



Pembuatan Pupuk *Organo-Mineral Fertilizer (OMF) Padat Dari Limbah Industri Bioetanol (Vinasse)*

Ratna Dewi Kusumaningtyas^{1,✉}, Oktafiani¹, Dhoni Hartanto¹, Prima Astuti Handayani¹, Dimas Rahadian Aji Muhammad²

DOI 10.15294/jbat.v4i2.4189

¹Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Sebalas Maret, Surakarta, Indonesia

Article Info

Sejarah Artikel:

Diterima Oktober 2015
Disetujui Desember 2015
Dipublikasikan Desember 2015

Keywords:

vinasse, evaporation, solid organo-mineral fertilizer.

Abstrak

Pupuk organo-mineral atau organo-mineral fertilizer (OMF) padat dihasilkan dari limbah cair vinasse dengan tambahan bahan lain sebagai variasi seperti filter cake (blotong), abu boiler, urea, dan NPK melalui evaporasi kandungan air pada bahan tersebut. Masing-masing OMF padat mempunyai campuran yang berbeda. OMF A terbuat dari vinasse hasil evaporasi atau sticky vinasse, OMF B terbuat dari vinasse dan urea, OMF C terbuat dari vinasse dan filter cake, OMF D terbuat dari vinasse dan abu boiler 2:2, OMF E terbuat dari vinasse dan abu boiler 2:4 OMF F terbuat dari vinasse, filter cake, dan abu boiler, OMF A3 terbuat dari vinasse dan 3% NPK, OMF A6 terbuat dari vinasse dan 6% NPK serta OMF A9 terbuat dari vinasse dan 9% NPK. Analisis OMF meliputi NPK dan rasio C/N. OMF padat yang memenuhi standar SNI adalah OMF A3, OMF A6 serta OMF A9 berdasarkan kuantitas NPK dan rasio C/N dimana NPK merupakan sumber nutrisi makro primer pada tanaman sedangkan kesetimbangan rasio C/N akan menentukan kesetimbangan terjadinya fase vegetatif dan fase generatif. Kandungan NPK serta rasio C/N OMF A3 berturut-turut adalah 0,63%, 0,45%, 0,38% dan 10,30, OMF A6 berturut-turut adalah 0,59%, 0,52%, 0,41% dan 13,66 serta OMF A9 berturut-turut adalah 0,68%, 0,52%, 0,45% dan 14,16. Kemudian OMF yang memenuhi standar SNI diaplikasikan pada tanaman semangka. OMF yang memberikan hasil terbaik pada tanaman adalah OMF A9 yang tersusun atas vinasse dan NPK 9%. Hal tersebut dikarenakan tanaman yang dipupuk menggunakan OMF A9 memiliki masa pertumbuhan yang lebih cepat ditunjukkan berdasarkan dari tinggi tanaman dan diameter batang, kondisi daun, masa kemunculan bunga dan buah yang lebih cepat.

Abstract

Organo-mineral fertilizer solid was generated from liquid-waste vinasse with the addition of other materials as variations such as filter cake, boiler ash, urea, and NPK through the evaporation of water content in the material. Each solid OMF has a different mixture. OMF A made of evaporated vinasse or sticky vinasse, OMF B made of vinasse and urea, OMF C made from vinasse and filter cake, OMF D made of vinasse and boiler ash 2 : 2, OMF E made of vinasse and boiler ash 2 : 4, OMF F made of vinasse, filter cake, and boiler ash, OMF A3 made of vinasse and 3% NPK, OMF made of A6 vinasse and 6% NPK, OMF A9 made of vinasse and 9% NPK. OMF analysis includes NPK and C/N ratio. Solid OMF which meet the SNI (Indonesian National Standard) are OMF A3, OMF A6, OMF A9 based on the quantity of NPK and C/N ratio where NPK is a source of primer macro nutrients on the plant while the C/N ratio equilibrium will determine the equilibrium of the vegetative and generative stage. NPK content and C/N ratio of OMF A3 are 0,63%, 0,45%, 0,38%, and 10,30, respectively. OMF A6 was 0,59%, 0,52%, 0,41%, and 13,66, respectively as well as OMF A9 are 0,68%, 0,52%, 0,45% and 14,16, respectively. OMF that meet SNI applied to the watermelon plants. OMF that gives the best results in plants is OMF A9 composed from vinasse and NPK 9% because the plants growth faster shown based on plant height and stem diameter, leaf shape, flower and fruit appearance time.

