



Pengembangan Produk

Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Menjadi Pupuk Organik

^a Deswanto, ^b Adi Nugroho

^{a,b} Program Studi Teknik Industri, Universitas Universal, Komplek Maha Vihara Duta Maitreya Bukit Beruntung, Sungai Panas, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29456, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL	A B S T R A C T
Diterima Redaksi: 27 Maret 2024 Revisi Akhir: 26 April 2024 Diterbitkan Online: 30 April 2024	<p>Egg shell and soil is a combination that can be used to make organic fertilizer. The purpose of this research is to make organic fertilizer from the basic ingredients of egg shells and soil determine its suitability with the fertilizer standard, namely SNI 7763:2018. Fertilizer design begins by determining 4 sample formulations with different ratios between egg shells and soil. The four comparisons of soil and eggshell samples were S1(80%: 20%), S2(50%: 50%), S3(60%: 40%), S4(40%: 60%). The standards and parameters that are used as benchmarks in this research are SNI 7763:2018 and 4 parameters, namely water content, pH, grain size, and co material. Based on the assessment with the SNI standard, only the fourth sample met the SNI standard. Meanwhile, based on the results of statistical tests with the response surface method, it shows that the ratio of soil and egg shells effect the parameters of moisture content, pH, grain size, and co-mingled material.</p>
KATA KUNCI Pupuk Organik, Cangkang Telur, <i>Design Of Experiments</i>	
KORESPONDENSI Telepon: E-mail: deswantozhong@gmail.com	

1. PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu jenis bahan makanan yang sering dikonsumsi oleh manusia pada umumnya [1]. Seiring berkembangnya jenis makanan yang berasal dari telur, menyebabkan limbah terhadap lingkungan semakin lama semakin meningkat. Limbah cangkang telur yang semakin meningkat akan menyebabkan terjadinya penumpukan sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan yaitu terjadinya pencemaran udara dan air yang diakibatkan dari kulit telur yang masih mengandung sisa isi telur. Kulit telur yang mengandung sisa dari isinya akan dapat menimbulkan bau yang tidak sedap, dan apabila terjadi hujan dan kulit telur terbawa oleh air maka air akan terkontaminasi. Oleh karena itu, limbah cangkang telur harus didaur ulang agar tidak terjadi penumpukan yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan [2]. Salah satu cara untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan adalah dengan mengolah limbah cangkang telur menjadi sesuatu yang berguna bagi masyarakat.

Pada Rumah Makan Maitreya yang berlokasi di Komplek Maha Vihara Duta Maitreya, Bukit Beruntung, Sungai Panas, Batam, Kepulauan Riau, khususnya bagian dapur, kuantitas penggunaan telur sebagai salah satu bahan makanan mencapai ± 300 butir per hari. Kebutuhan yang cukup banyak ini tentu meninggalkan limbah telur berupa cangkang telur yang cukup

banyak. Pengelola rumah makan sebenarnya sudah mulai menemukan solusi dari masalah tersebut dengan menaburkannya pada tanaman. Namun hingga saat ini usaha tersebut masih belum dapat memberikan hasil yang diharapkan.

Dalam perkembangannya, pengolahan terhadap limbah cangkang telur dapat dilakukan melalui suatu proses pencacahan sehingga pengolahan limbah ini dapat diolah dengan mudah dan cepat serta dapat meningkatkan hasil produk yang berkualitas baik. Hasil olahan ini salah satunya dapat dijadikan sebagai pupuk organik yang bermanfaat bagi kehidupan [3]. Fungsi dari penggunaan limbah cangkang telur sebagai pupuk organik yaitu dapat memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi pada tanah [4]. Selain itu pupuk organik juga berperan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara yang ada dalam tanah [4]. Pupuk organik juga dapat mengemburkan tanah, mempertinggi daya serap dan daya penyimpanan air yang pada akhirnya akan dapat meningkatkan kesuburan pada tanah [2]. Penggunaan pupuk organik dapat berfungsi dengan baik apabila pupuk yang dihasilkan sesuai dengan kriteria pupuk organik. Kriteria pupuk organik padat yang baik yaitu pupuk yang dapat memenuhi standar SNI 7763:2018 dengan parameter yang telah ditentukan. Adapun parameter SNI yang menjadi tolak ukur yaitu C-Organik, C/N, bahan ikutan, kadar air, pH, hara makro (N+P₂O₅+K₂O), logam berat (Hg dan Pb), Cd, AS, Cr, Ni, hara

mikro (Fe total, Fe tersedia, Zn total), ukuran butir (2 mm - 4,75 mm), dan cemaran mikroba seperti *E-coli* dan *Salmonella sp* [5].

Proses pengolahan limbah cangkang telur yang umumnya dilakukan dengan cara meremas dimana membutuhkan waktu dan tenaga kerja yang cukup banyak sehingga cara kerja yang tersebut tergolong tidak efektif [6]. Salah satu permasalahan yang hadapi pada saat proses pengolahan limbah cangkang telur di Rumah Makan Maitreya adalah tidak efisiennya waktu pada saat menghancurkan limbah cangkang telur tersebut. Tidak efisiennya waktu yang dimaksud adalah waktu pengerjaan yang dilakukan secara manual yang menyebabkan para pekerja harus bekerja cukup lama sekitar 15 menit untuk menghancurkan limbah cangkang telur tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas maka penelitian ini mencoba mengembangkan ide untuk memanfaatkan limbah dari cangkang telur yang ada di Rumah Makan Maitreya menjadi pupuk organik yang sesuai dengan standar SNI 7763:2018 agar memiliki nilai tambah. Adapun parameter standar SNI yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kadar air, pH, ukuran butir dan bahan ikutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cangkang Telur dan Pemanfaatannya

Limbah merupakan bahan yang dibuang dari suatu aktivitas yang dilakukan oleh manusia atau proses alami yang belum memiliki nilai ekonomi, namun memiliki dampak negatif terhadap lingkungan [7]. Dampak negatif yang ditimbulkan yaitu proses pembuangan dan pembersihan yang dilakukan membutuhkan biaya, dan efek yang dihasilkan juga dapat mencemari lingkungan sekitar. Pencemaran pada lingkungan merupakan salah satu dampak yang dapat menimbulkan terjadinya pemanasan global [8]. Hal ini sangat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di bumi. Adapun pencemaran lingkungan ini akan dapat merusak kondisi pada tanah, air, dan udara. Apabila kondisi lingkungan sudah tercemar maka kesegeran yang ada dilingkungan sebelumnya akan sangat sulit untuk dikembalikan.

