

OPTIMASI PENAMBAHAN UNSUR HARA NPK PADA LIMBAH BIOGAS DAN KOMPOS KAMBING SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PUPUK ORGANIK GRANUL DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER

Linear Programming Optimization of Nutrient Addition on Biogas Waste and Goat Compost as Granules Fertilizer Raw Materials

Bambang Dwi Argo*, Musthofa Lutfi, Suherman

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran - Malang

*Penulis Korespondensi: email dwiargo@ub.ac.id

ABSTRAK

Limbah biogas dan kompos kambing digunakan sebagai alternatif bahan baku pembuatan pupuk organik granul. Penambahan unsur hara NPK dari 3 jenis pupuk anorganik (KNO_3 , SP-36, Urea) diformulasikan dan dioptimalkan menggunakan program linear guna menghasilkan komposisi terbaik. Pengukuran beberapa parameter seperti kandungan C organik, kandungan N total, P_2O_5 dan K_2O dilakukan sebelum dan sesudah proses pencampuran. Selain itu, pengukuran kandungan N total, P_2O_5 dan K_2O dilakukan pada pupuk anorganik sebelum pencampuran. Hasil pengukuran beberapa parameter pada bahan organik dan pupuk anorganik digunakan sebagai kondisi batas (constrain) dalam dua formulasi komposisi. Dua formulasi tersebut meliputi Formulasi I untuk limbah biogas dan Formulasi II untuk kompos kambing. Hasil optimasi menggunakan program linear menunjukkan bahwa Formulasi II dengan kompos kambing sebagai bahan utama memiliki kandungan unsur hara paling mendekati standar nasional dengan biaya paling minimum, yaitu kadar C-organik sebesar 23.16%, N (2.20%), P_2O_5 (2.19%), K_2O (0.69%) dan memiliki biaya produksi sebesar Rp. 1.15/g.

Kata kunci: pupuk organik, optimasi, program linear

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the optimum values of nutrient (i.e. nitrogen, phosphorus, potassium) added from inorganic fertilizers (i.e. KNO_3 , SP-36, Urea) to some alternatives raw materials of organic fertilizer using linear programming. Some alternatives raw materials of organic fertilizer in this study were biogas waste (Formula I) and goat compost (Formula II). The content of total N, C-organic, organic matter content of P_2O_5 , K_2O and Cation exchangeable capacity (CEC) were analyzed as parameters. The results indicate that the formula II with goat compost as raw materials was the best formula which has the average nutrient element close to the national standard of organic fertilizers with 23.16% of C-organic, 2.20% of N, 2.19% of P_2O_5 and 0.69% of K_2O . In addition, the production cost of organic fertilizer base on formula II was cheaper than other formula i.e. IDR 1.15/g.

Keywords: organic fertilizer, optimization, linear programming

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki tingkat diversifikasi bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman yang cukup tinggi, diantaranya adalah bahan yang berasal dari limbah biogas dan kompos yang berasal dari peternakan kambing. Namun demikian, pemanfaatannya di lapangan masih kurang maksimal, disebabkan karena belum adanya proses pendahuluan yang dapat mengubah

penampilan bahan limbah sebelum diaplikasikan di lahan. Di banyak negara tropis, harga yang mahal, kelangkaan, ketidakseimbangan nutrisi dan keasaman tanah merupakan permasalahan yang berhubungan dengan penggunaan pupuk anorganik. Sementara itu, penggunaan pupuk organik masih terhambat dengan permasalahan seperti ukuran yang tidak seragam, kandungan zat hara yang rendah serta proses mineralisasi yang lambat (Jones, 2003). Beberapa penelitian

mengindikasikan bahwa pengkombinasian bahan organik dan pupuk anorganik memberikan pengaruh yang bagus pada keseimbangan nutrisi tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah (Ayeni, 2008). Keuntungan lain dari pengkombinasian bahan pupuk organik dan anorganik adalah mampu menurunkan ketergantungan tanaman terhadap pupuk anorganik serta membantu waktu proses mineralisasi zat hara yang ada pada bahan organik (Ayeni, 2010a).