© 2015 Semarang State University

ISSN 2303-0623

✉Corresponding author:

Gedung E1 Lantai 2 Fakultas Teknik
Kampus Unnes Sekaran Gunung Pati, Semarang 50229
E-mail: ratnadewi.kusumaningtyas@mail.unnes.ac.id

PENDAHULUAN

Industri bioetanol berbasis tebu merupakan agroindustri yang strategis untuk pemenuhan kebutuhan energi terbarukan, serta berperan penting dalam mendayagunakan sumber daya alam lokal Indonesia. Akan tetapi, di samping menghasilkan produk yang bernilai ekonomis tinggi, industri bioetanol ini juga menghasilkan limbah cair utama yang memiliki daya cemar paling tinggi yaitu *vinasse*, yang merupakan hasil bawah kolom distilasi kasar (*maische column*). Limbah cair *vinasse* tidak layak dibuang ke lingkungan karena beberapa faktor, antara lain tingginya kadar organik di dalamnya dengan BOD antara 20.000-40.000 mg/l serta COD dapat mencapai 80.000-90.000 mg/l dan mempunyai suhu tinggi yaitu 100°C. Limbah *vinasse* ini juga dihasilkan debit yang sangat tinggi. Dalam proses pembuatan bioetanol sebanyak 1 liter, akan dihasilkan limbah *vinasse* sebanyak 13 liter (1:13). *Vinasse* mempunyai karakteristik berwarna hitam, berbau, memiliki keasaman yang tinggi, bersifat korosif, serta memiliki daya pencemaran yang tinggi apabila dibuang ke lingkungan (Anantha, 2007). Limbah ini tidak dapat langsung dibuang ke saluran air atau sungai, karena akan mengeliminasi oksigen terlarut di dalamnya yang pada akhirnya merusak sistem kehidupan biota yang ada di sungai (Barqi, IS., dkk, 2010).

Penanganan limbah industri yang umum digunakan adalah melalui kolam aerobik, koagulasi, dan lumpur aktif. Kelemahan metode koagulasi dan lumpur aktif adalah dihasilkannya lumpur kimia (*sludge*) yang cukup banyak dan diperlukan pengolahan lebih lanjut. Pembuangan limbah dalam jumlah besar tanpa penanganan yang tepat akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Sehingga pemilihan teknologi pengolahan juga harus disesuaikan dengan karakteristik limbah yang akan diolah sehingga dapat dicari solusi terbaik dalam pengolahan limbah yang efisien dan murah (Setiadi, 2007 dalam Irmanto dkk, 2010). Bayu (2013) mengolah limbah *vinasse* menjadi bahan bakar pada industri bioetanol, sedangkan Putri dan Sunar (2015) mengolah dan memanfaatkan limbah *vinasse* menjadi biogas. Alternatif yang dapat dilakukan untuk mengelola sekaligus memanfaatkan limbah cair bioetanol adalah dengan mengolah limbah cair bioetanol (*vinasse*) menjadi pupuk. *Vinasse* berpotensi untuk diolah menjadi pupuk karena mengandung unsur-unsur N dan P, S, Fe, Mg, Ca dan Na yang bermanfaat untuk bioremediasi tanah. Informasi tersebut sejalan dengan hasil analisis yang dilaporkan oleh PT Madubaru bahwa *vinasse* men-

andung unsur hara (N, P, K, Ca dan Mg) yang bermanfaat bagi kesuburan tanah. Ratna Dewi K, dkk 2015 mengkaji pemanfaatan *Vinasse* sebagai pupuk organik cair (POC) melalui proses fermentasi. Selain dalam bentuk cair, pupuk dari *vinasse* juga dapat dimanfaatkan dalam bentuk padat. Pupuk padat dapat dibuat dengan jalan memformulasikan *vinasse* dengan limbah pabrik gula berbasis tebu berupa blotong (*filter cake*) dan abu boiler, seta mengolah menjadi pupuk padat *organo-mineral fertilizer* (OMF). Pengolahan *vinasse* menjadi pupuk dilakukan oleh Paulo Eduardo Mantelatto (2011) dengan menjadikan *vinasse* sebagai pupuk *organo-mineral fertilizer* atau OMF. Proses pembuatan pupuk padat berbasis *vinasse* ini relatif mudah dan murah, serta dapat diaplikasikan untuk menangani limbah *vinasse* dalam kuantitas yang besar. Selain menanggulangi masalah debit *vinasse* yang dihasilkan dari produksi bioetanol, pupuk yang dihasilkan nantinya juga dapat bermanfaat untuk pertanian serta mengatasi masalah yang timbul dari produk samping yang dihasilkan dari industri bioetanol.

Pupuk organik memiliki kandungan hara yang cukup lengkap diantaranya seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan sulfur. Sayangnya, peran pupuk organik selama ini masih sebagai pupuk pelengkap di samping pupuk komersial. Hal tersebut disebabkan karena kemampuan pupuk organik dalam menyediakan unsur hara lambat. Unsur hara dalam pupuk organik umumnya masih terikat dalam senyawa makromolekulnya, sehingga tidak dapat terlepas. Untuk mempercepat pelepasan hara dalam bahan organik, maka perlu dilakukan proses pengomposan (Surya dan Suyono, 2013).