Oleh sebab itu, pencemaran yang terjadi dapat diatasi melalui pengolahan limbah yang ada di sekitarnya, dengan harapan limbah tersebut bukan hanya dapat menjaga kelestarian lingkungan tetapi juga memiliki hasil yang bernilai jual dengan berpedoman pada produk yang ramah lingkungan. Proses yang dilakukan dalam menjaga kelestarian ini dimulai dari diri sendiri terlebih dahulu, terutama dalam hal pemahaman terhadap ekosistem pada lingkungan, dengan adanya pemahaman yang baik dan juga kesadaran dapat membuat kelestarian lingkungan akan tetap terjaga dan terhindar dari perubahan pada lingkungan.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di Rumah Makan Maitreya sumber limbah dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok yaitu:

- 1) Limbah organik
Limbah organik yang dihasilkan di rumah makan maitreya bersal dari sisa makanan, sisa potongan sayuran, kulit buah-buahan, cangkang telur, bekas air cucian dan lain-lain.
- 2) Limbah anorganik
Limbah anorganik yang dihasilkan seperti plastik bekas, botol plastik, kaleng, botol kaca dan lain-lain.
- 3) Limbah minyak

Adapun limbah minyak yang dihasilkan dari rumah makan maitreya adalah minyak jelantah sisa menggoreng. Telur merupakan salah satu jenis bahan makanan yang sering dikonsumsi oleh manusia pada umumnya. Telur mengandung banyak protein yang bermutu tinggi karena telur mengandung asam amino esensial lengkap sehingga telur dijadikan sebagai patokan dalam menentukan kualitas protein berbagai bahan makanan [9]. Telur juga merupakan sumber protein hewani yang sangat mudah didapatkan dan harga telur juga relatif murah [10]. Seiringnya waktu penggunaan telur semakin meningkat, sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif tersebut dapat dilihat dari adanya penumpukan limbah cangkang telur yang dibiarkan begitu saja sehingga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap.

Cangkang telur merupakan lapisan paling luar dari telur yang berfungsi melindungi isi telur dari kerusakan yang diakibatkan secara fisik, kimia ataupun mikrobiologis [11]. Cangkang telur tersusun oleh bahan anorganik 95,1%, protein 3,3% dan air 1,6%. Komposisi kimia dari kulit telur terdiri dari protein 1,71%, lemak 0,36%, air 0,93%, serat kasar 16,21%, abu 71,34%. Selain itu, rata-rata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas Magnesium, Natrium, Kalium, Seng, Mangan, Besi dan Tembaga [12].

Cangkang telur memiliki kadar kalsium yang cukup tinggi yang dapat digunakan sebagai penyerap atau adsorben. Biosorben yang berasal dari cangkang telur dapat digunakan untuk pengolahan limbah hasil industri yaitu limbah logam berat. Proses penggunaannya dapat dilakukan dengan menggunakan perlakuan asidifikasi dengan asam fosfat sebagai pretreatment awal kemudian dilanjutkan dengan adsorpsi dimana adsorben yang digunakan adalah limbah cangkang telur ayam yang diharapkan akan didapat gliserol dengan kemurnian yang tinggi dan juga warna yang bersih [13]. Selain itu limbah cangkang telur juga dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan mozaik yang bernilai tinggi. Hasil dari kerajinan mozaik dapat bernilai ratusan bahkan jutaan yang dilihat dari segi kerumitan pada saat pembuatannya [14].

2.2 Pupuk Organik

Pupuk organik terbentuk dari proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba, menghasilkan unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran utamanya adalah sebagai penyangga untuk sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi pupuk dan produktivitas lahan [15]. Pupuk organik adalah pupuk yang terbuat dari bahan organik atau makhluk hidup yang sudah mati [16]. Bahan organik tersebut akan mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme, mengubah sifat fisiknya dari kondisi aslinya. Pupuk organik termasuk dalam kategori pupuk majemuk lengkap karena mengandung lebih dari satu unsur hara dan unsur mikro. Secara umum, pupuk organik dibagi menjadi dua kelompok, yaitu pupuk organik alami dan pupuk organik buatan. Pupuk organik alami diperoleh langsung dari alam, seperti sisa-sisa hewan, tumbuhan, dan tanah tanpa melalui proses teknologi, seperti pupuk kandang, kompos, pupuk hijau, dan pupuk [17].

Berdasarkan bentuknya, ada dua jenis pupuk organik yang beredar di pasaran, yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Pupuk organik padat merupakan pupuk organik yang berbentuk padat. Pengaplikasiannya dengan cara ditaburkan atau dibenamkan ke dalam tanah. Sementara pupuk cair organik

merupakan pupuk organik berbentuk cairan. Pengaplikasian pupuk organik cair umumnya disiram atau disemprot ke tanaman [18].

Tabel 2.1 Standar Kualitas Pupuk Organik Berdasarkan SNI 7763 : 2018

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan
1.	Kadar Air	%	8 – 25
2.	pH	-	4 – 9
3.	Ukuran butir 2-4,75 mm	%	Min. 75
4.	Bahan ikutan (beling/pecahan kaca, plastik, kerikil, logam dll)	%	Maks. 2

2.3 Teknik Pengolahan Pupuk Organik

Limbah merupakan sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan yang dihasilkan oleh manusia setiap harinya. Apabila limbah yang dihasilkan tidak segera didaur ulang maka akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka limbah yang dihasilkan dapat dijadikan pupuk atau sebagainya. Pengolahan limbah menjadi pupuk organik dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain [19]:

- 1) **Kompos**
Kompos merupakan hasil fermentasi dari bahan-bahan organik seperti sisa sayuran, buah-buahan, kotoran hewan, dan lain-lain. Salah satu metode pengomposan yang mudah dilakukan yaitu metode keranjang takakura. Metode ini memiliki keunggulan yaitu [19]:
 - a) Praktis tidak membutuhkan lokasi yang luas, keranjang bisa ditempatkan dimana saja sesuai kebutuhan.
 - b) Mudah karena sampah hanya dimasukan dan dikubur dalam komposter tanpa penambahan cairan atau zat khusus.
 - c) Tidak Berbau, karena prosesnya melalui fermentasi bukan pembusukan
- 2) **Ecoenzyme**
Ecoenzyme adalah larutan zat organik kompleks yang diolah dari proses fermentasi sisa sampah organik, gula, dan air. Cairan *eco enzyme* sendiri memiliki warna coklat gelap dan bau asam/segar yang kuat. *Eco enzym* memiliki manfaat dimana dapat digunakan sebagai pembersih serba guna, pupuk tanaman, pengusir berbagai hama pada tanaman dan pelestarian lingkungan sekitar [20].

2.4 Peran Media Cangkang Telur dalam Pembuatan Pupuk Organik

Cangkang telur merupakan salah satu limbah rumah tangga yang dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan pengganti kapur dalam meningkatkan pH pada tanah. Adapun kandungan yang ada pada cangkang yaitu kalsium karbonat, fosfor magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga. Kandungan yang terdapat pada cangkang telur sangat bermanfaat bagi tanaman. Kandungan kalsium pada cangkang telur merupakan suatu zat yang memiliki peran penting dalam pembentukan dinding sel pada tanaman [21].

