

PENERAPAN METODE TAGUCHI PADA PROSES FERMENTASI PUPUK GUANO CAIR UNTUK MENGHASILKAN KANDUNGAN NPK YANG OPTIMAL DI UD PUPUK GUANOKU

Mirza Firdiansah Isnanta¹, Deny Andesta² dan Said Salim Dahda²

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik Prodi Teknik Industri-Universitas Muhammadiyah Gresik

² Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Industri-Universitas Muhammadiyah Gresik
matrik.ie@umg.ac.id

ABSTRAK

Untuk menghasilkan pupuk organik dengan karakter kualitas kandungan NPK organik yang tinggi (*Large The Better*), diperlukan banyak eksperimen dalam proses pembuatan pupuk organik. Salah satu metode eksperimen yang memberikan hasil yang luar biasa dalam desain eksperimen dengan jumlah eksperimen yang efisien adalah Metode *Taguchi*. Dari analisa awal metode *taguchi*, diketahui bahwa variabel bebas yang digunakan sebagai faktor adalah kadar air kotoran kelelawar (A), bioactiva (B), gula merah (C), air (D), bekatul (E) dan sekam padi (F). Variabel bebas yang digunakan memiliki tiga level faktor untuk setiap faktornya. Variabel tidak bebas yang dituju adalah *Nitrogen, Phospore dan Kalium*. Orthogonal Array yang dipakai adalah $L_{27} (3^{13})$ dengan 27 eksperimen untuk tiga kali replikasi. Setelah dilakukan eksperimen, pengumpulan dan pengolahan data dengan Metode *Taguchi*, didapati bahwa, faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rasio kandungan *Nitrogen* yang optimal adalah Faktor $A_1, B_3, A_1 \times B_3, C_3, B_3 \times C_3, D_1, E_3, F_1$ dengan nilai respon optimal 28,59287 % (29,12506 dB), kandungan *Phospore* yang optimal adalah $A_1, B_3, A_1 \times B_3, C_3, B_3 \times C_3, D_1, E_3, F_1$ dengan nilai respon optimal 23,67469 % (27,48561 dB) dan kandungan *Kalium* yang optimal adalah $A_3, B_1, A_3 \times B_1, C_2, B_1 \times C_2, D_1, E_2, F_2$ dengan nilai respon optimal 21,69575% (26,72738 dB).

Kata Kunci : *Metode Taguchi, Proses Fermentasi Pupuk*

PENDAHULUAN

Pupuk anorganik adalah jenis pupuk yang dibuat pada pabrik dengan meramu berbagai bahan kimia sehingga memiliki prosentase kandungan hara yang tinggi. Contoh pupuk anorganik atau buatan adalah jenis pupuk Urea, TSP dan lain-lain. Sedangkan pupuk organik adalah pupuk yang terbuat dari sisa-sisa makhluk hidup yang diolah melalui proses pembusukan atau dekomposisi oleh bakteri pengurai seperti pupuk kompos, pupuk kandang dan pupuk guano.

Kurangnya ketersediaan pupuk kimia NPK di sektor pertanian dan tingginya kesadaran petani akan dampak yang ditimbulkan pasca penggunaan pupuk kimia, menuntut adanya pupuk alternatif untuk menggantikan pupuk kimia yang memiliki kandungan hara menyerupai pupuk kimia dan tidak merusak lingkungan. Pupuk Organik merupakan satu-satunya pilihan yang tepat untuk menggantikan

pupuk kimia yang selama ini mendominasi sektor pertanian.

Dalam Permentan No. 2 tahun 2006 tentang pupuk organik dan pembenahan tanah mendefinisikan bahwa pupuk organik merupakan pupuk yang sebagian atau seluruhnya berasal dari tanaman atau dari hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pupuk organik memiliki kandungan unsur mikro yang lebih lengkap dibandingkan pupuk anorganik sehingga pupuk organik memberikan kehidupan bagi mikroorganisme tanah yang menjadi sahabat petani dengan lebih baik. Pupuk organik juga mampu berperan menjembatani unsur hara yang sudah ada ditanah sehingga mampu membentuk partikel ion yang mudah diserap oleh tanah, pupuk berperan dalam pelepasan

hara tanah secara perlahan dan kontinyu sehingga dapat membantu dan mencegah terjadinya ledakan suplai hara yang dapat membuat tanaman menjadi keracunan (Cuplikan Peraturan Menteri Pertanian, Nomer: 2/pert/HK060/2/2006).

Salah satu bahan baku yang dapat diolah menjadi pupuk organik adalah kotoran kelelawar. Kotoran kelelawar atau yang sering disebut dengan istilah Guano merupakan salah satu bahan baku pupuk organik yang memiliki kandungan NPK (*Nitrogen, Phospore dan Kalium*) di antara bahan baku organik lain yang pernah ada. Berikut ini merupakan tabel kandungan hara pada setiap jenis bahan baku pupuk organik:

