

BENEFISIASI PRARANCANGAN PROSES PENGOLAHAN PUPUK GRANUL *SLOW RELEASE* DARI UREA DAN ZEOLIT

Mohammad Prasanto Bimantio¹, Dian Pratama Putra Saragih²

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian STIPER, Jl. Nangka II Maguwoharjo, Yogyakarta, Indonesia.

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian STIPER, Jl. Nangka II Maguwoharjo, Yogyakarta, Indonesia.

Email: bimantiomp@instiperjogja.ac.id

ABSTRACT

Inorganic fertilizers such as urea, KCL, TSP, NPK, ZA, etc. are widely used in agriculture. The use of such fertilizers was ineffective, because about 40-60% of the nutrients are wasted, especially nitrogen, which causes economic losses, soil structure damage, and contaminate ground and river water. This study describes the design of slow-release fertilizers production in form of granules with materials are urea and zeolite. This research aims to improve quality and value against conventional urea fertilizer that has been widely used. Current trends associated with energy costs, fertilizer prices, and scarcity of labor in agriculture will make this product as an attractive option, that allow significant reduction of fertilizer application and/or labor costs. The result of economic feasibility parameters as follow: POT 1.15 years; ROI 77.25%; BEP 56.87%; SDP 53.24%; and DCFRR 20.76%. This business is sensitive to price of raw materials and selling price of the product.

Keywords: Urea; Zeolite; Slow-release fertilizer; Economy; Beneficiation

ABSTRAK

Pupuk anorganik seperti urea, KCL, TSP, NPK, ZA, dll. banyak digunakan dalam bidang pertanian. Penggunaan pupuk tersebut kurang efektif karena sekitar 40-60% unsur hara terbuang percuma, terutama unsur nitrogen, yang menyebabkan kerugian ekonomi, rusaknya struktur tanah, dan mencemari air tanah dan sungai. Penelitian ini memaparkan rancangan usaha produksi slow-release fertilizers dalam bentuk granul yang berupa campuran antara pupuk urea dan zeolit. Hal ini bertujuan untuk peningkatan kualitas dan memberi nilai tambah terhadap pupuk urea konvensional yang telah banyak digunakan. Tren meningkatnya biaya energi, harga pupuk, dan kelangkaan tenaga kerja di bidang pertanian akan membuat produk slow-release fertilizer dapat menjadi pilihan menarik yang memungkinkan pengurangan terhadap jumlah aplikasi pupuk dan/atau biaya tenaga kerja. Hasil parameter kelayakan usaha memberikan nilai: POT 1,15 tahun; ROI 77,25%; BEP 56,87%; SDP 53,24%; dan DCFRR 20,76%. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa usaha ini sangat sensitif terhadap perubahan harga beli bahan baku dan harga jual produk.

Kata kunci: Urea; Zeolit; Pupuk *slow release*; Ekonomi; Benefisiasi

1. PENDAHULUAN

Pertanian di Indonesia masih banyak bergantung pada penggunaan pupuk kimia. Padahal penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan bahan organik tanah. Pupuk anorganik seperti urea, KCL, TSP, NPK, ZA, dan lain lain banyak digunakan dalam bidang pertanian. Penggunaan pupuk tersebut saat ini dirasa kurang efektif karena sekitar 40-60% unsur hara terbuang percuma, terutama unsur nitrogen, yang menyebabkan kerugian ekonomi, rusaknya struktur tanah, dan mencemari air tanah dan sungai [1], [2].

Upaya untuk meningkatkan efisiensi dari pupuk nitrogen tidaklah mudah, dikarenakan tanaman menyerap unsur nitrogen dalam bentuk ion nitrat atau ammonium, melalui akar yang ada di tanah. Hanya sedikit proporsi unsur nitrogen dari pupuk yang dapat diambil dan dimanfaatkan bagi tanaman.

Dalam prakteknya, aplikasi pupuk nitrogen konvensional saat ini terlalu banyak pada masa awal pertumbuhan dan terlalu sedikit saat fase akhir pertumbuhan. Padahal nitrogen merupakan unsur yang sangat dibutuhkan bagi tanaman, terutama akar dan batang pada fase awal pertumbuhan tanaman [3]. Dimana unsur nitrogen mencakup hingga 50-60% dari kebutuhan mineral tanaman pada fase awal pertumbuhan [4].

