

**PENINGKATAN KADAR NITROGEN PUPUK ORGANIK CAIR
DENGAN PEMANFAATAN KULIT SINGKONG MENGGUNAKAN
DESAIN EKSPERIMEN *TAGUCHI***

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**FIRMA NURFIDA
NIM 135060701111061**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**



PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam juga tercurah kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Skripsi yang berjudul **“PENINGKATAN KADAR NITROGEN PUPUK ORGANIK CAIR DENGAN PEMANFAATAN KULIT SINGKONG MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi dalam penulisan skripsi ini, namun berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Suyono dan Ibu Siti Aminah atas kasih sayang, doa dan kesabaran yang tak terbatas, untuk pelajaran dan didikan yang diberikan selama ini, motivasi, nasihat, dukungan mental dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan pendidikan yang terbaik kepada penulis.
2. Bapak Suyadi dan Ibu Endang Suci Rahayu yang selama ini telah banyak membantu, merawat, mendukung dan memberikan kasih sayang yang tulus kepada penulis.
3. Kakak tercinta, Deviana Hadriati atas kasih sayang, dukungan, doa, semangat dan nasihat yang tiada henti kepada penulis.
4. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri penulis berterimakasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
5. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. dan Ibu Lely Riawati, ST., MT. selaku dosen pembimbing I dan II, penulis berterimakasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, semangat dan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
6. Bapak Ir. Mochamad Choiri, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik kepada penulis.

7. Ibu Ceria Farela M. Tantrika, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Rekayasa Sistem Industri, penulis berterimakasih atas bimbingannya dan arahan yang telah diberikan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
9. Bapak dan Ibu karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.
10. Pihak UD Dua Putri dan Unit Pelaksanaan Teknis Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak yang telah berbagi informasi guna kelancaran penyelesaian skripsi.
11. Sahabat tercinta Vianey Nani K, Anggraini Wisnu W, Andini Sulviana, Mita Puspitasari, Monica Natalia D, Denis Dwi K, Fransiscus Xaverius Berry, Bayu Rizkyanto, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan semangat serta doa kepada penulis.
12. Keluargaku LSAI 2013, Rima, Nadhilah Hidayah, Tamara Adriana, Fadilia Rinarwastu, Renanta Salma, Alfian Danu, Dino Ari, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis.
13. Keluarga LSA1 2014 dan adik-adiku, Nado, Nika, Tuz, Yudan, Setya, Meylanya, Indah dan Amel yang selalu menghibur dan memberikan motivasi kepada penulis.
14. Seluruh keluarga LSAI yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
15. Rekan Anisa Lutfiana yang telah meluangkan waktunya untuk *sharing* ilmu, bantuan serta dukungan dan doa kepada penulis
16. Mbak Us yang selalu memberi nasihat, motivasi, pengalaman, bantuan serta memberi masukan kepada penulis.
17. Sahabat dan seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan pula permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga kritik dan saran yang konstruktif agar penulisan skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan ke depannya.

Malang, April 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	6
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Asumsi Penelitian	6
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Pupuk Organik Cair	10
2.2.1 Kandungan Hara Pupuk Organik	12
2.2.2 Pupuk Nitrogen	14
2.3 Standar Mutu Pupuk Organik Cair.....	15
2.4 Kualitas	15
2.5 Desain Eksperimen	16
2.6 Metode <i>Taguchi</i>	17
2.6.1 Klasifikasi Karakteristik Kualitas.....	20
2.6.2 Klasifikasi Parameter.....	20
2.6.3 <i>Orthogonal Array</i>	21
2.6.4 <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> untuk Data Variabel.....	22
2.6.5 <i>Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)</i>	24





2.6.6 Interval Kepercayaan.....	24
2.6.7 Eksperimen Konfirmasi.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis Penelitian	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4 Tahap Penelitian	30
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Gambaran Umum Limbah Kulit Singkong pada Industri Kerupuk Singkong	35
4.2 Penetapan Karakteristik Kualitas.....	36
4.3 Identifikasi Faktor-faktor (Variabel Bebas).....	36
4.4 Penetapan Faktor Berpengaruh.....	37
4.5 Penetapan <i>Orthogonal Array</i>	40
4.6 Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	41
4.7 Pelaksanaan Eksperimen <i>Taguchi</i>	42
4.8 Pengumpulan Data Eksperimen <i>Taguchi</i>	44
4.9 Pengolahan Data Eksperimen <i>Taguchi</i>	45
4.9.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-rata.....	45
4.9.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Signal to Noise Ratio</i>	53
4.9.3 Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal	57
4.9.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan.....	58
4.9.5 Pengujian Eksperimen Konfirmasi.....	61
4.10 Analisis dan Pembahasan	65
BAB V PENUTUP.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR TABEL

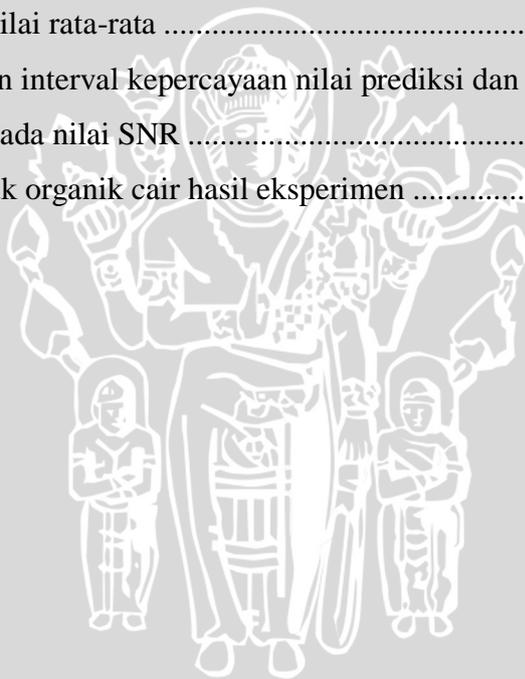
No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Standar kualitas pupuk (SNI 19 70-30 2004)	2
Tabel 1.2	Kandungan pada Kulit Singkong	5
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 2.2	Standar mutu pupuk organik (SNI 19 70-30 2004).....	15
Tabel 2.3	Klasifikasi karakteristik kualitas	20
Tabel 2.4	<i>Orthogonal Array</i> standar	22
Tabel 2.5	Tabel data variabel	23
Tabel 2.6	<i>Response table of factor effects</i>	23
Tabel 2.7	Perbandingan interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi	25
Tabel 3.1	Alat yang digunakan dalam penelitian	28
Tabel 3.2	Bahan yang digunakan dalam penelitian	29
Tabel 4.1	Kandungan unsur kimia pada sampel kulit singkong, kotoran sapi dan urine urine sapi	35
Tabel 4.2	Identifikasi faktor yang dianggap berpengaruh	37
Tabel 4.3	Faktor kontrol dan faktor <i>noise</i>	37
Tabel 4.4	Penetapan faktor dan level yang digunakan dalam penelitian.....	40
Tabel 4.5	Perhitungan <i>degree of freedom</i>	41
Tabel 4.6	<i>Orthogonal Array</i> $L_8(2^7)$	41
Tabel 4.7	Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	41
Tabel 4.8	Hasil pengujian kadar nitrogen pupuk organik cair	45
Tabel 4.9	Hasil pengukuran uji nilai rata-rata nitrogen pupuk organik cair	46
Tabel 4.10	Hasil perhitungan tabel respon tingkat nitrogen pupuk organik cair	46
Tabel 4.11	<i>Analysis of Variance</i> nilai rata-rata	49
Tabel 4.12	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) nilai rata-rata <i>pooling</i>	51
Tabel 4.13	Rekap ANOVA nilai rata-rata setelah <i>pooling</i>	52
Tabel 4.14	Data hasil perhitungan SNR.....	54
Tabel 4.15	Tabel respon <i>Signal to Noise Ratio</i>	54
Tabel 4.16	Tabel respon <i>Signal to Noise Ratio pooling</i>	57
Tabel 4.17	Rekap ANOVA nilai SNR setelah <i>pooling</i>	57

Tabel 4.18	Perbandingan pengaruh faktor pada eksperimen <i>Taguchi</i>	58
Tabel 4.19	Faktor terkendali <i>setting level</i> optimal	61
Tabel 4.20	Hasil pengujian kadar nitrogen eksperimen konfirmasi	62
Tabel 4.21	Interpretasi hasil perhitungan kadar nitrogen prediksi dan optimasi.....	66



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Limbah kulit singkong pada industri kerupuk singkong UD Dua Putri	5
Gambar 2.1	Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas.....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 4.1	Pencacahan kulit singkong menggunakan parang	42
Gambar 4.2	Pencampuran bahan dalam pembuatan pupuk organik cair	43
Gambar 4.3	Pemasangan selang pada botol	43
Gambar 4.4	Penyimpanan hasil pembuatan pupuk organik cair	44
Gambar 4.5	Sampel pupuk organik cair yang siap uji.....	44
Gambar 4.6	Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi nilai rata-rata	63
Gambar 4.7	Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR	64
Gambar 4.8	Produk pupuk organik cair hasil eksperimen	68



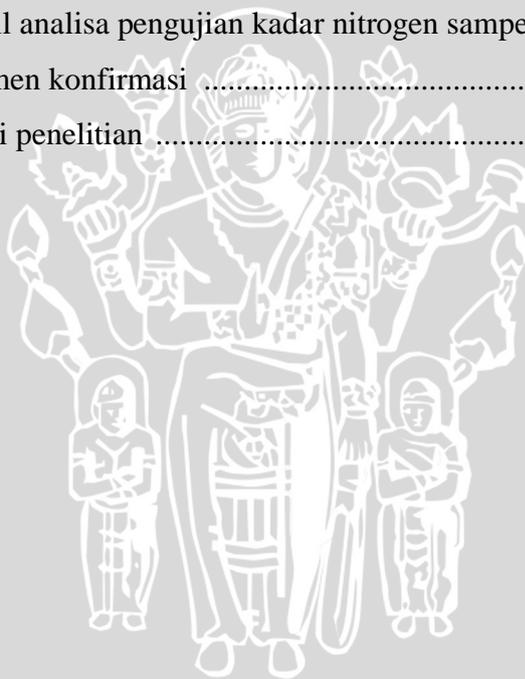


Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Daftar standar kualitas pupuk organik.....	75
Lampiran 2	Laporan hasil analisa pengujian kondisi awal kandungan nitrogen sampel urine sapi	76
Lampiran 3	Laporan hasil analisa pengujian kondisi awal sampel feses sapi (FS) dan sampel kulit singkong (KSC).....	77
Lampiran 4	Laporan hasil analisa pengujian kadar nitrogen sampel pupuk organik cair replikasi pertama	78
Lampiran 5	Laporan hasil analisa pengujian kadar nitrogen sampel pupuk organik cair replikasi kedua	79
Lampiran 6	Laporan hasil analisa pengujian kadar nitrogen sampel pupuk organik cair eksperimen konfirmasi	80
Lampiran 7	Dokumentasi penelitian	81





Halaman ini sengaja dikosongkan



RINGKASAN

Firma Nurfida, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2017, *Peningkatan Kadar Nitrogen Pupuk Organik Cair dengan Pemanfaatan Kulit Singkong Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto dan Lely Riawati.

Pupuk organik cair adalah pupuk yang berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi, dimana fermentasi dapat dilakukan dengan penambahan bioaktivator atau EM-4, sehingga menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada umumnya bahan baku yang digunakan untuk membuat pupuk organik cair berasal dari kotoran maupun dari urine hewan ternak yaitu sapi dengan ditambahkan bahan campuran tertentu. Pupuk organik cair dapat dibuat dari campuran bahan organik yaitu berupa sampah pasar, sampah pertanian maupun limbah industri pengolahan makanan. Salah satu industri pengolahan makanan adalah UD Dua Putri yang memproduksi kerupuk singkong dengan bahan dasar singkong. Limbah kulit singkong yang dapat dihasilkan perhari sekitar 1 sampai 1,8 kuintal untuk tiap unit rumah produksi, sedangkan pada industri ini memiliki 9 unit rumah produksi. Pemanfaatan limbah kulit singkong yang dilakukan pada industri ini hanya sebagai pakan ternak dan sisanya dibuang. Pemanfaatan kulit singkong sebagai pakan ternak dinilai kurang baik karena kandungan serat kasar yang cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan upaya untuk pemanfaatan kulit singkong menjadi produk yang lebih bermanfaat seperti pupuk organik cair.

Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pembuatan pupuk organik cair dengan bahan baku utama berupa kotoran sapi, urine sapi dan kulit singkong menggunakan desain eksperimen *Taguchi*, sehingga didapatkan *setting level* optimal komposisi bahan yang dapat menghasilkan pupuk organik cair dengan kandungan nitrogen yang sesuai standar (SNI 19 70-30 2004) yaitu dengan ketentuan minimal kandungan nitrogen adalah 0,4%. Berdasarkan hal tersebut karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Larger the Better*. Desain eksperimen *Taguchi* mengkombinasikan antara faktor dan level kedalam matriks *orthogonal*, sehingga eksperimen yang dilakukan menjadi lebih efisien. Metode *Taguchi* bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dapat menekan biaya serta sumber daya seminimal mungkin. Setelah didapatkan *setting level* optimal dari perhitungan ANOVA rata-rata dan *Signal to Noise Ratio*, perlu dilakukan validasi nilai *setting level* optimal menggunakan eksperimen konfirmasi.

Hasil analisis dengan metode *Taguchi* didapatkan *setting level* optimal yang terpilih menggunakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$ dengan karakteristik kualitas *Larger The Better* adalah faktor A level 1 (kulit singkong 50 gram), faktor B level 2 (kotoran sapi 400 gram), faktor C level 2 (urin sapi 700 ml), faktor D level 2 (EM-4 40ml), faktor E level 1 (molase 40 ml), faktor F level 1 (sekam 20 gram) dan faktor G level 1 (lama hari 10 hari), dengan kandungan nitrogen optimal yaitu sebesar 0,51%. Hasil dari eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa eksperimen dapat diterima karena nilai rata-rata dan SNR prediksi maupun pada eksperimen konfirmasi masih berada dalam cakupan nilai interval kepercayaan. Pada eksperimen ini sudah dicapai tingkat kandungan nitrogen minimum pada pupuk organik. Selain itu dapat dilihat kandungan awal dari limbah kulit singkong sebelum di tambahkan bahan campuran lain dan di fermentasikan yaitu sebesar 0,16% dan nilai rata-rata nitrogen optimal yang dapat dicapai pada eksperimen ini sebesar 0,396%.

Kata Kunci: *Taguchi*, Pupuk Organik Cair, Limbah Kulit Singkong, Nitrogen Organik, *Analysis of Variance*, *Signal to Noise Ratio*



Halaman ini sengaja dikosongkan



SUMMARY

Firma Nurfida, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, April 2017, *Increased Nitrogen Levels of Liquid Organic Fertilizer with Utilization of Cassava Peels Using Taguchi Experimental Design*. Academic Supervisor: Nasir Widha Setyanto and Lely Riawati.

Liquid organic fertilizer is a fertilizer derived from fermented animals or plants, where fermentation can be done with the addition of bioactivator or EM-4, so it becomes a simpler compound. In general, raw materials used to make liquid organic fertilizers derived from the feces or from the urine of livestock like a cow with a mixture of certain ingredients added. Liquid organic fertilizer can be made from a mixture of organic materials in the form of market waste, agricultural waste and waste food processing industry. One of food processing industry is UD Dua Putri which produce cassava cracker with cassava base material. Cassava peel waste that can be produced per day from 1 to 1.8 quintal for each unit of production house, while in this industry has 9 units of production house. Utilization of cassava leather waste is done in this industry only as animal feed and the rest is discarded. Utilization of cassava leather as animal feed is considered less good because of the high content of crude fiber, so it is necessary to make efforts to utilize cassava skin into more useful products such as liquid organic fertilizer.

In this study, experiments were conducted to make liquid organic fertilizer with a key raw material in the form of cow dung, cow urine and cassava peel waste using experimental design Taguchi, so the results obtained setting the optimal level composition that can produce a liquid organic fertilizer according to the standard (SNI 19 70-30 2004) which the minimum requirement nitrogen content is 0.4%. Based on the standard, the quality characteristics that are used are Larger the Better. Taguchi experimental design combines the factors and levels into orthogonal matrix, so that the experiments carried out more efficiently. Taguchi method aims to improve the quality of products and processes in the same time can reduce the cost and resources to a minimum. Having obtained the optimum level setting of the calculation of the average ANOVA and Signal to Noise Ratio, needs to be validated optimal value level setting using experimental confirmation.

The results of the analysis with the Taguchi method was found that setting the optimal level selected using orthogonal array $L_8(2^7)$ with the quality characteristics Larger The Better is a factor A level 1 (cassava peel 50 grams), factor B level 2 (cattle dung 400 grams), factor C level 2 (cow urine 700 ml), factor D level 2 (EM-4 40ml), factor E level 1 (molasses 40 ml), F factor level 1 (hull 20 grams) and factor G level 1 (long days 10 days), the optimal nitrogen content that is equal to 0.51%. Results of the experiments showed that the experimental confirmation is acceptable because the average value and SNR predictions and the experimental confirmation is still within the scope of the value of the confidence interval. In this experiment already achieved minimum levels of nitrogen in organic fertilizers. Moreover, it can be seen the initial content of cassava peel waste before adding another ingredient and fermented in the amount of 0.16% and the average value of the optimum nitrogen that can be achieved in this experiment amounted to 0.396%.

Keywords: Taguchi, Liquid Organic Fertilizer, Leather Cassava Waste, Organic Nitrogen, Analysis of Variance, Signal to Noise Ratio



Halaman ini sengaja dikosongkan



LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN KADAR NITROGEN PUPUK ORGANIK CAIR DENGAN PEMANFAATAN KULIT SINGKONG MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN *TAGUCHI*

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FIRMA NURFIDA

NIM. 135060701111061

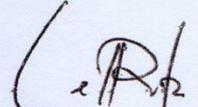
Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 5 Mei 2017

Dosen Pembimbing I



Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

Dosen Pembimbing II



Lely Riawati, ST., MT.
NIP. 201008790215 2 001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri**



Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN KADAR NITROGEN PUPUK ORGANIK CAIR DENGAN PEMANFAATAN KULIT SINGKONG MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN *TAGUCHI*

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FIRMA NURFIDA

NIM. 135060701111061

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 5 Mei 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

Lely Riawati, ST., MT.
NIP. 201008790215 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 5 Mei 2017

Mahasiswa



Firma Nurfida

NIM. 135060701111061

BAB I PENDAHULUAN

Sebelum melaksanakan penelitian perlu ditentukan dasar pelaksanaan penelitian. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan ini diangkat, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan asumsi.

1.1 Latar Belakang

Bahan organik merupakan bahan yang berasal dari sisa tumbuhan dan hewan yang tersedia di alam dalam jumlah melimpah dan dapat dirombak oleh bakteri menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah (Atmojo: 2003). Upaya pengolahan bahan organik perlu diperhatikan agar tidak terjadi degradasi bahan organik tanah. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam mengolah bahan organik sisa tanaman dan hewan adalah mengubahnya menjadi pupuk organik yang dapat bermanfaat bagi tanaman dan pertanian. Penggunaan jangka panjang pupuk organik jauh lebih baik dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia karena dapat memelihara struktur tanah.

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik, seperti kotoran hewan, sampah pertanian dan sisa dari organisme hidup. Pupuk organik terdiri dari beberapa macam, diantaranya berupa pupuk kandang, pupuk hijau, pupuk bokashi, kompos dan pupuk cair (World Agroforestry Centre, 2015). Pupuk organik cair adalah pupuk yang berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi, dimana fermentasi dapat dilakukan dengan penambahan bioaktivator atau EM-4, sehingga menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino (Ni'am *et al*, 2015). Kelebihan dari pupuk organik cair adalah lebih mudah terserap oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai.

Unsur hara makro yang terdapat pada pupuk organik antara lain adalah nitrogen, fosfor dan kalium. Nitrogen adalah unsur yang diperlukan untuk membentuk senyawa penting di dalam sel, termasuk protein, DNA dan RNA. Nitrogen adalah komponen utama dalam semua asam amino, yang nantinya dimasukkan ke dalam protein. Protein adalah zat yang sangat kita

butuhkan dalam pertumbuhan (Miftahudin, 2008). Fungsi penting fosfor di dalam tanaman yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman lainnya. Pada umumnya kadar P di dalam tanaman di bawah kadar N dan K yaitu sekitar 0,1 hingga 0,2% (Djoelistee, 2010). Fungsi kalium menurut Kasmadi (2010), adalah dalam sintesis protein, proses pemberian energi bagi tanaman, penting dalam pembentukan buah dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap iklim tidak menguntungkan.