Tabel 1.1 Kandungan Unsur Hara
Dari Berbagai Jenis Bahan Baku Pupuk Organik

No	Jenis (Kotoran)	Kadar Air (%)	BO	N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	C/N
1	Kelelawar	15	87	7,02	3,25	2,75	15,20	5-19
2	Kelinci	62	27	2,72	1,1	0,5	0,02	25-29
3	Sapi	80	16	0,3	0,2	0,15	0,2	20-25
4	Kerbau	81	12,7	0,25	0,18	0,17	0,4	25-28
5	Kambing	64	31	0,7	0,4	0,25	0,4	20-25
6	Ayam	57	29	1,5	1,3	0,8	4,0	9-11
7	Babi	78	17	0,5	0,4	0,4	0,07	19-20
8	Kuda	73	22	0,5	0,25	0,3	0,2	24

(Sumber: Samadi, 2013)

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kebun Percobaan PT. Petrokimia Gresik)

Dari tabel diatas diketahui bahwa kotoran kelelawar memiliki kadar hara yang paling tinggi, sehingga menjadi bahan baku yang paling optimal untuk menghasilkan pupuk organik cair dengan proses fermentasi. Proses fermentasi bertujuan untuk melipat gandakan kandungan hara (NPK) pada bahan baku utama sehingga memiliki kandungan hara yang mendekati pupuk NPK kimia atau anorganik (N 15%, P2O5 15% dan K2O 15%) guna menjadi pupuk alternatif pengganti pupuk kimia yang merusak lingkungan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kholifah selaku kepala Uji Laboratorium Kebun Percobaan PT. Petrokimia Gresik pada Desember 2014 menyatakan bahwa, untuk menghasilkan pupuk organik dengan kadar NPK yang mendekati pupuk kimia dibutuhkan formula yang tepat. Pupuk Guano merupakan salah satu

pupuk organik yang terbuat dari kotoran kelelawar yang telah mengalami proses fermentasi dengan kombinasi dari berbagai macam komposisi organik guna meningkatkan kandungan NPK. Untuk menghasilkan Pupuk Guano yang memiliki kandungan NPK yang tinggi, didapati faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses fermentasi, diantaranya adalah kotoran kelelawar, gula merah, *bioactiva* dan air (Firdiansah & Abidin, 2015). Faktor-faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas pupuk, sehingga perlu dilakukan suatu penelitian. Karakteristik pupuk organik yang tepat untuk menggambarkan kualitas pupuk organik NPK adalah semakin tinggi semakin baik, dimana semakin tinggi kandungan unsur hara (NPK) maka semakin baik pula kualitas pupuk tersebut. Untuk menghasilkan pupuk organik dengan kandungan NPK yang tinggi diperlukan kombinasi antara faktor-faktor dan banyak eksperimen dalam proses pembuatan pupuk organik.

Salah satu metode eksperimen yang memberikan hasil yang luar biasa dalam desain eksperimen adalah Metode *Taguchi*. Pemilihan Metode *Taguchi* bertujuan untuk merancang produk pupuk guano menjadi produk yang memiliki kualitas yang kokoh terhadap variasi komponen serta meminimalkan variasi sekitar target. Dimana Metode *Taguchi* memiliki keunggulan diataranya adalah lebih efisien karena menggunakan matrik khusus yang disebut *Matriks Ortogonal* sehingga dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter yang didapat dari jumlah eksperimen yang ekonomis, memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol dan menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor yang menghasilkan respon optimal. Sehingga diharapkan dengan Metode *Taguchi* dapat menghasilkan kandungan hara melebihi penelitian sebelumnya yakni sebesar *Nitrogen* (21%), *Phospore* (18%) dan *Kalium* (17%) (Firdiansah & Abidin, 2015).

METODE

Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses pembuatan produk dalam waktu yang bersamaan

dengan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin (Soejanto, 2009). Metode *Taguchi* berusaha untuk menjadikan produk atau proses tidak sensitif terhadap faktor seperti material, tenaga manusia, peralatan manufaktur dan kondisi operasional (Hartono, 2012). Metode *Taguchi* menjadikan produk atau proses bersifat kokoh terhadap noise sehingga metode ini juga disebut sebagai metode *robust design*.

Filosofi *Taguchi* terdiri dari tiga konsep menurut Soejanto, diantaranya adalah mewajibkan kualitas harus didesain ke dalam sebuah produk dan bukan hanya sekedar memeriksanya, kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga kokoh terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol, kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standart tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode *Taguchi* juga memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang bertujuan untuk merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitas dapat kokoh terhadap kondisi lingkungan, merancang dan mengembangkan produk yang memiliki kualitas kokoh terhadap variasi komponen serta meminimalkan variasi sekitar target. Menurut Soejanto, Metode *Taguchi* juga memiliki keunggulan seperti desain *Taguchi* lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah, memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan) dan menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimal.

Metode *Taguchi* menggunakan matrik khusus yang disebut *Matriks Ortogonal* sehingga dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter yang didapat dari jumlah eksperimen ekonomis. Bagian terpenting dari *Tools* Metode *Taguchi* ini adalah terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input masing-masing eksperimen.