Selain *vinasse*, limbah berbasis tebu lainnya yang digunakan sebagai formulasi pupuk OMF yaitu blotong (*filter cake*) dan abu boiler. Blotong merupakan kotoran yang berasal dari bahan baku dan terbawa dalam nira. Di samping itu, juga terbawa kotoran tidak larut (ampas halus, lilin), dan bahan-bahan organik/anorganik lainnya (Anantha, 2007). Selain itu blotong juga mengandung beberapa unsur organik seperti nitrogen dan karbon yang baik untuk tanah. Sedangkan abu boiler adalah abu yang berasal dari ketel uap atau boiler dengan bahan bakar FO (*fuel oil*), kayu bakar, maupun ampas tebu (Hutasoit dan Toharisman, 1994). Abu boiler juga memiliki kadar kalium fosfat dan silika cukup tinggi sehingga dapat membantu pertumbuhan tanaman (Nelvia, 2008). Pembuatan pupuk OMF padat dilakukan dengan cara mengevaporasi *vinasse* untuk menguapkan air yang terkandung dalam *vinasse*. Penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan

yang timbul dari hasil samping pengolahan etanol yang berupa *vinasse* dan juga menghasilkan produk alternatif di bidang pertanian yang berupa OMF padat. Sehingga dapat meningkatkan *added value*, mendukung pengembangan *organic farming*, menghasilkan alternatif pupuk yang murah bagi petani yang ramah lingkungan serta mendukung program pemerintah untuk meningkatkan ketahanan pangan.

METODE PERCOBAAN

Bahan baku *vinasse* diambil dari PT Madu-baru, Yogyakarta. Pada penelitian ini, pembuatan pupuk OMF padat terdiri dari 3 tahap yaitu: penetralan pH, evaporasi, dan pencampuran bahan. Analisis uji yang dilakukan pada pupuk OMF padat adalah analisis NPK serta rasio C/N, pupuk yang memenuhi standar diaplikasikan pada tanaman semangka. Berikut metode yang dilakukan dalam penelitian.

Pembuatan pupuk OMF

Proses pembuatan pupuk OMF melalui tiga tahap antara lain :

Penetralan pH

Penetralan pH dilakukan untuk menetralkan *vinasse* karena *vinasse* mempunyai pH yang asam yaitu 3,9-4,3 yang tidak baik bagi tanah. *Vinasse* dinetralkan dengan NaOH sehingga diperoleh pH 7 supaya pupuk yang dibuat dari *vinasse* bisa diterapkan pada tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik.

Evaporasi

Evaporasi merupakan pengeringan yang digunakan pada bahan cair untuk memekatkan larutan dengan cara menguapkan ataupun mendidihkan pelarut (McCabe dkk, 1993). Proses evaporasi *vinasse* bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada *vinasse*. Sebanyak 100 gram *vinasse* dievaporasi pada suhu 80-90 °C selama 30 menit dengan tujuan untuk menguapkan kandungan air sebanyak 80% pada *vinasse* dan mencegah tumbuhnya jamur atau bakteri pada *vinasse*.

Pencampuran Bahan

Vinasse dicampurkan dengan bahan – bahan lain seperti abu boiler, blotong, pupuk urea serta pupuk NPK. Pada OMF A hanya terdiri dari *vinasse* dan tidak ditambahkan dengan bahan-bahan lain. Sedangkan pada OMF B, *vinasse* ditambahkan dengan urea 3% dan dilakukan pengadukan hingga urea larut pada *vinasse*. Pupuk OMF C, *vinasse* ditambahkan dengan abu boiler 2:2, OMF D *vinasse* ditambahkan dengan *filter cake* dengan perbandingan 2:1, selanjutnya

diaduk hingga rata. Pada OMF E *vinasse* ditambahkan dengan abu boiler 2:4 dan diaduk hingga rata kemudian dioven pada suhu 110°C hingga berat konstan kemudian dihaluskan sehingga diperoleh pupuk berwarna hitam. Pada OMF F, *vinasse* ditambahkan dengan abu boiler serta *filter cake* dengan perbandingan 2:2:1, selanjutnya diaduk hingga rata kemudian dioven hingga konstan pada suhu 110°C sampai konstan, serta dihaluskan sehingga diperoleh pupuk berwarna OMF padat berwarna hitam. Pada OMF A3, *vinasse* ditambahkan dengan NPK 3% dan dilakukan pengadukan sampai NPK larut pada *vinasse* lalu dioven pada suhu 110°C hingga berat konstan. Sedangkan OMF A6, *vinasse* ditambahkan dengan NPK 6% dan dilakukan pengadukan hingga NPK larut pada *vinasse* dioven pada suhu 110°C sampai diperoleh berat konstan. Pada OMF A9, *vinasse* ditambahkan dengan NPK 9% dan dilakukan pengadukan sampai urea larut pada *vinasse* kemudian dioven pada suhu 110°C hingga berat konstan. Setelah dilakukan pencampuran bahan, OMF dilakukan analisis NPK serta rasio C/N untuk mendapatkan NPK serta rasio C/N yang sesuai dengan standar SNI pada pupuk.

Analisis N, P, K, dan rasio C/N OMF

Analisis kandungan OMF (*organo-mineral fertilizer*) padat dilakukan untuk mengetahui kuantitas unsur N, P, K serta rasio C/N dalam produk OMF padat. Hasil analisis akan dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004. Metode Kjehdal digunakan untuk menganalisis kandungan N, sedangkan spektrofotometri digunakan untuk menganalisis kandungan P dan K. Sedangkan untuk analisis C/N rasio digunakan metode analisis C-organik dan N-organik kemudian dibandingkan antara kandungan C terhadap N.