Unsur nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan tanaman yang harus ada pada pupuk organik dengan kadar yang tinggi. Pemberian pupuk nitrogen sangat berpengaruh dalam proses pertumbuhan vegetatif yaitu pada pembentukan tunas, batang dan daun tanaman, hal ini dikarenakan unsur nitrogen pada tanaman berperan dalam pembentukan zat hijau daun (klorofil), lemak dan protein (Azzamy, 2015). Pupuk organik dengan kandungan nitrogen tinggi, namun kurang kaya fosfor dan kalium lebih cocok diterapkan untuk tanaman sayur yang diambil daun atau batangnya, misalnya aneka *herbs* (tanaman obat), *oregano*, *thyme*, *parsley Italy*, selada, bayam, kangkung, sawi putih dan tanaman sayur lainnya (Moerhasrianto Pradyto, 2011).

Kandungan unsur hara yang terdapat pada pupuk organik berbeda-beda tergantung dari komposisi bahan baku yang digunakan. Pupuk organik cair memiliki standar kualitas yang harus dipenuhi agar dapat memberikan manfaat yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Sampel pupuk organik cair yang beredar di masyarakat diantaranya memiliki kandungan unsur hara yang belum mencapai nilai standar kualitas pupuk. Kandungan unsur hara penting seperti unsur nitrogen nilainya masih berada dibawah nilai standar, sehingga perlu dilakukan penelitian dalam pembuatan pupuk organik cair dengan mempertimbangkan kombinasi bahan campuran lain untuk mendapatkan pupuk organik dengan nilai kandungan nitrogen yang sesuai standar. Tabel 1.1 berikut ini adalah standar teknis minimal kandungan yang terdapat pada pupuk organik cair.

Tabel 1.1
Standar Kualitas Pupuk (SNI 19 70-30 2004)

Unsur Hara Makro			
Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
Bahan Organik	%	27	58
Nitrogen	%	0.4	-
Karbon	%	9.8	32
Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.1	-
C/N-Rasio		10	20
Kalium (K ₂ O)	%	0.2	-

Sumber: Wahyuningsih dan Supriyo Edy (2013)

Pada tabel 1.1 menunjukkan bahwa mutu pupuk organik cair yang layak dan dapat diaplikasikan pada tanaman yaitu yang memiliki tingkat nitrogen minimal 0.4%, dan untuk beberapa sampel pupuk organik cair yang pernah dibuat memiliki kandungan nitrogen dibawah nilai standar. Semakin tinggi tingkat nitrogen pada pupuk akan semakin bagus kualitasnya. Standar ini menjadi penting dan menjadi tolok ukur pada pembuatan pupuk organik cair. Sehingga diperlukan metode yang tepat untuk mengetahui kualitas pupuk cair organik yang sesuai standar mutu dan memiliki kualitas terbaik yang dapat dihasilkan dari proses pembuatan pupuk organik cair.

Kualitas merupakan ukuran penting dari perusahaan atau suatu instansi terkait yang memiliki standar tertentu dari suatu produk yang dibuat untuk dapat memuaskan pengguna. Produk pupuk memiliki standar yang telah dikeluarkan oleh pemerintah yang sesuai dengan dengan kebutuhan tumbuhan dan tentunya aman serta ramah lingkungan. Pada pupuk organik cair, unsur N merupakan salah satu unsur terpenting yang harus dipenuhi dengan tingkat yang tinggi karena fungsinya yang sangat penting dalam penyusun klorofil, sehingga bila klorofil meningkat maka proses fotosintesis akan meningkat pula, selain itu unsur N merupakan bahan dasar yang diperlukan untuk membentuk asam amino dan protein yang dimanfaatkan dalam proses metabolisme tanaman dan akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan organ-organ seperti batang, daun, dan akar yang lebih baik. Berdasarkan hal tersebut, pupuk organik cair yang dibuat sebaiknya memiliki kandungan yang sesuai dengan standar. Dalam mencapai standar suatu produk diperlukan metode yang dapat memperbaiki kualitas produk sehingga produk tidak sensitif terhadap variasi yang disebabkan oleh faktor gangguan dan dalam waktu yang bersamaan dapat menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin.

Metode taguchi merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin, sehingga menjadi lebih efisien. Metode *Taguchi* menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor pengganggu (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2008). Penerapan Metode *Taguchi* pada permasalahan ini diharapkan mampu menghasilkan level (komposisi) dari masing-masing faktor (bahan baku) yang optimal, sehingga dengan fermentasi yang cepat dan efisien diharapkan dapat menghasilkan pupuk organik cair nitrogen yang bermutu tinggi serta adanya sinkronisasi antara kualitas yang diperoleh oleh pengguna sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan.

Standar kandungan unsur hara pada pupuk organik cair dapat dicapai dengan mempertimbangkan kombinasi dari bahan-bahan organik penyusunnya. Pupuk organik cair dapat dibuat dari bahan-bahan organik atau limbah organik yang terdapat disekitar kita. Pada umumnya bahan baku yang digunakan untuk membuat pupuk organik cair berasal dari kotoran maupun dari urine hewan ternak yaitu sapi dengan ditambahkan bahan campuran tertentu seperti molase, bakteri EM-4 dan sekam. Feses dan urine sapi merupakan bahan baku yang memberikan sumber nitrogen pada pupuk organik. Tetes Tebu (molase) adalah sejenis sirup yang merupakan sisa dari proses pengkristalan gula pasir. Sebagian besar kandungan yang terdapat pada molase adalah berupa air dan suksora (Huda, 2013). Bioaktivator EM-4 (*Effective Microorganism*) merupakan kultur campuran mikroorganisme yang bermanfaat bagi kesuburan tanah maupun pertumbuhan tanaman serta ramah lingkungan. Bioaktivator EM-4 mengandung mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus Sp*), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas Sp*), *Actinomyces Sp*, *Streptomyces Sp*, *R.bassillus/azotobachter* dan ragi (*yeast*) (Huda, 2013). Sekam merupakan bahan sumber carbon organik, menurut Suharno (1979) komposisi kimiawi sekam diantaranya terdiri dari kadar air 9,02%, protein kasar 3,03% dan karbohidrat kasar 33,71%. Bahan campuran lain yang dimanfaatkan dalam pembuatan pupuk organik dapat berupa sampah pasar, sampah pertanian ataupun limbah industri pengolahan makanan. Kandungan pada limbah padat industri pangan terutama terdiri dari bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, serat kasar dan air (Dirjen IKM Departemen Perindustrian, 2007).

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah dengan memanfaatkan limbah dari industri pengolahan pangan. Salah satu industri pengolahan pangan adalah UD Dua Putri yang berlokasi di Dusun Kajang, Desa Mojorejo Kota Batu, tepatnya di RT 7 RW 3. Industri ini memproduksi kerupuk singkong dengan bahan baku singkong. Produksi kerupuk singkong pada UD Dua Putri ini sangat melimpah, terdapat 9 rumah produksi dengan hasil produksi rata-rata setiap rumah pada umumnya sebanyak 2,5 sampai 4,5 kuintal per hari jika pasokan singkong melimpah serta cuaca mendukung untuk melakukan penjemuran kerupuk. Setiap rumah produksi dapat menghasilkan limbah kulit singkong perharinya sekitar 1 sampai 1,8 kuintal. Limbah yang dihasilkan pada industri ini sebagian besar digunakan sebagai pakan ternak warga sekitar, dan sisanya hanya dibuang. Limbah kulit singkong yang dihasilkan pada industri kerupuk singkong ini seperti yang ditampilkan pada gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.1 Limbah kulit singkong pada industri kerupuk singkong UD. Dua Putri

Ketersediaan kulit singkong akan menjadi limbah yang merupakan pencemaran lingkungan bila tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah padat industri pangan terutama terdiri dari bahan-bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, serat kasar dan air, sehingga bahan-bahan tersebut mudah terdegradasi secara biologis dan menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama menimbulkan bau busuk (Dirjen IKM Departemen Perindustrian, 2007). Pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai pakan ternak dinilai kurang baik karena rendahnya kandungan gizi dan adanya zat anti nutrisi yaitu asam sianida (HCN) serta kandungan serat kasar yang tinggi (Farida, 2015). Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengolahan lebih lanjut agar pemanfaatan kulit singkong menjadi lebih optimal. Data pada tabel 1.2 berikut menunjukkan komposisi kimia kulit singkong sehingga bisa menjadi acuan untuk pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi alternatif pupuk cair organik dengan tingkat nitrogen yang tinggi.

Tabel 1.2
Kandungan pada Kulit Singkong

Elemen	C	H	O	N	S
Wt (%)	59,31	9,78	28,74	2,06	0,11

Sumber : Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan ternak, Institut Pertanian Bogor, 2011

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan pupuk organik cair dari limbah kulit singkong dengan penambahan bahan baku yang memiliki kandungan nitrogen, yaitu urine dan kotoran sapi yang bisa didapatkan dari Unit Pelaksana Teknis Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan ternak Batu (UPT PT dan HMT) yang terdapat pada Jl. Raya Tlekung, Desa Beji, Kecamatan Junrejo Kota Batu. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pupuk organik cair yang memiliki kandungan nitrogen sesuai standar menggunakan bahan baku yang telah disebutkan sebelumnya serta menggunakan metode *Taguchi*. Penggunaan metode ini dapat menyederhanakan jumlah eksperimen sehingga dapat meminimalisir waktu dan biaya, sehingga dapat dihasilkan kombinasi faktor-faktor beserta levelnya yang kokoh (*robust*) terhadap faktor pengganggu (*noise*) (Belavendram,1995).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi sebagai berikut:

1. Selama ini limbah kulit singkong dari industri pengolahan singkong belum dimanfaatkan secara optimal menjadi produk yang lebih bermanfaat dan memiliki nilai lebih.
2. Belum adanya standar komposisi campuran bahan yang tepat pada pengolahan pupuk organik cair limbah kulit singkong agar menghasilkan kualitas pupuk organik cair dengan tingkat nitrogen tinggi yang sesuai standar.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Faktor apa saja yang memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair dengan memanfaatkan limbah kulit singkong?
2. Bagaimana *setting level* faktor optimal yang mampu menghasilkan pupuk cair organik dari limbah kulit singkong dengan tingkat nitrogen yang tinggi yang sesuai standar?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperoleh analisis yang baik dan agar analisis lebih terarah maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Jenis limbah kulit singkong yang digunakan berasal dari industri pengolahan kerupuk singkong.
2. Jenis pupuk organik cair yang ingin dibuat dari limbah kulit singkong adalah pupuk organik cair nitrogen.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah kulit singkong yang digunakan dianggap mewakili kondisi keseluruhan limbah kulit singkong pada UD. Dua Putri.
2. Proses pengambilan data untuk penelitian dilakukan saat proses berjalan normal.
3. Semua faktor yang tidak dikendalikan dianggap tetap atau sama.

1.6 Tujuan Penelitian

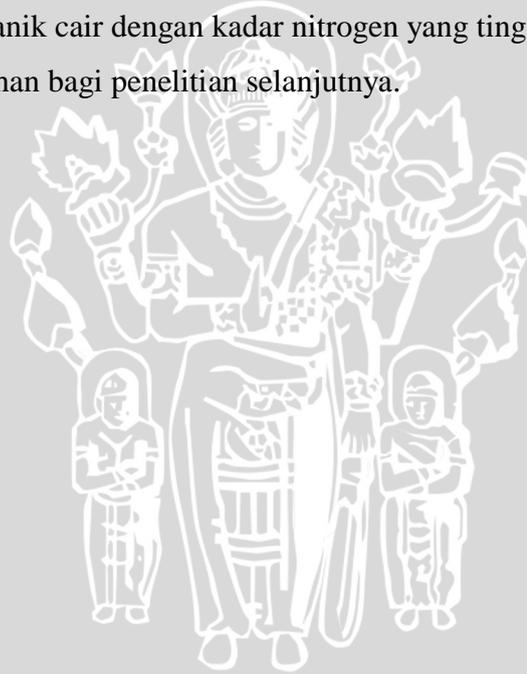
Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menentukan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar nitrogen yang sesuai standar pada pupuk organik cair limbah singkong.
2. Menentukan kombinasi faktor dan level yang optimal, sehingga dapat menghasilkan pupuk organik cair dengan kadar nitrogen yang tinggi sesuai standar.

1.7 Manfaat Penelitian

Dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

1. Mengetahui *setting level optimal* dari faktor-faktor yang berpengaruh sebagai landasan proses yang dapat digunakan oleh para pembuat pupuk organik cair agar dapat menghasilkan pupuk organik cair dengan kadar nitrogen yang tinggi.
2. Sebagai informasi tambahan bagi penelitian selanjutnya.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilaksanakan, diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Pada bab ini akan dijelaskan beberapa dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memaparkan beberapa konsep relevan yang berhubungan dengan penelitian ini. Rangkuman penelitian terdahulu dan perbandingan dengan penelitian saat ini terdapat pada Tabel 2.1.

1. Susetyo (2013) melakukan penelitian untuk memanfaatkan urine sapi sebagai pupuk organik cair dengan penambahan akar bambu. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pupuk organik cair melalui proses fermentasi urin sapi dan mengetahui jumlah kandungan (N, P dan K) pada pupuk organik cair hasil proses fermentasi urin sapi dengan waktu yang berbeda menggunakan akar bambu sebagai starter alami. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode acak lengkap dengan dua faktor tiga kali ulangan. Dari data pengamatan dianalisis dengan analisis varians (ANOVA) dua jalur dan dilanjutkan dengan uji membandingkan rata-rata setiap perlakuan. Penelitian ini menunjukkan perlakuan yang menghasilkan kandungan N paling tinggi terdapat pada perlakuan X₂K_c (penambahan konsentrasi akar bambu 2% dari urin sapi melalui proses fermentasi 14 hari) yaitu dengan kadar nitrogen sebesar 0,36%.
2. Ni'am, Caroline dan Ibrahim, (2015) melakukan penelitian pembuatan pupuk organik cair singkong dengan urine sapi dan air cucian kikil sapi dengan menguji kadar kandungan zat hara yang paling sesuai dengan standar Permentan Nomor 70/Permentan /SR.140/10/2011. Penelitian menggunakan metode fermentasi anaerob. Variable yang digunakan adalah limbah cair singkong, urine sapi dan air cucian kikil sapi. Aktivator yang digunakan adalah probiotik EM-4. Dalam penelitian ini digunakan 2 reaktor dimana untuk reaktor 1 tidak menggunakan penambahan urine sapi. Hasil uji penelitian menunjukkan bahwa adanya kenaikan nilai konsentrasi N

pada awal fermentasi di reaktor 1 dan 2 sebesar 3.06% dan 4,00% menjadi 4.36% dan 5.11% pada akhir fermentasi.

- Marlina (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui kadar N dan P pupuk organik cair kombinasi daun lamtoro, limbah tahu dan feses sapi. Pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor yaitu faktor 1 : kombinasi ekstrak daun lamtoro dan limbah tahu 82 ml + 168 ml (K1), 125 ml + 125 ml (K2), 168 ml + 82 ml (K3), dan faktor 2 : volume feses sapi 180 ml (I1), 360 ml (I2), 540 ml (I3). Hasil penelitian diperoleh kandungan nitrogen (N) tertinggi terdapat pada perlakuan K3I3 (ekstrak daun lamtoro 168 ml + limbah tahu 82 ml + feses sapi 540 ml) yaitu 0,22%. Sedangkan hasil kandungan fosfor tertinggi terdapat pada perlakuan K1I3 (ekstrak daun lamtoro 82 ml + limbah tahu 168 ml + feses sapi 540 ml) yaitu 0,20 %. Kesimpulan yang diperoleh yaitu ada pengaruh pemberian ekstrak daun lamtoro, limbah tahu, dan feses sapi terhadap unsur nitrogen dan fosfor.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Peneliti			
	Susetyo (2013)	Ni'am (2015)	Marlina (2016)	Nurfida (2017)
Objek Penelitian	Urine sapi dengan penambahan akar bambu	Limbah cair singkong, urine sapi, air cucian kikil sapi.	Kombinasi daun lamtoro, limbah tahu dan feses sapi.	Limbah kulit singkong, urine sapi dan kotoran sapi.
Parameter yang diamati	Kandungan (N, P dan K) pada pupuk organik cair hasil proses fermentasi.	Kualitas pupuk organik cair dengan parameter nilai N, P dan K.	Kandungan nitrogen, dan fosfor dalam pupuk organik cair.	Tingkat kandungan Nitrogen yang paling optimal
Metode Penelitian	Analisis Varians (ANOVA) dua jalur dan uji rata-rata setiap perlakuan	Fermentasi anaerob dengan menggunakan 2 reaktor	Rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor.	Metode <i>Taguchi</i> ANOVA untuk data variable, S/N ratio dan rata-rata
Hasil	Kandungan N, P dan K paling tinggi berturut-turut yaitu sebesar 0,36%, 3,28% dan 4,2%	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi N optimal pada reaktor 1 dan 2 sebesar 4.36% dan 5.11% pada akhir fermentasi.	Hasil kandungan nitrogen tertinggi yaitu sebesar 0.22%, dan hasil kandungan fosfor tertinggi yaitu 0.20 %.	Hasil eksperimen konfirmasi didapatkan kandungan nitrogen tertinggi yaitu sebesar 0.47%

2.2 Pupuk Organik Cair

Berdasarkan komponen utama penyusunnya, pupuk dibedakan atas pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang tersusun dari materi makhluk hidup

yang diolah melalui proses pembusukan (dekomposisi) oleh bakteri pengurai, seperti pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan dan manusia. Pupuk organik dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk organik akan banyak memberikan keuntungan karena bahan dasar pupuk organik berasal dari limbah pertanian, seperti jerami, sekam padi, kulit kacang tanah, ampas tebu, belotong, batang jagung, dan bahan hijauan lainnya. Kotoran ternak yang banyak dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik adalah kotoran sapi, kerbau, kambing, ayam, itik, dan babi. Semakin berkembangnya permukiman, perkotaan dan industri maka bahan dasar kompos semakin beraneka. Bahan yang banyak dimanfaatkan antara lain tinja, limbah cair, sampah kota dan permukiman (Isroi, 2009).

Pupuk organik bukan hanya berbentuk padat dapat berbentuk cair seperti pupuk anorganik. Pupuk cair sepertinya lebih mudah di manfaatkan oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai dan tidak dalam jumlah yang terlalu banyak sehingga manfaatnya lebih cepat terasa. Pemupukan melalui tanah kadang-kadang kurang efektif karena beberapa unsur hara tanaman telah larut terlebih dahulu atau mengalami fiksasi dari dalam tanah sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Mekanisme penyerapan unsur hara dengan pemupukan melalui akar kurang efektif, sedangkan yang dipandang lebih efektif dan efisien adalah dengan penyemprotan melalui daun (Sarief, 1986).

Pemberian pupuk organik cair merupakan salah satu cara mengatasi defisiensi unsur hara makro maupun mikro (Parnata, 2004). Menurut Sutedjo dan Kartasapoetra (1993), pupuk organik cair merupakan hasil akhir dari perubahan atau penguraian bagian-bagian atau sisa-sisa tanaman atau binatang misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos dan sebagainya. Pupuk organik mempunyai fungsi untuk menggemburkan lapisan tanah permukaan, meningkatkan populasi jasad renik, mempertinggi daya serap dan daya simpan air yang keseluruhannya meningkatkan kesuburan tanah. Pupuk organik cair merupakan larutan yang mengandung satu atau lebih bentuk hara yang larut dalam air. Pupuk cair menyediakan nitrogen dan unsur mineral lainnya yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman, seperti halnya pupuk nitrogen kimia. Kehidupan binatang di dalam tanah juga terpacu dengan penggunaan pupuk cair. Pupuk cair tersebut dapat dibuat dari kotoran hewan yang masih baru, sampah rumah tangga dan dari bahan organik lainnya, misalnya sampah pasar, atau limbah industri pengolahan makanan. Kotoran hewan yang dapat digunakan misalnya kotoran kambing, domba, sapi, kelinci atau ternak lainnya.

Menurut Lingga dan Marsono (2001), kelebihan pemakaian pupuk daun dibanding pupuk akar adalah sebagai berikut:

1. Pupuk daun dapat memberikan hara sesuai kebutuhan tanaman, hara yang dibutuhkan tanaman memang relatif sedikit tetapi bersifat kontinyu, oleh karena itu pupuk daun diberikan lebih sering tetapi dosisnya rendah
2. Pupuk yang diberikan kedalam tanah tidak seluruhnya mencapai akar tanaman karena adanya beberapa kendala, baik dari sifat kimia atau sifat fisik tanah
3. Kelarutan pupuk daun lebih baik dibandingkan pupuk akar.
4. Pemberiannya dapat lebih merata.
5. Kepekatan dapat diatur sesuai pertumbuhan tanaman.