Desain eksperimen *Taguchi* pada umumnya dibagi menjadi tiga tahap yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahap tersebut adalah (Soejanto, 2009):

Tahap Perencanaan Eksperimen

Tahap perencanaan merupakan tahap yang penting dimana dalam tahap ini meliputi pembentukan rumusan masalah, tujuan eksperimen, penentuan variable tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variable bebas), pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan, penentuan jumlah level, letak dari kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan *matriks orthogonal*. Berikut ini merupakan uraian pengertaaian lebih lanjut mengenai tahap perencanaan eksperimen:

1. Perumusan Masalah
2. Tujuan Eksperimen
3. Penentuan Variabel Tak
4. Identifikasi Faktor-Faktor
5. Pemisahan Faktor Kontrol
6. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor
7. Perhitungan derajat Kebebasan
8. Pemilihan *Matrik Orthogonal*
9. Penempatan Kolom untuk

Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pada pelaksanaan eksperimen diperlukan dua kegiatan, berikut ini merupakan kegiatan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan eksperimen:

1. Jumlah Replikasi
2. Randomisasi

Tahap Analisa

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan data dan penyajian data dalam suatu *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih pada eksperimen yang telah dilakukan. Berikut ini merupakan perhitungan dan pengujian data yang terdapat pada tahap analisa data:

Analisa Varians *Taguchi*

Analisa Varians merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisa data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara

statistika (sarwoko, 2014). Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung varians dalam *Taguchi* (Belavendram, 1995):

- S_T – Jumlah Kuadrat Total

$$SST = \sum_{i=1}^N Y^2 \quad (2)$$

Keterangan :

N = Jumlah Percobaan

Y = Data Yang Diperbolehkan Dari Percobaan

- S_A – Jumlah Kuadrat Faktor A

$$SST = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{A_i}{n_{Ai}} \right)^2 \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2)$$

Keterangan :

A_i = Level ke i Faktor A

n_{Ai} = Jumlah Percobaan Level ke i Faktor A

- S_{AxB} – Jumlah Kuadrat Interaksi Ax B

$$S_{AxB} = \frac{[Total Ax B1]^2}{n_1} + \frac{[Total Ax B2]^2}{n_2} + \frac{[Total Ax B]^2}{n_1 + n_2} \quad (2)$$

- S_T – Jumlah Kuadrat Kuadrat Error

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AxB} + SS_e \quad (2)$$

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} \quad (2)$$

Uji F

$$F_{sumber} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}}$$

Untuk membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan diperlukan uji hipotesa F (Bhote, 2000). Uji hipotesa dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi error. Variansi error merupakan variansi setiap individu yang terdapat dalam pengamatan yang timbul akibat faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (Hadiyat, 2012). Berikut ini merupakan rumus untuk Uji F:

Hasil perhitungan F_{sumber} kemudian dibandingkan dengan nilai F pada tabel pada harga α tertentu dengan menggunakan derajat kebebasan ((k-1).(N-k)). Dimana k merupakan jumlah level suatu faktor dan N merupakan jumlah total perlakuan. Berikut ini merupakan hipotesa yang dipakai dalam suatu percobaan :

- H_0 : tidak ada pengaruh perlakuan, sehingga $\mu_1 = \mu_2$
 - H_1 : ada pengaruh perlakuan, sehingga sedikitnya ada satu μ_1 yang tidak sama
- Jika nilai F test lebih kecil dari nilai F tabel ($F_{hitung} < F_{tabel}$), maka hipotesa (H_0) diterima,

berarti tidak ada perbedaan. Berbeda apabila nilai F test lebih besar dari nilai nilai F tabel ($F_{hitung} > F_{tabel}$), maka hipotesa (H_0) ditolak dan (H_1) diterima karena ada perbedaan.

1. Strategi *Pooling Up*

Untuk mengestimasi variansi eror pada analisis varians maka diperlukan strategi *Pooling Up* (Belavendram, 1995).

2. Rasio S/N

Untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon diperlukan rasio S/N (*Rasio Signal-To-Noise*).

Semakin besar, semakin baik Karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan no-negatif. Nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_{i2}} \right)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Eksperimen

Untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen, maka pada tahap ini diperlukan pemilihan jumlah level yang tepat. Makin banyak jumlah level berbanding lurus dengan tingginya ketelitian data eksperimen. Akan tetapi semakin tinggi level juga mengakibatkan semakin tingginya biaya eksperimen. Dalam penelitian ini, level yang digunakan adalah 3 level dalam setiap faktor. Pemilihan 3 level dipilih karena produk Pupuk Guano masih tergolong baru untuk diteliti dan membutuhkan pemilihan jumlah faktor yang tepat untuk menghasilkan informasi guna mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor pada kandungan NPK (respon). Alasan lain pemilihan 3 level untuk setiap faktor adalah untuk meredam tingkat ketidakpastian tentang banyak level yang harus dipilih untuk mengetahui pengaruh dari faktor tertentu, sehingga 3 level dirasa cukup untuk memberikan informasi yang diinginkan berupa fungsi kuadrat (Belavendram, 1995). Berikut ini merupakan tabel faktor beserta level yang digunakan pada penelitian fermentasi guano:

Tabel 3.1 Faktor-Faktor dan Nilai Level

Faktor	Lambang	Level 1	Level 2	Level 3	Satuan
Kadar Air Kotoran Kelelawar	A	1-5	6-10	11-15	% / 70 gr
Bioactiva	B	15	50	80	ml
Gula Merah	C	5	30	70	ml
Air	D	100	250	500	ml
Bekatul	E	5	15	30	gr
Sekam Bakar	F	5	15	30	gr

Setelah didapati faktor, maka selanjutnya adalah menghitung jumlah derajat bebas dan orthogonal array yang dipakai. Derajat kebebasan (V_{ff}) merupakan banyaknya level dikurangi satu, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_{ff} = \text{Banyaknya Level} - 1$$