- 1) Cangkang telur yang diolah menjadi pupuk organik memiliki berbagai manfaat bagi tumbuhan dan tanah antara lain.
- 2) Meningkatkan kesuburan pada tanah
Pupuk organik yang terbuat dari cangkang telur mengandung unsur hara makro yang dapat memperbaiki struktur dan prositasi pada tanah.
- 3) Memperbaiki kondisi kimia, fisik, dan biologis pada tanah
Adanya pupuk organik akan menjadikan sistem peningkatan dan pelepasan ion dalam tanah sehingga akan mendukung pertumbuhan tanaman.
- 4) Aman bagi Manusia dan lingkungan
Penggunaan pupuk organik tidak akan menimbulkan residu pada hasil panen sehingga tidak akan membahayakan manusia dan lingkungan.
- 5) Meningkatkan produksi pertanian
Kandungan yang ada pada pupuk organik memiliki peran penting bagi tanaman, sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dari tanaman tersebut.

2.5 Pengembangan Produk Pupuk Organik (state of the art)

Pada prakteknya, pengolahan limbah cangkang telur yang dilakukan dengan cara pengurangan sumber dan pembuangan hanya dapat mengurangi pencemaran lingkungan sedangkan daur ulang akan dapat menghasilkan nilai tambah. Pernyataan ini sesuai dengan penjelasan yang disampaikan oleh [18] dalam penelitiannya terhadap nasi basi untuk pembuatan pupuk organik cair. Penambahan Mikroorganisme lokal dari nasi basi (MOL) sebagai starter dapat mengubahnya menjadi pupuk organik yang layak untuk digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu rata-rata POC adalah 24,5 0C, dimana suhu tersebut masih berada dalam range yang baik. Hasil pH rata-rata POC yaitu 4,2, jika dibandingkan dengan standar pH yang telah ditetapkan maka hasil tersebut masih memenuhi persyaratan dan dapat dinyatakan layak untuk digunakan. Untuk kandungan C-Organik POC pada cangkang telur yaitu 0,00000194% dan POC/MOL adalah 0,00000228%, dari hasil pengujian tersebut menunjuk bahwa kadar C-Organik masih belum memenuhi standar yang ditetapkan yaitu minimal 6%.

Adapun kelebihan yang dapat diketahui dari penelitian ini yaitu, sisa nasi dan cangkang telur dapat dikembangkan menjadi pupuk organik apabila difermentasi dan hasil dari fermentasi tersebut akan menghasilkan pH yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan [22]. Sedangkan kekurangan pada pupuk yang terbuat dari dari sisa nasi dan cangkang telur tersebut tidak menghasilkan kandungan unsur hara yang sesuai dengan standar yang berlaku [22].

Selain itu, pemanfaatan cangkang telur menjadi produk yang bermanfaat juga telah dilakukan menjadi tepung kerabang. Produk ini bermanfaat untuk meningkatkan unsur hara pada tanaman. Menggunakan teknik eksperimen murni menggunakan rancangan *Posttest Only Control Group Design* yang terdiri dari 6 perlakuan dengan konsentrasi yaitu 0% (kontrol), 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 4 kali pengulangan. Parameter yang digunakan sebagai tolak ukur yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah batang, berat basah akar, berat kering batang, dan berat kering akar yang dilakukan selama 3 minggu. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji kruskal wallis dan dilanjutkan uji *Post Hoc Mann Whitney U* dimana pada perlakuan 20% menunjukkan tanaman bayam mengalami pertumbuhan paling tinggi [23].

Pemanfaatan limbah buah sebagai sumber bahan organik melalui penambahan bioaktivator EM4, ternyata mampu memberikan unsur hara yang baik pada tanaman. Usaha tersebut dilakukan melalui proses fermentasi yang dilakukan selama 24 hari. Biostarter yang digunakan berupa EM4 dengan variasi penambahan sebanyak 30 mL dan 50 mL. Hasil dari fermentasi menunjukkan bahwa pupuk organik cair yang dihasilkan dari buah pepaya dan pisang memiliki konsentrasi C-organik: 3,96-7,34%, N: 1,37-3,21%, P: 2,22-3,81%, dan K: 2,48-4,24%. Dari hasil konsentrasi yang telah ukur maka disimpulkan bahwa pupuk organik cair yang berbahan dasar buah pepaya, pisang, dan EM4 telah memenuhi baku mutu pupuk organik cair kecuali C-organik yang masih belum memenuhi baku mutu [24].

Peran cangkang telur menjadi pupuk organik yang mampu meningkatkan unsur hara pada tanaman juga telah dilakukan pada tanaman bawang. Penelitian ini berfokus pada budidaya tanaman bawang merah yang ditanam menggunakan media pot. Adapun pupuk yang gunakan yaitu hasil olahan cangkang telur yang sudah menjadi tepung. Metode yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 taraf perlakuan dan 4 kali pengulangan. Tepung cangkang telur yang sudah diolah akan ditimbang sesuai dengan perlakuan (5 gram dan 10 gram) kemudian dicampurkan dengan air sebanyak 1 L. Penggunaan pupuk dilakukan dengan cara disiram sekitar tanaman [25].

2.6 Design of Eksperiment (DOE)

Design Of Experiments (DOE) merupakan suatu teknik yang sistematis yang dapat diikuti untuk mencari solusi pada suatu masalah proses industri dengan objektivitas yang lebih besar dengan menggunakan teknik eksperimental dan statistik [18]. Metode ini juga merupakan metode yang dapat digunakan dalam memecahkan masalah yang berhubungan dengan proses manufaktur, pergantian sebuah proses dengan proses lainnya, mengembangkan produk yang berbeda, dan memahami pengaruh berbagai faktor pada kualitas akhir dari suatu produk yang diberikan [26].

DOE digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara *output* (variabel respon) dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Terdapat dua jenis variabel utama yang ada di dalam DOE yaitu variabel independen (faktor) dan variabel dependen (bebas). Variabel independen (faktor) dibagi lagi menjadi dua yaitu, faktor terkontrol (faktor yang dapat dikendalikan) dan faktor tidak terkontrol (kovarian) atau sering disebut dengan faktor pengganggu [27].

- 1) Memaparkan sebab variasi respon dari unit yang akan diamati melalui penentuan faktor mana yang berpengaruh.
- 2) Memperoleh kondisi optimum dari respon yang diaamti.
- 3) Membandingkan respon-rspon dari berbagai perlakuan (kombinasi level).
- 4) Membangun model respon.
- 5) Meminimalkan efek dari faktor tak terkontrol sehingga menghasilkan proses/produk yang robust

Terdapat enam langkah utama yang paling umum dalam melakukan prosedur DOE yaitu [27]:

- 1) Menyusun eksperimen yang akan dilakukan.
- 2) Menentukan variabel-variabel yang tarkait dalam penelitian.
- 3) Menentukan desain eksperimen.
- 4) Melakukan eksperimen (pengambilan data).

- 5) Melakukan pemeriksaan ulang apakah data yang dikumpulkan sudah konsisten dengan dengan asumsi-asumsi eksperimen.

- 6) Menganalisis dan menginterpretasikan hasil dari eksperimen.