2.2.1 Kandungan Hara Pupuk Organik

Pupuk organik cair memiliki kandungan hara yang berfungsi dalam membantu pertumbuhan tanaman. Beberapa kandungan yang terdapat pada pupuk organik adalah sebagai berikut:

1. Nitrogen (N)

Fungsi nitrogen bagi tanaman yaitu meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan kadar protein dalam tanah, meningkatkan tanaman penghasil dedaunan seperti sayuran dan rerumputan ternak. Unsur nitrogen dapat didapatkan dari pupuk buatan pabrik seperti urea, ZA, Amonium Sulfat, pupuk kandang, dan bahan - bahan organis lainnya. Gejala yang timbul pada tanaman akibat kekurangan unsur nitrogen yaitu tanaman akan tumbuh kurus kerempeng, daun tua berwarna hijau muda, lalu berubah menjadi kekuning-kuningan, jaringan tanaman mengering dan mati, buah kerdil, kecil dan cepat masak lalu rontok. Sedangkan kelebihan unsur nitrogen akan mengakibatkan tanaman menghasilkan tunas muda yang lembek/ lemah, memperlambat pemasakan/ penuaan buah dan biji-bijian, mengasamkan reaksi tanah, menurunkan PH tanah, dan merugikan tanaman, sebab akan mengikat unsur hara lain sehingga akan sulit diserap tanaman, dan pemupukan jadi kurang efektif dan tidak efisien. Peranan utama nitrogen bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khusus batang, cabang, dan daun. Selain itu nitrogen pun berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses lainnya. Fungsi lainnya adalah membentuk protein, lemak, dan berbagai persenyawaan organik lainnya (Lingga dan Marsono, 2001).

2. Fosfor (P)

Fungsi fosfor bagi tanaman yaitu mempercepat pertumbuhan akar semai, memperkuat batang tubuh tanaman, dan mempercepat proses pembungaan, pemasakan buah dan biji-bijian. Unsur fosfor dapat diperoleh dari bahan organik dan pupuk kandang. Gejala yang dapat timbul akibat kurangnya unsur fosfor adalah daun berubah berwarna tua atau tampak mengkilap kemerahan, tepi daun, cabang dan batang berwarna merah ungu lalu berubah menjadi kuning, buah kecil, pematangan buah lambat, perkembangan bentuk dan warna buah jelek, biji berkembang tidak normal, akar lambat berkembang.

3. Kalium (K)

Fungsi kalium (K) pada tanaman yaitu pembentukan protein dan karbohidrat, membantu membuka dan menutup stomata, memperluas pertumbuhan akar tanaman, efisiensi penggunaan air (ketahanan pada masa kekeringan), memperkuat tubuh tanaman supaya daun, bunga dan buah tidak mudah rontok. Gejala yang timbul akibat kekurangan kalium yaitu daun terlihat lebih tua, mengerut keriting dan timbul bercak-bercak merah coklat lalu kering dan mati, batang dan cabang lemah mudah rebah.

4. Sulfur (S)

Fungsi sulfur (S) bagi tanaman yaitu pembentukan asam amino dan pertumbuhan tunas serta membantu pembentukan bintil akar tanaman, berperan dalam pembentukan klorofil serta meningkatkan ketahanan terhadap jamur. Sumber unsur hara sulfur (S) adalah sisa-sisa tanaman dan jasad renik, dimana zat belerang dari sisa-sisa tersebut baru terlepas bila telah ada pelapukan, khususnya dari zat proteinnya. Kekurangan sulfur (S) akan mengakibatkan daun berwarna hijau mudah pucat hingga berwarna kuning, tanaman kurus dan kerdil, perkembangannya lambat.

5. Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg)

Fungsi kalsium dan magnesium bagi tanaman yaitu menetralkan kejenuhan zat – zat yang meracuni tanah dan tanaman, bilamana zat tersebut berlebihan seperti zat Al (aluminium), Fe (zat besi), Cu (Tembaga), meningkatkan efektifitas dan efisiensi penyerapan zat- zat hara yang sudah ada dalam tanah baik yang berasal dari bahan organik maupun pemberian pupuk lainnya seperti Urea, memperbaiki porositas tanah, struktur serta aerasi tanah sekaligus bermanfaat bagi tanah sehingga tanah menjadi gembur, sirkulasi udara dalam tanah lancar dan menjadikan akar semai bebas bergerak menghisap unsur hara dari tanah, aktifator berbagai jenis enzim tanaman, merangsang pembentukan senyawa lemak dan minyak, serta karbohidrat, membantu translokasi

pati dan distribusi fosfor di dalam tubuh tanaman, dan merupakan unsur pembentuk warna daun (Klorofil), sehingga tercipta hijau daun yang sempurna. Gejala yang timbul akibat kurangnya kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yaitu matinya titik tumbuh pada pucuk dan akar tanaman, tepi daun muda mengalami klorosis lalu menjalar ketulang daun, kuncup tanaman atau tunas muda mati, pada daun tua tampak bercak coklat, lalu menguning, mengering lalu mati.

2.2.2 Pupuk Nitrogen

Nitrogen sangat berguna untuk merangsang pertumbuhan daun sedangkan fosfor dan kalium berfungsi untuk merangsang pembuahan. Dengan kata lain, nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif sedangkan kalium dan fosfor diperlukan untuk pertumbuhan generatif (Parnata, 2004). Pupuk N yang sering digunakan petani adalah urea. Urea termasuk pupuk yang higroskopis (mudah menarik uap air). Keunggulan urea adalah kandungan N yang tinggi yaitu 46%, larut dalam air, mudah diserap tanaman dan harganya relatif murah dibandingkan jenis pupuk N lainnya. Pupuk urea mempunyai kekurangan diantaranya mudah menguap dalam bentuk N_2 . Pada kelembapan 73%, pupuk ini sudah mampu menarik uap air dari udara. Jika diberikan kedalam tanah dan terhidrolisis, urea berubah menjadi NH_4 yang mempunyai sifat labil sehingga mudah terlindungi oleh gerakan air permukaan dan dalam horison tanah sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sehingga banyak yang menganjurkan pemberian urea ini lewat daun, tetapi harus hati-hati. Urea dapat membuat tanaman hangus, terutama yang memiliki daun yang amat peka. Untuk itu, semprotkan urea dengan bentuk tetesan yang besar (Lingga dan Marsono, 2001).

Nitrogen adalah komponen utama dari berbagai substansi penting didalam tanaman. Sekitar 40-50% kandungan protoplasma yang merupakan substansi hidup dari sel tumbuhan terdiri dari senyawa nitrogen. Senyawa nitrogen digunakan oleh tanaman untuk membentuk asam amino yang akan diubah menjadi protein (Novizan, 2005). Karena itu, nitrogen dibutuhkan dalam jumlah yang relatif besar pada setiap tahap pertumbuhan tanaman, khususnya pada tahap pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan tunas atau perkembangan batang dan daun. Memasuki tahap pertumbuhan generatif, kebutuhan nitrogen mulai berkurang. Tanpa suplai nitrogen yang cukup, pertumbuhan tanaman yang baik tidak akan terjadi. Nitrogen dapat kembali ke tanah melalui pelapukan sisa makhluk hidup (bahan organik). Nitrogen yang berasal dari bahan organik ini dapat dimanfaatkan

tanaman melalui tiga tahap reaksi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Tahap reaksi tersebut sebagai berikut

1. Penguraian protein yang terdapat pada bahan organik menjadi asam amino. Tahap ini disebut aminisasi.
2. Perubahan asam amino menjadi senyawa-senyawa amonia (NH_3) dan amonium (NH_4^+). Tahap ini disebut reaksi amonifikasi.
3. Perubahan senyawa-senyawa amonia menjadi nitrat yang disebabkan oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*, tahap ini disebut nitrifikasi.

Beberapa jenis pupuk cair dari bahan organik yang telah dibuat, seperti pada penelitian yang dilakukan Marlina (2016) kandungan nitrogen tertinggi yang dihasilkan pada pupuk organik cair yaitu sebesar 0,22%, penelitian yang dilakukan Zulkifli (2012) menghasilkan POC dengan kandungan nitrogen sebesar 0,29% serta pada penelitian yang dilakukan Susetyo (2013) menghasilkan POC dengan kandungan nitrogen sebesar 0,36%. Berdasarkan beberapa sampel POC yang pernah dibuat didapatkan hasil kandungan nitrogen yang masih di bawah standar atau dibawah 0,4%, sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kadar N (nitrogen) pada POC sesuai dengan standar.

2.3 Standar Mutu Pupuk Organik Cair

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) ICS 13.030.40 spesifikasi standar pupuk organik pada SNI 19 70-30 2004 mengenai pupuk organik adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2
Standar Mutu Pupuk Organik (SNI 19 70-30 2004)

Unsur hara Makro				
NO	PARAMETER	SATUAN	MINIMUM	MAKSIMUM
1	Bahan Organik	%	27	58
2	Nitrogen	%	0.4	*
3	Karbon	%	9.8	32
4	Phosfor (P_2O_5)	%	0.1	*
5	C/N-Rasio		10	20
6	Kalium (K_2O)	%	0.2	*
Unsur Mikro				
7	Arsen	mg/kg	*	13
8	Cadmium	mg/kg	*	3
9	Cobal (Co)	mg/kg	*	34
10	Chromium (Cr)	mg/kg	*	210
11	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
12	Mercuri (hg)	mg/kg	*	0.8
13	Nikel (Pb)	mg/kg	*	62
14	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
15	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
16	Seng (Zn)	mg/kg	*	500

Keterangan: * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Sumber: (Wahyuningsih dan Supriyo Edy, 2013)

2.4 Kualitas

Hal pertama yang harus diperhatikan untuk memenuhi kepuasan pelanggan yaitu kualitas. Kualitas yang diperhatikan bukan hanya bagaimana akhir dari produk tersebut, tetapi dari seluruh komponen didalamnya, baik bahan baku, proses produksi, distribusi, penjaminan produk, dan lainnya. Kualitas adalah kata yang sering didengar oleh banyak orang dan kualitas memiliki banyak sekali definisi yang berbeda beda. Berikut ini adalah beberapa definisi kualitas yang muncul dari para ahli, yaitu (Ariani, 2004) :

1. Juran (1962) : “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
2. Feigenbaum (1991) : “Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture* dan *maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.
3. Goetch dan Davis (1995) : “Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan”.
4. Perbendaharaan istilah *ISO 8402* dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991) : “Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria – kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.”

Selain itu, definisi kualitas menurut *Taguchi* adalah terdapat dua segi umum, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan (Soejanto, 2003). Sedangkan definisi kualitas suatu produk menurut *Taguchi* adalah kerugian minimum yang diperoleh masyarakat dari suatu produk sejak produk tersebut dikirim (Belavendram, 1995).

2.5 Desain Eksperimen

Menurut Sudjana (1995:1), desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan dengan langkah tindakan yang terdefiniskan sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang diteliti atau dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan untuk memperoleh data sehingga membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan. Desain eksperimen terdiri atas berbagai macam metode, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Desain Acak Sempurna.
2. Desain Blok Lengkap Acak
3. Desain Blok Tak Lengkap Acak
4. Desain Bujursangkar *Latin*
5. Desain Bujursangkar *Graeco-Latin*
6. Desain Bujursangkar *Youden*
7. Desain Faktorial 2k dan 3k
8. Metode *Taguchi*

Dari beberapa desain eksperimen yang ada, metode *Taguchi* adalah suatu metodologi yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan dalam waktu yang bersamaan dapat menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *Taguchi* mampu mengkombinasikan hasil eksperimen melalui setting faktor dan level yang optimal. Selain itu dapat mengurangi jumlah pelaksanaan percobaan dibandingkan jika menggunakan *full factorial* sehingga dapat menghemat waktu dan biaya. Metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yaitu matriks orthogonal yang merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin mengenai semua faktor yang mempengaruhi parameter. Metode *Taguchi* berupaya mencapai sasaran dengan menjadikan suatu produk atau proses bersifat kokoh terhadap faktor gangguan. Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dan beberapa kelebihan metode *Taguchi*, pada eksperimen ini menggunakan desain eksperimen *Taguchi*.

2.6 Metode *Taguchi*

Metode *Taguchi* dikembangkan oleh Genichi *Taguchi*, yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *Taguchi* menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor pengganggu (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2008).

Metode *Taguchi* adalah metode atau teknik pengendalian kualitas yang bersifat *offline* atau bersifat suatu usaha perbaikan kualitas yang dimulai sejak saat melakukan perancangan hingga pemrosesan. Menurut Ariani (2004;67) penggunaan *Taguchi offline* tersebut efektif untuk mengadakan perbaikan kualitas dan pengurangan biaya, perbaikan dalam pembuatan produk, serta pengurangan biaya pengembangan produk. Tujuan ini

akan dapat tercapai jika organisasi manufaktur mampu mengidentifikasi adanya faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor-faktor tersebut pada tingkat atau *level* yang sesuai (Belavendram, 1995). Berikut ini adalah langkah-langkah desain eksperimen *Taguchi*, yaitu (Soejanto, 2008) :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
Mendefinisikan permasalahan yang akan dihadapi dengan sejelas mungkin agar dapat dilakukan suatu upaya perbaikan dari masalah yang dihadapi.
2. Menentukan tujuan penelitian
Untuk menentukan tujuan penelitian diperlukan mengidentifikasi karakteristik kualitas serta tingkat performansi dari suatu eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan beberapa parameter yang akan diamati, bagaimana cara pengukurannya, dan peralatan apa saja yang diperlukan dalam eksperimen.
4. Identifikasi faktor
Untuk mengidentifikasi faktor yaitu melakukan pendekatan yang sistematis dengan tujuan menemukan suatu penyebab permasalahan yang dihadapi.
5. Memisahkan faktor *control* dan faktor *noise*
Untuk memulai melakukan desain eksperimen *Taguchi*, seharusnya mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi produk menjadi dua jenis faktor yaitu faktor *control* dan faktor *noise*.
6. Menentukan level dari faktor dan nilai faktor
Dalam penentuan level dari faktor menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan sebagai pemilihan *Orthogonal Array* dalam eksperimen.
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi
Suatu interaksi terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari level faktor yang lainnya.
8. Menggambar *linier graf* yang diperlukan untuk faktor *control* dan interaksi
Menentukan penempatan faktor serta interaksi yang mungkin digunakan pada kolom kolom *Orthogonal Array*. *Taguchi* sudah menentukan *linier graf* yang digunakan untuk mempermudah pengaturan faktor – faktor dan interaksi.
9. Pemilihan *Orthogonal Array*
Dalam pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap faktor. Untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan *Orthogonal Array*.

10. Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

Untuk memasukkan faktor dalam kolom *Taguchi* menyediakan dua alat bantu yaitu dapat menggunakan *linier graf* atau *triangular tables*.

11. Melakukan eksperimen

Sejumlah percobaan akan disusun untuk meminimasi kesalahan yang mungkin terjadi pada penyusunan level yang tepat untuk eksperimen.

12. Analisa hasil eksperimen

Menganalisa hasil eksperimen yang telah dilakukan *Taguchi* menggunakan ANOVA.

Ada beberapa hal yang dilakukan pada tahapan ini, yaitu :

a. *Pooling* faktor

Metode yang dilakukan apabila faktor yang diamati tidak signifikan secara statistik setelah pengujian signifikansi. Strategi *Pooling* dirancang untuk mengestimasi variansi *error* pada Analisis Varians, sehingga estimasi yang dihasilkan akan menjadi lebih baik, karena pada strategi ini mengakumulasi beberapa variansi *error* dari beberapa faktor yang kurang berarti atau faktor yang memiliki kontribusi kecil pada hasil.

b. Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang diamati pada eksperimen dari masing- masing faktor yang signifikan pada metode *Taguchi* dinyatakan dalam persen kontribusi. Menandakan kekuatan relatif dari suatu faktor untuk mereduksi variasi.

c. *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N untuk meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul.

13. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

Jika eksperimen terdiri dari beberapa faktor dan juga tiap-tiap faktor terdiri dari beberapa level faktor, maka pemilihan kombinasi level yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata – rata eksperimen dari level yang ada.

14. Perkiraan rata – rata pada kondisi optimal

Setelah mendapatkan kondisi yang optimal dari eksperimen dengan *orthogonal array* maka dapat diperkirakan rata – rata proses untuk prediksi kondisi yang optimal.

15. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Dimaksudkan agar faktor dan level yang diinginkan memberikan hasil yang diharapkan.

2.6.1 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (variabel respon) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses, terkadang disebut sebagai karakteristik fungsional (Belavendram, 1995). Pada dasarnya karakteristik kualitas memiliki target. Berikut ini adalah tiga tipe target pada karakteristik kualitas menurut Belavendram (1995) yang ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Klasifikasi Karakteristik Kualitas

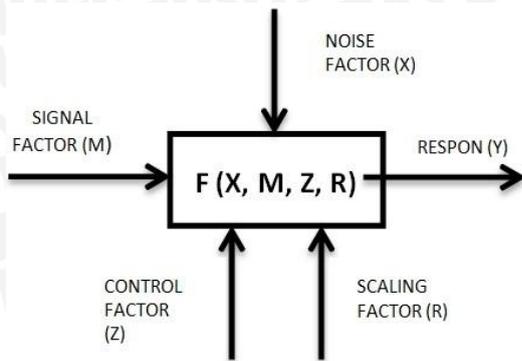
Karakteristik	Target
<i>Nominal the best</i>	Terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik
<i>Smaller the better</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target adalah nol (0)
<i>Larger the better</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target

Sumber: Belavendram (1995)

2.6.2 Klasifikasi Parameter

Banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) dari suatu produk. Faktor-faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi (Soejanto, 2008):

- 1 Faktor Gangguan, merupakan suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari targetnya. Faktor ini menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit terprediksi serta bersifat biasanya sulit, mahal, dan tidak jadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen, maka perlu dikendalikan dalam skala kecil.
- 2 Faktor Kontrol, merupakan parameter yang nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor ini mempunyai satu atau lebih nilai yang disebut level faktor. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor kontrol sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan.
- 3 Faktor Sinyal, faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor sinyal mempunyai nilai konstan disebut karakteristik statis dan dinamis saat dimasukkan ke banyak nilai.
- 4 Faktor Skala, faktor ini sering disebut sebagai faktor penyelesaian. Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor sinyal dengan karakteristik kualitas.



Gambar 2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas
Sumber: Belavendram (1995)

2.6.3 Orthogonal Array

Matriks *ortogonal* yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dari faktor dalam eksperimen) dan kolom (faktor yang dapat diubah dalam eksperimen) (Soejanto, 2008). Penentuan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen, perlu dilakukan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008):

1. Definisikan jumlah faktor dan levelnya
2. Tentukan derajat kebebasannya

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati maka menggunakan rumus pada persamaan (2-1) s.d (2-3) (Soejanto, 2008):

$$V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1) \quad (2-1)$$

$$V_{ff} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \quad (2-2)$$

$$V_{OA} \geq V_{ff} \quad (2-3)$$

Sumber: Soejanto (2008)

3. Memilih matriks *ortogonal*

Dalam memilih matriks *ortogonal* yang cocok atau sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks ortogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level, dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Bentuk umum dari model matriks *orthogonal* adalah (Soejanto, 2008):

$$L_a(b^c) \quad (2-4)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana :

L = rancangan bujur sangkar latin

a = banyak baris / eksperimen

b = banyak level faktor

c = banyak faktor

Taguchi telah menyediakan beberapa matriks ortogonal sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan dilakukan. Pada Tabel 2.2 berikut ini merupakan bentuk standar matrik ortogonal menurut *Taguchi*.

Tabel 2.4

Orthogonal Array Standar

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
L4(2 ³)	L9(3 ⁴)	L16(4 ⁵)	L23(5 ⁶)	L18 (2 ¹ x 3 ⁷)
L8(2 ⁷)	L27(3 ¹³)	L64(4 ²¹)	-	L32 (2 ¹ x 4 ⁹)
L12(2 ¹¹)	L81(3 ⁴⁰)	-	-	L36 (2 ¹¹ x 3 ¹²)
L16(2 ¹⁵)	-	-	-	L36(2 ³ x 3 ¹³)
L32(2 ³¹)	-	-	-	L54(2 ¹ x 3 ²⁵)

Sumber: Soejanto (2008)

2.6.4 Analysis of Variance (ANOVA) untuk Data Variabel

ANOVA (*Analysis of Variance*) pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, yaitu seorang Ahli statistik *British* (Belavendram, 1995). ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Soejanto, 2008). Penggunaan ANOVA pada metode *Taguchi* adalah digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variabel Data*. Dalam perhitungan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Membuat tabel data variabel.