Berikut ini merupakan perhitungan derajat bebas dalam penelitian fermentasi Pupuk Guanoku:

Faktor (Efek Utama) = Banyaknya Level - 1
 Faktor A, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan
 Faktor B, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan
 Faktor C, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan
 Faktor D, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan
 Faktor E, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan

Dari tabel diatas diketahui bahwa terdapat 3 level untuk setiap faktor. Dalam setiap levelnya terdapat berbagai macam range nilai level yang berbeda-beda. Pemilihan nilai *range* pada setiap faktor bertujuan untuk mengetahui hubungan linier pengaruh nilai level terhadap karakteristik kualitas (kandungan NPK), sehingga diperlukan penentuan lebar *range* yang optimal berdasarkan penelitian sebelumnya yang terdapat pada laporan integrasi (Firdiansah, 2015).

Faktor F, 3 Level = 3 - 1 = 2 Derajat Kebebasan
 Interaksi AxB, 3 Level = (3-1) x (3-1) = 4 Derajat Kebebasan
 Interaksi BxC, 3 Level = (3-1) x (3-1) = 4 Derajat Kebebasan +
 Total Derajat Bebas = 20 Derajat Bebas

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa eksperimen minimum yang boleh dilakukan adalah sebanyak 20 buah eksperimen dengan Notasi Matriks $L_{20} (3^6)$ berdasarkan kombinasi enam faktor dengan tiga level pada masing-masing faktor. Sehingga *Orthogonal Array* yang cukup untuk dapat digunakan dalam penelitian sesuai dengan total derajat kebebasan adalah $L_{27} (3^{13})$ dengan 26 Derajat Kebebasan dengan jumlah replikasi sebanyak 3 kali. Kemudian dilakukan pelaksanaan eksperimen dengan penempatan kolom faktor dan interaksi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan $L_{27} (3^{13})$

Eksperimen	FAKTOR												
	A	B	A x B (1)	A x B (2)	C	e	e	B x C (1)	D	E	B x C (2)	F	e
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
... 27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2

Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan pelaksanaan eksperimen berdasarkan perancangan pada tahap sebelumnya, sehingga didapati hasil sebagai berikut Tabel 3.3 Hasil Eksperimen

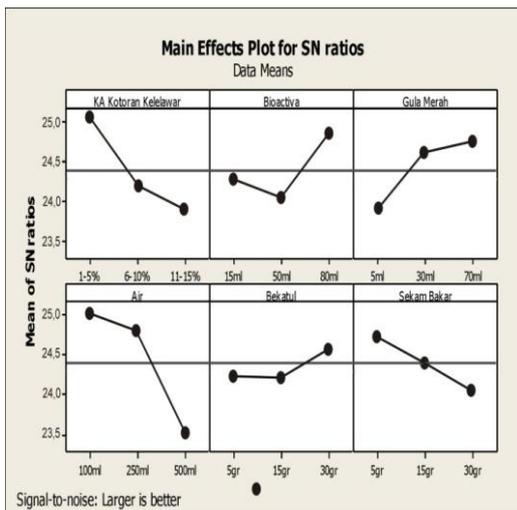
Dari perhitungan pengaruh level dari faktor terhadap respon, maka dilakukan pemberian

rangking yang bertujuan untuk memberikan urutan faktor yang memiliki pengaruh dari terbesar hingga terkecil. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

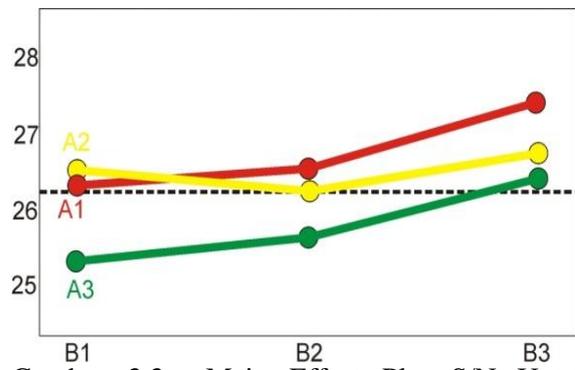
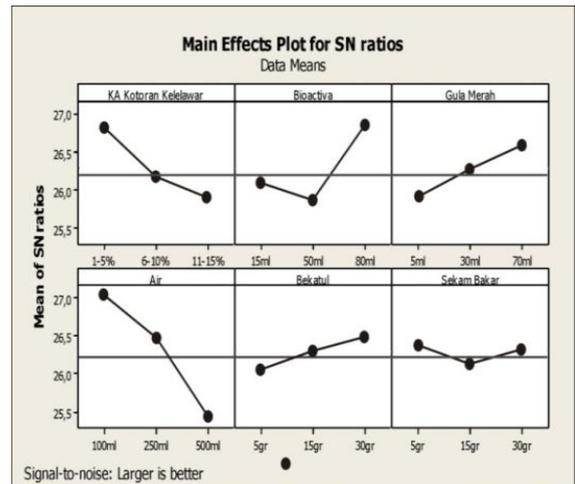
Tabel 3.3 Hasil Eksperimen

Ekspe- rimen	Replikasi Nitrogen (%)			Replikasi Phospore (%)			Replikasi Kalium (%)			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	20,230	20,100	20,180	26,0932	16,695	16,545	24,42388	11,238	11,008	11,187
2	22,047	22,080	22,067	26,87304	18,512	18,545	18,532	25,35735	13,045	13,073
3	20,212	20,300	20,250	26,13017	16,677	16,795	24,46415	11,210	11,208	11,248
4	21,231	21,300	21,288	26,55655	17,694	17,795	24,97806	12,229	12,208	12,286
5	19,101	19,200	19,180	25,64095	15,566	15,665	25,87815	10,099	10,108	10,187
6	23,099	23,120	23,200	27,2871	19,564	19,585	19,665	25,84713	14,007	14,113
7	22,055	22,110	22,201	26,80830	18,520	18,575	18,666	25,38405	13,053	13,109
8	23,232	23,110	23,200	27,30245	19,697	19,575	19,665	25,86225	14,230	14,108
9	25,200	25,330	25,370	28,0423	21,665	21,795	21,835	26,75593	12,920	12,802
10	19,003	18,910	18,900	25,58022	15,468	15,375	23,78873	10,001	9,943	9,988
11	19,000	19,110	19,072	25,60269	15,465	15,575	23,82080	9,998	10,108	10,070
12	26,100	26,230	26,050	28,34857	21,565	22,695	21,515	27,07882	13,991	14,021
13	17,174	17,210	17,181	24,70466	13,630	13,675	13,646	22,70476	8,172	8,213
14	18,771	18,100	18,025	25,34114	15,226	14,585	15,100	23,49774	9,769	9,813
15	19,099	19,120	19,109	25,62401	15,564	15,585	15,574	23,84819	10,097	10,113
16	25,002	24,990	25,010	27,95903	15,791	15,781	15,992	24,00266	11,000	11,120
17	22,100	22,020	22,070	26,87339	18,565	18,485	18,235	25,35569	13,098	13,013
18	19,111	19,100	19,060	25,61025	15,576	15,565	15,215	23,83756	10,100	10,058
19	15,199	15,220	15,113	23,62379	11,664	11,685	11,578	21,32059	17,911	17,829
20	22,001	21,880	21,986	26,83885	18,466	18,345	18,451	25,31016	18,999	18,878
21	19,010	18,970	19,007	25,57988	15,475	15,485	15,472	23,78455	15,721	15,200
22	20,980	21,000	21,000	26,443	17,445	17,475	17,465	24,84171	15,000	15,009
23	21,005	21,012	21,001	26,44887	17,470	17,477	17,466	24,84035	14,880	14,780
24	17,086	17,170	17,088	24,67107	13,551	13,635	13,573	22,66036	14,084	14,108
25	20,000	20,050	20,051	26,03519	16,465	16,515	16,216	24,34895	13,020	13,070
26	18,997	19,100	19,051	25,59753	15,402	15,265	15,216	23,81457	15,995	16,008
27	25,000	24,900	25,010	27,94918	16,221	15,909	16,296	24,17448	14,002	14,001

Gambar 3.1 Main Effect Plot S/N Untuk Respon Nitrogen

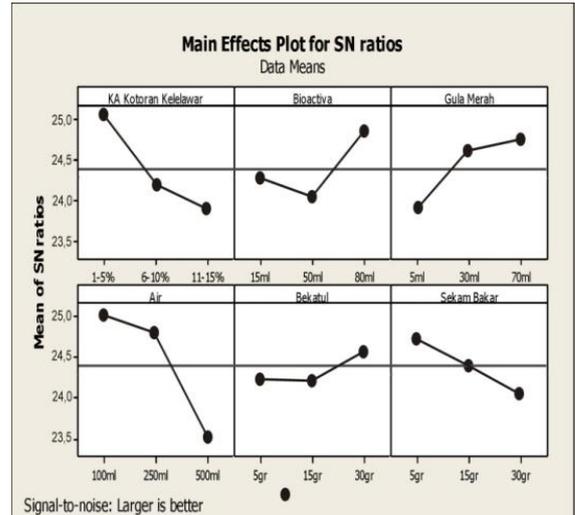


Gambar 3.2 Main Effect Plot S/N Untuk Respon Kalium

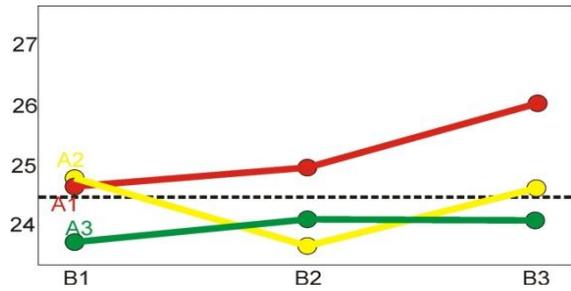


Gambar 3.3 Main Effect Plot S/N Untuk Respon Kali

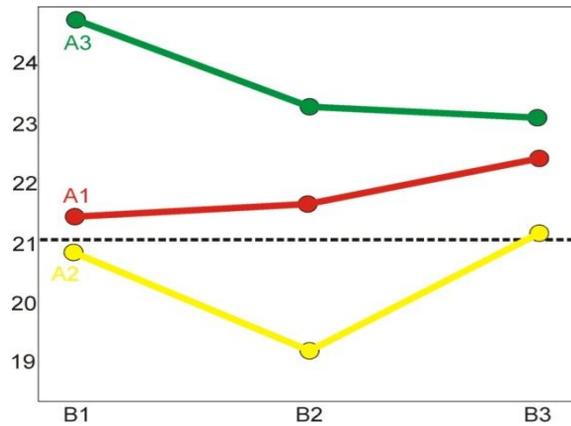
Dari perhitungan pengaruh interaksi didapati interaksi yang paling optimal sebagai ber