Aplikasi pada Tanaman Semangka

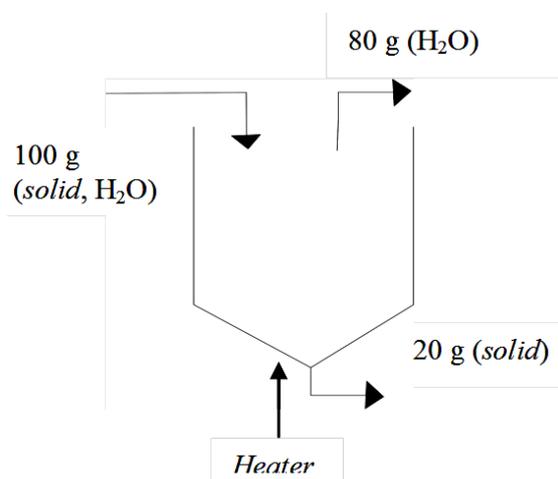
OMF diaplikasikan terhadap tanaman semangka yang berumur ± 10 hari. Pemilihan tanaman semangka sebagai media pengaplikasian OMF karena tanaman semangka mempunyai masa pertumbuhan yang relatif cepat. Pemupukan dilakukan pada tanaman semangka yang berumur 10 hari, karena pada umur tersebut tanaman tomat sudah mempunyai organ pertumbuhan yang kompleks. Untuk pemupukan selanjutnya dilakukan setiap seminggu sekali sampai pada waktu 32 hari dan dosis yang diberikan sebanyak 3,5 gram setiap pemupukan. Pengamatan pertumbuhan tanaman semangka dilakukan setiap hari untuk mengetahui pengaruh masing-masing OMF terhadap tanaman semangka.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan OMF (*organo-mineral fertilizer*) padat dengan menggunakan bahan baku *vinasse* dari limbah pabrik bioetanol PG Madukismo, Bantul. Dalam formulasi pupuk tersebut, selain *vinasse* digunakan juga *filter cake* dan abu boiler yang merupakan limbah padat dari PG Madukismo serta adanya penambahan urea dan NPK untuk mendapatkan komposisi campuran pupuk yang tepat dan mempunyai efek paling baik terhadap pertumbuhan tanaman. Pemilihan *filter cake*, abu boiler, urea dan NPK sebagai bahan tambahan, karena bermanfaat untuk perbaikan sifat-sifat tanah dan menambah unsur-unsur hara dalam tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Beberapa proses dan tahapan yang dianalisis pada penelitian ini antara lain:

Evaporasi

Pada evaporasi dilakukan pemanasan dengan menggunakan *heater* sehingga kandungan air dapat dihilangkan dari *vinasse*. Skema proses evaporasi *vinasse* ditunjukkan pada Gambar 1 dimana air sebanyak 80 gram terpisah dari *vinasse* sehingga menghasilkan padatan atau *sticky vinasse* sebanyak 20 gram. Dari evaporasi tersebut diperoleh data hasil evaporasi *vinasse* untuk masing-masing jenis OMF yang ditunjukkan di Tabel 1.



Gambar 1. Skema Proses Evaporasi *Vinasse*

Dari evaporasi tersebut, dihasilkan *vinasse* dengan karakteristik dengan warna pekat kehitaman dan berbau wangi gula.

Analisis N, P, K dan rasio C/N OMF

Analisis kandungan OMF (*organo-mineral fertilizer*) padat dilakukan untuk mengetahui

kuantitas unsur N, P, K, dan rasio C/N dalam produk OMF padat. Unsur hara NPK sangat diperlukan oleh tanaman, unsur hara NPK mempunyai fungsi masing-masing pada tanaman, jika tanaman kekurangan unsur hara NPK akan

berakibat buruk terhadap tanaman. Selain unsur hara NPK, rasio C/N juga sangat penting bagi tanaman karena C dan N merupakan makanan pokok bagi bakteri anaerobik. Proses berbunga dan berbuah pada tanaman berhubungan dengan rasio C (karbon) dan N (nitrogen). Karbon sangat penting bagi tanaman karena merupakan bahan baku pembentuk energi dan buah, sedangkan nitrogen adalah pembentuk jaringan. Kesetimbangan rasio C/N akan menentukan kesetimbangan terjadinya fase vegetatif dan generatif. Pada produk OMF yang diuji kandungan kuantitasnya adalah OMF dari *vinasse* tanpa tambahan bahan lain (OMF A), *vinasse* dengan tambahan urea 3% (OMF B), campuran *vinasse* dan abu boiler 2:2 (OMF C), campuran *vinasse* dan Blotong 2:1 (OMF D), campuran *vinasse* dan abu boiler 2:4 (OMF E), campuran *vinasse*, Abu boiler serta filter cake 2:2:1 (OMF F), *vinasse* dan pupuk NPK 3% (OMF A3), *vinasse* dan pupuk NPK 6% (OMF A6), serta campuran *vinasse* dan pupuk NPK 9% (OMF A9). Kandungan NPK, rasio C/N dan kadar air pada OMF disajikan pada Tabel 2.

Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan NPK, rasio C/N, dan kadar air pada pupuk OMF memenuhi standar kualitas kompos sesuai SNI 19-7030-2004 yang menyebutkan bahwa karakteristik pH berada diantara 6,8 – 7,49, kandungan minimum N, P, K masing-masing adalah 0,40%, 0,10%, 0,20% dengan kadar air maksimal 50%. Sedangkan untuk rasio C/N yang memenuhi SNI tersebut hanya OMF A3, OMF A6 dan OMF A9 yang tersusun dari campuran *vinasse* dan NPK dimana rasio C/N sebesar 10 – 20. OMF A9 memiliki rasio C/N yang paling tinggi karena NPK yang ditambahkan lebih banyak. Pada OMF A yang terdiri dari *vinasse* mempunyai kadar NPK 0,73%, 0,70%, serta 0,49% dan kadar air 35,10% yang memenuhi standar berdasarkan SNI 19-7030-2004, sedangkan untuk kadar rasio C/N tidak memenuhi standar karena karbon terlalu tinggi sehingga menyebabkan rasio C/N yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI karena standar yang dikehendaki yaitu 10-20 sedangkan hasilnya yaitu 24,89. Pada OMF B yang terdiri dari *vinasse* dan urea kadar NPK dan air memenuhi, sedangkan untuk rasio C/N tidak memenuhi tetapi rasio C/N yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan OMF yang lain dan mendekati

Tabel 1. Data Evaporasi *Vinasse*

No.	OMF	Massa <i>Vinasse</i> Sebelum Evaporasi (g)	Massa <i>Vinasse</i> Setelah Evaporasi (g)	Massa Air Teruapkan (g)
1	A	100	20	80
2	B	100	20	80
3	C	100	20	80
4	D	100	20	80
5	E	100	20	80
6	F	100	20	80
9	A3	100	20	80
10	A6	100	20	80
11	A9	100	20	80
			Rata-rata = 20	Rata-rata = 80

Tabel 2. Kandungan unsur NPK, rasio C/N dan kadar air.

No	Sampel OMF	Kandungan NPK			rasio C/N	Kadar air
		N	P	K		
1	OMF A	0,73%	0,70%	0,49%	24,89	35,10%
2	OMF B	0,68%	0,65%	0,51%	22,94	36,25%
3	OMF C	0,65%	0,64%	0,51%	22,58	30,25%
4	OMF D	0,62%	0,59%	0,48%	26,05	32,23%
5	OMF E	0,62%	0,51%	0,51%	25,65	05,02%
6	OMF F	0,51%	0,61%	0,54%	24,76	05,10%
7	OMF A3	0,63%	0,45%	0,38%	10,30	19,20%
8	OMF A6	0,59%	0,52%	0,41%	13,66	19,08%
9	OMF A9	0,68%	0,52%	0,45%	14,16	20,03%

Keterangan:

A : OMF dari *vinasse*B : OMF dari *vinasse* dan urea 3%C : OMF dari *vinasse* dan abu boilerD : OMF dari *vinasse* dan *filter cake*E : OMF dari *vinasse* dan abu boilerF : OMF dari *vinasse, filter cake* dan abu boilerA3: OMF dari *vinasse* dan NPK 3%A6: OMF dari *vinasse* dan NPK 6%A9: OMF dari *vinasse* dan NPK 9%

standar. Pada OMF C yang terdiri dari *vinasse* dan abu boiler (2:2) kadar NPK dan air memenuhi, sedangkan untuk rasio C/N tidak memenuhi tetapi rasio C/N yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan OMF B dan mendekati standar. Pada OMF D yang terdiri dari *vinasse* dan *filter cake* (2:1) kadar NPK dan air memenuhi, sedangkan untuk rasio C/N tidak memenuhi tetapi rasio C/N yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan OMF yang lain dan melebihi standar yang ditentukan. Hal ini disebabkan karena *filter cake* mengandung rasio C/N sebesar 26 yang menyebabkan rasio C/N pada OMF D tinggi. Pada OMF E yang terdiri dari *vinasse* dan abu boiler (2:4) mempunyai kadar NPK dan air memenuhi,

sedangkan untuk rasio C/N tidak memenuhi tetapi rasio C/N yang dihasilkan melebihi standar SNI tetapi lebih kecil dibandingkan rasio C/N OMF E yang berasal dari campuran *vinasse* dan *filter cake*, hal tersebut dikarenakan *filter cake* murni mempunyai kandungan rasio C/N yang tinggi sehingga menghasilkan Rasio C/N yang tinggi pula dengan campuran *vinasse*. Pada OMF F yang terdiri dari *vinasse*, *filter cake* dan abu boiler (2:2:1) mempunyai kadar C/N 24,76. Jika OMF D dibandingkan dengan OMF C yang terdiri dari campuran *vinasse* dan abu boiler (2:2) maka rasio C/N yang dihasilkan lebih kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak abu boiler yang ditambahkan semakin baik rasio C/N yang

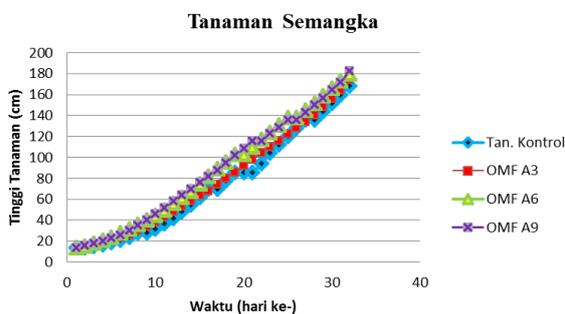
dihasilkan dan penambahan abu boiler dapat menurunkan rasio C/N.