Tabel 2.5

Tabel Data Variabel

E			Replikasi 1	Replikasi 2	Total
1						
2						
K						

Sumber : (Belavendram, 1995)

2. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (ST), dengan persamaan (2-5):

$$SST = \sum y^2 \quad (2-5)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: y adalah data pada setiap replikasi

3. Menghitung Jumlah kuadrat rata-rata (*SSmean*), dengan persamaan (2-6):

$$Ssmean = n\bar{y}^2 \quad (2-6)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: n adalah total seluruh data replikasi.

4. Menghitung Jumlah Kuadrat Faktor (SS_A , SS_B , dst)

Sebelum menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, langkah awal yaitu membuat tabel respon untuk faktor. Tabel 2.5 berikut ini adalah *Response Table of Factor Effects*.

Tabel 2.6

Response Table of Factor Effects

Class		A	B	C	N
(I)	Level 1				
	Level 2				
	Level k				

Sumber: (Belavendram, 1995)

Selanjutnya menghitung Jumlah Kuadrat Faktor dengan persamaan (2-7):

$$SS_A = ((A_1)^2 x n_1) + ((A_2)^2 x n_2) + \dots + ((A_i)^2 x n_i) - SS \text{ Mean} \quad (2-7)$$

Sumber: Soejanto (2008)

5. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SE), dengan persamaan (2-8):

$$SSE = SST - S_{\text{mean}} - SS_A - SS_B - SS_n \quad (2-8)$$

Sumber: Soejanto (2008)

6. Membuat Tabel ANOVA.

7. Menghitung derajat Kebebasan Faktor, dengan persamaan (2-9):

$$V_A = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-9)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total, dengan persamaan (2-10):

$$v_r = (\text{number of eksperiment} - 1) \quad (2-10)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS), dengan persamaan (2-11):

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-11)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Perhitungan Ms tidak dilakukan pada Jumlah kuadrat total pada tabel ANOVA.

10. Menghitung Rasio (F-Ratio), dengan persamaan (2-12):

$$F \text{ ratio} = \frac{Ms \text{ pada masing-masing faktor}}{MS \text{ Error}} \quad (2-12)$$

Sumber: Soejanto (2008)

11. Menghitung SS_A' pada masing-masing faktor dengan persamaan (2-13):

$$SS_A' = SS_A - (v_A \times MSA) \quad (2-13)$$

Sumber: Soejanto (2008)

12. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) pada masing-masing faktor, dengan persamaan (2-14):

$$\text{Rho\% A} = \frac{SS_A'}{SST} \quad (2-14)$$

Sumber: Soejanto (2008)

2.6.5 Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)

Metode *Taguchi* mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dan eksperimen ini disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari *S/N Ratio* ini adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto,2008).

Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari rasio *S/N* yang digunakan yaitu *larger the better*. Rasio *S/N-larger the better* digunakan ketika karakteristik kualitas adalah kontinyu, non negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak hingga. Nilai Rasio *S/N* untuk *larger the better* yaitu :

$$\eta = -10 \log_{10}[MSD] \quad (2-15)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$MSD \text{ (Mean Sqare Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y^2} \quad (2-16)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan :

n: jumlah sampel (jumlah pengulangan eksperimen)

y: nilai sampel (data pengamatan ke-i (i = 1,2,3,...,n))

2.6.6 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tetap tercakup dengan beberapa presentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih } 1 - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih } n - \bar{y}) \quad (2-17)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$Cl = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ pooled} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \quad (2-18)$$

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \quad (2-19)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Dimana:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai F-ratio dari tabel, dengan nilai $\alpha = 0,05$

v1 = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata.

v_2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan variasi *pooled*.

MS_{pooled} = variansi *pooled error*

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{predicted} - Cl \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl \quad (2-20)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval – for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah dilakukan uji konfirmasi.

$$Cl = \pm \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana:

$\frac{1}{r}$ = Jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{confirmation} - Cl \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \quad (2-22)$$

Sumber: Belavendram (1995)

2.6.7 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor-faktor dan level-level hasil evaluasi sebelumnya dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa (Soejanto, 2008). Pada percobaan ini, ukuran sampel yang digunakan lebih besar daripada percobaan sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan dari tujuan eksperimen konfirmasi yang berfungsi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.7
Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Predicted	Diterima
		Konfirmasi	
B		Predicted	Diterima
		Konfirmasi	
C		Predicted	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: Belavendram (1995)

Tabel 2.6 di atas menjelaskan bahwa apabila garis antara kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi berhimpitan (pada kondisi A dan B) maka eksperimen dapat diterima, sebaliknya apabila garis tersebut tidak berhimpitan maka eksperimen tidak dapat diterima atau harus dilakukan pengulangan eksperimen.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap yang harus ditetapkan sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Pada bab ini akan dibahas mengenai jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian, metode penelitian, metode pengumpulan data serta tahapan penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen. Menurut Sugiyono (2009: 107) metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Dalam hal ini, akan dilakukan percobaan secara langsung terhadap objek penelitian. Objek penelitian yang akan dibuat yaitu pupuk cair organik dari limbah kulit singkong yang berasal dari industri pengolahan kerupuk singkong UD Dua Putri, Desa Mojorejo Batu.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengambil sampel limbah singkong di UD Dua Putri Dusun Kajang RT 7 RW 3, Desa Mojorejo, Kota Batu pada Bulan September 2016 hingga Juni 2017. Pengambilan sampel kulit singkong dalam pembuatan pupuk organik cair ini dilakukan pada tanggal 26 Desember 2016, bersamaan dengan bahan tambahan seperti urin dan kotoran sapi. Setelah didapatkan sampel pupuk organik cair, selanjutnya dilakukan pengujian kadar zat nitrogen yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

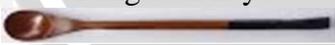
3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1
Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Alat	Keterangan
1	Selang bening diameter 1 cm 	Sebagai saluran pembuangan gas pada pupuk organik cair saat fermentasi berlangsung
2	Timbangan 	Sebagai alat ukur untuk menimbang bahan padat (kotoran sapi, kulit singkong dan sekam) yang akan dicampurkan pada bahan dalam membuat pupuk organik cair.
3	Gelas ukur besar dan kecil 	Untuk memberikan takaran bahan cair (urine sapi, EM-4, molase dan air) yang akan dicampurkan pada bahan dalam membuat pupuk organik cair.
4	Botol ukuran 1,5 liter dan 600 ml 	Botol 1,5 liter sebagai tempat menampung pupuk organik cair yang akan di fermentasi dan botol 600 ml sebagai penghubung botol 1,5 liter dengan selang pembuangan gas
5	Pisau dan Parang 	Sebagai alat untuk mencacah bahan kulit singkong menjadi ukuran yang lebih kecil
6	Lakban bening dan hitam 	Sebagai perekat dan penambal tutup botol yang masih kurang rapat, agar udara tidak masuk dalam botol
7	Gunting 	Sebagai alat bantu untuk memotong selang dan lakban.
8	Pengaduk kayu 	Sebagai alat pengaduk pada campuran bahan pupuk organik cair agar semua bahan tercampur
9	Ember 	Sebagai tempat untuk menampung air yang akan ditambahkan pada komposisi bahan pupuk organik cair
10	Lilin 	Sebagai alat bantu dalam melubangi tutup botol agar selang dapat dengan mudah dimasukkan dalam botol

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2
Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Bahan	Keterangan
1	<p>Kulit singkong</p> 	Limbah kulit singkong yang digunakan didapatkan dari UD Dua Putri di daerah Batu yang merupakan sentra pengolahan kerpuK singkong.
2	<p>Kotoran sapi</p> 	Kotoran sapi digunakan sebagai bahan penambah yang mampu meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk organik cair yang dibuat.
3	<p>Urine sapi</p> 	Seperti halnya kotoran sapi, urine sapi yang digunakan merupakan bahan penambah yang mampu meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk organik cair yang dibuat.
4	<p>EM-4</p> 	EM-4 atau <i>Efective Microorganism</i> adalah salah satu faktor penting dalam proses pembuatan pupuk organik yang berfungsi sebagai starter mikroorganisme dalam proses dekomposer untuk membantu mempercepat proses penguraian
5	<p>Sekam</p> 	Sekam digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan pupuk organik cair karena memiliki beberapa kandungan zat hara yang penting.
6	<p>Molase</p> 	Molase digunakan sebagai bahan campuran pembuatan pupuk organik cair yang berfungsi sebagai sumber energi baik untuk berbagai bentuk mikroba dan kehidupan tanah. Molase bisa bermanfaat untuk media aktifator dalam fermentasi pembuatan pupuk organik padat maupun cair.

3.4 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian yang dimulai dari tahap penelitian pendahuluan sampai didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian. Berikut ini penjelasan untuk setiap tahap dalam melaksanakan penelitian.

1. Tahap penelitian pendahuluan meliputi studi pustaka, studi lapangan, identifikasi masalah, perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Metode penelitian kepustakaan (*Library Research*)

Metode penelitian kepustakaan merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan data dengan cara studi literatur di perpustakaan serta membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan.

b. Metode penelitian lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data secara langsung pada objek penelitian, cara yang dipakai dalam *field research* ini adalah :

a. *Interview*, yaitu pada tahap ini dilakukan interview dengan pihak pembuat pupuk organik cair dan pihak akademisi yang mengetahui tentang pupuk organik cair.

b. Observasi, yaitu suatu metode dalam memperoleh data, dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya.

c. Dokumentasi, yaitu melakukan pengumpulan data baik secara langsung (foto) dan data historis.

d. Eksperimen, merupakan cara pengumpulan data dengan melaksanakan percobaan langsung terhadap objek, yaitu pembuatan pupuk organik cair.

e. *Brainstorming*, yaitu berdiskusi dan bertukar pikiran dengan pembuat pupuk organik cair dan di kombinasikan dengan teori untuk mengetahui faktor penyebab permasalahan.

c. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan studi lapangan terhadap objek penelitian dan studi literatur tentang permasalahan yang dihadapi. Pengamatan di lapangan dan wawancara dengan pihak yang ahli mengenai pupuk organik cair, kemudian mendefinisikan permasalahan yaitu menentukan batasan dan asumsi.

d. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama lalu dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan.

e. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan yang perlu dipahami dalam pengolaan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

2. Tahap perencanaan eksperimen

Membuat desain penelitian yang mengacu pada Desain Eksperimen *Taguchi*. Urutan dalam pembuatan desain penelitian adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh pada peningkatan kandungan nitrogen pada pupuk organik cair. Dimana faktor yang dianggap berpengaruh adalah bahan baku pembuatan pupuk organik cair dan komposisinya.

b. Penetapan jumlah faktor beserta level masing-masing faktor, dimana level dari faktor adalah komposisi dari bahan baku.

c. Penentuan derajat kebebasan

d. Penetapan Orthogonal Array yang akan digunakan dan jumlah replikasi

3. Tahap pelaksanaan eksperimen menggunakan desain eksperimen *taguchi*.

Banyaknya sampel pupuk organik cair yang akan dilakukan eksperimen dengan metode *Taguchi* mengacu pada *Orthogonal Array* yang terpilih. Pengujian kandungan kadar nitrogen dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Respon kualitas yang dipilih adalah *Larger The Better*.

4. Pengumpulan data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri atas dua jenis dengan metode pengumpulan data sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer adalah sumber data penelitian yaitu data yang diperoleh secara langsung dari sumber. Data primer yang diambil adalah sebagai berikut:

a. Data kandungan unsur kimia pada bahan untuk membuat pupuk organik cair

b. Data kandungan hasil nitrogen dalam pupuk organik cair dengan menggunakan Metode *Taguchi*

2. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan melalui hasil wawancara, diskusi kepada pihak terkait serta studi literatur yang dapat memberikan informasi berkaitan dengan penelitian.

Data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Komposisi campuran bahan dalam membuat pupuk organik cair.

b. Data komposisi bahan campuran dari penelitian sebelumnya.

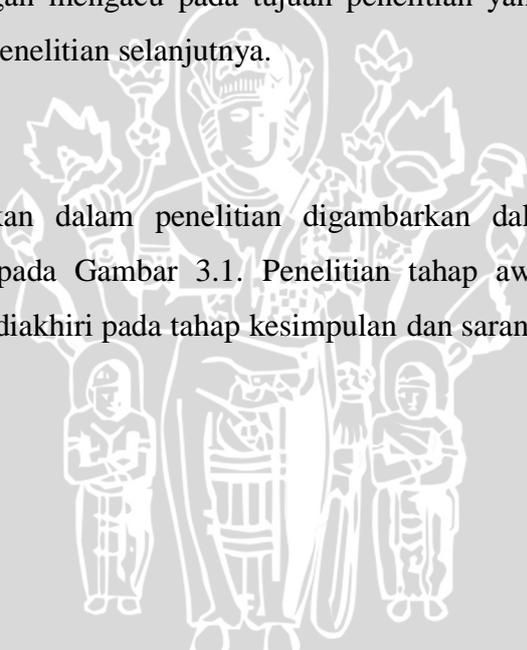
5. Pengolahan data

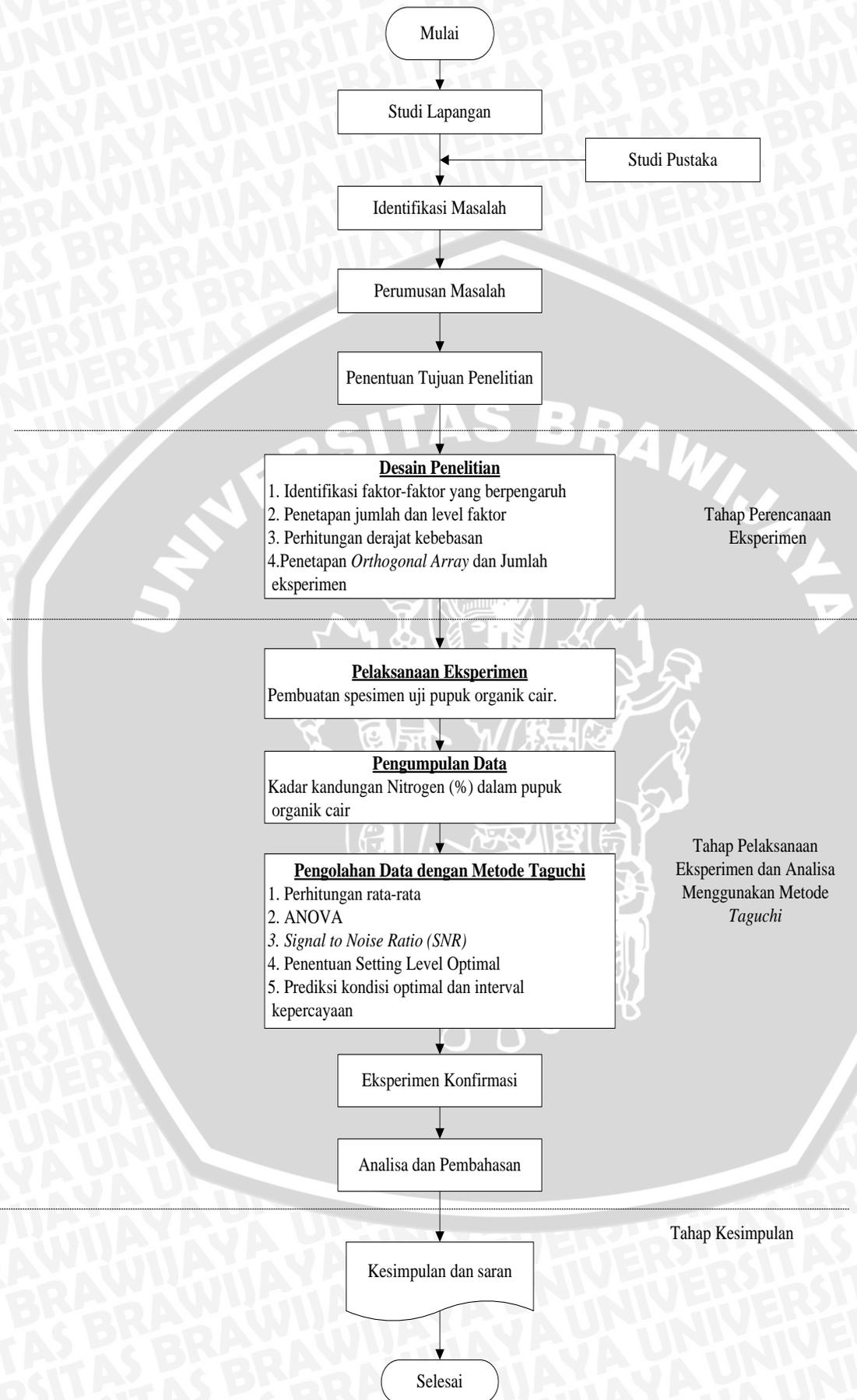
Pengolahan data yang dilakukan mengacu pada metode eksperimen *Taguchi* yaitu sebagai berikut.

- a. Melakukan perhitungan rata-rata
 - b. Menghitung dengan ANOVA *tools*
 - c. Menghitung *Signal to Noise Ratio* (SNR)
 - d. Menentukan *setting level* yang optimal dari masing-masing faktor
 - e. Memprediksi kondisi optimal dan menghitung interval kepercayaan
 - f. Pelaksanaan eksperimen konfirmasi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi.
6. Tahap analisa dan pembahasan terhadap pengolahan data yang sudah dilakukan
7. Tahap Kesimpulan
- Menarik kesimpulan dengan mengacu pada tujuan penelitian yang ditentukan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian digambarkan dalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian tahap awal meliputi studi lapangan dan studi pustaka dan diakhiri pada tahap kesimpulan dan saran.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas lebih lanjut mengenai rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan dengan melakukan eksperimen sehingga didapatkan data-data yang dibutuhkan. Data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan metode *Taguchi* agar diperoleh *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berupa komposisi bahan baku dari proses pembuatan pupuk organik cair, sehingga bisa menghasilkan nitrogen paling tinggi dengan mengacu pada Standar Kualitas Pupuk Organik (SNI 19 70-30 2004).

4.1 Gambaran Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair

Pada latar belakang masalah telah dijelaskan bahwa limbah kulit singkong yang digunakan berasal dari industri pengolahan kerupuk singkong yaitu pada UD Dua Putri yang berlokasi di Dusun Kajang, Desa Mojorejo Kota Batu, tepatnya di RT 7 RW 3. Jenis singkong yang digunakan pada UD. Dua Putri merupakan jenis singkong lokal dampit yang langsung didatangkan dari daerah Dampit. Urine sapi yang digunakan berasal dari Unit Pelaksana Teknis Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan ternak Batu (UPT PT dan HMT) yang terdapat pada Jl. Raya Tlekung, Desa Beji, Kecamatan Junrejo Kota Batu. Sebagian besar jenis sapi yang dilakukan pembibitan adalah jenis sapi perah dengan makanan berupa hijauan seperti rumput gajah. Sampel limbah kulit singkong, kotoran sapi dan urine sapi yang diambil selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya untuk mengetahui kadar kandungan unsur kimia didalamnya. Tabel 4.1 berikut ini menunjukkan hasil uji laboratorium pada sampel yang digunakan untuk penelitian.

Tabel 4.1

Kandungan unsur kimia pada sampel bahan baku pembuatan pupuk organik cair

Bahan	C	N	C/N	Bahan Organik
Kulit singkong	1,85 %	0,16 %	12	3,19
Kotoran Sapi	-	0,15%	-	-
Urin sapi	-	0,23%	-	-

Sumber :Hasil Pengujian Laboratorium Kimia Tanah

Pada tabel 4.1 diatas diketahui bahwa pada sampel kulit singkong yang digunakan memiliki kandungan N sebesar 0,16% dan C sebesar 1,85%. Sampel kulit singkong yang diuji terdiri dari 100 gram kulit singkong yang dihaluskan dan dicampur dengan 100 ml air. Kandungan nitrogen pada kotoran sapi dan urine sapi yang digunakan menjadi pupuk organik cair masing-masing sebesar 0.15% dan 0.23%. Kadar nitrogen pada kotoran dan

urine sapi ini lebih rendah dibandingkan data kandungan nitrogen dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian yaitu sebesar 1,53%. Perbedaan kandungan nitrogen ini dapat disebabkan karena jenis dan makanan yang diberikan kepada ternak, serta perbedaan kondisi fisiologi dan iklim (Subantoro dan Prabowo, 2012).