Terdapat lima prinsip fundamental yang digunakan di dalam DOE yaitu [27]:

- 1) Pengacakan (*randomization*)

Pengacakan merupakan suatu metode mengacak unit-unit eksperimen untuk dialokasikan pada eksperimen. Pengacakan penting dilakukan untuk melindungi eksperimen dari bias-bias yang dapat merusak hasil eksperimen.

- 2) Replikasi/pengulangan (*replication*)

Replikasi/pengulangan adalah banyaknya pengulangan eksperimen untuk setiap perlakuan yang sama. Replikasi ini digunakan untuk meningkatkan kepresisian hasil eksperimen.

- 3) Pemblokiran (*blocking*)

Pemblokiran merupakan suatu metode untuk mengelompokkan perlakuan menjadi dalam tiap-tiap grup/batch.

- 4) Ortogonalitas (*orthogonality*)

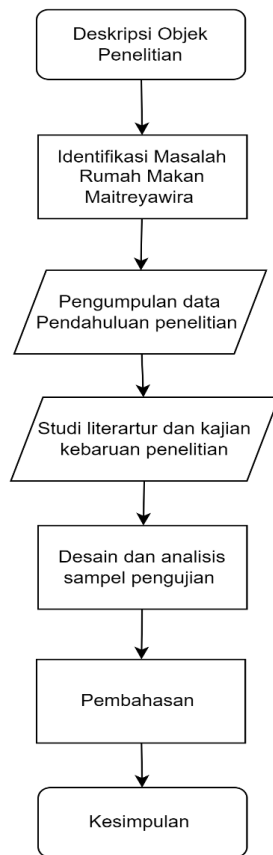
Ortogonalitas di dalam eksperimen mengakibatkan efek faktor tidak saling berkorelasi sehingga mudah diinterpretasikan. Faktor-faktor di dalam desain eksperimen ortogonal bervariasi secara independen satu sama lain.

- 5) Eksperimen faktorial (*factorial experimentation*)

Eksperimen faktorial adalah suatu metode eksperimen dimana efek yang dihasilkan dari setiap faktor dan interaksi/kombinasi antar faktor diestimasi. Secara geometris, desain faktorial dibangun dengan melibatkan semua faktor secara bersamaan dan secara ortogonal.

3. METODOLOGI

Konsep analisis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif (*statistic eksperiment methode*) berdasarkan dengan jenis variabel penelitian yang digunakan. Variabel dalam penelitian ini meliputi dua jenis yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi dari tanah dan cangkang telur, sedangkan variabel terikat terdiri dari standar pupuk organik SNI 7763:2018 dengan parameter kadar air, pH, ukuran butir, dan bahan ikutan. Secara jelas langkah-langkah aktifitas dalam penelitian ini dideskripsikan sebagai berikut.



Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan di penelitian ini yaitu teknik/metode observasi melalui hasil eksperimen terhadap kombinasi sampel pengujian limbah cangkang telur dan tanah. Observasi yang dilakukan sehubungan dengan parameter pengujian yang dilakukan terhadap sampel. Adapun parameter yang dimaksud adalah pH meter, kadar air, ukuran butir, bahan ikutan. Kemudian pengamatan atau observasi dilakukan pada proses penguraian cangkang telur beserta tanah hingga menjadi pupuk. Selain melakukan observasi, terdapat teknik pengumpulan data lain yang digunakan yaitu studi literatur. Studi literatur merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari data sekunder dari berbagai kajian pustaka seperti buku, jurnal ilmiah, artikel ataupun hasil penelitian lainnya yang telah dipublikasikan.

3.2 Pengolahann Data

3.2.1 Design of Eksperiment (DOE)

Pada tahap ini dilakukan pembagian sampel pupuk yang merupakan kombinasi dari cangkang telur dan tanah. Dimana pembagian sampel pupuk terbagi menjadi 4 sampel, diantaranya;

- Sampel 1 : Tanah 800 gram dan Cangkang 200 gram
- Sampel 2 : Tanah 500 gram dan Cangkang 500 gram
- Sampel 3 : Tanah 600 gram dan Cangkang 400 gram
- Sampel 4 : Tanah 400 gram dan Cangkang 600 gram

Keempat sampel disediakan dari kombinasi tanah dan cangkang telur yang kemudian disusun dalam satu takaran wadah yang sama dan dijadikan sebagai objek yang akan dianalisa. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengolahan data yang didapatkan dari hasil parameter

penelitian. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi.

- pH Meter**
Derajat keasaman air (Ph) adalah indicator yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman suatu larutan. Sedangkan alat pengukur pH (pH Meter) merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk mengetahui tingkatan keasaman atau kebasaaan suatu larutan [28].
- Kadar air**
Kadar air merupakan salah satu kunci keberhasilan pembuatan pupuk organik. Kadar air yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat mengurangi efisiensi kegunaan pupuk. Penggunaan kadar air yang baik berkisar 45% - 55% [29].
- Ukuran Butir**
Parameter lainnya yang berpengaruh dalam pengolahan data adalah ukuran butir hasil cacahan cangkang telur. Berdasarkan SNI 7763 : 2018 standar ukuran butir yang dapat digunakan berada pada kisaran 2-4,75 mm [5].
- Bahan Ikutan**
Pembuatan pupuk organik yang merupakan kombinasi cangkang telur dan tanah dapat memiliki beberapa bahan ikutan dalam proses sampelnya. Bahan ikutan ini diantaranya adalah kerikil, beling, plastik, dan lain – lain. Bahan ikutan yang dapat diterima dalam parameter pengolahan data adalah sebanyak 2% [30].

Parameter – parameter yang diambil dari sampel yang dibuat akan dilanjutkan dengan pengolahan data secara analisis statistik dalam aplikasi MiniTAB. Selain dari pada itu, data hasil analisis statistik ini juga akan dijabarkan selaras dengan SNI 7763 : 2018.

3.2.2 Analisis Statistik

MiniTAB merupakan program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistika. MiniTAB mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya *Microsoft excel* dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks [31]. Metode yang digunakan dalam MiniTAB pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology (RSM)*. *Response Surface Methodology* merupakan kumpulan statistik dan matematika teknik yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, dimana respon dipengaruhi oleh beberapa faktor [32].

Penggunaan metode *Response Surface* dipilih dalam penelitian ini dikarenakan dapat memprediksi respon pasti dari beberapa variabel parameter yang dilihat dalam pembuatan pupuk tersebut. Nilai yang ditarik dalam ini juga akan dipaparkan sebanyak hasil observasi yang dilakukan. Langkah-langkah membuat desain dalam MiniTAB dengan menggunakan metode *Response Surface* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut [33]:

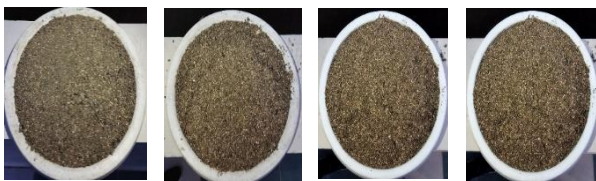
- Kumpulkan data hasil pengujian dari sampel yang telah diuji.
- Masukkan data hasil pengujian yang akan dianalisis kedalam worksheet.
- Pada tampilan menu minitab pilih *star > DOE > response surfase > create response surfase*. Pada layar monitor akan menampilkan kotak dialog *create response surfase design*.
- Pada bagian bawah *type of design*, pilih *central composite (2 to 9 factors)*

- 5) Dalam numbers of factors, pilih no 3 melalui tanda yang telah tersedia.
- 6) *Pilih display available designs*. Pada layar monitor akan menampilkan kotak *create response surfase designs – display available designs*. Pada kotak dialog akan menyediakan beberapa design beserta jumlah pengamatan.
- 7) Dalam daftar pengamatan, pada baris *central com-posite full*, pilih unblock dan pada kolom *factors*, pilih 3. Selanjutnya klik ok.
- 8) Dalam kotak dialog pilih designs. Pada layar monitor akan menampilkan kotak dialog *create response surfase design*. Kotak dialog telah menyediakan beberapa designs untuk CCD. Terdapat 3 designs denghan jumlah blok, center point, dan α yang berbeda.
- 9) Dalam kotak dialog, pilih desain pada baris pertama.
- 10) Di bawah *number of center points*, pilih *default*.
- 11) Kemudian di bawah *value of alpha*, pilih *default*.
- 12) Dalam *numbers of replicates* isikan 2, kemudian klik ok.
- 13) Pada kotak *dialog create response surfase design*, pilih *factors*.
- 14) Di bawah level *define*, pilih *cube points*. Kemudian ganti nama faktor sesuai yang kita mau lalu klik ok.
- 15) Dalam kotak *dialog create response surfase design*, pilih *options*, lalu hilangkan tanda centang pada bagian *randomize runs*, lalu klik ok.
- 16) Hasil output akan ditampilkan pada dua *window* yaitu *session* dan *worksheet*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Pupuk Organik

Proses pengujian sampel pupuk organik dilakukan pada 2 tempat laboratorium yaitu di Laboratorium Universitas Universal dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Batam. Hasil pengujian sampel dapat digambarkan sebagai berikut.



(1) (2) (3) (4)

Gambar 2. (1) Tanah 800g, cangkang telur 200g, (2) Tanah 500g, cangkang telur 500g, (3) Tanah 600g, cangkang telur 400g, (4) Tanah 400g, cangkang telur 600g

Tabel 2. Hasil pengujian sampel sampel untuk kriteria kadar air pada sampel 1, 2, 3, dan 4

No	Sampel	Hasil	SNI	Keterangan
1	(1) Tanah 800g, cangkang telur 200g	7,95%	8-25%	Tidak lulus
2	(2) Tanah 500g, cangkang telur 500g	6,99%	8-25%	Tidak lulus

3	(3) Tanah 600g, cangkang telur 400g	6,90%	8-25%	Tidak lulus
4	(4) Tanah 400g, cangkang telur 600g	8,67%	8-25%	Lulus

Sumber: Hasil pengukuran laboratorium BTKLPP kelas I Batam

Tabel 3 Hasil pengujian sampel pupuk organik untuk kriteria pH pada sampel 1, 2, 3, dan 4.

No	Sampel	Hasil	SNI	Keterangan
1	(1) Tanah 800g, cangkang telur 200g	7	4-9	Lulus
2	(2) Tanah 500g, cangkang telur 500g	7	4-9	Lulus
3	(3) Tanah 600g, cangkang telur 400g	7	4-9	Lulus
4	(4) Tanah 400g, cangkang telur 600g	7	4-9	Lulus

Sumber: Hasil pengukuran laboratorium Universitas Universal

Tabel 4 Hasil pengujian sampel pupuk organik untuk kriteria ukuran butir pada sampel 1, 2, 3, dan 4

No	Sampel	Hasil (rata)	SNI	Keterangan
1	(1) Tanah 800g, cangkang telur 200g	81,42%	Min 75%	Lulus
2	(2) Tanah 500g, cangkang telur 500g	97,47%	Min 75%	Lulus
3	(3) Tanah 600g, cangkang telur 400g	92,71%	Min 75%	Lulus
4	(4) Tanah 400g, cangkang telur 600g	98,55	Min 75%	Lulus

Sumber: Hasil pengukuran laboratorium Universitas Universal

Tabel 5. Hasil pengujian sampel pupuk organik untuk kriteria bahan ikutan pada sampel 1, 2, 3, dan 4

No	Sampel	Hasil (rata)	SNI	Keterangan
1	(1) Tanah 800g, cangkang telur 200g	2,36	Max 2%	Tidak Lulus
2	(2) Tanah 500g, cangkang telur 500g	1,26	Max 2%	Lulus
3	(3) Tanah 600g, cangkang telur 400g	2,27	Max 2%	Tidak Lulus
4	(4) Tanah 400g, cangkang telur 600g	1,22	Max 2%	Lulus

Sumber: Hasil pengukuran laboratorium Universitas Universal

4.2. Pembahasan

Tabel 2 menunjukkan hanya kombinasi sampel ke empat yang lulus nilai parameter sesuai dengan standar SNI 7763:2018. Kondisi ini dapat disebabkan reaksi biologis mikroorganisme

dalam menguraikan bahan organik dipengaruhi oleh kandungan kadar air yang ada pada sampel pengujian. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut dapat larut di dalam air [34]. Pada tabel 2 terlihat bahwa kadar air pada setiap kombinasi pupuk organik menghasilkan nilai yang berbeda. Untuk pupuk organik dengan kombinasi tanah 800g dan cangkang telur 200g menghasilkan kadar air 7,95%, kombinasi yang kedua yaitu tanah 500g dan cangkang telur 500g menghasilkan kadar air 6,99%, kombinasi yang ketiga dengan tanah 600g dan cangkang telur 400g menghasilkan kadar air 6,90%, dan kombinasi yang terakhir yaitu dengan tanah 400g dan cangkang telur 600g menghasilkan kadar air 8,67%.

Tiga sampel pupuk lainnya masih belum memenuhi standar SNI untuk parameter kadar air, hal ini dikarenakan pada saat proses pencampuran tanah dan cangkang telur selesai maka pupuk akan dibiarkan selama dua minggu. Pada tahapan tersebut dapat berpengaruh terhadap kadar air yang ada didalam pupuk [35]. Hal ini disebabkan karena semakin lama cangkang telur dan tanah dikeringkan maka jumlah kandungan kadar air pada cangkang telur dan tanah akan semakin menurun sehingga mempengaruhi kadar air pada pupuk organik [36]. Selain itu air merupakan komponen utama yang dapat mempengaruhi bobot dari suatu sampel, apabila air dihilangkan maka sampel akan lebih ringan sehingga akan mempengaruhi hasil produk akhir [36].

Dari hasil pengujian parameter pH telah didapatkan nilai yang sama dari masing-masing sampel. Kesamaan hasil pengujian pH pada pupuk dikarenakan nilai pH pada tanah dan cangkang telur yang digunakan sudah berada pada tingkat normal yaitu 7,0, sehingga tidak akan mempengaruhi hasil akhir pengujian [37].

