

sari lontar ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan unsur hara makro tertinggi yang diperoleh pada pupuk padat menggunakan aktivator sari lontar adalah pada konsentrasi sari lontar 200 ml dengan kandungan N-total, P, K, pH, C-organik, kadar air, dan C/N secara berturut-turut adalah sebesar 0,68%; 0,57%; 2,58%; 8,81; 29,17%; 9,21%; dan 43. Sedangkan pada pupuk cair, kandungan unsur hara makro tertinggi adalah konsentrasi sari lontar 100 ml dengan kandungan N-total, P, K, pH, dan C-organik secara berturut-turut adalah sebesar 0,29%; 0,04%; 0,46%; 8,26; dan 7,54%.
2. Hasil dari aplikasi pupuk padat dan pupuk cair dengan aktivator sari lontar terhadap pertumbuhan tanaman cabai adalah lebih baik dari pada menggunakan aktivator EM4.
3. Pembuatan pupuk organik padat dan cair menggunakan aktivator sari lontar secara ekonomi telah layak diaplikasikan dengan *BEP* 45,20%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Kimia FTI-UMI yang telah menyediakan fasilitas sehingga penelitian ini bisa dikerjakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Arpah, 2001. Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan Program Studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Cooke, G.W. 1986. Nutrient Balances and the Need for Pttasium in Humic Tropical Regions. Proceeding of 13th IPI-Congress. International Potash Institute. P.13-35.

Hadisuwito, S. 2008: Membuat Pupuk Kompos Cair. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 50 hal.

Latifah, R., N., Winarsih, Rahayu Yuni Sri. 2012. Pemanfaatan Sampah Organik

sebagai Bahan Pupuk Cair untuk Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera ficoidea*). Lentera Bio Vol. 1 No. 3 September 2012:139–144.

Parman, Sarjana. 2007. Pengaruh Pemberian Pupuk organik cair/MOL terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum L.*). Buletin Anatomi dan Fisiologi Vol. XV, No. 2, Oktober 2007.

Pellokia, S.C. dan P.U Woha. 1989. Potensi Lontar di Nusa Tenggara Timur. Prosiding Temu Tugas Pengembangan dan Pemanfaatan Lontar Lahan Kering Iklim Kering di NTT, Kupang. Puslitbangtri. Bogor.

Pracaya. 2002. Bertanam Sayuran Organik di Kebun, Pot dan Polibag. Penebar Swadaya: Jakarta.

Purwo. 2007. Petunjuk Pemupukan. Jakarta; Agromedia Pustaka hal 24-29.

Rahmansyah, M. 2001. Perspektif Nira Lontar (*Borassus flabellifer*) Nusa Tenggara Timur. Alam Kita 10 (1) : 15-23.

Santika, 2016. Agribisnis Cabai. Penyebar Swadaya. Jakarta.

Supardi Agus. 2001. Aplikasi Pupuk Cair Hasil Fermentasi Kotoran Padat Kambing terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*). Skripsi. Surakarta: FKIP UMS.

Wardana, Wisnuarya, 2007. Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Andi.

Zhang, D., Zhu, M., Zhou, W., Yani, S., Zhang, Z. and Wu, J. 2015, A Two-Phase Anaerobic Digestion Process for Biogas Production for Remote Communities in Handbook of Clean Energy Systems, pp. 1-17, John Wiley & Sons.