4.2 Penetapan Karakteristik Kualitas

Penetapan karakteristik kualitas yang digunakan adalah LTB, hal tersebut berdasarkan standar minimal kandungan nitrogen yang harus ada pada pupuk organik, yaitu minimal 0,4%, sehingga semakin tinggi kandungan nitrogen akan semakin bagus kualitasnya. Karakteristik pupuk organik cair yang diamati adalah tingkat kandungan nitrogen yang tertinggi dengan menggunakan Standar Mutu Pupuk Organik (SNI 19 70-30- 2004). Pupuk organik cair bisa dikategorikan sebagai produk pupuk organik yang membutuhkan tingkat nitrogen yang tinggi, sehingga penelitian ini akan menghasilkan *setting level optimal*.

4.3 Identifikasi Faktor-faktor (Variabel Bebas)

Pada tahap identifikasi faktor, akan dihimpun berbagai faktor yang dianggap memiliki pengaruh dalam peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik. Tidak semua faktor nantinya digunakan dalam penelitian, faktor-faktor yang dipilih adalah faktor yang dianggap berpengaruh secara signifikan berdasarkan hasil studi literatur dari penelitian-penelitian terdahulu, serta wawancara dengan pihak akademisi dari Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan pembuat pupuk organik. Berdasarkan hasil studi literatur dari beberapa penelitian terdahulu, seperti pada penelitian Marlina (2016) faktor yang dianggap berpengaruh terhadap peningkatan kadar nitrogen pada POC adalah faktor jumlah campuran bahan organik dan faktor feses sapi. Penelitian yang dilakukan oleh Ni'am, dkk (2015) faktor yang dianggap berpengaruh adalah faktor jumlah urine sapi, jumlah limbah cucian singkong, air cucian kikil sapi dan lama hari fermentasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Santi (2008) faktor yang dianggap berpengaruh adalah faktor lama hari fermentasi dan volume bakteri EM-4. Penelitian Setyanto, dkk (2014) faktor yang dianggap berpengaruh adalah faktor jumlah kotoran kelinci, jumlah bekatul, jumlah sekam dan probiotik EM-4. Penelitian yang dilakukan oleh Huda (2013) faktor yang dianggap berpengaruh adalah jumlah molase dan bakteri EM-4. Pada penelitian Susetyo (2013) faktor yang dianggap berpengaruh adalah lama hari fermentasi dan jumlah starter akar bambu. Pada penelitian Tampubolon (2012) menyatakan bahwa perbedaan suhu selama fermentasi akan mempengaruhi kerja mikroorganisme dalam merombak bahan-bahan

organik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sufianto (2014) menyatakan bahwa variasi kandungan unsur pada bahan akan mempengaruhi kandungan unsur pada pupuk organik yang dibuat. Menurut Sutanto (2002) semakin kecil dan homogen bentuk bahan, semakin cepat dan baik proses pengomposan yang dilakukan. Hasil dari studi literatur mengenai penetapan faktor yang dianggap berpengaruh dihimpun pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2
Identifikasi Faktor yang Dianggap Berpengaruh

No	Faktor yang Dianggap Berpengaruh	Sumber / Penelitian Terdahulu
1	Jumlah kulit singkong	<i>Brainstorming</i>
2	Jumlah kotoran sapi	Marlina (2016), <i>Brainstorming</i>
3	Jumlah urine sapi	Ni'am, dkk (2015), <i>Brainstorming</i>
4	Jumlah aktivator EM-4	Santi (2008) dan Setyanto, dkk (2014) <i>Brainstorming</i>
5	Jumlah Molase	Huda (2013), <i>Brainstorming</i>
6	Jumlah sekam	Setyanto, dkk (2014), <i>Brainstorming</i>
7	Lama hari fermentasi	Susetyo (2013), <i>Brainstorming</i>
8	Air	<i>Brainstorming</i>
9	Suhu ruang	Tampubolon (2012)
10	Homogen/ keseragaman bentuk bahan	Sutanto (2002)
11	Variasi kandungan unsur awal	Sufianto (2014)

4.4 Penetapan Faktor Berpengaruh

Berdasarkan identifikasi faktor yang dianggap berpengaruh seperti yang terdapat pada Tabel 4.2, faktor-faktor yang dianggap penting dan memiliki pengaruh besar saja yang akan digunakan dalam penelitian. Penentuan faktor kontrol dan faktor *noise* dipilih berdasarkan hasil studi literatur dari penelitian terdahulu serta *brainstorming* dengan pihak yang pernah membuat pupuk organik cair. Berikut ini adalah pengelompokan faktor kontrol dan faktor *noise* dalam penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Faktor Kontrol dan Faktor *Noise*

No	Faktor Kontrol
1	Jumlah kulit singkong
2	Jumlah kotoran sapi
3	Jumlah urine sapi
4	Jumlah aktivator EM-4
5	Jumlah Molase
6	Jumlah sekam
7	Lama hari fermentasi
8	Air
9	Suhu ruang
No	Faktor <i>Noise</i>
1	Homogen/ keseragaman bentuk bahan
2	Variasi kandungan unsur awal

Berdasarkan pengelompokan faktor pada Tabel 4.3 faktor yang dianggap sebagai faktor *noise* adalah faktor homogen/ keseragaman bentuk bahan dan variasi kandungan unsure awal. Pada penelitian ini kedua faktor tersebut dimasukkan kedalam faktor *noise* karena faktor tersebut sulit untuk di prediksi, serta butuh biaya yang mahal untuk dikendalikan sehingga tidak menjadi sasaran pengendalian.

Berikut ini merupakan penjelasan dari penentuan faktor kontrol dan faktor *noise* yang dipilih pada penelitian.

1) Jumlah kulit singkong

Jumlah kulit singkong dipilih untuk mengetahui komposisi bahan yang sesuai untuk membuat pupuk organik cair dengan penambahan kulit singkong, sehingga didapatkan komposisi yang sesuai agar dihasilkan pupuk organik cair dengan kadar nitrogen yang optimal dan sesuai standar.

2) Jumlah kotoran sapi

Jumlah kotoran sapi dipilih berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Marlina (2016) Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan judul “Analisis N Dan P Pupuk Organik Cair Kombinasi Daun Lamtoro Limbah Tahu Dan Feses Sapi”. Penelitian dilakukan dengan membuat beberapa sample dengan komposisi bahan-bahan yang berbeda. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa pemberian jumlah fases sapi berpengaruh terhadap peningkatan unsure nitrogen.

3) Jumlah urine sapi

Jumlah urine sapi yang digunakan dipilih berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ni'am, dkk (2015) Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, dengan judul “Pemanfaatan Limbah Cair Singkong Dengan Urine Sapi Dan Air Cucian Kikil Sapi Sebagai Pupuk Organik Cair”. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan dua reaktor dengan salah satu reaktor dilakukan penambahan urine sapi. Dari hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan tingkat nitrogen antara reaktor yang dilakukan penambahan urine.

4) Jumlah aktivator EM-4

Jumlah aktivator EM-4 dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Santi (2008) dengan judul “Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam Untuk Pupuk Cair Organik dengan Proses Fermentasi” Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran dan Setyanto, dkk (2014) Universitas Brawijaya, dengan judul “Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Pupuk Organik Berbahan Baku Kotoran Kelinci”. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa penambahan jumlah aktivator EM-4

mempengaruhi kadar nitrogen yang terdapat pada pupuk organik cair. Dengan perbandingan penggunaan 1:50 terhadap bahan organik.

5) Jumlah molase

Jumlah molase yang digunakan dipilih berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Huda (2013) Universitas Negeri Semarang, dengan judul “Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Urin Sapi Dengan Aditif Tetes Tebu (Molasses) Metode Fermentasi”. Penelitian dilakukan dengan membuat 5 sampel POC dengan komposisi yang sama kemudian dilakukan penambahan jumlah molase yang berbeda.

6) Jumlah sekam

Jumlah sekam yang digunakan dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setyanto, dkk (2014) Universitas Brawijaya, dengan judul “Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Pupuk Organik Berbahan Baku Kotoran Kelinci”. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sekam mempengaruhi kadar nitrogen.

7) Lama hari fermentasi

Lama hari fermentasi dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Susetyo (2013) Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan judul “Pemanfaatan Urin Sapi Sebagai POC (Pupuk Organik Cair) Dengan Penambahan Akar Bambu Melalui Proses Fermentasi Dengan Waktu Yang Berbeda”. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa lama hari fermentasi mempengaruhi kadar nitrogen pada pupuk organik cair. Untuk lama hari fermentasi ditentukan paling optimal adalah 10 sampai 14 hari, tetapi kemungkinan masih terjadi peningkatan nitrogen sampai 20 hari.

8) Homogenitas atau keseragaman bentuk bahan

Semakin seragam bentuk bahan yang digunakan maka akan semakin baik pula proses pengomposan. Bentuk bahan yang lebih kecil dan homogen, lebih luas permukaan bahan yang dapat dijadikan substrat bagi aktivitas mikroba (Sutanto, 2002). Faktor homogenitas bentuk bahan tidak menjadi sasaran pengendalian pada penelitian ini.

9) Variasi kandungan unsur awal bahan

Faktor variasi kandungan bahan organik berpengaruh terhadap kandungan hara yang dihasilkan pada pupuk organik cair (Sufianto, 2014). Pada penelitian ini faktor variasi kandungan unsur bahan termasuk kedalam faktor *noise* dikarenakan kandungan awal bahan sulit untuk dikendalikan.

Berdasarkan penentuan faktor kontrol dan *noise* seperti yang terdapat pada Tabel 4.3, diputuskan bahwa 7 faktor kontrol akan digunakan dalam penelitian yaitu faktor 1 sampai

7, untuk faktor 8 dan 9 bersifat tetap atau sama. Untuk penetapan level dalam tiap faktor didapatkan dari hasil studi literatur dan *brainstorming* dengan pihak akademisi khususnya pihak Fakultas Peternakan, serta pembuat pupuk organik cair. Tabel 4.4 berikut ini adalah penetapan level faktor yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.4
Penetapan Faktor dan Level yang Digunakan dalam Penelitian

Faktor Berpengaruh			
No	Komposisi Diubah-ubah	Level	
		1	2
1	Jumlah kulit singkong	50 gram	200 gram
2	Jumlah kotoran sapi	200 gram	400 gram
3	Jumlah urine sapi	400 ml	700 ml
4	Jumlah aktivator EM-4	20 ml	40 ml
5	Jumlah molase	40 ml	60 ml
6	Jumlah sekam	20 gram	40 gram
7	Lama hari fermentasi	10 hari	17 hari
No	Komposisi Tetap	Keterangan	
1	Suhu	(25-27°C) Suhu ruang	
2	Air	1:2 terhadap bahan	

4.5 Penetapan Orthogonal Array

Matriks *ortogonal* yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris yang merupakan kombinasi level dari dalam eksperimen, dan kolom yang merupakan yang dapat diubah dalam eksperimen (Soejanto, 2009). Sebelum mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari masing-masing dalam eksperimen. *Degree of freedom* yang digunakan harus sama dengan *degree of freedom* utama tersebut. Tabel 4.5 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk yang berpengaruh.

Tabel 4.5
Perhitungan *Degree of Freedom*

Faktor		Df
Kode	Nama	
A	Jumlah kulit singkong	(2-1)
B	Jumlah kotoran sapi	(2-1)
C	Jumlah urine sapi	(2-1)
D	Jumlah aktivator EM-4	(2-1)
E	Jumlah molase	(2-1)
F	Jumlah sekam	(2-1)
G	Lama hari fermentasi	(2-1)
Total		7

Derajat bebas $L_8 (2^7)$ = jumlah faktor x (banyak level -1)

$$= 7 \times (2 - 1)$$

$$= 7$$

Nilai derajat bebas menunjukkan jumlah minimal eksperimen yang harus dilakukan. Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa jumlah derajat bebas dari faktor penelitian adalah 7, sehingga eksperimen yang harus dilakukan minimal sebanyak 7 percobaan. Pemilihan *orthogonal array* yang seharusnya digunakan adalah $L_7(2^7)$, sedangkan pada eksperimen *Taguchi* dengan 2 level *orthogonal array* yang tersedia diantaranya adalah $L_4(2^3)$, $L_8(2^7)$, $L_{12}(2^{11})$ dan seterusnya. Dikarenakan matriks $L_7(2^7)$ tidak tersedia pada eksperimen *Taguchi*, maka *orthogonal array* yang digunakan harus lebih besar dari nilai derajat bebas sehingga *orthogonal array* yang digunakan adalah $L_8(2^7)$. Tabel 4.6 berikut ini merupakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$ yang digunakan pada penelitian.

Tabel 4.6
Orthogonal Array $L_8(2^7)$

Exp	Faktor dan Level						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Soejanto (2008)

Jumlah eksperimen yang harus dibuat dengan *Orthogonal Array* $L_8(2^7)$ adalah 8 kali eksperimen dan setiap eksperimen dilakukan replikasi sebanyak 2 kali, sehingga total keseluruhan data berjumlah 16 eksperimen.

4.6 Penugasan Pada *Orthogonal Array*

Setelah dilakukan penetapan *Orthogonal Array* yang digunakan, tahap selanjutnya adalah penugasan pada *Orthogonal Array* pada penelitian. Tabel 4.7 berikut ini merupakan penugasan pada *Orthogonal Array* yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.7
Penugasan pada *Orthogonal Array*

Exp	Faktor dan Level						
	(Jumlah Kulit Singkong) A	(Jumlah Kotoran Sapi) B	(Jumlah Urine Sapi) C	(Jumlah EM-4) D	(Jumlah Molase) E	(Jumlah Sekam) F	(Lama Fermentasi) F
1	50 gram	200 gram	400 ml	20 ml	40 ml	20 gram	10 hari
2	50 gram	200 gram	400 ml	40 ml	60 ml	40 gram	17 hari
3	50 gram	400 gram	700 ml	20 ml	40 ml	40 gram	17 har
4	50 gram	400 gram	700 ml	40 ml	60 ml	20 gram	10 hari
5	200 gram	200 gram	700 ml	20 ml	60 ml	20 gram	17 har
6	200 gram	200 gram	700 ml	40 ml	40 ml	40 gram	10 hari
7	200 gram	400 gram	400 ml	20 ml	60 ml	40 gram	10 hari
8	200 gram	400 gram	400 ml	40 ml	40 ml	20 gram	17 har

4.7 Pelaksanaan Eksperimen *Taguchi*

Pada tahap pelaksanaan eksperimen *taguchi*, dilakukan pembuatan sampel pupuk organik cair yang terdiri dari bahan-bahan yang telah disebutkan pada Tabel 4.7. Sampel pupuk organik cair yang dibuat merupakan perbandingan dari komposisi asli yang sudah ada, seperti jumlah kulit singkong, jumlah kotoran sapi, jumlah urine sapi, jumlah EM-4, jumlah molase, dan lama hari fermentasi merupakan komposisi yang diubah-ubah sesuai dengan penugasan pada *Orthogonal Array*, selain itu untuk air yang digunakan bersifat tetap menyesuaikan dengan perbandingan bahan dengan air yaitu 2:1.

Proses pembuatan sampel pupuk organik cair mulai dari tahap persiapan awal sampai pengujian laboratorium pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan alat dan bahan

Pada tahap dilakukan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian seperti yang terdapat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

2. Tahap pencacahan kulit singkong

Limbah kulit singkong yang digunakan menjadi pupuk organik cair harus dipotong atau dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil, sehingga mempercepat proses penguraian. Proses pencacahan kulit singkong ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pencacahan kulit singkong menggunakan parang

3. Tahap pencampuran bahan kedalam botol ukuran 1.5 liter

Pada tahap ini dilakukan pencampuran bahan yang telah ditimbang sesuai dengan dan level yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut urutan dalam pencampuran bahan yang digunakan untuk membuat pupuk organik cair dari limbah singkong untuk eksperimen satu pada replikasi pertama (E_1R_1).

- a. Siapkan ember untuk tempat pencampuran bahan-bahan padat.
- b. Masukkan 200 gram kotoran sapi kedalam ember yang telah dipersiapkan
- c. Masukkan 50 gram kulit singkong yang telah dicacah kedalam ember

- d. Masukkan 20 gram sekam kedalam campuran bahan pada ember
- e. Aduk campuran bahan yang terdapat pada ember sampai tercampur rata.
- f. Jika bahan sudah tercampur secara rata, masukkan campuran bahan yang terdapat pada ember kedalam botol plastik ukuran 1,5 liter.
- g. Tambahkan 400 ml urine sapi kedalam botol, kemudian aduk kembali
- h. Tambahkan air kedalam komposisi campuran dengan perbandingan 2:1 untuk bahan padat dan cair.
- i. Masukkan 40 ml molase pada campuran bahan, selanjutnya tambahkan EM-4 sebanyak 20 ml.
- j. Jika semua bahan telah dimasukkan dalam botol, aduk bahan dengan pengaduk agar semua tercampur kemudian tutup botol dengan penutup yang telah dilubangi pada bagian tengahnya.



Gambar 4.2 Pencampuran bahan dalam pembuatan pupuk organik cair

4. Pemasangan selang

Pada tahap ini dilakukan pemasangan selang dengan diameter 1cm dan panjang 60 cm pada tutup botol 1.5 liter yang telah dilubangi dan dihubungkan dengan botol 600 ml yang telah diisi air dan tertutup rapat.



Gambar 4.3 Pemasangan selang pada botol

5. Penyimpanan hasil eksperimen

Hasil campuran bahan pupuk organik cair yang telah dibuat, disimpan di tempat yang terhindar dari sinar matahari langsung. Pupuk organik cair yang dibuat akan di fermentasi selama beberapa hari sesuai dengan level yang telah di tentukan sebelumnya.



Gambar 4.4 Penyimpanan hasil pembuatan pupuk organik cair

6. Pemisahan ampas dan cairan dari pupuk organik

Setelah proses fermentasi pada pupuk organik cair telah selesai, maka tahap selanjutnya adalah penyaringan untuk memisahkan ampas dan air dari pupuk organik cair untuk dilakukan uji kadar nitrogen pada pupuk organik cair yang sudah jadi.



Gambar 4.5 Sampel pupuk organik cair yang siap uji

4.8 Pengumpulan Data Eksperimen *Taguchi*

Eksperimen *Taguchi* yang dilakukan adalah pembuatan sampel pupuk organik cair dengan kapasitas 1,5 liter. Banyaknya sampel uji dari pupuk organik cair yang dibuat adalah sebanyak 16 buah, hal ini disesuaikan dengan banyaknya eksperimen dan jumlah replikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian kadar nitrogen dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Hasil uji kadar nitrogen pada pupuk organik cair dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5. Tabel 4.8 berikut ini menunjukkan hasil uji kandungan kadar nitrogen pada sampel uji pupuk organik cair.

Tabel 4.8
Hasil Pengujian Kadar Nitrogen Pupuk Organik Cair

Perlakuan	Replikasi	Kadar Nitrogen	Perlakuan	Replikasi	Kadar Nitrogen
1	1	0.26%	5	1	0.26%
	2	0.27%		2	0.27%
2	1	0.27%	6	1	0.44%
	2	0.27%		2	0.36%
3	1	0.39%	7	1	0.25%
	2	0.35%		2	0.26%
4	1	0.47%	8	1	0.29%
	2	0.51%		2	0.31%

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, maka selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel dan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

4.9 Pengolahan Data Eksperimen *Taguchi*

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata, perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR), penentuan *setting level* optimal, perkiraan kondisi optimal, dan interval kepercayaan.

4.9.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan *setting level* optimal dalam meminimalkan penyimpangan variansi. Analisis variansi merupakan teknik perhitungan secara kuantitatif untuk menentukan dan memperkirakan kontribusi pada faktor-faktor dalam semua respon pengukuran (Soejanto, 2009:164). Dengan dilakukan perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata maka dapat diketahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan maupun tidak dalam peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair. Berikut ini langkah-langkah perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel.