Aplikasi OMF pada Tanaman Semangka

Pengamatan tanaman semangka dilakukan setiap hari, pertumbuhan tanaman diukur dengan parameter tinggi, jumlah daun, diameter batang tanaman, serta bunga dan buah.

Tinggi Tanaman Semangka

Tinggi merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan perkembangan atau pertumbuhan suatu tanaman secara vegetatif. Pertumbuhan tanaman semangka dapat dilihat pada Gambar 2.



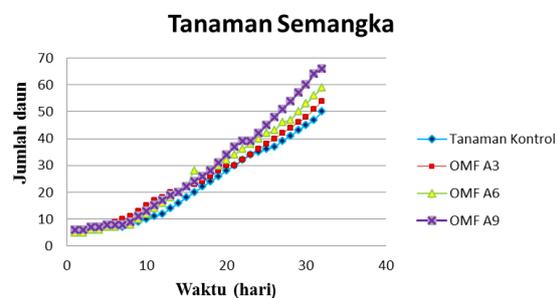
Gambar 2. Grafik pertumbuhan tanaman semangka.

Grafik yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada pertumbuhan tanaman semangka antara tanaman semangka kontrol dengan tanaman semangka yang diberi OMF A3, OMF A6, dan OMF A9. Perkembangan tanaman yang paling baik adalah tanaman semangka dengan pemberian pupuk OMF A9 tetapi perbedaannya dengan tanaman yang lain tidak terlalu jauh. Pupuk OMF A9 terbuat dari campuran vinasse dan NPK 9% mempunyai kandungan NPK yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain yaitu N 0,68, P 0,52 dan K 0,45 (%). Tanaman semangka membutuhkan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah yang relatif banyak, karena itu ketiga unsur hara tersebut harus dalam keadaan tersedia bagi tanaman sesuai kebutuhan tanaman. Bila ketiga unsur hara ini tidak tersedia atau tersedia terlalu lambat maka perkembangan tanaman akan terlambat (Sarwono, 1995). Sehingga tanaman kontrol yang tidak diberi pupuk pertumbuhan tanaman lambat dibandingkan dengan tanaman yang diberi pupuk, karena tanaman kontrol tidak mendapat penambahan nutrisi seperti tanaman semangka yang lain.

Jumlah Daun Tanaman Semangka

Gardner dkk. (1991) menyatakan bahwa bagian tanaman yang memberikan kontribusi

paling banyak terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah daun, dan sebagian hasil asimilasi tetap tertinggal dalam jaringan untuk pemeliharaan sel, bila translokasi lambat, dapat diubah menjadi tepung atau bentuk cadangan makanan lainnya. Sisanya diekspor ke daerah pemanfaatan vegetatif yang terdiri dari fungsi-fungsi pertumbuhan, pemeliharaan dan cadangan makanan. Pembentukan daun sendiri sebenarnya dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman, namun lingkungan yang baik dapat mempercepat pembentukan tersebut. Jumlah daun tanaman merupakan komponen yang dapat menunjukkan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan vegetatif jumlah daun pada tanaman semangka ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik jumlah daun tanaman semangka.

Grafik yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya perbedaan pertumbuhan tanaman semangka antara tanaman semangka kontrol dengan tanaman semangka yang diberi OMF A3, OMF A6, dan OMF A9 khususnya pada bagian daun. Perkembangan jumlah daun tanaman yang paling baik adalah tanaman semangka dengan pemberian pupuk OMF A9. Perbedaan jumlah daun dengan tanaman yang dipupuk dengan OMF A6 dan OMF A3 tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan kandungan nitrogen pada ketiga pupuk juga tidak terlalu jauh yaitu 0,68%, 0,59%, dan 0,63%. Unsur N sangat dibutuhkan pada fase awal pertumbuhan. Pada takaran N yang semakin tinggi pertumbuhan tinggi tanaman semakin bertambah karena seperti telah diketahui bahwa unsur N sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk masa pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan daun atau tunas. Nitrogen merupakan unsur hara makro yang diperlukan dalam jumlah besar, penyusun asam amino protein juga penyusun nukleat, klorofil, dan banyak lagi senyawa yang penting untuk metabolisme. Unsur hara N berguna dalam pembentukan klorofil serta membantu pertumbuhan vegetatif tanaman bagian batang, cabang

Tabel 3. Persentase penambahan diameter batang setiap 10 hari.