Tabel 6. Hasil uji ANOVA untuk parameter pH

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	18,092	3,6185	1,02	0,424
Linear	2	0,000	0,0000	0,00	1,000
Tanah	1	0,000	0,0000	0,00	1,000
Cangkang Telur	1	0,000	0,0000	0,00	1,000
Square	2	18,092	9,0462	2,54	0,094
Tanah*Tanah	1	10,226	10,2261	2,87	0,100
Cangkang Telur*Cangkang Telur	1	10,226	10,2261	2,87	0,100

Penarikan data dari hasil uji *Analysis of Variance* diambil berdasarkan masing – masing parameter. Berdasarkan hasil uji ANOVA oleh MiniTAB dalam kategori pH, diketahui bahwa tanah ataupun cangkang telur memiliki P-Value yang sama yaitu 0,100. Dalam sebuah penelitian, H₀ dapat diterima apabila P-Value > 0,05 [33]. Begitu pula sebaliknya H₀ tidak dapat diterima apabila P-Value < 0,05. Dari hasil pengujian variasi tanah dan cangkang telur terhadap parameter pH didapat nilai sebesar 0,100. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa H₀ dapat diterima karena nilai yang didapatkan yaitu 0,100 > 0,05. Hasil ini menyimpulkan bahwa variasi cangkang telur dan tanah yang menyusun sampel tidak mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan. Pada penelitian ini hasil uji pH yang dilakukan mendapatkan nilai yang sama untuk keempat sampelnya, yang mana keseluruhan nilai hasil pH bernilai 7

yang berarti nilai pH pada pupuk organik sudah netral atau memenuhi standar SNI [37]. Dengan nilai 7 yang dihasilkan oleh masing-masing sampel, didapatkan pula nilai P 0,100. Hal tersebut bermaksud bahwa semua presentase tanah dan cangkang telur yang digunakan untuk membuat sampel pupuk organik tidak mempengaruhi hasil dari nilai standari SNI yang diperoleh pada parameter pH pada pupuk.

Selain kada pH, pengujian untuk parameter ukuran butir pada pupuk organik diperoleh hasil yang berbeda namun masih memenuhi standar SNI yang sudah ditetapkan. Hal ini dikarenakan cangkang telur yang digunakan sebagai salah satu bahan kombinasi pupuk sudah melalui proses pencacahan hingga menjadi butiran halus. Sedangkan tanah yang gunakan sebagai bahan kombinasi masih terdapat butiran dan bahan ikutan lainnya yang berukuran besar sehingga pada saat proses pengayakan dilakukan tanah dan bahan ikutan yang terlalu besar tidak akan lolos ayakan.

Tabel 7. Hasil uji ANOVA untuk parameter ukuran butir

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	3158,3	631,66	0,92	0,479
Linear	2	149,3	74,67	0,11	0,897
Tanah	1	145,5	145,45	0,21	0,648
Cangkang telur	1	3,9	3,89	0,01	0,940
Square	2	2991,9	1495,9	2,19	0,128
Tanah*Tanah	1	1467,7	1467,6	2,14	0,153
Cangkang telur*Cangkang telur	1	1910,1	1910,0	2,79	0,104

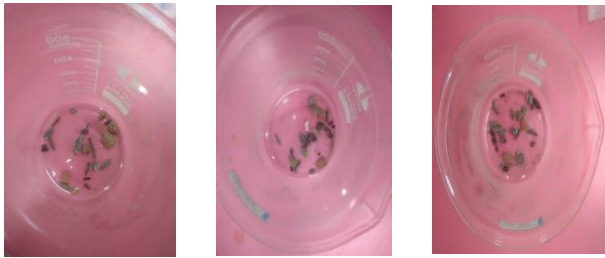
Parameter kedua yang menjadi landasan pengujian dalam penelitian ini adalah ukuran butir. Diketahui bahwa hasil uji MiniTAB dengan metode *Analysis of Variance* mendapati nilai P-Value yang berbeda untuk masing-masing subjek pembuatan kompos. Berdasarkan hasil uji MiniTAB, didapatkan nilai P-Value untuk cangkang telur sebesar 0,104 sedangkan P-Value untuk tanah sebesar 0,153. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa H₀ untuk parameter ukuran butir dapat diterima. Hal tersebut berarti hipotesis perbandingan sampel yang digunakan untuk pengujian pembuatan pupuk dari segi ukuran butir dapat diterima [33]. Hal ini dikarenakan hasil cangkang telur 0,104 > 0,05, dan hasil uji dari tanah 0,153 > 0,05.

Dari keempat perbandingan sampel dengan variasi tanah dan cangkang telur yang berbeda yang dibuat untuk pengujian pupuk, diketahui bahwa semua presentase tanah maupun cangkang telur tidak mempengaruhi hasil dari nilai standar SNI yang diperoleh pada parameter ukuran butir.

Dari hasil pengujian bahan-ikutan telah didapatkan hasil yang berbeda namun dari keempat sampel tersebut terdapat dua sampel yang tidak memenuhi standar dan dua sampel lainnya memenuhi standar SNI yang ditetapkan. Sampel yang tidak memenuhi standar dikarenakan semakin banyak tanah yang digunakan maka bahan ikutan yang terdapat didalam tanah juga semakin banyak [38]. Hal ini terjadi dikarenakan tanah yang digunakan tidak dipilih atau dipisahkan dari batuan kecil atau sampah lainnya sebelum digunakan. Jika penggunaan tanah lebih sedikit dari cangkang telur atau sama dengan cangkang telur maka bahan ikutan akan lebih sedikit. Maka hasil dari pengujian akan dapat memenuhi standar SNI yang ditetapkan.

Contoh bahan ikutan yang ada pada sampel yaitu batuan kecil dan sampah lainnya yang bukan termasuk dalam penyusun pupuk organik.

Berikut adalah contoh bahan ikutan yang bukan termasuk bahan penyusun pupuk organik:



Gambar 4. Bahan ikutan

Tabel 8. Hasil uji ANOVA untuk parameter ukuran butir

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	0,8022	0,160441	0,38	0,860
Linear	2	0,4678	0,233908	0,55	0,581
Tanah	1	0,4397	0,439739	1,04	0,316
Cangkang telur	1	0,0281	0,028077	0,07	0,799
Square	2	0,3283	0,164158	0,39	0,682
Tanah*Tanah	1	0,0067	0,006699	0,02	0,901
Cangkang telur*Cangkang telur	1	0,3283	0,328264	0,77	0,385