1. Mengolah data rata-rata tingkat kandungan nitrogen pada hasil eksperimen seperti yang terdapat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Hasil Pengukuran Uji Nilai Rata-rata Nitrogen Pupuk Organik Cair

Exp	Faktor dan Level							Replikasi (dalam persen %)		Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	
1	1	1	1	1	1	1	1	0.26	0.27	0.265%
2	1	1	1	2	2	2	2	0.27	0.27	0.270%
3	1	2	2	1	1	2	2	0.39	0.35	0.370%
4	1	2	2	2	2	1	1	0.47	0.51	0.490%
5	2	1	2	1	2	1	2	0.26	0.27	0.265%
6	2	1	2	2	1	2	1	0.44	0.36	0.400%
7	2	2	1	1	2	2	1	0.25	0.26	0.255%
8	2	2	1	2	1	1	2	0.29	0.31	0.300%

2. Setelah mengolah data rata-rata selanjutnya membuat Tabel Respon. Contoh perhitungan pada Tabel Respon untuk A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{A level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4} \\ &= \frac{(0.265+0.270+0.370+0.490)}{4} \\ &= 0.349 \end{aligned}$$

Tabel respon berfungsi untuk menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu dengan cara mengurutkan perbedaan level yang memiliki nilai terbesar sampai nilai yang paling kecil. Pemilihan nilai terbaik didasarkan pada karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *larger the better* yang artinya bahwa semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik. Selanjutnya untuk hasil perhitungan tabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10
Hasil Perhitungan Tabel Respon Tingkat Nitrogen Pupuk Organik Cair

Faktor Level	A	B	C	D	E	F	G
1	0.349	0.300	0.273	0.289	0.334	0.330	0.353
2	0.305	0.354	0.381	0.365	0.320	0.324	0.301
diff	0.044	0.054	0.109	0.076	0.014	0.006	0.051
rank	5	3	1	2	6	7	4

Dari perhitungan tabel respon di atas, didapatkan salah satu level dari masing-masing yang memiliki karakteristik kualitas *larger the better* yaitu A Level 1 (Kulit Singkong: 50 gram), B Level 2 (Kotoran Sapi: 400 gram), C Level 2 (Urin Sapi: 700 ml), D Level 2 (Aktivator EM-4: 40 ml), E Level 1 (Molase: 40 ml), F Level 1 (Sekam: 20 gram) dan G Level 1 (Lama Hari: 10 Hari).

3. Perhitungan data ANOVA untuk rata-rata

- a. Perhitungan Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square (SS total)*

$$SS \text{ total} = \sum y^2$$

$$SS \text{ total} = 0,26^2 + 0,27^2 + 0,27^2 + \dots + 0,26^2 + 0,29^2 + 0,31^2$$

$$SS \text{ total} = 1,816$$

- b. Perhitungan Jumlah Kuadrat Karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean (SSmean)*

$$SS \text{ mean} = n\bar{y}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \text{Jumlah eksperimen} \times \text{Jumlah replikasi} \\ &= 8 \times 2 = 16 \end{aligned}$$

$$\bar{y} = \frac{\text{total}}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{0.26+0.27+0.27+\dots+0.26+0.29+0.31}{16}$$

$$\bar{y} = 0.327$$

$$SS_{mean} = 16 \times (0,327^2)$$

$$SS_{mean} = 1.71$$

- c. Menghitung Jumlah Kuadrat karena - atau *Sum of Square due to Factors* (SS_A)

Untuk contoh perhitungan *Sum of Square due to Factor A* adalah sebagai berikut:

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A1})^2 \times n2) - SS_{mean}$$

$$SS_A = (0.349^2 \times 8) + (0.305^2 \times 8) - 1.71$$

$$SS_A = 0.0077$$

Perhitungan untuk - yang lain (B, C, D, E, F, G) sama seperti perhitungan untuk

SS_A

- d. Menghitung Jumlah Kuadrat karena *Error* atau *Sum of Square due to Error* (SS_e)

$$SS_e = SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F - SS_G$$

$$SS_e = 1,816 - 1,71 - 0,0077 - 0,012 - 0,047 - 0,023 - 0,002 - 0,001 - 0,011$$

$$SS_e = 0,003$$

- e. Menentukan hipotesis awal

1). H_0 :Tidak ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

2). H_0 :Tidak ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

3). H_0 :Tidak ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

4). H_0 :Tidak ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

5). H_0 :Tidak ada pengaruh E terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh E terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

6). H_0 :Tidak ada pengaruh F terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh F terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

7). H_0 :Tidak ada pengaruh G terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : ada pengaruh G terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

- f. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

1. Menentukan Derajat Kebebasan, missal untuk A adalah sebagai berikut:

$$DF_A = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_A = (2 - 1) = 1$$

Begitupula dengan perhitungan yang sama untuk derajat kebebasan B, C, D, E, F, dan G.

2. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of eksperiment} - 1)$$

$$DF_T = (16 - 1) = 15$$

Untuk perhitungan Derajat Kebebasan *Error* adalah sebagai berikut:

$$DF_e = DF_T - (DF_B + DF_C + DF_D + DF_E + DF_F + DF_A + DF_G)$$

$$DF_e = 15 - (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$DF_e = 8$$

3. Menghitung *Mean Sum of Square* atau Rata-rata Jumlah Kuadrat, missal perhitungan untuk A adalah sebagai berikut:

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{0.0077}{1} = 0.0077$$

Perhitungan yang sama untuk mencari $MS_B, MS_C, MS_D, MS_E, MS_F,$ dan MS_G .

4. Menghitung Nilai Rasio (*F-Ratio*), contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada A adalah sebagai berikut:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e}$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{DF_e} = \frac{0.003}{8} = 0.00038$$

$$F_A = \frac{0.0077}{0.00038} = 20$$

Perhitungan yang sama berlaku untuk menghitung *F-Ratio* pada B, C, D, E, F, dan G.

5. Mengitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing (SS'). Berikut ini merupakan contoh perhitungan *Pure Sum of Square* dari A yang juga berlaku untuk menghitung *Pure Sum of Square* B, C, D, E, F, dan G.

$$SS = SS - (DF \times MS_e)$$

$$SS'_A = SS_A - (DF_A \times MS_e)$$

$$SS'_A = 0.0077 - (1 \times 0.00038) = 0.0073$$

Sedangkan untuk perhitungan SS'_e adalah sebagai berikut:

$$SS'_e = SS_T - (SS'_A + SS'_B + SS'_C + SS'_D + SS'_E + SS'_F + SS'_G)$$

$$SS_T = (SS_A + SS_B + SS_C + SS_D + SS_E + SS_F + SS_G) + SS_e$$

$$SS_T = (0,0077 + 0,012 + 0,047 + 0,023 + 0,002 + 0,001 + 0,011) + 0,003$$

$$SS_T = 0,1063$$

$$SS'_e = 0,1063 - (0,0073 + 0,011 + 0,047 + 0,023 + 0,0016 + 0,0006 + 0,0101)$$

$$SS'_e = 0,0057$$

6. Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* pada masing-masing . Contoh untuk perhitungan *Rho%* A adalah sebagai berikut:

$$Rho \% A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100 \%$$

$$Rho \% A = \frac{0,0073}{0,1063} \times 100\%$$

$$Rho \% A = 6,84\%$$

Perhitungan yang sama berlaku untuk menghitung nilai *Rho%* pada B, C, D, E, F, dan G.

4. Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata

Tabel 4.11 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dari hasil eksperimen.

Tabel 4.11
Analysis Of Variance Nilai Rata-rata

Sumber	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio%	F tabel 0.05 (1;8)
A	0.0077	1	0.0077	20	0.0073	6.84%	5.32
B	0.012	1	0.012	30.19	0.0112	10.51%	5.32
C	0.047	1	0.047	123.58	0.0469	44.12%	5.32
D	0.023	1	0.023	60.75	0.0229	21.51%	5.32
E	0.002	1	0.002	5.22	0.0016	1.52%	5.32
F	0.001	1	0.001	2.61	0.0006	0.58%	5.32
G	0.011	1	0.011	27.444	0.0101	9.52%	5.32
Error	0.003	8	0.0004	1	0.0057	5.39%	
SST	0.1063	15	0.0071		0.1063	100%	
Mean	1.710	1					
SStotal	1.816	16					

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA nilai rata-rata di atas adalah sebagai berikut:

- a. H_0 : Tidak ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : Ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Kesimpulan: F-Ratio = 6,84 \geq F-Tabel ($F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.

- b. H_0 : Tidak ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : Ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Kesimpulan: F-Ratio = 10,51 \geq F-Tabel ($F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.

- c. H_0 : Tidak ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 H_1 : Ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 44,12 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.
- d. H_0 : Tidak ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 H_1 : Ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 21,51 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.
- e. H_0 : Tidak ada pengaruh E terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 H_1 : Ada pengaruh E terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 1,52 < F\text{-Tabel} F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 diterima artinya tidak ada pengaruh E terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.
- f. H_0 : Tidak ada pengaruh F terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 H_1 : Ada pengaruh F terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 0,58 < F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;8) = 5,32$; maka H_0 diterima artinya tidak ada pengaruh F terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.
- g. H_0 : Tidak ada pengaruh G terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 H_1 : Ada pengaruh G terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 9,52 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;24) = 4.26$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh G terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.

Dari tabel *Analysis of Variance* untuk data variabel diketahui bahwa A, B, C, D, dan G memiliki nilai $F\text{-ratio} \geq F\text{-tabel} (F_{0,05}(1;8)) = 5.32$, hal ini dapat diartikan bahwa A, B, C, D dan G memiliki pengaruh terhadap Peningkatan nitrogen pada pupuk. Sedangkan E dan F memiliki nilai $F\text{-ratio} < F\text{-tabel} (F_{0,05}(1;8)) = 5.32$ sehingga dapat diartikan bahwa E dan F tidak memiliki pengaruh terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk. Untuk nilai % *Ratio* (persen kontribusi) didapatkan hasil bahwa yang memiliki persen kontribusi terbesar yaitu C (Jumlah Urin Sapi) dengan nilai kontribusi sebesar 44,12 %, D (Jumlah EM-4) sebesar 21.51 %, B (Jumlah Kotoran Sapi) sebesar 10,51%, G (Lama Hari Fermentasi) sebesar 9,52 % dan A (Jumlah Kulit Singkong) sebesar 6,84%. Serta yang memiliki tingkat persen kontribusi paling rendah yaitu E (Jumlah Molase) sebesar 1.52 % dan F (Jumlah Sekam) sebesar 0,58 %.

5. Pooling Up

Pooling Up dilakukan untuk menghindari kesalahan berlebih dalam penelitian. Dalam melakukan *Pooling Up* disarankan hanya menggunakan separuh dari jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan dalam eksperimen agar menjadi desain yang kokoh (Belavendram, 1995: 262). *Pooling up* dilakukan secara bersamaan terhadap faktor-faktor yang memiliki $F_{hitung} < F_{tabel}$ pada tingkat kepercayaan 95%. Pada pengolahan data ANOVA sebelumnya diperoleh hasil bahwa untuk A, B, C, D dan G memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair dan untuk E dan F perlakuannya tidak berpengaruh terhadap peningkatan kadar nitrogen. Sedangkan dari 7 yang digunakan menunjukkan hasil bahwa F memiliki nilai kontribusi terkecil. A, E, F dan G memiliki nilai *F-ratio* terendah dibandingkan dengan lainnya, sehingga dilakukan *pooling up* untuk faktor-faktor tersebut. Berikut adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor A, E, F dan G.

$$a. SS (pooled e) = SSe + SSA + SSE + SSF + SSG$$

$$SS (pooled e) = 0,003 + 0,0077 + 0,002 + 0,001 + 0,011 = 0.0242$$

$$b. DF (pooled e) = ve + vA + vE + vF + vG$$

$$DF (pooled e) = 8 + 1 + 1 + 1 + 1 = 12$$

$$c. MS_{pooled e} = \frac{SS_{pooled e}}{DF_{pooled e}}$$

$$MS_{pooled e} = \frac{0.0242}{12} = 0.00202$$

Tabel 4.12

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Pooling

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio%	F tabel 0.05 (1;12)
A	Y	0.0077	1	-	-	-	-	-
B		0.012	1	0.012	5.7244	0.00954	8.97%	4.75
C		0.047	1	0.047	23.4334	0.04529	42.59%	4.75
D		0.023	1	0.023	11.5201	0.02124	19.97%	4.75
E	Y	0.002	1	-	-	-	-	-
F	Y	0.001	1	-	-	-	-	-
G	Y	0.011	1	-	-	-	-	-
Error	Y	0.003	8	0.0004	-	-	-	-
Pooled		0.0242	12	0.00202	1	0.03028	28.47%	
Total		0.1063	15	0.0071		0.106	100%	
SSMean		1.710	1					
SStotal		1.816	16					

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan pooling adalah sebagai berikut:

1. H₀: Tidak ada pengaruh B terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H₁: Ada pengaruh B terhadap terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 8,97 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;12) = 4.75)$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh A terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.

2. H_0 : Tidak ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : Ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 42,59 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;12) = 4.75)$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh C terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk.

3. H_0 : Tidak ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

H_1 : Ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 19,97 \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;12) = 4.75)$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh D terhadap peningkatan nitrogen pada pupuk

Pada hipotesa di atas, dapat diketahui bahwa B, C dan D memiliki nilai $F\text{-Ratio} \geq F\text{-Tabel} (F_{0,05} (1;12) = 4,75)$. Sehingga dapat dikatakan bahwa B, C dan D memiliki pengaruh terhadap kadar nitrogen pada pupuk organik cair. Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance (ANOVA)* yang ditunjukkan pada Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan adalah B (Jumlah Urin Sapi) dengan persen kontribusi sebesar 42,59%, D (Jumlah EM-4) dengan persen kontribusi sebesar 19,97% dan B (Jumlah Kotoran Sapi) dengan persen kontribusi sebesar 8,97%. Hasil rekap data perhitungan ANOVA nilai rata-rata setelah dilakukan *pooling* dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13
Rekap ANOVA Nilai Rata-rata Setelah *Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio%	F tabel 0.05 (1;12)
B		0.012	1	0.012	5.7244	0.00954	8.97%	4.75
C		0.047	1	0.047	23.4334	0.04529	42.59%	4.75
D		0.023	1	0.023	11.5201	0.02124	19.97%	4.75
Pooled		0.0242	12	0.00202	1	0.03028	28.47%	
Total		0.106	15	0.0071		0.106	100%	
SSMean		1.71	1					
SStotal		1.816	16					

Menurut Belavendram (1995: 255), jika persen kontribusi *error* rendah (kurang dari 50%) maka dapat diasumsikan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen. Namun jika persen kontribusi *error* tinggi (50% atau lebih) maka dapat diasumsikan bahwa beberapa faktor yang signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perhitungan *error* atau kesalahan yang besar dalam eksperimen tersebut. Berdasarkan Tabel 4.14 didapatkan hasil bahwa tidak ada faktor-faktor signifikan yang hilang dari eksperimen karena nilai persen kontribusi *error* pada hasil perhitungan *pooling*

of (ANOVA) kurang dari 50% yaitu 28,47% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat atau persen kontribusi (*Rho%*) sebesar 71,53%.

4.9.2 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Signal to noise ratio merupakan salah satu konsep untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dengan membandingkan antara *mean (signal)* dengan standar deviasi (*noise*). Perhitungan ANOVA untuk *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan untuk menentukan nilai level terbesar sehingga karakteristik kualitas dari eksperimen menjadi lebih optimal (Soejanto, 2009:141). Dengan perhitungan SNR dapat diketahui apa yang memberikan pengaruh terhadap nilai variansi pada eksperimen. SNR yang dilakukan dalam penelitian ini adalah SNR- LTB dimana semakin besar nilainya akan semakin baik.

Menurut Belavendram (1995: 507) tentang konsep *Signal to Noise to Ratio* (SNR), apapun karakteristik kualitas yang dipilih dalam suatu eksperimen, interpretasi dari SNR selalu ditransformasikan sama yaitu semakin besar nilai SNR maka semakin baik. Sehingga dapat dikatakan apapun karakteristik kualitas yang digunakan (*Smaller The Better* ataupun *Nominal The Best*) tetap menggunakan konsep SNR yang mengacu pada karakteristik kualitas *Larger The Better*. Berikut ini merupakan tahapan perhitungan dalam pengujian ANOVA *Signal to Noise Ratio* (SNR).

1. Perhitungan SNR untuk masing-masing eksperimen. Contoh perhitungan SNR untuk eksperimen pertama adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan MSD

Contoh perhitungan MSD pada eksperimen pertama adalah sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{0,26^2} + \frac{1}{0,27^2} \right) = 14,26$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk menghitung pada eksperimen selanjutnya.

b. Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* untuk eksperimen pertama adalah sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [14,26] = -11.540$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk nilai SNR pada eksperimen selanjutnya.

Hasil rekap data perhitungan untuk seluruh eksperimen ditunjukkan pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14
Data Hasil Perhitungan SNR

Eks								Hasil		1/n	MSD	SN (LTB)	SN (LTB+)
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2				
1	1	1	1	1	1	1	1	0,26	0,27	0,5	14,255	-11,540	11,540
2	1	1	1	2	2	2	2	0,27	0,27	0,5	13,717	-11,373	11,373
3	1	2	2	1	1	2	2	0,39	0,35	0,5	7,369	-8,674	8,674
4	1	2	2	2	2	1	1	0,47	0,51	0,5	4,186	-6,218	6,218
5	2	1	2	1	2	1	2	0,26	0,27	0,5	14,255	-11,540	11,540
6	2	1	2	2	1	2	1	0,44	0,36	0,5	6,441	-8,089	8,089
7	2	2	1	1	2	2	1	0,25	0,26	0,5	15,396	-11,874	11,874
8	2	2	1	2	1	1	2	0,29	0,31	0,5	11,148	-10,472	10,472

2. Menyusun Tabel Respon *Signal to Noise Ratio* (SNR)

A dengan level pertama ($\bar{A1}$) = $\frac{\sum SNR \text{ level 1 pada faktor A}}{4}$

$$\bar{A1} = \frac{-1(11,54+11,373+8,674+6,218)}{4}$$

A dengan level pertama ($\bar{A1}$) = -9,451

Untuk rekap data hasil semua perhitungan yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15
Tabel Respon *Signal to Noise Ratio*

Faktor Level	A	B	C	D	E	F	G
1	-9.451	-10.635	-11.315	-10.907	-9.694	-9.942	-9.430
2	-10.494	-9.310	-8.630	-9.038	-10.251	-10.003	-10.515
diff	1.043	1.326	2.684	1.869	0.557	0.060	1.084
rank	5	3	1	2	6	7	4

Tabel respon *Signal to Noise Ratio* ini digunakan untuk menentukan level yang mempengaruhi variansinya.

3. Mengolah data ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) Pooled

Berikut ini merupakan perhitungan data ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* pooled,

a. Perhitungan nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square* (SS_{total})

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$SS_{total} = (-11,54)^2 + (-11,373)^2 + (-8,674)^2 + (-6,218)^2 + (-11,54)^2 + (-8,08)^2 + (-11,874)^2 + (-10,472)^2$$

$$SS_{total} = 825,667$$

b. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean*

$$(SS_{mean})$$

$$SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

n = jumlah eksperimen, dalam hal ini ada 8 eksperimen

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n} \\ &= \frac{(-11,54 - 11,373 - 8,674 - \dots - 11,874 - 10,472)}{8} \\ &= \frac{-79,78}{8} = (-9,972)\end{aligned}$$

$$SS_{\text{mean}} = 8 \times (-9,972)^2 = 795,60$$

- c. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena - atau *Sum of Square due to Factors* (SS_A)

$$\begin{aligned}SS_A &= ((\bar{A1})^2 \times n_1) + ((\bar{A2})^2 \times n_2) - SS_{\text{mean}} \\ &= ((-9,451)^2 \times 4) + ((-10,494)^2 \times 4) - 795,60 \\ &= 2,17\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama untuk mencari *Sum of Square due to Factors* pada B, C, D, E, F dan G,

- d. Perhitungan *Sum of Square (pooled e)*

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SS_B - SS_C - SS_D$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut ini:

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$SST = 825,67 - 795,60 = 30,07$$

$$SS(\text{pooled } e) = 30,07 - 3,52 - 14,41 - 6,99$$

$$SS(\text{pooled } e) = 5,15$$

- e. Menyusun Tabel ANOVA, dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan Derajat Kebebasan, untuk contoh perhitungan pada B adalah sebagai berikut:

$$DF_B = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_B = (2 - 1) = 1$$

2. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (8 - 1) = 7$$

3. Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$$DF(\text{pooled } e) = DF_T - DF_B - DF_C - DF_D$$

$$DF(\text{pooled } e) = 7 - 1 - 1 - 1$$

$$DF(\text{pooled } e) = 4$$

4. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)*

Berikut ini merupakan contoh perhitungan MS pada B

$$MS_B = \frac{SSA}{VA}$$

$$MS_B = \frac{3,52}{1}$$

$$MS_B = 3,52$$

Perhitungan yang sama untuk mencari *Mean Sum of Square* pada - yang lainnya.