Limbah biogas dan kompos kambing sebelumnya telah banyak diteliti penggunaannya pada tanaman. Kadar unsur hara limbah biogas dipengaruhi oleh jenis pakan ternak beserta umur ternak. Suatu penelitian menyimpulkan bahwa jika pakan ternak yang diberikan lebih banyak mengandung protein, maka pada urin ternak akan lebih banyak mengandung nitrogen. Limbah cair biogas lebih banyak mengandung nitrogen dan kalium, sedangkan padatnya lebih banyak mengandung fosfat (Junus, 2008).

Moral *et al.* (2005) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa kompos yang dihasilkan dari peternakan kambing memiliki material organik yang mudah terurai dan memiliki tingkat rasio C/N yang tinggi. Selain itu, dalam kesimpulannya Moral *et al.* (2005) juga menyatakan bahwa kompos yang dihasilkan pada peternakan kambing memiliki nilai kandungan nutrisi esensial yang lebih tinggi di atas standar pada umumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dosis pencampuran yang optimal dari pupuk anorganik (Urea, SP-36, dan KNO_3) dengan salah satu dari bahan organik berupa limbah padat biogas dan kompos kambing, untuk menghasilkan pupuk organik granul dengan kandungan unsur esensial (NPK) yang tinggi. Selain itu, tujuan lain dari penelitian ini adalah menentukan biaya minimum pembuatan bahan pupuk organik granul yang berasal dari campuran pupuk organik dengan pupuk anorganik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Karang Ploso, Kabupaten Malang dan Laboratorium Teknik Processing Hasil Pertanian Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian serta Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan November, 2010.

Bahan penelitian untuk penelitian ini meliputi limbah padat biogas, kompos kambing, pupuk urea, pupuk SP-36 dan KNO_3 . Adapun spesifikasi bahan-bahan tersebut seperti dalam Tabel 1.

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 50 mesh, timbangan digital dan MS. Office Excel 2007

Tabel 1. Spesifikasi bahan yang digunakan

Bahan	Keterangan Spesifikasi
Limbah Padat Biogas	Bahan diambil langsung dari digester biogas di Kec. Pujon, Kab. Malang. Bahan diperkirakan sudah berumur ± 1 bulan dan dikeringkan dengan panas matahari langsung selama 2 hari kemudian diayak agar berukuran seragam. Harga bahan Rp. 0.5/g.
Kompos Kambing	Bahan diambil langsung dari peternakan BPTP Karangploso Malang dan dilakukan pengomposan selama 1 minggu dengan aktifator EM-4 dan air (1:20). Bahan dikeringkan pada udara terbuka selama ± 2 hari dan digiling dan diayak agar berukuran seragam. Harga bahan Rp. 0.5/g.
Pupuk Urea	Bahan dibeli di toko pertanian setempat dan diproduksi oleh PT. Pupuk Kaltim. Bahan berbentuk butiran putih dan digiling dan diayak untuk penyeragaman ukuran. Harga bahan Rp. 2/g.
Pupuk SP-36	Bahan dibeli di toko pertanian setempat dan diproduksi oleh PT. Petrokimia Gresik. Bahan berbentuk butiran keabu-abuan dan digiling dan diayak untuk penyeragaman ukuran. Harga bahan Rp. 2.5/g.
KNO_3	Bahan dibeli di toko pertanian setempat dan diproduksi oleh PT. Meroke Tetap Jaya Indonesia. Bahan berbentuk butiran lembut putih dan diayak untuk penyeragaman ukuran. Harga bahan Rp. 18/g.

dengan perangkat tambahan (*add-in solver*) sebagai perangkat lunak program linear.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental deskriptif dengan *linear programming* untuk optimasi pembuatan formula pupuk. Adapun formulasi komposisi yang akan dihitung sebagai berikut:

- *Formula I.* merupakan campuran dari limbah padat biogas, pupuk urea, pupuk SP-36 dan KNO_3 .
- *Formula II.* merupakan campuran dari kompos, pupuk urea, pupuk SP-36 dan KNO_3 . Parameter uji dalam penelitian ini meliputi kadar C-organik, kadar N total, kadar P_2O_5 serta kadar K_2O .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Awal

Dari hasil pengujian beberapa parameter pada bahan bahan awal, diperoleh data seperti pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa dari analisa yang telah dilakukan untuk limbah padat biogas dan kompos kambing memiliki kadar C-organik di atas nilai standar mutu pupuk organik yaitu 15.74% dan 14.58%.