Secara tradisional zeolit sudah dikenal oleh sebagian petani Indonesia. Mineral zeolit di alam telah banyak ditemukan dalam beberapa jenis di Indonesia, jenis mineral zeolit terbanyak adalah klinoptilolit dan mordenit. Beberapa petani sudah memanfaatkan zeolit untuk menambah subur tanah pertanian dengan jalan menaburkan pada lahan pertaniannya, penambahan zeolit alam dalam pupuk dapat mengontrol dan memperlambat pelepasan unsur hara, karena diinginkan unsur hara dapat cepat dijerap oleh zeolit namun dapat di-*release* kembali dengan lambat (*slow release fertilizer*).

Harga *slow release fertilizers* yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk mineral konvensional menjadi alasan belum banyaknya produk ini digunakan di lahan pertanian. Pada awalnya produk ini dipasarkan untuk market yang sangat spesifik [5]. Baru pada akhir tahun 90-an penggunaannya mulai meluas untuk berbagai jenis tanaman seperti jagung, padi, kentang, tomat, dll. Hal ini merupakan sebuah peluang untuk melakukan produksi dalam skala besar.

Dalam tulisan ini penulis memaparkan prarancangan dan benefisiasi usaha produksi *slow release fertilizers* dalam bentuk granul yang berupa campuran utama antara pupuk urea dan zeolit. Hal ini sebagai bagian dalam peningkatan kualitas produk pertanian di Indonesia dan memberi nilai tambah terhadap pupuk urea konvensional yang telah banyak digunakan oleh petani.

1.1. Mineral Zeolit

Mineral zeolit diketahui pertama kali pada tahun 1756 oleh seorang ahli mineralogi Swedia bernama Freiherr Axer Frederick Cronstedt. Nama zeolit berasal dari bahasa Yunani, yaitu dari kata *Zein* (mendidih) dan *Lithos* (batuan) yang artinya batu mendidih. Karena mineral ini mengeluarkan buih bila dipanaskan, sehingga kelihatan seperti mendidih [6], [7].

Zeolit merupakan mineral kristalin dari kelompok tektosilikat, yaitu alumino-silikat terhidrasi dengan kation alkali dan alkali tanah seperti kalium, natrium, kalsium, dan magnesium yang mengisi rongga-rongga kerangka alumino-silikat. Zeolit dicirikan oleh kemampuannya menyerap dan mengeluarkan air serta menukarkan bagian kationnya tanpa merubah struktur kristalnya [6].

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam dari batuan vulkanik. Jumlah dan komposisi kation dalam zeolit tergantung dari jenis zeolit dan lingkungan pembentukannya, misalnya Mordenit umumnya banyak mengandung kalsium sedangkan Klinoptilolit mengandung kalium. Zeolit yang terbentuk pada lingkungan marin, mengandung banyak natrium sedangkan

zeolit yang terbentuk pada lingkungan vulkanik mempunyai kadar kalium dan magnesium yang tinggi [8].

Rumus umum zeolit menurut Guisnet dan Gilson [9] adalah :



Notasi M adalah kation monovalen (Na, K) atau divalen (Mg, Ca, Sr, dan Ba), x adalah jumlah molekul silikat, y adalah jumlah molekul air kristal dan n adalah valensi dari kation. Zeolit terutama terdiri dari SiO₂, Al₂O₃, K₂O, CaO, Na₂O, MnO, Fe₂O₃, MgO. Zeolit dari Indonesia kaya akan K₂O dan CaO.

Penggunaan zeolit pada umumnya didasarkan pada sifat-sifat kimia zeolit, seperti adsorpsi, penukar kation, dan katalis:

1. Adsorpsi

Adsorpsi pada zeolit dapat dilakukan dengan memanfaatkan permukaannya yang luas serta selektifitas permukaannya.

2. Penukar Kation

Kation-kation dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dalam suatu larutan. Hal ini disebabkan oleh ion-ion dalam pori-pori kristal zeolit selalu memelihara kenetralan muatan

3. Katalis

Reaksi katalitik terjadi di dalam pori-pori kristal zeolit. Sifat zeolit yang sangat penting sebagai katalis adalah ukuran pori-pori dan volume kosong yang besar. Akan tetapi, sifat ini sangat jarang dijumpai pada zeolit alam, sehingga pemanfaatan zeolit buatan sebagai katalis lebih umum. Selain itu, kedudukan kation dalam struktur zeolit dan perbandingan atom Si dan Al juga mempengaruhi sifat zeolit sebagai katalis.