Selanjutnya untuk menghitung *MS(Pooled e)* adalah sebagai berikut:

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)}$$

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{5,15}{4} = 1,29$$

5. Menghitung Nilai Rasio (*F-Ratio*) – *Pooled*

Untuk contoh perhitungan *F-Ratio* pada faktor B adalah sebagai berikut:

$$F \text{ ratio } B = \frac{MS_B}{MS(\text{pooled } e)}$$

$$F \text{ ratio } B = \frac{3,52}{1,29} = 2,73$$

Dilakukan perhitungan yang sama pada yang lainnya.

6. Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (*SS'*)-*Pooled*

$$SS' = SS - (DF \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS' B = SS_B - (DFB \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS' B = 3,52 - (1 \times 1,29) = 2,23$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk mencari *SS'* pada lainnya.

Untuk perhitungan *SS'(pooled e)* adalah sebagai berikut:

$$SS'(\text{pooled } e) = SST - SS'B - SS'C - SS'D$$

$$SS'(\text{pooled } e) = 30,07 - 2,23 - 13,12 - 5,70$$

$$SS'(\text{pooled } e) = 9,02$$

7. Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor.

Untuk contoh perhitungan (*Rho%*) pada faktor B adalah sebagai berikut:

$$Rho\% = \frac{SS'B}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\% = \frac{2,23}{30,07} \times 100\% = 7,40\%$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk mencari (*Rho%*) pada yang lainnya (C dan D).

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan seperti langkah-langkah diatas, didapatkan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk data variabel setelah *pooling up* seperti yang terdapat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16
Tabel Respon *Signal to Noise Ratio Pooling*

SUMBER	POOLED	SS	DF	MS	F - Ratio	SS'	Rho%
A	Y	2.17	-	-	-	-	-
B		3.52	1	3.52	2.73	2.23	7.40%
C		14.41	1	14.41	11.18	13.12	43.65%
D		6.99	1	6.99	5.42	5.70	18.95%
E	Y	0.62	-	-	-	-	-
F	Y	0.0072	-	-	-	-	-
G	Y	2.35	-	-	-	-	-
Pooled e		5.15	4	1.29	1	9.02	30.00%
SST		30.07	7	4.30			100
Mean		795.60	1				
SStotal		825.667	8				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR seperti pada Tabel 4.17, diketahui bahwa yang paling berpengaruh terhadap peningkatan kadar nitrogen dengan kontribusi paling besar adalah C dengan nilai sebesar 43,65%. Dalam eksperimen ini, perhitungan SNR digunakan untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi. Faktor lain juga memiliki pengaruh terhadap peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair adalah faktor D yaitu sebesar 18,95% dan B sebesar 7,40%. Hasil rekap data perhitungan ANOVA untuk nilai SNR setelah dilakukan *pooling* dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17
Rekap ANOVA Nilai SNR Setelah *Pooling*

SUMBER	POOLED	SS	DF	MS	F - Ratio	SS'	Rho%
B		3.52	1	3.52	2.73	2.23	7.40%
C		14.41	1	14.41	11.18	13.12	43.65%
D		6.99	1	6.99	5.42	5.70	18.95%
Pooled e		5.15	4	1.29	1	9.02	30.00%
SST		30.07	7	4.30			100%
Mean		795.60	1				
SStotal		825.67	8				

Untuk perhitungan persentase kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi *error* nilainya sebesar 30%, dalam hal ini berarti bahwa tidak ada berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen. Nilai persen kontribusi *pooled error* < 50% menunjukkan bahwa hasil eksperimen *Taguchi* telah memenuhi kriteria sebagai model untuk memprediksi nilai yang mempertimbangkan variansi optimumnya karena faktor-faktor penting dalam eksperimen dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.9.3 Penentuan *Setting level* Optimal

Dalam penentuan *setting level* optimal terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan karakteristik kualitas yaitu dengan mengurangi variansi dan menyesuaikan target sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan (Belavendram, 1995:510). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekap yang menunjukkan perbandingan

pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen *Taguchi* terhadap karakteristik kualitas yang diamati, dalam hal ini berupa peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair.

Setelah didapatkan nilai pada *setting level optimal* maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai prediksi hasil penelitian berdasarkan nilai rata-rata dan SNR untuk kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen konfirmasi. Perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen *Taguchi* terhadap karakteristik kualitas yang diamati berdasarkan nilai rata-rata dan SNR dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18
Tabel Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen *Taguchi*

Faktor	Peringkat		Pengaruh	Setting level
	Rata-Rata	SNR		
A	(5)	(5)	besar	A1
B	(3)	(3)	besar	B2
C	(1)	(1)	besar	C2
D	(2)	(2)	besar	D2
E	(6)	(6)	kecil	E1
F	(7)	(7)	kecil	F1
G	(4)	(4)	besar	G1

Keterangan Tabel 4.19

(1) : Rank

Penjelasan pemilihan *setting level* adalah sebagai berikut:

1. Faktor A, B, C, D dan G memberikan pengaruh dan kontribusi yang besar. Keduanya sama-sama mempengaruhi nilai rata-rata dan variansinya. Dalam pemilihan level dilihat dari tabel respon rata-rata. Untuk faktor dan level yang dipilih yaitu A Level 1 (A1), (B2), (C2), (D2) dan G1
2. Faktor E dan F tidak memberikan pengaruh dan kontribusi yang signifikan dalam peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair, dan untuk level faktor dipilih faktor E level 1 dan F Level 1.

4.9.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan

Langkah yang perlu dilakukan setelah mendapatkan *setting level optimal* adalah membuat perkiraan kondisi optimal. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata proses dan *signal to noise ratio* (SNR) proses yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen *Taguchi* sudah memenuhi syarat eksperimen *Taguchi*, sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level optimal

yang didapat. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum yang diharapkan dapat mencakup nilai rata-rata sebenarnya.

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, yang memiliki kontribusi besar pada peningkatan kadar nitrogen pada pupuk organik cair adalah C (Jumlah Urine Sapi), D (Jumlah EM-4), B (Jumlah Kotoran Sapi), G (Lama Hari Fermentasi) dan A (Jumlah Kulit Singkong).

Berikut ini adalah perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan nilai rata-rata seluruh data,

a. Perkiraan kondisi optimal nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 0,327

b. Menghitung nilai prediksi rata-rata

$\mu_{\text{predicted}}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\text{terpilih1} - \bar{y}) + \dots + (\text{terpilih n} - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\overline{B2} - \bar{y}) + (\overline{C2} - \bar{y}) + (\overline{D2} - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{predicted}} = \overline{B2} + \overline{C2} + \overline{D2} - 2\bar{y}$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 0,354 + 0,381 + 0,365 - (2 \times 0,327)$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 0,446$$

c. Menghitung interval kepercayaan nilai rata-rata

Sebelum menghitung Cl_{mean} perlu diketahui nilai *neff* terlebih dahulu, perhitungan untuk mendapatkan nilai *neff* adalah sebagai berikut:

$$neff = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{8 \times 2}{V_{\mu} + VB + VC + VD}$$

$$neff = \frac{16}{1 + 1 + 1 + 1} = 4$$

Berikut ini perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata,

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{\text{pooled}} \times \frac{1}{neff})}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{(F_{0,05;1,12} \times 0,00202 \times \left[\frac{1}{4}\right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(4,75 \times 0,00202 \times \left[\frac{1}{4}\right]\right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0,0489$$

Didapatkan Interval kepercayaan untuk nilai rata-rata proses optimal sebagai berikut:

$$\mu_{\text{predicted}} - Cl_{mean} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{mean}$$

$$0,446 - 0,0489 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 0,446 + 0,0489$$

$$0,397 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 0,495$$

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) seluruh data eksperimen adalah sebagai berikut:

a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai SNR seluruh data

$$\text{SNR seluruh data } (\bar{\eta}) = 9,972$$

b. Perhitungan untuk nilai prediksi rata-rata

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\overline{B2} - \bar{y}) + (\overline{C2} - \bar{y}) + (\overline{D2} - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{predicted}} = \overline{B2} + \overline{C2} + \overline{D2} - 2\bar{y}$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 9,310 + 8,630 + 9,038 - (2 \times 9,972)$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 7,033$$

c. Perhitungan untuk interval kepercayaan nilai rata-rata

Sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *neff* sebagai berikut:

$$neff = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{8}{V\mu + VB + VC + VD}$$

$$neff = \frac{8}{1 + 1 + 1 + 1} = 2$$

Sehingga perhitungan untuk interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{\text{pooled}} \times \left[\frac{1}{neff}\right]\right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05;1,4} \times 1,289 \times \left[\frac{1}{2}\right]\right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(7,71 \times 1,289 \times \left[\frac{1}{2}\right]\right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm 2,229$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai interval kepercayaan untuk proses optimal:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{mean}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{mean}} \\ 7,033 - 2,229 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,033 + 2,229 \\ 4,804 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,262\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum untuk nilai rata-rata didapatkan hasil nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 0,446, nilai tersebut masih berada dalam rentang nilai selang kepercayaan yaitu $0,397 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 0,495$. Sama seperti hasil pada nilai rata-rata, untuk hasil perhitungan kondisi optimum pada nilai SNR didapatkan hasil nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 7,033, nilai tersebut masih berada dalam rentang nilai selang kepercayaan yaitu $4,804 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,262$, dalam hal ini berarti pengukuran kadar uji nitrogen tersebut berada pada batas rentang pengukuran kadar uji nitrogen yang optimal.

4.9.5 Pengujian Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen yang dilakukan harus melalui tahap pengujian validasi hasil dari *setting* dan level yang telah dihasilkan dari perhitungan sebelumnya, sehingga pada tahap ini akan dilakukan eksperimen konfirmasi. Dalam eksperimen konfirmasi dilakukan penentuan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang signifikan yang merupakan hal penting dalam eksperimen, dimana faktor yang memiliki kontribusi kecil akan tetap dimasukkan dalam eksperimen konfirmasi dengan menggunakan level yang terbaik. Pada eksperimen konfirmasi yang dilakukan terdapat perhitungan rata-rata, *signal to noise ratio*, perkiraan selang kepercayaan dan analisis hasil eksperimen konfirmasi,

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting level* optimal yang telah didapatkan sebelumnya yaitu yang terdiri dari kombinasi dari level dan dalam penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4.19 sebagai berikut.

Tabel 4.19
Faktor Terkendali *Setting level* Optimal

Faktor Terkendali	Faktor
Jumlah Kulit Singkong	50 gram
Jumlah Kotoran Sapi	400 gram
Jumlah Urine Sapi	700 ml
Jumlah Aktivator EM-4	40 ml
Jumlah Molase	40 ml
Jumlah Sekam	20 gram
Lama Hari Fermentasi	10 hari

Hasil uji kandungan nitrogen pupuk organik cair pada eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Lampiran 6. Data hasil eksperimen konfirmasi terdiri dari 10 sampel eksperimen dari hasil level optimal yang dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20
Hasil Pengujian Kadar Nitrogen Eksperimen Konfirmasi

No. Replikasi	Hasil Uji Kadar N (%)
1	0.43
2	0.38
3	0.42
4	0.43
5	0.34
6	0.34
7	0.40
8	0.47
9	0.37
10	0.38

Data untuk pengujian eksperimen konfirmasi dihitung nilai rata-rata dan variansinya. Berikut ini perhitungan dalam eksperimen konfirmasi untuk mencari nilai rata-rata dan variansi:

1. Kualitas pupuk organik cair

a. Perhitungan untuk nilai rata-rata

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{10} \times (0.43 + 0.38 + 0.42 + \dots + 0.37 + 0.38)$$

$$\mu = 0.396$$

Perhitungan untuk mencari nilai variansi adalah sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{10-1} ((0.43 - 0.396)^2 + (0.38 - 0.396)^2 + \dots + (0.38 - 0.396)^2)$$

$$\sigma^2 = 0.042$$

b. Nilai hasil perhitungan SNR *Larger The Better*

1) Perhitungan MSD SNR *Larger The Better*

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{0.43^2} + \frac{1}{0.38^2} + \frac{1}{0.42^2} + \dots + \frac{1}{0.38^2} \right)$$

$$= 6.57$$

2) Perhitungan SNR *Larger The Better*

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [6.57]$$

$$\eta = -8.18$$

2. Perhitungan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

Pada perhitungan selang kepercayaan akan dibandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan konfirmasi, dengan hal ini akan menggambarkan apakah eksperimen yang dilakukan diterima atau ditolak dengan membandingkan keduanya dalam bentuk grafik, Berikut ini perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata kualitas pupuk organik cair:

a. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon dengan rata-rata

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times Ve \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(4.75 \times 0.00202 \times \left[\frac{1}{4} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0.058$$

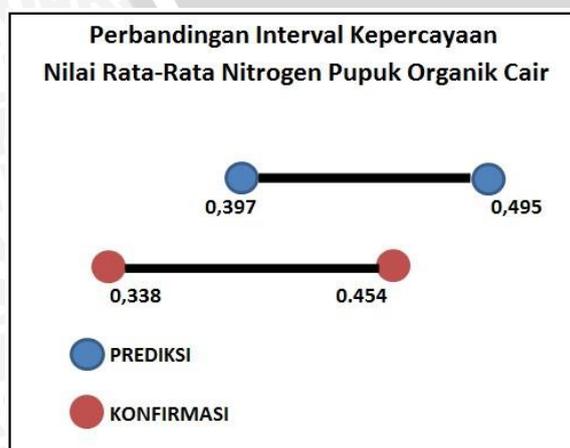
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\mu_{confirmation} - Cl_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{mean}$$

$$0.396 - 0.058 \leq \mu_{confirmation} \leq 0.396 + 0.058$$

$$0.338 \leq \mu_{confirmation} \leq 0.454$$

Tahap selanjutnya yaitu membandingkan selang kepercayaan optimal dan eksperimen konfirmasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi nilai rata-rata

- b. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon dengan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR)

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v_1, v_2} \times Ve \times \left[\frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(7,71 \times 1,289 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm 2,44$$

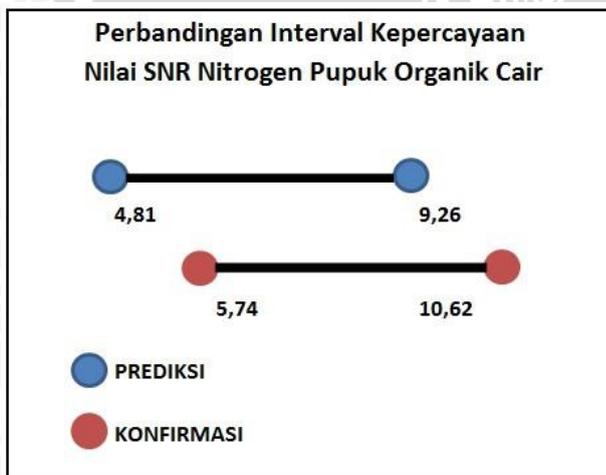
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\mu_{confirmation} - Cl_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{mean}$$

$$8,18 - 2,44 \leq \mu_{confirmation} \leq 8,18 + 2,44$$

$$5,74 \leq \mu_{confirmation} \leq 10,62$$

Langkah selanjutnya yang dapat dilakukan setelah mendapatkan nilai untuk selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu membandingkan selang kepercayaan optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR yang ditampilkan pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi berdasarkan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima, artinya hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat digunakan dan *setting level* optimal yaitu berupa rasio komposisi campuran bahan dapat dijadikan acuan dalam meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk organik cair.

4.10 Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan dengan metode *Taguchi*, didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan *setting level* optimal yang terpilih, dapat meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk organik cair. Pada penelitian ini *Orthogonal Array* yang digunakan adalah $L_8(2^7)$ dengan karakteristik kualitas *Larger The Better*. Terdapat 8 eksperimen dengan 7 faktor dan 2 level, untuk masing-masing faktor dan level yaitu faktor jumlah kulit singkong (50 gram, 200 gram), jumlah kotoran sapi (200 gram, 400 gram), jumlah urin sapi (400 ml, 700 ml), jumlah aktivator EM-4 (20 ml, 40 ml), jumlah molase (40 ml, 60 ml), jumlah sekam (20 gram, 40 gram) dan lama hari (10 hari, 17 hari).

Setelah dilakukan perhitungan ANOVA dari data hasil uji kandungan nitrogen pada pupuk, baik untuk nilai rata-rata maupun *Signal To Noise Ratio* (SNR), didapatkan hasil bahwa kelima faktor dari tujuh faktor yang digunakan memiliki pengaruh dan kontribusi besar terhadap peningkatan nitrogen. Urutan faktor yang berpengaruh signifikan dan memiliki kontribusi dari terbesar sampai nilai paling kecil yaitu faktor C (jumlah urin: 44.12%), faktor D (jumlah EM-4: 21,51%), faktor B (jumlah kotoran sapi: 10,51%), faktor G (lama hari fermentasi: 9,52%), faktor A (jumlah kulit singkong: 6,84%), faktor E (jumlah molase: 1.52%) dan faktor F (jumlah sekam: 0.58%). Berdasarkan hasil tersebut kelima faktor (A, B, C, D dan G) memiliki *ratio%* yang lebih besar besar dibandingkan F-tabel. Untuk faktor E dan F memiliki kontribusi paling kecil dan berada di bawah nilai F-tabel, oleh karena itu dilakukan *pooling* pada faktor E dan F. Karena dalam melakukan *Pooling Up* disarankan menggunakan separuh dari jumlah derajat kebebasan pada *Orthogonal Array*, sehingga faktor-faktor yang dilakukan *Pooling Up* adalah faktor A, E, F dan G, hal ini dikarenakan keempat faktor tersebut memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga faktor lainnya. Berdasarkan hasil *pooling* diputuskan bahwa tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi *error* pada hasil *pooling* tidak lebih dari 50% yaitu sebesar 28,47%.

Untuk hasil dari tabel respon baik untuk nilai rata-rata maupun SNR menunjukkan bahwa *setting level* optimal yang dipilih yaitu faktor A level 1 (kulit singkong 50 gram), faktor B level 2 (kotoran sapi 400 gram), faktor C level 2 (urin sapi 700 ml), faktor D level 2 (EM-4 40ml), faktor E level 1 (molase 40 ml), faktor F level 1 (sekam 20 gram) dan faktor G level 1 (lama hari 10 hari). Keputusan dalam penentuan pemilihan *setting level* optimal berdasarkan nilai rata-rata dan SNR serta beberapa pertimbangan.

Nilai selang kepercayaan untuk nilai rata-rata dan SNR baik prediksi maupun pada eksperimen konfirmasi menunjukkan hasil bahwa eksperimen konfirmasi dapat diterima

karena nilainya masih berada pada nilai rentang prediksi rata-rata dan SNR. Nilai $\mu_{\text{predicted}}$ pada prediksi nilai rata-rata sebesar 0.446, nilai tersebut masih berada dalam rentang interval kepercayaan nilai rata-rata yaitu $0.397 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 0.495$, untuk nilai $\pm 0,0489$ menunjukkan nilai interval kepercayaan (*Convidence Interval*). Pada perhitungan SNR, nilai $\mu_{\text{predicted}}$ yang didapatkan sebesar 7,033, nilai tersebut masih berada dalam rentang interval kepercayaan nilai SNR yaitu $4,804 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,262$, dengan nilai CI sebesar $\pm 2,229$. Pada eksperimen konfirmasi yang dilakukan, baik nilai rata-rata maupun nilai variabilitas masih berada dalam rentang interval kepercayaan. Rekap interpretasi hasil perhitungan untuk nilai prediksi dan optimasi ditunjukkan pada Tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.21
Interpretasi Hasil Perhitungan Kadar Nitrogen Prediksi dan Optimasi

Respon (Tingkat Nitrogen Pupuk Organik)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-Rata	0,446	0,446 \pm 0,0489
	Variabilitas	7,033	7,033 \pm 2,229
Eksperimen Konfirmasi	Rata-Rata	0,396	0,396 \pm 0,058
	Variabilitas	8,18	8,18 \pm 2,44

Berdasarkan Tabel 4.22 hasil nilai rata-rata maupun variabilitas dari eksperimen *Taguchi* dan eksperimen konfirmasi valid dan dapat diterima, hal ini dikarenakan terdapat irisan antara nilai keduanya. Jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Pupuk Organik Cair (SNI 19 70-3- 2004) dimana sebaiknya kandungan nitrogen minimum pada pupuk organik cair sebesar 0,4 %, pada eksperimen ini sudah dicapai tingkat kandungan nitrogen pada pupuk. Selain itu dapat dilihat kandungan awal dari limbah kulit singkong sebelum di tambahkan bahan campuran lain dan di fermentasikan yaitu sebesar 0,16% dan nilai rata-rata nitrogen optimal yang dapat dicapai pada eksperimen ini adalah sebesar 0,396%.