Berdasarkan hasil uji *Analysis of Variance* menggunakan MiniTAB, diketahui bahwa hasil uji bahan ikutan tanah P-Value sebesar 0,901, sedangkan hasil uji bahan ikutan cangkang telur P-Value sebesar 0,385. Tahap selanjutnya yaitu membandingkan nilai dari P-Value yang didapatkan dengan taraf signifikansi 0,05. Dari hasil yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa H_0 dalam pengujian ini dapat diterima karena nilai tanah yang diperoleh sebesar $0,901 > 0,05$ dan nilai cangkang telur $0,385 > 0,05$ [33]. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tanah dan cangkang telur yang digunakan sebagai sampel tidak mempengaruhi hasil dari nilai standar SNI yang diperoleh pada parameter bahan ikutan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian keempat sampel yang diolah menjadi pupuk, menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil uji laboratorium pada keempat sampel menunjukkan bahwa hanya ada satu sampel yang lulus standar SNI 7763:2018 jika ditinjau dari keempat parameter yaitu kadar air, pH, ukuran butir, dan bahan ikutan. Sampel yang lulus dalam standar dari keempat parameter adalah sampel 4 (empat) dengan perbandingan tanah dan cangkang telur 40% : 60%. Sampel 4 lulus pada semua parameter dalam pengujian. Pada parameter pH, sampel 4 menunjukkan hasil memenuhi standar dengan nilai SNI 4-9 sedangkan hasil pengujian pada 3 kali pengulangan uji adalah 7 secara berturut. Pada parameter ukuran butir hasil pengujian yang didapat lebih dari kebutuhan standar min 75%, dengan hasil yaitu 99,08%, 98,73 %, dan 97,86%. Pada parameter bahan

ikutan, sampel 4 juga dinyatakan memenuhi standar dengan nilai SNI maks 2% sedangkan hasil yang didapat adalah 1,27%, 1,49% dan 0,92%. Perbedaan signifikan pengujian terlihat jelas pada pengujian kadar air, dimana hanya sampel 4 yang mencapai standar SNI kadar air pupuk yaitu 8-25%.

- 2) Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel pencampuran cangkang telur dan tanah terbaik dalam pembuatan pupuk adalah seperti percobaan sampel ke-4 yang terdiri dari pencampuran tanah sebesar 400 gram dan cangkang telur 600 gram.

Berdasarkan pengujian keempat sampel yang diolah menjadi pupuk, menghasilkan analisa dan beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Kombinasi perbandingan tanah dan cangkang telur dapat divariasikan lebih banyak dengan jumlah perbandingan lain. Sehingga apabila pengujian variasi lain sesuai dengan standar SNI 7763:2018, dapat menjadi alternatif tambahan bagi pengguna pupuk tersebut.
- 2) Melakukan pemilihan tanah pada pengujian lainnya untuk meminimalisir kegagalan parameter bahan ikutan dalam standar pupuk SNI 7763:2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. P. Finata, M. D. Rudyanto, and I. G. K. Suarjana, "Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu Kamar Telur Itik Segar Dan Telur Yang Mengalami Pengasinan Ditinjau Dari Jumlah Eschericia Coli," *Bul. Vet. Udayana*, vol. 7, no. 1, pp. 41–47, 2015.
- [2] R. Rahmadina and E. P. S. Tambunan, "PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR, KULIT BAWANG DAN DAUN KERING MELALUI PROSES SAINS DAN TEKNOLOGI SEBAGAI ALTERNATIF PENGHASIL PRODUK YANG RAMAH LINGKUNGAN," *KLOROFIL J. Ilmu Biol. dan Terap.*, vol. 1, no. 1, p. 48, Dec. 2017, doi: 10.30821/kfl:jibt.v1i1.1575.
- [3] K. Muzaka, N. S. Rahayu, and A. Rohman, "Penerapan Teknologi Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga di Desa Pesucen Kabupaten Banyuwangi," *J. Soc. Responsib. Proj. by High. Educ. Forum*, vol. 2, no. 2, pp. 73–76, Nov. 2021, doi: 10.47065/jrespro.v2i2.970.
- [4] L. R. Listiyani, Susanti, and E. Juniati, "PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA MENJADI KOMPOS ORGANIK UNTUK MENGATASI PENCEMARAN LINGKUNGAN DI MASA PANDEMI," in *SEMNAS HASIL ABDIMAS LP3M UST 2021*, Yogyakarta: Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, 2021, pp. 141–146.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, *Pupuk Organik Padat*. <http://akses-sispk.bsn.go.id>, 2018, pp. 1–27.
- [6] H. Hermayudi, I. Sujana, and R. Rahmahwati, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Menggunakan Metode Kansei Engineering Dan Pendekatan Antropometri," *J. TIN Univ. Tanjungpura*, vol. 5, no. 1, pp. 130–37, 2021.
- [7] Y. N. Chandra, C. D. Hartati, G. Wijayanti, and H. G. Gunawan, "Sosialisasi pemanfaatan limbah organik menjadi bahan pembersih rumah tangga," in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, LPPM-Universitas Negeri Jakarta, 2020.
- [8] N. M. N. B. S. Dewi, "ANALISA LIMBAH RUMAH TANGGA TERHADAP DAMPAK PENCEMARAN