Daya jerap zeolit dapat ditingkatkan dengan melakukan proses aktivasi pada zeolit tersebut. Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan membuang unsur pengotor yang terdapat di dalam zeolit. Ada dua cara yang digunakan dalam proses aktivasi zeolit, yaitu pemanasan dan kimia [10].

1. Pemanasan

Pemanasan dilakukan pada suhu 200-400°C antara 2-3 jam, tergantung kandungan unsur pengotor, serta stabilitas zeolit terhadap panas. Stabilitas ini dipengaruhi oleh jenis mineral zeolit yang terkandung, atau rasio atom Si dan Al.

2. Kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan perendaman dan pengadukan zeolit dalam suatu larutan asam (H₂SO₄ atau HCl) atau larutan soda kaustik (NaOH). Perubahan konsentrasi asam berakibat perubahan perbandingan atom Si dan Al.

Dibidang pertanian zeolit alam banyak digunakan sebagai pengontrol pelepasan ion NH₄⁺ dan K⁺, agen anti bakteri, meningkatkan kesuburan dan aktivitas biologis di tanah, penetral keasaman tanah, meningkatkan keseimbangan nitrogen, menghilangkan racun di tanah, memperbaiki sifat-sifat tanah, dan meningkatkan keseimbangan air di tanah [11].

1.2. Pupuk

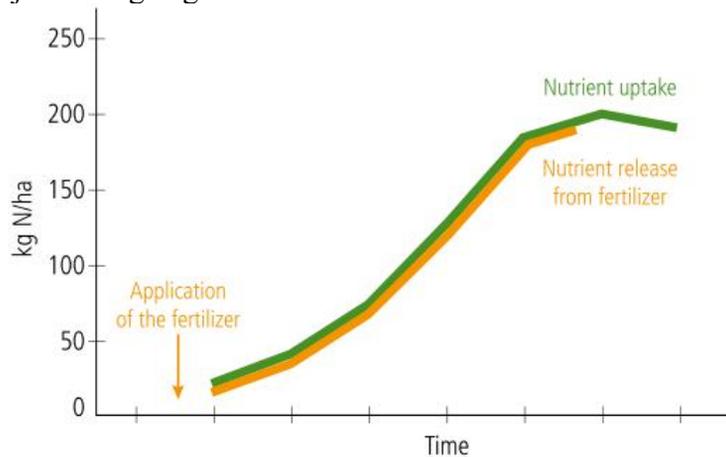
Pengertian pupuk secara umum ialah suatu bahan yang bersifat organik ataupun anorganik, bila ditambahkan ke dalam tanah atau ke tanaman, dapat memperbaiki sifat fisik, sifat kimia, sifat biologi tanah dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Shoji dan Gandeza [12] menyatakan bahwa suatu pupuk yang ideal harus memiliki minimum 3 karakteristik, yaitu:

1. Kecukupan nutrisi dapat dicapai dalam 1 kali aplikasi selama masa daur hidup tanaman

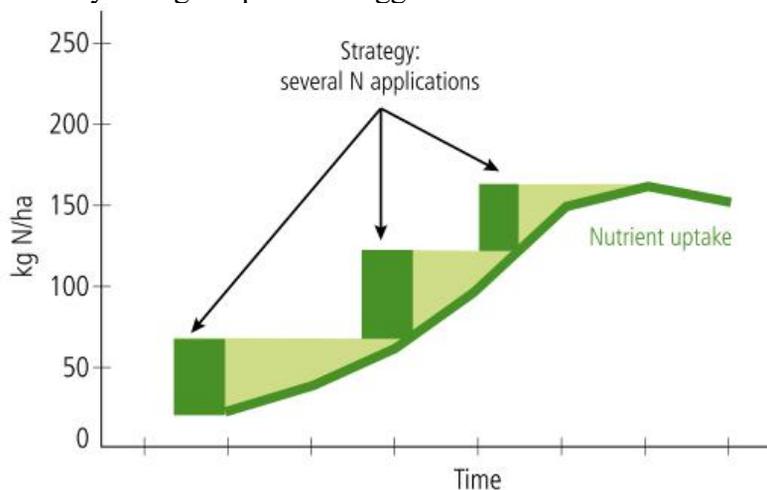
2. Persentase *recovery* yang maksimum sehingga dapat menutupi biaya yang dikeluarkan
3. Memiliki efek buruk yang minim terhadap tanah dan lingkungan

Menurut Liao et al. [13], pemberian pupuk yang baik harus memperhatikan kesesuaian dengan usia dan kebutuhan nutrisi tanaman. Dimana menurut Shoji dan Kanno [14], dalam satu masa panen suatu tanaman memiliki pola sigmoidal (*S-shaped*) terhadap penyerapan nutrisi yang dibutuhkan. Hal ini sejalan dengan gambar 1.



Gambar 1. Pupuk Ideal: Pelepasan Nutrisi dari Pupuk Sinkron dengan Kebutuhan Nutrisi pada Tanaman [15]

Lammel [15] mengklaim bahwa pola sigmoidal dari nutrisi dapat dicapai dengan konsep *enhanced-efficiency fertilization*, semisal dengan pengaplikasian pupuk nitrogen menjadi beberapa batch selama masa tanam (gambar 2). Proses sinkronisasi ini dalam aplikasinya dapat menggunakan *slow release fertilizers* hanya dengan aplikasi tunggal selama masa tanam.



Gambar 2. Konsep *Enhanced-efficiency Fertilization* [15]

Nitrogen (N) merupakan unsur hara yang penting bagi tanaman, sehingga bila kekurangan atau jumlah unsur tersebut tidak cukup, maka tanaman tidak dapat tumbuh dengan normal. Nitrogen merupakan salah satu unsur pupuk yang diperlukan dalam jumlah paling banyak namun keberadaannya dalam tanah sangat mobil sehingga mudah hilang dari tanah melalui pencucian maupun menguap ke udara. Nitrogen merupakan unsur hara penentu produksi atau sebagai faktor

pembatas utama produksi [16]. Jumlah nitrogen dalam tanah bervariasi, sekitar 0,02% sampai 2,5% dalam lapisan bawah dan 0,06% sampai 0,5% pada lapisan atas [17].

Nitrogen yang diserap tanaman dapat berasal dari nitrogen anorganik dan organik. Nitrifikasi merupakan perubahan dari amonium menjadi bentuk nitrat. Bentuk amonium dan nitrat keduanya dapat digunakan oleh tanaman. Perubahan dari bentuk-bentuk nitrogen dalam tanah harus diperhitungkan dalam menentukan dosis pupuk agar kebutuhan tanaman akan nitrogen dapat diprediksi dengan lebih akurat. Nitrifikasi yang terlalu cepat dapat menyebabkan peningkatan jumlah kehilangan N.

Pupuk urea, disebut juga pupuk nitrogen (N), memiliki kandungan nitrogen 46%. Urea dibuat dari reaksi antara amoniak dengan karbon dioksida dalam suatu proses kimia menjadi urea padat dalam bentuk *prill* (ukuran 1-3 mm) atau granulat (ukuran 2-4 mm). Urea *prill* paling banyak digunakan untuk segmen tanaman pangan dan industri, sedangkan urea granulat lebih cocok untuk segmen perkebunan, meskipun dapat juga untuk tanaman pangan [18].

Penelitian yang dilakukan Saragih [19] mengatakan bahwa suhu tanah sangat mempengaruhi aktivitas mikroba tanah. Aktivitas ini sangat terbatas pada suhu di bawah 10°C, laju optimal aktivitas biota tanah menguntungkan terjadi pada suhu 18-30 °C, seperti bakteri pengikat N di tanah yang dikeringkan dengan baik. Nitrifikasi berlangsung optimal pada suhu sekitar 30 °C. Nitrogen yang belum tersedia harus disediakan oleh mikroorganisme atau proses mineralisasi, mikroorganisme juga berhubungan erat dengan ketersediaan air didalam tanah dan hubungan eratnya dengan temperatur yang mempengaruhi kekeringan.

1.3. Slow Release Fertilizer

The Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO) memberikan definisi umum mengenai *slow or controlled release fertilizer* (Official Publication 57), yaitu suatu pupuk yang memiliki kandungan nutrisi dalam suatu bentuk tertentu sehingga dapat menunda ketersediannya untuk digunakan oleh tanaman, atau memperpanjang ketersediannya bagi tanaman dibandingkan dengan pupuk yang telah ada di pasaran seperti urea atau KCl.

Langkah untuk memperlambat keluaran nutrisi pada pupuk dapat dicapai dengan berbagai cara produksi, diantaranya [20], [21]:

1. Pelepasan material nutrisi melalui agen mikrobial atau komponen yang memiliki tingkat kelarutan rendah dengan struktur molekul yang kompleks, contoh: urea-formaldehid dan isobutylidene-diurea.
2. Pelepasan material nutrisi melalui penghalang fisis, contoh: pupuk yang di-*coating* dengan material anorganik seperti sulfur atau polimer.
3. Material nutrisi ditempatkan dalam suatu matriks “labirin” berbasis gel.
4. Pelepasan material nutrisi diperlambat sebagai akibat dari perubahan rasio luas area terhadap volume, contoh: pembentukan granulat, briket, tablet, stik, dll.

Penggunaan *slow release fertilizer* dapat menurunkan kadar toksisitas dan garam pada tanah yang dapat merusak bibit tanaman. Sehingga membuat proses penyerapan nutrisi oleh tanaman menjadi lebih maksimal dan mendekati pola ideal sigmoidal, serta mengurangi potensi kehilangan nutrisi, terutama nitrogen akibat larutnya nitrat dan menguapnya ammonia selama proses pemupukan. Hal ini membuat kebutuhan pupuk dalam masa tanam dapat dioptimasi dan memberikan penghematan untuk biaya tenaga kerja, waktu, dan energi. Selain itu, *slow release fertilizer* direkomendasikan penggunaannya untuk tanaman padi dan jagung [3].

Proses adsorpsi banyak digunakan sebagai cara untuk memperlambat proses keluarnya unsur hara ke lingkungan. Jenis adsorben yang digunakan dapat diperoleh dengan mudah di alam, seperti:

zeolit, arang aktif, silika gel, dsb. Adsorben dapat menahan unsur hara karena memiliki situs aktif yang dapat menyerap bahan organik maupun anorganik [22].

Zeolit yang dicampur dengan pupuk urea mengikat amonium yang dilepaskan pupuk urea pada saat penguraian. Pengikatan akan lebih efektif jika jumlah zeolit yang dicampurkan ke dalam pupuk urea semakin banyak, karena kompleks jerapan yang dapat menangkap amonium semakin banyak. Amonium yang dijerap zeolit tidak segera dilepas ke dalam larutan tanah selama jumlah amonium dalam tanah masih tinggi. Setelah amonium dalam tanah berubah menjadi nitrat, persediaan amonium dalam rongga-rongga zeolit dilepaskan ke dalam larutan tanah. Jadi zeolit berfungsi memperlambat proses perubahan amonium menjadi nitrat [23]. Selain itu, zeolit dapat pula mengontrol pelepasan unsur fosfat [24] dan sulfat [25].

Tachibana [26] dalam penelitiannya meninjau persentase pengurangan pemakaian pupuk nitrogen *slow release* pada berbagai variasi tanaman (tabel 1) untuk menggantikan pupuk nitrogen konvensional. Di sisi lain, untuk tanaman padi, dalam hasil penelitian di Jepang, diperoleh hasil peningkatan efisiensi penyerapan nitrogen dari pupuk menuju tanaman dari rerata 40% ke 80%, yang berefek pada peningkatan *yield* tanaman dari 4,45 ke 6,35 ton/ha [27].

Jufri dan Rosjidi [28] dalam penelitian Penggunaan zeolit dengan dosis 75-80% hara N masih menghasilkan produksi padi yang sama dengan penggunaan pupuk konvensional atau rekomendasi. Dengan demikian pemakaian zeolit dapat menghemat pemakaian pupuk anorganik sebesar 20 - 25 %.

Tabel 1. Contoh Aplikasi *slow Release Fertilizer* pada Berbagai Jenis Tanaman [26]

Tanaman	Merk Pupuk	Metode Pemupukan	Penghematan (%)
Kubis	Meister	Basal tunggal	20
	Nutricote	Basal tunggal	40
	Nutricote	Tunggal	40-70
Bayam	Nutricote	Tunggal	30
Bawang	Nutricote	Basal Tunggal	20
Seledri	Meister	Tunggal	20-60
	Nutricote	Tunggal	50
Selada	Meister	Tunggal	20
Wortel	CDU	Tunggal	50
Kentang	Meister	Basal Tunggal	20

2. METODE

Prarancangan usaha produksi pupuk granul *slow release fertilizer* ini memiliki kapasitas produk sebesar 12500 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun, 24 jam/hari. Sehingga *rate* produksinya sebesar 1,6 ton/jam. Usaha ini berlokasi di Kabupaten Gunungkidul Provinsi DIY sebagai langkah untuk mendekati pasokan bahan baku.

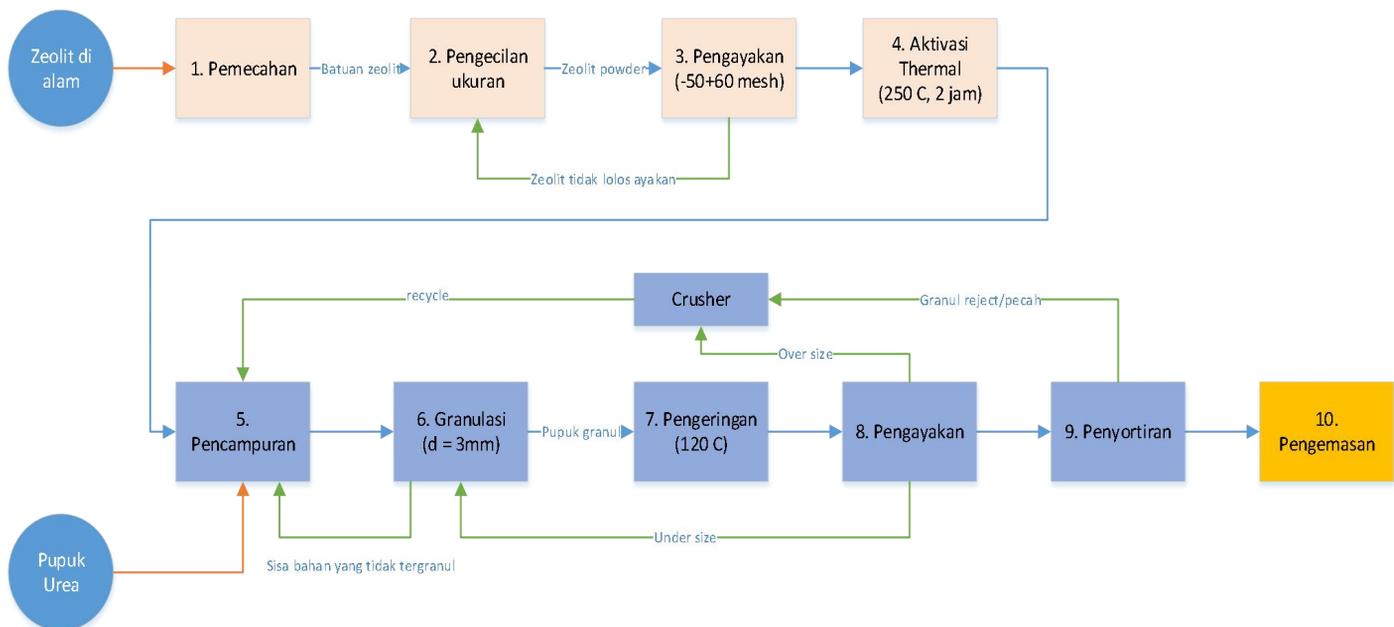
Bahan baku zeolit alam diperoleh dari daerah Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Zeolit yang masih dalam bentuk batuan kasar dikominusi menggunakan *jaw crusher* hingga ukurannya menjadi lebih kecil. Pengecilan ukuran tahap kedua dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa zeolit dalam bentuk butiran halus.

Zeolit yang telah dihaluskan kemudian diayak agar ukurannya seragam. Ukuran zeolit yang digunakan sebagai bahan campuran pupuk adalah -50+60 mesh. Zeolit tersebut kemudian diaktivasi di dalam oven selama 2 jam pada suhu 250 °C dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dan memperbesar luas permukaan area adsorpsi [29].