Nilai kadar nitrogen yang didapatkan masih tergolong rendah yaitu mendekati nilai rata-rata standar. Berdasarkan penelitian Zulkifli (2012) tentang uji fermentasi kotoran sapi dengan menggunakan EM-4 terhadap kualitas pupuk organik cair bahwa pupuk organik cair dari kotoran sapi yang ditambahkan air dan EM-4 memiliki kandungan nitrogen (N) sebesar 0,29%. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Susetyo (2013) mengenai pemanfaatan urin sapi sebagai pupuk organik cair dengan penambahan akar bambu melalui proses fermentasi didapatkan hasil nitrogen total tertinggi yaitu sebesar 0,36%. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil kandungan nitrogen pada penelitian ini masih relevan, nilai nitrogen total dapat berbeda-beda tergantung komposisi bahan yang digunakan dan kandungan unsur kimia pada bahan baku pembuatan pupuk organik cair.

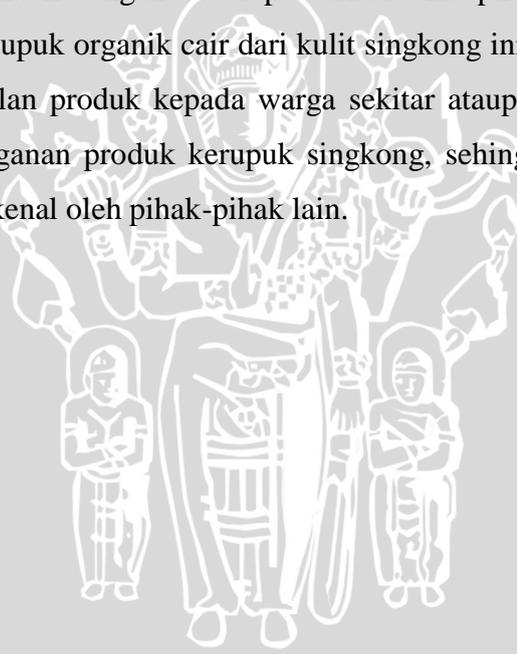
Menurut Moerhasrianto (2011) pupuk organik cair dengan kandungan nitrogen dominan lebih cocok diterapkan untuk tanaman sayur yang diambil daun atau batangnya, misalnya aneka *herbs* (tanaman obat), *oregano*, *marjoram*, *parsley Italy*, selada, bayam, kangkung, sawi putih dan berbagai jenis sayuran. Berdasarkan kandungan nitrogen yang didapatkan dari eksperimen ini, yaitu dari nilai rata-rata hasil eksperimen konfirmasi kadar nitrogen yang didapatkan sebesar 0,396%, pupuk organik cair dengan kriteria seperti ini lebih cocok untuk tanaman sayur yang diambil daunnya misalnya tanaman bayam, sawi, kubis dan sebagainya. Berdasarkan penelitian Latifah, dkk (2012) pemberian pupuk organik cair dengan kandungan nitrogen sebesar 0,16% dengan dosis yang berbeda (62.5ml/L/polybag, 93.75ml/L/polybag, 125ml/L/polybag, 156.25 ml/L/polybag, dan urea 0.23 gram) menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan biomassa yang berbeda, dimana didapatkan dosis optimal yaitu 156,25 ml/L/polybag. Penelitian yang dilakukan oleh Hanisar, dkk (2015) menghasilkan kesimpulan bahwa dengan pemberian pupuk organik cair yg memiliki kandungan N 0,12%, P 0,03% dan K 0,31% memberikan hasil tinggi tanaman, rata-rata batang, rerata jumlah daun, rerata bobot segar dan kering tanaman, serta jumlah polong per tanaman yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan pupuk. Penelitian lain yang dilakukan Rahmah, dkk (2014) yaitu untuk melihat pengaruh pupuk organik cair pada tanaman jagung manis, berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa pupuk organik cair dengan kandungan nitrogen sebesar 0,13% dengan berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jagung manis.

Keberlanjutan dari penelitian pembuatan pupuk organik cair dengan memanfaatkan limbah kulit singkong diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar. Proses persiapan sampai tahap pembuatan pupuk organik cair ini tergolong mudah. Limbah kulit singkong dalam jumlah yang banyak, dengan mudah bisa didapatkan dari UKM yang mengolah singkong menjadi makanan olahan seperti pada UD. Dua Putri yang berlokasi di Dusun Kajang, Desa Mojorejo, Kecamatan Junrejo Kota Batu, tepatnya di RT 7 RW 3, dimana dalam penelitian ini menjadi tempat pengambilan sampel kulit singkong. Untuk bahan tambahan seperti kotoran dan urin sapi dapat diambil dari peternak-peternak sekitar ataupun bisa berasal dari Unit Pelaksana Teknis Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan ternak Batu (UPT PT dan HMT) yang terdapat pada Jl. Raya Tlekung, Desa Beji, Kecamatan Junrejo Kota Batu, daerah tersebut masih satu kawasan dengan penghasil kulit singkong, sehingga aksesnya lebih mudah. Produk pupuk organik cair dari hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Produk pupuk organik cair hasil eksperimen

Masyarakat yang tinggal di dikawasan Dusun Kajang, Desa Mojorejo selain berprofesi sebagai pembuat kerupuk singkong, beberapa warganya juga berprofesi sebagai petani, termasuk petani sayuran, sehingga pupuk yang dibuat diharapkan dapat digunakan untuk petani ataupun untuk dijual kembali dengan beberapa variasi. Jika pihak UD. Dua Putri ingin mengembangkan produk pupuk organik cair dari kulit singkong ini, sistem penjualan bisa dilakukan dengan pengenalan produk kepada warga sekitar ataupun dari konsumen yang sebelumnya telah berlangganan produk kerupuk singkong, sehingga produk organik cair ini nantinya bisa dikenal oleh pihak-pihak lain.



BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup akan dibahas mengenai kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.

1.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan pengolahan data dengan menggunakan metode *Taguchi* adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar nitrogen pada pupuk organik cair yaitu faktor jumlah urine sapi dengan kontribusi sebesar 44,12 %, faktor jumlah EM-4 dengan kontribusi sebesar 21.51 %, faktor jumlah kotoran sapi dengan kontribusi 10,51%, faktor lama hari fermentasi dengan kontribusi 9,52 % dan faktor jumlah kulit singkong dengan kontribusi sebesar 6,84 %.
2. Hasil dari perhitungan nilai rata-rata dan SNR *setting level* faktor optimal yang didapatkan yaitu faktor A level 1 (kulit singkong 50 gram), faktor B level 2 (kotoran sapi 400 gram), faktor C level 2 (urin sapi 700 ml), faktor D level 2 (EM-4 40ml), faktor E level 1 (molase 40 ml), faktor F level 1 (sekam 20 gram) dan faktor G level 1 (lama hari 10 hari). Untuk melakukan validasi terhadap hasil eksperimen dilakukan eksperimen konfirmasi. Hasil dari eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa rata-rata nilai setiap parameter pengukuran masih berada dalam interval kepercayaan prediksi, sehingga hasil dari eksperimen *Taguchi* diterima. Hasil kandungan nitrogen dari *setting level* optimal pada penelitian ini sudah sesuai standar SNI 19 70-30 2004 mengenai kandungan minimum nitrogen yang harus ada pada pupuk organik cair.

1.2 Saran

Berikut ini saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian sejenis kedepannya.

1. Untuk penelitian selanjutnya, perlu diperhatikan kandungan awal bahan dan komposisi campuran bahan yang ditambahkan, sehingga dapat meningkatkan kadar nitrogen lebih tinggi pada hasil pupuk organik cair.
2. Untuk penelitian sejenis kedepannya, sebaiknya analisis beberapa kandungan penting lainnya yang terdapat pada pupuk organik cair.

3. Perlu dilakukan percobaan lebih lanjut hanya dengan menggunakan beberapa faktor yang tersisa setelah dilakukan *pooling*, untuk melihat perbedaan hasil dengan menggunakan keseluruhan faktor termasuk faktor dengan kontribusi kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas*. Yogyakarta : Penerbit Andi Yogyakarta.
- Atmojo, S. Wongso. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Universitas Universitas Sebelas Maret Surakarta. Sebelas Maret University Press.
- Azzamy.2015. Kandungan Unsur Hara Sabut Kelapa. <http://mitalom.com/cara-membuat-poc-sabut-kelapa/>, Diakses pada 17 November 2016.
- Badan Standarisasi Nasional. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. ICS 13.030.40. SNI 19-7030-2004
- Belavendram, Nicolo. 1995. *Quality by Design Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. London : Prentice Hall International (UK) Limited.
- Cahyadi S, Dermiyati dan Niswati Ainin. 2015. Kandungan C, N, P dan K Kompos Berbagai Limbah Organik dengan Menggunakan Dua Spesies Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus* dan *Eisenia fetida*). Jurnal Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung.
- Cesaria RY, Wirosodarmo Ruslan dan Suharto Bambang. 2014. Pengaruh Penggunaan Starter Terhadap Kualitas Fermentasi Limbah Cair Tapioka Sebagai Alternatif Pupuk Cair. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*.
- Dewi, NK., Kiswardinata, R. Bekti. Dan Huriawati, Farida. 2016. Pemanfaatan Serasah Lamun (*Seagrass*) Sebagai Bahan Baku POC (Pupuk Organik Cair). *Proceeding Biology Education Conference* (ISSN: 2528-5742), Vol 13 (1).
- Direktorat Jendral Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian. 2007. Pengelolaan Limbah Industri Pangan. Jakarta
- Djoeliste, 2010. Analisis Fosfor. http://btagallery.blogspot.com/2010_04_01_archive.html (Diakses pada tanggal 17 November 2016).
- Farida Fathul, Pratiwi Istiana dan Muhtarudin. 2015. Pengaruh Penambahan Berbagai Starter Pada Pembuatan Silase Ransum Terhadap Kadar Serat Kasar, Lemak Kasar, Kadar Air, Dan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen Silase. Jurnal Ilmiah Jurusan Peternakan Universitas Lampung
- Hansiar, Wan dan Bahrum, Ahmad. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Beberapa Varietas Kacang Hijau (*Vignaradiata* L). Jurnal Fakultas Pertanian Universitas PGRI Yogyakarta.
- Huda, Khoirul Muhammad. 2013. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Urin Sapi dengan Aditif Tetes Tebu (Molasses) Metode Fermentasi. Skripsi Universitas Negeri Semarang.

Isroi. 2009. Pupuk Limbah Padat. Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor. isroi@ipard.com. (Diakses pada tanggal 20 november 2016).

Kasmadi, 2010. Kandungan dan Manfaat Pupuk NPK. <http://kasmadi-kasmadi.blogspot.com/2010/05/kandungan-manfaat-pupuk-npk.html>. (Diakses pada tanggal 8 November 2016).

Lakitan, B. 2000. Dasar - Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada, Jakarta

Latifah RN, Winarsih dan Rahayu YS. 2012. Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Bahan Pupuk Cair untuk Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah. Lentera Biologi Universitas Negeri Surabaya.

Marlina, Susi. 2016. Analisis N dan P Pupuk Organik Cair Kombinasi Daun Lamtoro Limbah Tahu dan Feses Sapi. Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Martini E. 2015. Pupuk Organik pada Budi Daya Kebun Campur. <http://www.worldagroforestry.org/publication/pupuk-organik-pada-budi-daya-kebun-campur>. (Diakses pada tanggal 10 November 2016).

Miftahudin, 2008. Fisiologi Tumbuhan Dasar. Bogor: Departemen Biologi FMIPA IPB.

Moerhasrianto, Pradyto. 2011. Respon Pertumbuhan Tiga Macam Sayuran Pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi Larutan Hidroponik. Skripsi Universitas Jember.

Muharam, Gilang P. 2014. Pembuatan Nata De Cassava dari Limbah Tapioca Menggunakan Sumber Nitrogen Ekstrak Kacang Hijau. Publikasi Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia.

Mujib, Dhiah Fariza. 2013 Kualitas Pupuk Organik Cair dari Campuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi. Skripsi Institut Pertanian Bogor.

Niam, C. Achmad., Caroline, Jenny. dan Ibrahim, Mohhammad. 2015. Pemanfaatan Limbah Cair Singkong dengan Urine Sapi dan Air Cucian Kikil Sapi Sebagai Pupuk Organik Cair

Nugraha, Yoga Maulana. 2010. Kajian Penggunaan Pupuk Organik Dan Jenis Pupuk N Terhadap Kadar N Tanah, Serapan N Dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.) Pada Tanah Litosol Gemolong. Skripsi Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Parnata, Ayub. 2004. Mengenal Lebih Dekat Pupuk Organik Cair Aplikasi dan Manfaatnya. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Rahmah Atikah, Izzati Munifatul dan Parman Sarjana. 2014. Pengaruh Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Sawi Putih (*Brassica chinensis* L.) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. var. *Saccharata*). Buletin Anatomi dan Fisiologi Vol. XXII. Universitas Diponegoro.

Santi, Sintha Soraya. 2008. Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam Untuk Pupuk Cair Organik dengan Proses Fermentasi. Jurnal Teknik Kimia UPN Veteran Surabaya.

- Setyanto Nasir W, Riawati Lely dan Lukodono Rio P. 2014. Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Pupuk Organik Berbahan Baku Kotoran Kelinci. *Jurnal Teknik Industri*.
- Soejanto, Irwan. 2008. *Rekayasa Kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi*. Surabaya :Yayasan Humaniora.
- Stephanie dan Purwadaria. 2013. Fermentasi Substrat Padat Kulit Singkong Sebagai Bahan Pakan Ternak Unggas. *Jurnal Fakultas Teknobiologi, Prodi Bioteknologi Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya*.
- Sudjana. 1995. *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi IV*. Bandung : PT. Tarsito.
- Sufianto. 2014. Analisis Mikroba pada Cairan Sebagai Pupuk Cair Limbah Organik dan Aplikasinya Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica Chinensis L.* *Jurnal Gamma Fakultas Pertanian Peternakan. Universitas Muhammadiyah Malang*
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta
- Suharno. 1979. Sekam Padi Sebagai Sebagai Sumber Energi Alternatif. (www.smallcrab.com/). Diakses tanggal 30 Januari 2017.
- Sundari, E., Sari, E. dan Rinaldo, R.. 2012. Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Bioaktivator Biosca dan EM4. *Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta. Palembang*.
- Susetyo, A. Noor. 2013. Pemanfaatan Urin Sapi Sebagai Poc (Pupuk Organik Cair) dengan Penambahan Akar Bambu Melalui Proses Fermentasi dengan Waktu yang Berbeda. *Artikel Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Sutanto, Rachman. 2002. *Pertanian Organik*. Kanisius: Yogyakarta.
- Tampubolon, Elisabeth A. 2012. Pemanfaatan Limbah Ternak sebagai Pupuk Cair Organik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Selada (*Lactuca sativa var. crispa*). *Skripsi Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor*.
- Wahyuningsih dan Supriyo, Edy. 2013. Teknologi Produksi Pupuk Organik Cair Dari Limbah Sampah Rumah Tangga Di Kelurahan Lempongsari, Kodya Semarang Dengan Komposer EM-4. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro*.
- World Agroforestry Centre. 2015. *Petunjuk Pembuatan Pupuk Organik pada Budi Daya Kebun Campur pada Proyek Agroforestry and Forestry in Sulawesi*. Bogor Indonesia.
- Zulkifli. 2012. Uji Fermentasi Kotoran Sapi Menggunakan EM-4 Terhadap Kualitas Pupuk Organik Cair. *Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Swarnadwipa Teluk Kuantan. Riau*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 1. Daftar Standar Kualitas Pupuk Organik

Standar Nasional Indonesia SNI 19-7030-2004

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25.50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.60
27	Besi (Fe)	%	*	2.00
28	Aluminium (Al)	%	*	2.20
29	Mangan (Mn)	%	*	0.10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Lampiran 2. Laporan Hasil Analisa Pengujian Kondisi Awal Kandungan Nitrogen Sampel Urin Sapi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia

Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011

website: www.fp.ub.ac.id

email: faperta@ub.ac.id

Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741

JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623

Herma dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 46 / UN10.4 / T / PG / 2017

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK CAIR

a.n. : Firma Nurfida

Alamat : TI,FT: - UB

No.Lab	Kode	N.total
PPK 51	URINE SAPI	0,23
PPK 52	E1R2	0,16

Tenaga Ahli

Prof.Dr.Ir.Syekhtiani,MS
NIP 19480723 197802 1 001

Malang, 11 Januari 2017

Penanggung jawab,

Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr.Ir.Retno Suntari,SU

NIP 19580503 198303 2 002

Mengetahui:
a.n.Dekan
Ketua Jurusan

Prof.Dr.Ir.Zaenaf Kusuma,SU
NIP 19540501 198103 1 006



**Lampiran 3. Laporan Hasil Analisa Pengujian Kondisi Awal Sampel Feses Sapi (FS)
dan Sampel Kulit Singkong (KSC)**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN**

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: faperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 573741
JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 47 / UN10.4 / T / PG / 2017

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK CAIR

a.n. : Firma Nurfida
Alamat : TI, FT - UB

No.Lab	Kode	C.organik	N.total	C/N	Bahan Organik
	%.....			%
PPK 53	SAMPLE FS	-	0,15	-	-
PPK 54	SAMPLE KSC	1,85	0,16	12	3,19

Tenaga Ahli

Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS
NIP 19480723 197802 1 001



Mengetahui:
a.n.Dekan,
Ketua Jurusan,

Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma,SU
NIP.19540501 198103 1 006

Malang, 11 Januari 2017
Penanggung jawab,
Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr.Ir.Retno Suntari,SU
NIP 19580503 198303 2 002

Lampiran 4. Laporan Hasil Analisa Pengujian Kadar Nitrogen Sampel Pupuk Organik Cair Replikasi Pertama



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: fiperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Social Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 57 / UN10.4 / T / PG / 2017

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK CAIR

a.n. : Firma Nurfida
Alamat : TI,FT - UB

No. Lab	Kode	N.total
	I%....
PPK65	E 1 R 1	0.26
PPK66	E 2 R 1	0.27
PPK67	E 3 R 1	0.39
PPK68	E 4 R 1	0.47
PPK69	E 5 R 1	0.26
PPK70	E 6 R 1	0.44
PPK71	E 7 R 1	0.25
PPK72	E 8 R 1	0.29

Tenaga Ahli

Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS
NIP 19480723 197802 1 001

Malang, 19 Januari 2017
Penanggung jawab,
Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr.Ir.Retno Suntari,SU
NIP 19580503 198303 2 002

Mengetahui :
a.n.Dekan
Ketua Jurusan,

Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma,SU
NIP 19540501 198103 1 006



Lampiran 5. Laporan Hasil Analisa Pengujian Kadar Nitrogen Sampel Pupuk Organik Cair Replikasi Kedua



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: faperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 65 / UN10.4 / T / PG / 2017

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK ORGANIK CAIR

a.n. : Firma Nurfida

Alamat : TI,FT - UB

No. Lab	Kode	N.total
	II	...%...
PPK 80	E 1 R 2	0.27
PPK 81	E 2 R 2	0.27
PPK 82	E 3 R 2	0.35
PPK 83	E 4 R 2	0.51
PPK 84	E 5 R 2	0.27
PPK 85	E 6 R 2	0.36
PPK 86	E 7 R 2	0.26
PPK 87	E 8 R 2	0.31

Tenaga Ahli

Prof. Dr. Ir. Syekhfhani, MS
NIP 19480723 197802 1 001

Mengetahui :
a.n. Dekan,
Ketua Jurusan,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP 19540501 198103 1 006

Malang, 6 Maret 2017
Penanggung jawab,
Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr. Ir. Retno Sunari, SU
NIP 19580503 198303 2 002



Lampiran 6. Laporan Hasil Analisa Pengujian Kadar Nitrogen Sampel Pupuk Organik Cair Eksperimen Konfirmasi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pos. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: faperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 69 / UN10.4 / T / PG / 2017

HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK CAIR

a.n. : Firma Nurfida

Alamat : TI,FT - UB

No. Lab	Kode	N.total
	%....
PPK 97	E 1	0.43
PPK 98	E 2	0.38
PPK 99	E 3	0.42
PPK 100	E 4	0.43
PPK 101	E 5	0.34
PPK 102	E 6	0.34
PPK 103	E 7	0.40
PPK 104	E 8	0.47
PPK 105	E 9	0.37
PPK 106	E 10	0.38

Tenaga Ahli

Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS
NIP 19480723 197802 1 001

Malang, 18 Maret 2017
Penanggung jawab,
Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr.Ir.Retno Suntari,MS
NIP 19580503 198303 2 002

Mengetahui :

a.n.Dekan
Ketua Jurusan

Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma,SU
NIP 19540501 198103 1 006



Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian