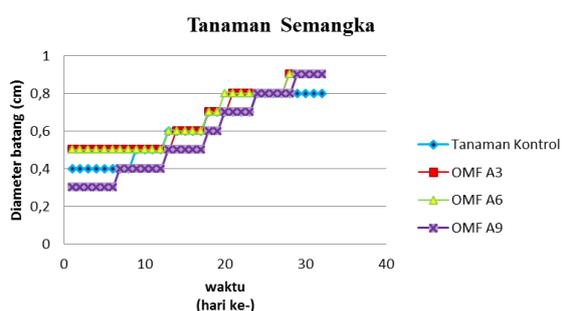
Tanaman	10 HST ¹ (cm)	20 HST ¹ (cm)	%	30 HST ¹ (cm)	%	40 HST ¹ (cm)	%
Tan. Kontrol	0.4	0.5	25%	0.7	40%	0.8	14%
OMF A3	0.5	0.5	0%	0.7	40%	0.9	29%
OMF A6	0.5	0.5	0%	0.8	60%	0.9	13%
OMF A9	0.3	0.4	33,3%	0.7	75%	0.9	29%

¹ HST = Hari Setelah Tanam

dan daun (Prihantoro, 1999). Nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat dan ion ammonium. Sehingga tanaman yang memiliki kandungan nitrogen yang paling tinggi yaitu OMF A9 memiliki jumlah daun yang lebih banyak. Sedangkan pada tanaman kontrol jumlah daun lebih sedikit dibandingkan dengan yang lain karena tidak mendapat penambahan nutrisi terutama unsur N seperti tanaman semangka yang lain.

Diameter Tanaman Semangka

Diameter batang merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan perkembangan atau pertumbuhan suatu tanaman. Pertumbuhan diameter tanaman semangka ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik tersebut menunjukkan bahwa adanya perbedaan pertumbuhan tanaman semangka antara tanaman semangka kontrol dengan tanaman semangka yang ditambahkan OMF A3, OMF A6, dan OMF A9. Tanaman kontrol mempunyai diameter batang yang lebih kecil dibandingkan pada tanaman yang dipupuk dengan OMF. Tanaman yang dipupuk dengan menggunakan OMF memiliki diameter yang sama pada hari ke-30.



Gambar 4. Grafik diameter batang tanaman semangka.

Untuk mengetahui persentase penambahan diameter batang tanaman semangka maka diukur penambahan diameter tersebut setiap 10 hari selama 40 hari seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Basis perhitungan adalah 10 hari pertama setelah tanam karena pada hari tersebut diame-

ter batang dapat diukur dengan jelas. Data pada Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa tanaman kontrol hanya mengalami kenaikan 25%, 40% serta 14% tiap 10 hari. Sedangkan tanaman yang dipupuk dengan OMF A3 mengalami kenaikan 0%, 40% dan 29% serta yang dipupuk dengan OMF A6 mengalami kenaikan persentase tiap 10 hari sebesar 0%, 60% dan 13%. Pada pemupukan menggunakan OMF A9 persentase pertambahan diameternya yaitu 33%, 75% serta 29%. Persentase penambahan diameter paling signifikan ditunjukkan pada pemupukan dengan OMF A9.

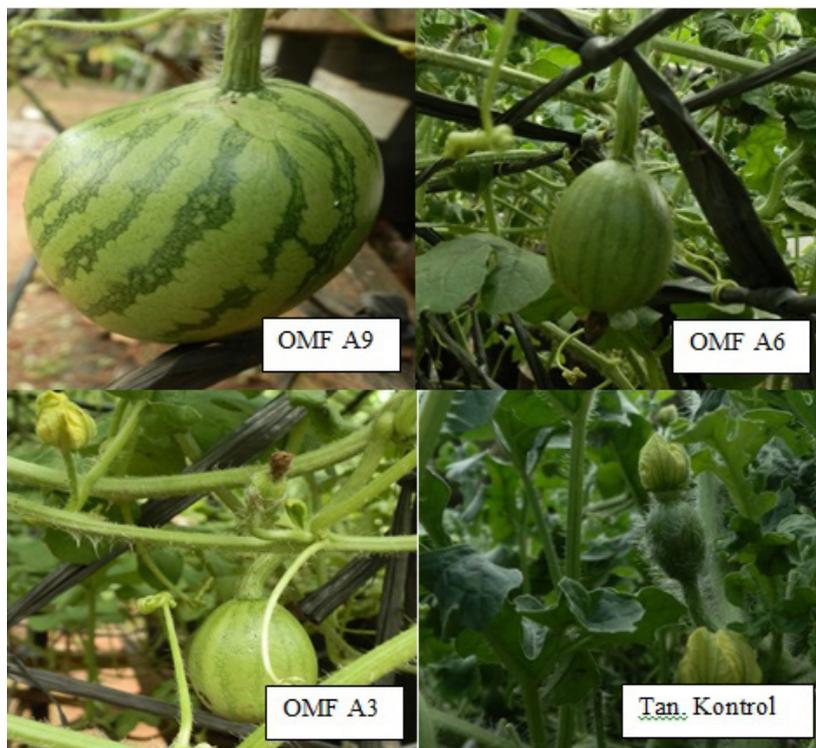
Bunga dan Buah Tanaman Semangka

Selain parameter tinggi, jumlah daun serta diameter batang pada tanaman semangka, parameter lain yang dianalisis adalah pembungaan dan pematangan. Waktu berbunga dan berbuah pada masing-masing tanaman semangka ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu berbunga dan berbuah tanaman semangka.