Sedangkan untuk kadar N total, kalium dan fosfat dari kedua bahan pupuk organik tersebut masih jauh dari nilai standar pupuk organik yaitu kurang dari 6%. Begitu juga dengan nilai rasio C/N pada limbah padat biogas dan kompos kambing masih di bawah nilai standar mutu pupuk organik yang berkisar antara 15 sampai 25. Agar kandungan unsur hara dari bahan limbah padat biogas dan kompos kambing mendekati atau sama dengan nilai standar mutu pupuk organik maka perlu dilakukan pencampuran dengan pupuk anorganik (Ayeni, 2010a).

Dengan kombinasi pencampuran tersebut, terbukti mampu meningkatkan nilai gizi dari hasil panen tanaman yang mengaplikasikan pupuk kombinasi organik dan anorganik tersebut (Makinde *et al.*, 2010).

Adapun hasil pengujian kandungan unsur hara yang terkandung pada pupuk anorganik yang digunakan sebagai bahan tambahan pupuk organik ditampilkan pada Tabel 3. Pada Tabel 3 terlihat bahwa ada perbedaan nilai kandungan unsur hara yang tertera pada kemasan dengan hasil analisis yang dilakukan. Novizan (2005) menyatakan bahwa hal ini dimungkinkan karena pupuk anorganik bersifat higroskopis. Jika disimpan terlalu lama atau tidak pada tempat yang kedap udara, maka dapat mempengaruhi kandungan zat hara dari pupuk anorganik.

Solusi Model

Guna meningkatkan kandungan unsur hara pada bahan dasar pembuatan pupuk organik granul (limbah padat biogas dan kompos kambing) agar sesuai dengan standar mutu pupuk organik maka data yang diperoleh dirumuskan ke dalam model matematis program linier. Perumusan ditujukan untuk mendapatkan pupuk granul campuran yang memenuhi standar mutu pupuk organik. Solusi pemodelan diproses menggunakan perangkat atau piranti *add-in solver* yang ada pada program MS. Office Excel 2007.

Formula I

Campuran yang terdapat dalam pembuatan pupuk pada formula I tersusun dari empat jenis bahan yaitu limbah padat biogas, pupuk urea, pupuk SP-36 dan pupuk kalium nitrat (KNO_3). Untuk harga masing-masing bahan pupuk per gramnya seperti yang telah disebutkan pada Tabel 1. Model fungsi tujuan untuk mendapatkan biaya bagi formula I

Tabel 2. Kandungan unsur hara bahan penyusun pupuk

Parameter	Bahan yang Digunakan		Standar Mutu Pupuk Organik
	Limbah Padat Biogas	Kompos Kambing	
Bahan Organik (%)	27.23	25.22	-
C-organik (%)	15.74	14.58	≥ 12
C/N	12	10	15-25
K ₂ O (%)	0.10	1.00	< 6
N Total (%)	1.29	1.53	< 6
P ₂ O ₅ (%)	2.04	1.12	<6

Tabel 3. Perbandingan nilai kandungan unsur hara yang tertera pada kemasan pupuk anorganik dengan hasil pengujian.

Pupuk Anorganik	Kandungan Unsur Hara yang Tertera dalam Kemasan (%)					Kandungan Unsur Hara Setelah Dilakukan Uji Laboratorium (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	NO ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Urea	46	-	-	-	-	46.86	0.025	*tu
SP-36	-	36	-	5	-	0.036	14.71	0.023
KNO ₃	-	-	45	-	13	0.369	*tu	14.92

*tu : tidak terukur

dinyatakan sebagai berikut:

Fungsi tujuan minimasi biaya formula I:

Minimasi Biaya:

$$Z = 2X_1 + 2.5X_2 + 18X_3 + 0.5X_4$$

Fungsi kendala:

- $46.86X_1 + 0.036X_2 + 0.369X_3 + 1.29X_4 \leq 6$ gram (standar N/100 g)
- $0.025X_1 + 14.71X_2 + 0X_3 + 2.04X_4 \leq 6$ gram (standar P₂O₅/100 g)
- $0X_1 + 0.023X_2 + 14.92X_3 + 0.1X_4 \leq 6$ gram (standar K₂O/100 g)
- $0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 15.74X_4 \geq 12$ gram (standar C-organik/100 g)
- $X_n \leq 100$
- $X_n \geq 0$

Hasil optimasi jumlah takaran yang optimal dari keempat jenis bahan ditunjukkan pada Tabel 4. Jumlah campuran pupuk sebanyak 3.367 gram maka jumlah optimal untuk tiap-tiap bahan yaitu pupuk urea (X1) sebanyak 0.044 gram (dengan kandungan nitrogen 46.86%, fosfat 0.025% dan kalium nilainya tidak terukur atau nol), pupuk SP-36 (X2) sebanyak nol gram (dengan kandungan nitrogen 0.036%, fosfat 14.71% dan kalium 0.023%), pupuk KNO₃ (X3) sebanyak 0.382 gram (dengan kandungan nitrogen 0.369%, fosfat nilainya tidak terukur dan kalium 14.92%) dan limbah padat biogas (X4) sebesar 2.941 gram (dengan kandungan nitrogen 1.29%, fosfat 2.04%, kalium 0.1% dan C-organik 15.74%).

Adapun untuk bahan pupuk SP-36 di

dalam campuran formula I diperoleh nilai optimalnya nol. Hal itu menandakan bahwa untuk mencapai nilai sesuai standar mutu pupuk organik, harga bahan tersebut terlalu mahal harganya sehingga tidak layak dipakai. Tujuan penelitian ini adalah meminimumkan biaya bahan pembuatan pupuk dengan kandungan unsur haranya sama dengan atau mendekati nilai standar kandungan unsur yang telah ditetapkan.

Formula II

Campuran yang terdapat dalam pembuatan pupuk pada formula II hampir sama dengan bahan yang digunakan dalam campuran pada formula I. Adapun yang membedakan disini menggunakan bahan pupuk kompos kambing sebagai bahan dasarnya yang kemudian dicampur dengan ketiga bahan pupuk anorganik (pupuk urea, pupuk SP-36 dan pupuk kalium nitrat (KNO₃)). Untuk harga masing-masing bahan pupuk per gramnya seperti yang telah disebutkan pada Tabel 1.

Agar didapat biaya minimum bahan pembuatan pupuk organik dan untuk memperoleh hasil optimal kandungan unsur haranya yang mendekati nilai standar yang telah ada, maka dapat ditulis model matematis formula II sebagai berikut:

Fungsi tujuan minimasi biaya formula II:

Minimasi Biaya :

$$Z = 2X_1 + 2.5X_2 + 18X_3 + 0.5X_4$$

Tabel 4. Jumlah optimal formula I

Variabel	Kandungan Unsur Hara (%)				Jumlah Optimal (g)
	Nitrogen	Fosfat	Kalium	C-organik	
X1 (jumlah pupuk urea)	46.86	0.025	0	0	0.044
X2 (jumlah pupuk SP36)	0.036	14.71	0.023	0	0
X3 (jumlah pupuk KNO ₃)	0.369	0	14.92	0	0.382
X4 (jumlah limbah biogas)	1.29	2.04	0.1	15.74	2.941
Total Campuran (g)					3.367
Total Biaya Minimum (Rp)					8.442

Tabel 5. Jumlah optimal formula II

Variabel	Kandungan Unsur Hara (%)				Jumlah Optimal (g)
	Nitrogen	Fosfat	Kalium	C-organik	
X1 (jumlah pupuk urea)	46.86	0.025	0	0	0.044
X2 (jumlah pupuk SP-36)	0.036	14.71	0.023	0	0
X3 (jumlah pupuk KNO ₃)	0.369	0	14.92	0	0.382
X4 (jumlah kompos kambing)	1.53	1.12	1	14.58	3.885
Total Campuran (g)					4.139
Total Biaya Minimum (Rp)					4.771

Fungsi kendala:

- $46.86X_1 + 0.036X_2 + 0.369X_3 + 1.53X_4 \leq 6$ gram (standar N/100 g)
- $0.025X_1 + 14.71X_2 + 0X_3 + 1.12X_4 \leq 6$ gram (standar P₂O₅/100 g)
- $0X_1 + 0.023X_2 + 14.92X_3 + 1X_4 \leq 6$ gram (standar K₂O/100 g)
- $0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 14.58X_4 \geq 12$ gram (standar C-organik/100 g)
- $X_n \leq 100$
- $X_n \geq 0$

Sedangkan hasil optimasi jumlah takaran yang optimal dari keempat jenis bahan pupuk ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat dijelaskan bahwa dengan jumlah campuran pupuk sebanyak 4.139 gram, maka jumlah optimal untuk tiap-tiap bahan yaitu pupuk urea (X1) sebanyak 0 gram (dengan kandungan nitrogen 46.86%, fosfat 0.025% dan kalium nilainya tidak terukur atau nol), pupuk SP-36 (X2) sebanyak 0.112 gram (dengan kandungan nitrogen 0.036%, fosfat 14.71% dan kalium 0.023%), pupuk KNO₃ (X3) sebanyak 0.142 gram (dengan kandungan nitrogen 0.369%, fosfat nilainya tidak terukur dan kalium 14.92%) dan kompos kambing (X4) sebesar 3.885 gram (dengan kandungan nitrogen 1.29%, fosfat 2.04%, kalium 0.1% dan C-organik 15.74%). Adapun untuk bahan pupuk urea di dalam campuran formula II diperoleh nilai optimalnya nol. Hal itu menandakan bahwa untuk mencapai nilai sesuai standar mutu pupuk organik harga bahan tersebut terlalu mahal harganya sehingga tidak layak dipakai. Jadi pada campuran formula II cukup menggunakan tiga bahan campuran yang dianggap mampu mendekati standar nilai kandungan unsur hara yang telah ada sebelumnya. Selain itu juga untuk menekan biaya seminim mungkin dalam pembuatan pupuk yang sesuai dengan standar. Hasil perhitungan menunjukkan nilai total biaya

minimum yang diperoleh pada formula II yaitu sebesar Rp. 4771. Sehingga dengan total biaya minimum Rp. 4771 para petani sudah bisa membuat bahan pembuatan pupuk organik dengan nilai kandungan unsur hara yang mendekati atau sama dengan standar mutu pupuk organik yang telah ada.

Karakteristik Bahan Pembuatan Pupuk Setelah Pencampuran

Pengujian sensitivitas produk campuran pupuk organik dan anorganik dilakukan di laboratorium meliputi uji kadar bahan organik (%), kadar C organik (%), kadar Nitrogen total (%), kadar P₂O₅ dan K₂O. Hasil pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

- **Kadar bahan organik (%)**

Hasil pengujian kandungan unsur hara kedua formula masing-masing campuran limbah padat biogas dan kompos kambing dengan pupuk anorganik setelah pencampuran didapatkan bahwa kadar bahan organik tertinggi 40.06% terdapat pada formula II yaitu campuran antara kompos kambing, pupuk urea dan pupuk KNO₃. Hasil pengujian kandungan bahan organik setelah pencampuran ditunjukkan pada Tabel 6. Meningkatnya kandungan unsur hara khususnya kadar bahan organik disebabkan adanya penambahan pupuk anorganik di dalam campuran pupuk yang terdapat pada masing-masing formula.