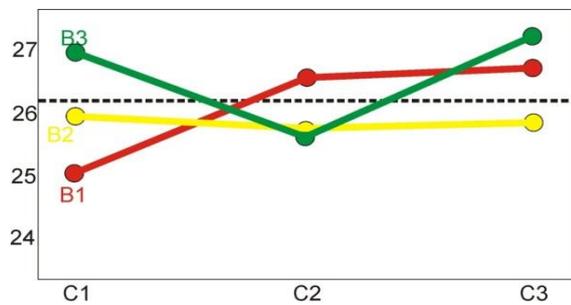
Gambar 3.4 Grafik Interaksi AxB Respon Nitrogen



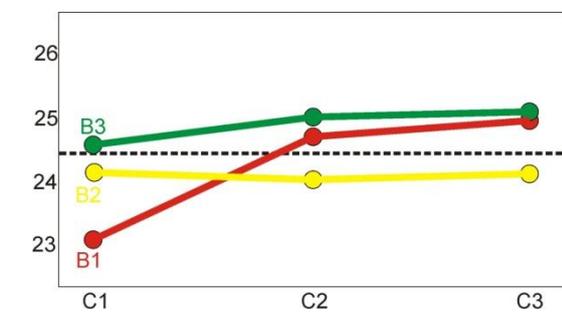
Gambar 3.5 Grafik Interkasi AxB Respon Phospore



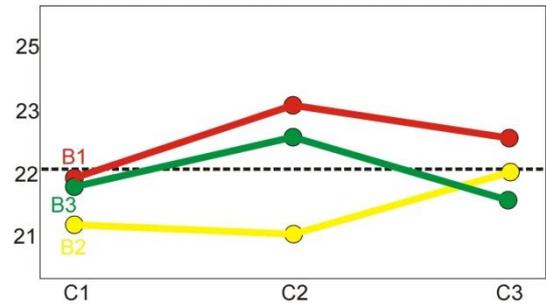
Gambar 3.6 Grafik Interkasi AxB Respon Kalium



Gambar 3.7 Grafik Interkasi BxC Respon Nitrogen



Gambar 3.8 Grafik Interkasi BxC Respon Phospore



Gambar 3.9 Grafik Interkasi BxC Respon Kalium

Setelah diketahui interaksi yang paling maksimum dair kombinasi level faktor, maka selanjutnya adalah menghitung analisis varians dan melakukan pooling faktor guna mengetahui persen kontribusi dari berbagai faktor. Berikut ini merupakan hasil pooling berdasarkan respon dari eksperimen:

Tabel 3.4 Persen Kontribusi Untuk Respon Nitrogen berdasarkan Pooling Faktor

Sumber	V	SS	MS	SS'	P (%)
A	2	3,407416	1,703708	2,805968	8,499783
B	2	5,723746	2,861873	5,122298	15,51636
AxB (2)	4	1,420855	0,355214	0,217959	0,660237
C	2	1,620902	0,810451	1,019454	3,08811
BxC (1)	4	2,566254	0,641564	1,363358	4,129857
D	2	12,81446	6,40723	12,21301	36,99542
E	2	0,647017	0,323509	0,045569	0,138037
Error	16	4,811584	0,300724	-	-
Total	26	33,01223	-	-	-

Tabel 3.5 Persen Kontribusi Untuk Respon Phospore berdasarkan Pooling Faktor

Sumber	V	SS	MS	SS'	P (%)
A	2	8,519744	4,259872	7,567239	18,90942
B	2	2,374527	1,187264	1,422022	3,553424
AxB (2)	4	4,380277	1,095069	2,475266	6,185329
C	2	2,992261	1,496131	2,039756	5,097051
BxC (1)	4	1,598294	0,399574	-0,30672	-0,76644
BxC (2)	4	2,324747	0,581187	0,419736	1,04886
D	2	11,16097	5,580485	10,20846	25,50946
Error	14	6,667537	0,476253	-	-
Total	26	40,01835	-	-	-

Tabel 3.6 Persen Kontribusi Untuk Respon *Kalium* berdasarkan Pooling Faktor

Sumber	V	SS	MS	SS'	P (%)
A	2	49,26852	24,63426	48,0453	59,12258
B	2	4,802999	2,401499	3,57978	4,40513
AxB (2)	4	7,449173	1,862293	5,002734	6,15616
BxC (1)	4	1,944397	0,486099	-0,50204	-0,61779
BxC (2)	4	3,091352	0,772838	0,644913	0,793604
D	2	3,88967	1,944835	2,666451	3,281225
E	2	2,255237	1,127619	1,032018	1,269959
Error	14	8,562535	0,61161	-	-
Total	26	81,26388	-	-	-

Dari tabel disamping diketahui bahwa faktor D memiliki kontribusi yang paling besar terhadap kandungan *Nitrogen* dibandingkan dengan faktor lain, yakni sebesar 36,99542 % dan faktor D juga memiliki kontribusi yang paling besar terhadap kandungan *Phospore* dibandingkan dengan faktor lain, yakni sebesar 25,50946 %. Akan tetapi berbeda dengan respon *Kalium*, dimana faktor A memiliki kontribusi yang paling besar dibandingkan dengan faktor lain, yakni sebesar 59,12258 %.

Setelah dilakukan Pooling dan perhitungan persen kontribusi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan eksperimen konfirmasi berdasarkan perhitungan pengaruh level dan faktor (gambar 3.1 s/d 3.3). Dari perhitungan tersebut didapat formula sebagai berikut:

Formula *Nitrogen* yang optimal adalah Faktor A₁, B₃, A₁x B₃, C₃, B₃x C₃, D₁, E₃, F₁

Formula *Phospore* yang optimal adalah A₁, B₃, A₁x B₃, C₃, B₃x C₃, D₁, E₃, F₁

Formula *Kalium* yang optimal adalah A₃, B₁, A₃x B₁, C₂, B₁x C₂, D₁, E₂, F₂

Setelah diketahui formula yang optimal, maka selanjutnya adalah melakukan eksperimen konfirmasi dengan jumlah replikasi sebanyak 10 kali. Dan didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3.7 Hasil Eksperimen Konfirmasi

Replikasi Eksperimen	Respon		
	<i>Nitrogen</i> (%)	<i>Phospore</i> (%)	<i>Kalium</i> (%)
1	28,52212	23,72312	21,78942
2	28,67315	23,59833	21,65319
3	28,45698	23,66954	21,55472
4	28,62011	23,73302	21,70082
5	28,48273	23,55073	21,65985
6	28,66441	23,69112	21,69921
7	28,58898	23,71768	21,77181
8	28,64037	23,65341	21,68672
9	28,61039	23,72004	21,70388
10	28,66943	23,68993	21,73789
Total	285,9287	236,7469	216,9575
\bar{Y}	28,59287	23,67469	21,69575

Setelah didapat hasil eksperimen konfirmasi, maka selanjutnya adalah menghitung interval kepercayaan berdasarkan 90% dan dilakukan perbandingan antara eksperimen taguchi dengan eksperimen konfirmasi. Tujuan perbandingan eksperimen taguchi dengan eksperimen konfirmasi adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan atau tidak. Berikut ini merupakan tabel perbandingan interval kepercayaan:

Tabel 3.8 Intepretasi Hasil Kandungan NPK

Respon		<i>Nitrogen</i>		<i>Phospore</i>		<i>Kalium</i>	
		Prediksi	Optimasi	Prediksi	Optimasi	Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Vanabilitas (S/N)	28,723862	± 0,48765	27,2289	± 0,61869	26,46451	± 0,70112
Eksperimen Konfirmasi	Vanabilitas (S/N)	29,12506	± 0,57404	27,48561	± 0,72829	26,72738	± 0,82533

Dari tabel 3.8 diketahui bahwa eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen taguchi. Sehingga tidak ada perbedaan yang terlalu jauh antara eksperimen taguchi dan eksperimen konfirmasi. dari tabel 3.8 juga diketahui bahwa dari eksperimen

taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada variabilitas S/N. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi optimal dari level pada faktor terbukti dapat meningkatkan kandungan NPK pada Pupuk Guanoku.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan eksperimen, pengumpulan dan pengolahan data dengan Metode *Taguchi*, didapati bahwa, faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rasio kandungan Nitrogen yang optimal adalah Faktor A_1 , B_3 , $A_1 \times B_3$, C_3 , $B_3 \times C_3$, D_1 , E_3 , F_1 dengan nilai respon optimal 28,59287 % (29,12506 dB), kandungan Phosphore yang optimal adalah A_1 , B_3 , $A_1 \times B_3$, C_3 , $B_3 \times C_3$, D_1 , E_3 , F_1 dengan nilai respon optimal 23,67469 % (27,48561 dB) dan kandungan Kalium yang optimal adalah A_3 , B_1 , $A_3 \times B_1$, C_2 , $B_1 \times C_2$, D_1 , E_2 , F_2 dengan nilai respon optimal 21,69575% (26,72738 dB).

Dari hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 90% untuk kandungan NPK, didapati bahwa ekspeimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen *Taguchi*. Sehingga tidak ada perbedaan yang terlalu jauh antara eksperimen *Taguchi* dan eksperimen konfirmasi.

Diketahui juga bahwa dari eksperimen *Taguchi* ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada variabilitas S/N. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi optimal dari level pada faktor terbukti dapat meningkatkan kandungan NPK pada Pupuk Guanoku.

DAFTAR PUSTAKA

Adelia, Jimmy Setiawan., 2011, Implementasi Customer Relationship Management (CRM) Pada Sistem Reservasi Hotel Berbasis Website dan Desktop, *Jurnal Teknik Informasi*, VI (2), 113-126.

Alamsyah, Ichsan Emerald., 2014, *Upayakan Swasembada Pangan Mentan Gelar Rakernas*. (<http://www.republika.co.id>, diakses 1 Mei 2015)

Amdila, R., & Faula Arina, E. R., 2013, Usulan Setting Building Machine Terhadap Produk V-Belt Type KZL Menggunakan

Metode Taguchi, *Jurnal Teknik Industri*, I (4), 289-294.

Amri., 2008, Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Taguchi Pada CV Setia Kawan. *Jurnal Teknik Industri*, 257-266.

Asghar, A., & Abdul Aziz, A. R., 2014, A Comparison of Central Composite Design and Taguchi Method for Optimizing Fenton Process, *The Scientific World Journal*, 1-14.

Belavendram, N., 1995, *Quality By Design*. Englewood: Prentice Hall International.

Bhote, K. R., & Bhote, A. K., 2000, *Word Class Quality*. New York: AMACOM.

Darsono., 2006, *Aplikasi Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Krupuk Mie*. Sripsi Universitas Muhammadiyah Gresik.

Dharayanti, P.Y., & Md, Sumantri, I.W. Widiana., 2012, Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Berbasis Brainstorming Terhadap Kemampuan Berpikir Divergen Bahasa Indonesia Siswa SD. *Jurnal PGSD Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja*.

Delik, Tri., 2010, *Pupuk Guano, Pupuk Organik Yang DItemehkan*. (trisugiyarto.blogspot.in, diakses pada 2 Mei 2015)

Fadillah, Syukron., 2015, *Peran Babinsa Sampai Tercapainya Program Swasembada Pangan*. (<http://www.jitunews.com>, diakses 1 April 2015)

Firdiansah, M., & Abidin, S. T., 2015, *Laporan Integrasi Pupuk Organik Guanoku Teknik Industri Universitas Muhammadiyah. Gresik: Superstar*.

Hadiyat, M., 2012, Penerapan Optimasi Multirespon Menggunakan Hybrid Principal Component Analysis-Taguchi Pada Proses Turning Material Polyaceral. *SNTI III-2012 Universitas Trisakti*, 1-5.

Hartono, M., 2012, Meningkatkan Mutu Produk Plastik Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, XIII (1), 93-100.

Hwang, C.-F., & Jen-Han, J. Y.-C.-K.-Y, 2012, Optimization of Medium Composition for Improving Biomass Production of *Lactobacilliuc Plantarum* Pi06 Using the Taguchi Array Design and the Box-Behnken Method. *Journal Biotechnology*

- and *Bioprocess Engineering*, XVII, 827-834.
- Koh, M. K., & Jingcan Sun, L. S.-Q., 2013, Optimization of L-methionine Biconversion to Aroma-active Methionol by *Kluyveromyces lacyi* Using the Taguchi Method. *Journal of Food Research*, II (4), 90-100.
- Luqman, H., & K.S. KuZialiti, Z. M., 2014, Optimization of Coating Uniformity Using Modified Bio-Polymer in a Tangential Fluidized Bed Coater. *Journal of Applied Sciences*, XIV (23), 3385-3391.
- Pramana, G. P., & Ni Wayan Surya Wardhani, S. L., 2013, Metode Taguchi Multirespon Menggunakan Prosedur Topsis. *Jurnal Matematika*, 145-148.
- Qibtiyah, M., 2004, *Penerapan Metode Taguchi Pada Usaha Peningkatan Mutu Produk Genteng*, Skripsi Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Samadi, B., 2013, *Untung Berlipat dari Budi Daya Buah Naga Secara Organik*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Sarwoko, D. A., 2014, Aplikasi Metode Taguchi Untuk Mengidentifikasi Kekerasan Hasil Pengelasan Menggunakan Mesin Las Titik. *Jurnal Teknik Mesin*, XI, 25-33.
- Setiawan, B. S., 2011, *Membuat Pupuk Kandang Secara Cepat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Setyanto, N. W., & Lely Riawati, L. R. 2014. Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Pupuk Organik Berbahan Baku Kotoran Kelinci. *Jurnal Teknik Industri*, II (2), 32-36.
- Siregar, M., & F.W. Machmud, M. G., 2011, Pelapisan Alloy FeNiAl Menggunakan Metode Detonation Gun Taguchi. *Jurnal Penelitian Fisika*, I (1), 4-9.
- Soejanto, I., 2009, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sugiyono. 2012. *Statistika Untuk Penelitian* (21nd ed.). Bandung: Alfabeta.
- Tanjong, Santoni Darmawan., 2013, Implementasi Pengendalian Kualitas Dengan Metode Statistik Pada Pabrik Spareparts CV Victory Metalurgy Sidoarjo. *Jurnal Manajemen Bisnis*, II (1), 1-13.
- Triwindiyatno, D., 2006, *Penerapan Metode Taguchi Pada Usaha Peningkatan Mutu Produk Roti Bakery*. Skripsi Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Utama, D. B., 2014, Desain Eksperimen Guna Mengurangi Cacat Produksi Pada Proses Embossing Label Kulit Sapi Di Celana Jeans. *Jurnal Teknik Industri*, I (1), 7-12.
- Wahid, K. A., & Hari Adianto, R., 2013, Usulan Level Faktor Variasi Bahan Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton 50 Mpa Dengan Metode Perancangan Eksperimen. *Jurnal Teknik Industri*, I (2), 181-191.
- Wahjudi, D., & Alimin, R., 2000, Rekayasa Mutu Besi Beton Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, II (2), 102-108.
- Wuryandari, T., & Tatik Widiharih, A. S., 2009, Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *Jurnal Matematika dan IPA*, II (2), 81-92.