Tanaman Semangka	Waktu Berbunga	Waktu Berbuah
Tan. Kontrol	9 hari	12 hari
OMF A3	8 hari	10 hari
OMF A6	8 hari	9 hari
OMF A9	7 hari	8 hari

Berdasarkan Tabel 4 tanaman semangka yang diberi pupuk OMF A9 berbunga dan berbuah lebih awal dibandingkan dengan tanaman semangka yang lain. Tanaman semangka yang diberi pupuk OMF A9 mulai berbunga pada hari ke tujuh dan berbuah pada hari ke delapan setelah pemupukan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemupukan dengan menggunakan OMF A9 menghasilkan waktu berbunga dan berbuah paling cepat dibandingkan dengan tanaman semangka yang menggunakan pupuk yang lain. Hal tersebut dikarenakan OMF A9 mempunyai



Gambar 5. Foto perkembangan buah pada tanaman semangka saat umur 32 hari setelah pemupukan (42 hari setelah tanam).

C/N lebih tinggi dibandingkan pupuk yang lain. Perkembangan buah dan bunga secara visual dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Pada penelitian ini terbukti bahwa pertumbuhan tanaman semangka yang paling baik terlihat pada pemberian OMF dari vinasse dengan penambahan 9% NPK (OMF A9) dimana kandungan unsur hara akro N, P, dan K serta rasio C/N paling tinggi dibanding variabel yang lain.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil percobaan, evaporasi merupakan metode alternatif yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair *vinasse* menjadi OMF padat. Dalam produksi OMF padat tersebut, formulasi yang tepat untuk mengolah *vinasse* menjadi OMF padat sesuai standar SNI adalah *vinasse* dan NPK 3% (OMF A3), *vinasse* dan NPK 6% (OMF A6) serta *vinasse* dan NPK 9% (OMF A9) karena campuran tersebut memenuhi standar SNI berdasarkan kuantitas NPK dan rasio C/N dalam OMF padat dimana kandungan NPK serta rasio C/N OMF A3 berturut-turut adalah 0,63%, 0,45%, 0,38% serta 10,30; OMF A6 berturut-turut adalah 0,59%, 0,52%, 0,41%, dan 13,66, serta OMF A9 berturut-turut adalah 0,68%, 0,52%, 0,45%, dan 14,16. Tingkat keasaman dan kandungan air pupuk yang diha-

silkan jugatelah memenuhi SNI yaitu pH 7 dan kandungan air masing-masing untuk OMF A3, OMF A6, dan OMF A9 adalah 19,20%, 19,08%, dan 20,03%. Pupuk OMF A9 yang tersusun atas *vinasse* dan NPK 9% memberikan hasil yang paling baik dibandingkan dengan OMF A3 dan A6 setelah diaplikasikan pada tanaman semangka, hal tersebut dapat dilihat berdasarkan pertumbuhan tanaman semangka yang lebih cepat berdasarkan parameter tinggi tanaman, diameter batang, kondisi daun, dan massa munculnya bunga dan buah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Tengah atas pendanaan melalui skema dana penelitian terapan tahun anggaran 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Anantha, F. 2007. Proses Pengolahan Limbah di PG. Madukismo, Yogyakarta. Kerja Praktik. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Semarang.
- Barqi, I.S. 2010. Desain Proses Pengelolaan Limbah *Vinasse* dengan Metode Pemekatan dan Pembakaran Pada Pabrik Gula – Alkohol Terintegrasi. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh No-

- vember. Surabaya.
- Bayu, T. 2013. Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah *Vinasse* dari Industri Alkohol Berbasis CFD, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 2, No.2., 14-24.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Alih Bahasa Oleh Herawati Susilo dan Subiyanto. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutasoit, G. F. dan Toharisman, A. 1994. Pembuatan Kompos Dari Ampas Tebu. *Berita No. 11*. P:85.
- Irmanto dan Suyata. 2010. Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. Disertasi. Universitas Jenderal Soedirman.
- Mantelatto, P.E. 2011. *Process For Producing An Organo-Mineral Fertilizer*. *United States Patent Application Publication No.US 2011/0113843 A1*.
- McCabe, Warren L et al. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book. Singapore.
- Ratna Dewi Kusumaningtyas, Mohamad Setiaji Erfan, dan Dhoni Hartanto. 2014. Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Industri Bioetanol (*Vinasse*) Melalui Proses Fermentasi Berbantuan Promoting *Microbes*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, Semarang, Indonesia
- Rr. Dewi A. P. dan Sunar T. T.. 2015. Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Rumen Sapi terhadap Produksi Biogas dari *Vinasse*, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 4, No.1., 1-7.
- Sarwono, H. 1995. *Ilmu Tanah*. Akademik Pressindo. Jakarta.