- **Kadar C organik (%)**

Hasil pengujian kandungan unsur hara kedua formula masing-masing campuran limbah padat biogas dan kompos kambing dengan pupuk anorganik setelah pencampuran didapatkan bahwa kadar C-organik tertinggi 23.16% terdapat pada formula II yaitu campuran antara limbah padat biogas, pupuk urea dan pupuk SP-36.

Hasil pengujian C-Organik ditunjukkan pada Tabel 6. Meningkatnya kadar C-

Tabel 6. Hasil formula terbaik parameter standar mutu pupuk organik

Parameter	Kandungan Unsur Hara		Standar Unsur Hara
	Formula I	Formula II	
Bahan Organik	32.41	40.06	-
C-organik (%)	18.74	23.16	≥ 12
N (%)	3.45	2.20	< 6
P ₂ O ₅ (%)	0.55	2.19	< 6
K ₂ O (%)	0.95	0.69	< 6
Total Biaya Minimum (Rp/g)	2.50	1.15	

organik disebabkan adanya penambahan pupuk organik, yang di dalam ikatan kimia pupuk organik terdapat molekul karbon.

• **Kadar nitrogen total (%)**

Hasil pengujian kadar nitrogen total menunjukkan bahwa nilai nitrogen total tertinggi yaitu sebesar 3,45% terdapat pada formula I yang terdiri dari campuran antara limbah padat biogas, pupuk urea dan pupuk KNO₃. Sedangkan kandungan nitrogen total terendah terdapat pada formula II yaitu sebesar 2.20%. Daftar pengujian kadar nitrogen total ditunjukkan pada Tabel 6 Meskipun demikian kadar nitrogen hasil pencampuran dari masing-masing formula masih lebih rendah dari kadar nitrogen standar mutu pupuk organik yaitu sebesar 6%.

Tabel 6 menunjukkan bahwa dari kedua formula mengalami kenaikan kandungan unsur hara nitrogen total jika dibandingkan dengan bahan dasar sebelum dilakukan pencampuran dengan pupuk anorganik. Kenaikan nitrogen total disebabkan adanya penambahan urea dengan kandungan nitrogen 46.86% untuk formula I dan II, penambahan pupuk majemuk KNO₃ dengan kandungan nitrogen total sebesar 0.369% pada formula I dan II serta penambahan pupuk SP-36 mempunyai kandungan nitrogen 0.036% pada formula II. Jumlah dari pupuk anorganik yang ditambahkan juga menjadi faktor penentu jumlah kadar nitrogen yang terdapat pada masing-masing formula sehingga akan meningkatkan nitrogen total di dalam pupuk tersebut.

• **Kadar P₂O₅ (%)**

Hasil pengujian kadar P₂O₅ menunjukkan bahwa nilai fosfat tertinggi setelah dilakukan pencampuran yaitu sebesar 2.19% terdapat pada formula II yang terdiri dari campuran antara kompos kambing, pupuk SP-36 dan pupuk KNO₃. Akan tetapi, kadar

fosfat yang dihasilkan dari masing-masing formula masih lebih rendah dari kadar fosfat standar mutu pupuk organik yang ada yaitu sebesar 6%.

• **Kadar K₂O**

Hasil pengujian kadar K₂O menunjukkan bahwa nilai kadar kalium tertinggi dari masing-masing formula terdapat pada formula I yaitu sebesar 0.95%. Formula I merupakan campuran antara limbah padat biogas dengan pupuk tunggal urea dan pupuk majemuk KNO₃. Meskipun demikian kadar kalium hasil pencampuran pada masing-masing formula nilainya masih lebih rendah dari kadar kalium standar mutu pupuk organik yaitu sebesar 6%. Adanya perbedaan komposisi kalium pada pupuk urea, SP-36 dan pupuk KNO₃ yang sebenarnya dengan yang tertera pada kemasan mempengaruhi persentase kalium keseluruhan setelah pencampuran. Hasil dari pengujian kadar K₂O setelah pencampuran ditunjukkan pada Tabel 6. Ada kecenderungan semakin banyak pupuk kalium anorganik yang ditambahkan akan meningkatkan kadar kalium.