- LINGKUNGAN,” *GANEC SWARA*, vol. 15, no. 2, p. 1159, Sep. 2021, doi: 10.35327/gara.v15i2.231.
- [9] A. R. Rahmad, “SISTEM PAKAR PENENTUAN KUALITAS TELUR AYAM PETELUR DI PETERNAKAN USAHA ABADI DESA SEKARBAGUS DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO,” *J. Mhs. Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: <https://doi.org/10.30736/v1i1.101>.
- [10] N. Ramadhani, H. Herlina, and A. C. Pratiwi, “PERBANDINGAN KADAR PROTEIN TELUR PADA TELUR AYAM DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI VIS,” *Kartika J. Ilm. Farm.*, vol. 6, no. 2, p. 53, May 2019, doi: 10.26874/kjif.v6i2.142.
- [11] E. W. Ibnu Hajar, R. S. Sitorus, N. Mulianingti, and F. J. Welan, “EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM Pb2+ DAN Cd2+ MENGGUNAKAN MEDIA ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM,” *Konversi*, vol. 5, no. 1, p. 1, Mar. 2018, doi: 10.20527/k.v5i1.4771.
- [12] M. Siregar and E. S. Sulardi, “Uji Letak Buah pada Pohon dan Pemberian Tepung Cangkang Telur Ayam terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.),” *Jasa Padi*, vol. 5, no. 1, pp. 46–51, 2020.
- [13] S. Nadeak, J. Mentari Hasibuan, L. Widya Naibaho, and M. Suriani Sinaga, “PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI ADSORBEN PADA PEMURNIAN GLISEROL DENGAN METODE ASIDIFIKASI DAN ADSORPSI,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 8, no. 1, pp. 25–31, Sep. 2019, doi: 10.32734/jtk.v8i1.1872.
- [14] D. Setyaningsih, I. Iswan, H. Bahar, and E. V. Erviana, “Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Menjadi Produk Mozaik Dan Pupuk Organik Di Wilayah Kampung Cerewed Keluran Duren Jaya Bekasi Timur,” in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat*, LPPM UMJ, 2021.
- [15] K. Fadhli, M. R. Khomsah, R. G. Pribadi, and K. Firmasyah, “Pemberdayaan Masyarakat melalui Sosialisasi Pemanfaatan Pupuk Organik Padat Kohe Kambing dan Agens Hayati Mikoriza sebagai Alternatif Pertanian Berkelanjutan,” *Jumat Pertan. J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 64–70, 2021.
- [16] B. Noviansyah and S. Chalimah, “Aplikasi Pupuk Organik dari Campuran Limbah Cangkang Telur dan Vetsin dengan Penambahan Rendaman Kulit Bawang Merah terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* L. var. Longum),” *Bioeksperimen J. Penelit. Biol.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–48, Apr. 2015, doi: 10.23917/bioeksperimen.v1i1.316.
- [17] E. Ariska, F. S. Harahap, B. A. Dalimunthe, and I. A. P. Septyani, “Pelatihan Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk Dijadikan Pupuk Organik di Desa Tebing Tinggi Pangkatan,” *E-Dimas J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 13, no. 1, pp. 201–208, Mar. 2022, doi: 10.26877/e-dimas.v13i1.11338.
- [18] N. Ekawandani and N. Halimah, “Pengaruh Penambahan Mikroorganisme Lokal (MOL) Dari Nasi Basi Terhadap Pupuk Organik Cair Cangkang Telur,” *Biosf. J. Biol. dan Pendidik. Biol.*, no. Volume 6 No 2, Dec. 2021, doi: 10.23969/biosfer.v6i2.4944.
- [19] H. Harlis, U. Yelianti, R. Budiarti, and N. Hakim, “Pelatihan Pembuatan Kompos Organik Metode Keranjang Takakura sebagai Solusi Penanganan Sampah di Lingkungan Kost Mahasiswa,” *Dedik. J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [20] N.- Rochyani, R. L. Utpalasari, and I. Dahliana, “ANALISIS HASIL KONVERSI ECO ENZYME MENGGUNAKAN NENAS (*Ananas comosus*) DAN PEPAYA (*Carica papaya* L.),” *J. Redoks*, vol. 5, no. 2, p. 135, Dec. 2020, doi: 10.31851/redoks.v5i2.5060.
- [21] P. Noerfatimah, G. Fadla Kamilah, J. Nayren, R. Nurilahi, V. Melyandini, and D. Anugrah, “Pemberdayaan Masyarakat dalam Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Menjadi Pupuk Organik di Wilayah Dusun Rancabango Subang Utara,” in *PROCEEDINGS UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG*, Bandung: LP2M-UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2021, pp. 196–208.
- [22] Z. Abidin and M. Rohman, “Pemberdayaan Kelompok Tani dalam Pembuatan Pupuk Organik Berbahan Baku Limbah Rumah Tangga,” *Communnity Dev. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 89–94, 2020.
- [23] F. P. Andari, “Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Broiler Sebagai Tepung Kerabang Untuk Meningkatkan Unsur Hara Pada Tanaman,” *Gema Lingkungan. Kesehat.*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [24] B. W. Ramadhan, I. H. Putra, and R. Ratnawati, “PEMANFAATAN LIMBAH BUAH UNTUK PUPUK ORGANIK CAIR DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR EM4,” *J. Sains & Teknologi Lingkungan*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.20885/jstl.vol11.iss1.art4.
- [25] F. D. Rahmayanti, “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pupuk Makro (Ca) Pada Tanaman Bawang Mera,” *AGRISIA-Jurnal Ilmu-Ilmu Pertan.*, vol. 12, no. 2, 2020.
- [26] T. S. Budi, E. Supriyadi, and M. Zulziar, “Analisis Konfigurasi Proses Produksi Cokelat Stick Coverture Menggunakan Metode Design Of Experiments (Doe) Di Pt. Gandum Mas Kencana,” *JITMI*, vol. 1, no. 1, pp. 87–96, 2018.
- [27] B. I. A. Muttaqin, “Telaah Kajian dan Literature Review Design of Experiment (DoE),” *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–40, Nov. 2019, doi: 10.52435/jaiit.v1i1.10.
- [28] J. Karangan, B. Sugeng, and S. Sulardi, “UJI KEASAMAN AIR DENGAN ALAT SENSOR pH DI STT MIGAS BALIKPAPAN,” *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 65, Jul. 2019, doi: 10.31602/jk.v2i1.2065.
- [29] V. C. Kurnia, S. Sumiyati, and G. Samudro, “Pengaruh Kadar Air Terhadap Hasil Pengomposan Sampah Organik Dengan Metode Open Windrow,” *J. Tek. Mesin Mercu Buana*, vol. 6, no. 2, pp. 119–123, 2017.
- [30] T. Nur, A. R. Noor, and M. Elma, “PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA DENGAN BIOAKTIVATOR EM4 (Effective Microorganisms),” *Konversi*, vol. 5, no. 2, p. 5, Mar. 2018, doi: 10.20527/k.v5i2.4766.
- [31] A. Faqih and P. Jana, “Pemodelan ARIMA Penderita HIV/AIDS dengan Minitab,” *Euclid*, vol. 8, no. 2, p. 103, Nov. 2021, doi: 10.33603/e.v8i2.3312.
- [32] R. Trihaditia, M. Syamsiah, and A. Awaliyah, “Penentuan Formulasi Optimum Pembuatan Penambahan Tepung Terigu Menggunakan Metode RSM (Response Surface Method),” *Agroscience*, vol. 8, no. 2, pp. 212–230, 2018.
- [33] N. Iriawan and S. P. Astuti, *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [34] N. Rahmawanti and N. Dony, “Pembuatan pupuk organik berbahan sampah organik rumah tangga dengan penambahan aktivator EM 4 Di Daerah Kayu Tangi,” *Ziraa’ah Maj. Ilm. Pertan.*, vol. 39, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [35] S. Sasmita, J. Jamaluddin, and H. Syam, “Laju Pindah Panas Secara Konduksi Dan Penguapan Air Selama

- Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Cabinet Dryer,” *J. Pendidik. Teknol. Pertan.*, vol. 4, no. 1, pp. 77–85, 2018.
- [36] M. Fuadi and W. Arianingrum, “Studi Pembuatan Minuman Instan Cangkang Telur Berkalsium Tinggi,” *Agritech J. Teknol. Pangan dan Has. Pertan.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–32, Dec. 2018, doi: 10.30596/agritech.v2i1.2607.
- [37] A. Zuhaida, “DESKRIPSI SAINTIFIK PENGARUH TANAH PADA PERTUMBUHAN TANAMAN: Studi Terhadap QS. Al A’raf Ayat 58,” *THABIEA J. Nat. Sci. Teach.*, vol. 1, no. 2, p. 61, Dec. 2018, doi: 10.21043/thabiea.v1i2.4055.
- [38] O. Rusdiana and N. Nursjahbani, “Pemetaan Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Tegakan Pinus merkusii di Hutan Penelitian Dramaga, Bogor,” *J. Trop. Silv.*, vol. 11, no. 1, pp. 18–24, Apr. 2020, doi: 10.29244/j-siltrop.11.1.18-24.