Pemilihan Hasil Formula Terbaik

Pemilihan hasil formula terbaik dilakukan dengan membandingkan data pengujian kandungan unsur hara kedua formula pupuk dari bahan dasar limbah padat biogas dan kompos kambing setelah pencampuran dengan standar kandungan unsur hara pupuk organik yang meliputi: kadar nitrogen (N), kadar fosfat (P₂O₅), kadar kalium (K₂O).

Formula I memiliki nilai N total dan nilai kalium (K₂O) yang mendekati standar mutu pupuk organik. Pada formula II memiliki nilai C-organik, rasio C/N, N total dan fosfat (P₂O₅) yang mendekati standar mutu pupuk organik, maka untuk hasil formula terbaik dipilih formula II yang memenuhi persyaratan sebagai hasil formula terbaik.

Selain itu juga yang menjadi pertimbangan pemilihan formula campuran terbaik adalah masalah biaya dalam proses pembuatan formula pupuk. Formula II dipilih menjadi formula terbaik karena kandungan unsur haranya rata-rata mendekati standar mutu pupuk organik dan dalam biaya pembuatan bahan campurannya lebih murah dibandingkan dengan formula lainnya yaitu sebesar Rp. 1153/gram. Selain meningkatkan efektifitas pemupukan dengan bertambahnya zat hara yang terkandung dalam pupuk, pengkombinasian pupuk organik dan anorganik ini mampu mengurangi ketergantungan akan peran pupuk anorganik yang mempunyai efek samping yang buruk bagi tanaman. Ayeni (2010b) menyatakan bahwa penggunaan pupuk kombinasi ini mampu meningkatkan tingkat penyerapan unsur hara esensial oleh tanaman serta dapat meningkatkan hasil panen jika dibandingkan dengan aplikasi pupuk organik atau anorganik saja.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemilihan hasil formula terbaik dilakukan dengan membandingkan data pengujian kandungan unsur hara kedua formula pupuk tersebut setelah dilakukan pencampuran dengan standar kandungan unsur hara pupuk organik yang meliputi: kadar C-organik, nitrogen (N), kadar fosfat (P_2O_5) dan kadar kalium (K_2O). Sehingga didapat formula terbaik yaitu formula II karena memiliki kandungan unsur hara rata-rata mendekati nilai standar mutu pupuk organik dengan kandungan N total sebesar 2.20%, kandungan P_2O_5 sebesar 2.19% dan kandungan K_2O 0.69%. Berdasarkan perhitungan menggunakan perangkat lunak *add-*

in solver diperoleh harga bahan minimum pada masing-masing formula yaitu formula I sebesar Rp. 2.51/gram dan formula II sebesar Rp. 1.15/gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayeni LS. 2008. Integration of cocoa pod ash, poultry manure and NPK 20:10:10 for Soil Fertility Management - Incubation Study. *Continental Journal Agronomy* (2): 25 - 30
- Ayeni LS. 2010a. Effect of combined cocoa pod ash and NPK fertilizer on soil properties, nutrient uptake and yield of maize (*Zea mays*). *Journal of American Science* 6(3): 79-84
- Ayeni LS. 2010b. Integrated application of cocoa pod ash and NPK fertilizer: effect on soil and plant nutrient status and maize performance - field experiment. *Journal of American Science* 6(6): 96-102
- Jones and Benton Jr. J. 2003. *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils and Their Fertility*. CRC Press, New York
- Junus M. 2008. Rekayasa penggunaan sludge limbah ternak sebagai bahan pakan dan pupuk cair tanaman. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Hayati* 10(2): 1-15
- Makinde EA, Ayeni LS, Ojeniyi SO, and Odedina JN. 2010. Effect of organic, organomineral and NPK fertilizer on nutritional quality of *Amaranthus* in Lagos, Nigeria. *Researcher* 2(2): 91-96
- Moral R, Moreno-Caselles J, Perez-Murcia MD, Perez-Espinosa A, Rufete B, and Paredes C. 2005. Characterisation of the organic matter pool in Manures. *Bioresource Technology* 96(2): 153-158
- Novizan. 2005. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agro Media Pustaka, Jakarta