Proses pembuatan pupuk granul dimulai dengan pencampuran pupuk urea dengan zeolit, kemudian campuran dimasukkan dalam pan granulator dan ditambah binder berupa tanah bentonit sehingga terbentuk granul berukuran sekitar 3 mm. Pupuk tunggal yang digunakan adalah campuran zeolit dan urea dengan komposisi urea 75% w/w [28].

Untuk mengeringkan pupuk granul di dalam *dryer* digunakan udara panas. Temperatur udara panas *inlet dryer* berkisar 120°C. Temperatur gas panas *outlet dryer* dijaga sekitar 70 – 80°C [30].

Pupuk granul kering keluaran *dryer* dibawa ke ayakan untuk penyeragaman ukuran produk. Hasil ayakan yang *over size* dihaluskan di *crusher* dan hasilnya di-*recycle* untuk digranulasi ulang bersama dengan hasil ayakan yang *under size*. Hasil ayakan yang memenuhi spesifikasi (3mm) akan disortasi terlebih dahulu untuk memastikan tidak ada butir pupuk yang pecah atau *defect* sebelum dilakukan proses pengemasan.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Produksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Pasar

Penggunaan *slow release fertilizers* dapat mengurangi kehilangan nutrisi dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi pada tanaman. Pengurangan 20-30% (bahkan lebih) kebutuhan pupuk dibandingkan dengan pupuk konvensional dapat dicapai dengan pengaplikasian *slow release fertilizers* dengan tetap mempertahankan yield yang sama. Pemerintah Jepang melalui Kementerian Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan pada tahun 1999 telah merekomendasikan program konversi pupuk konvensional menjadi pupuk *slow release* dengan kebutuhan yang lebih kecil [26]. Hal ini membuat kebutuhan pupuk dalam masa tanam dapat dioptimasi dan memberikan penghematan untuk biaya tenaga kerja, waktu, dan energi.

Pada awalnya produk *slow release fertilizers* ini dipasarkan untuk market yang sangat spesifik [5], sehingga harga jualnya menjadi lebih tinggi daripada pupuk konvensional. Baru pada akhir tahun 90-an penggunaannya mulai meluas untuk berbagai jenis tanaman seperti jagung, padi,

kentang, tomat, dll. Hal ini merupakan sebuah peluang untuk melakukan produksi dalam skala besar.

Produk yang menjadi saingan dari *slow release fertilizer* ini adalah pupuk urea granular. Urea yang dijadikan bahan utama ialah Urea granular (urea gelintiran), urea yang berukuran lebih besar dari Urea butiran (Urea *Prill*). Berat Urea butiran kira-kira 0,0035 gram/butir dan Urea granular \pm 0,01g/granular. Ukuran besar butir Urea granular mudah diatur dalam proses produksi, sehingga besar butir dapat disesuaikan dengan keperluan [31].

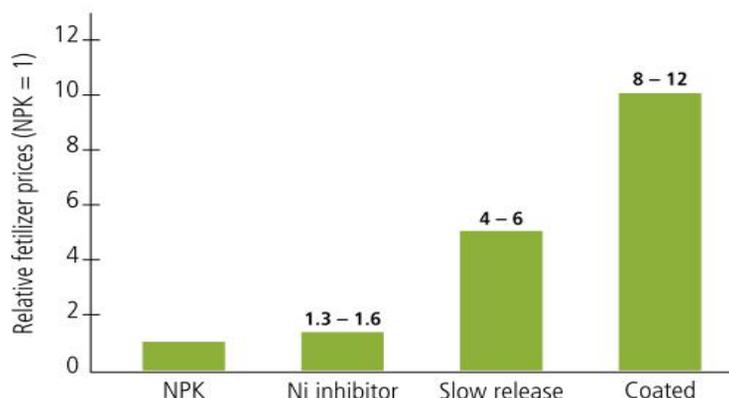
Urea granular selain berukuran lebih besar, juga lebih keras dan tak mudah menjadi tepung dibanding dengan Urea butir. Sifat-sifat ini sangat menguntungkan dalam pengelolaan dan pengangkutan pupuk-pupuk curah. Karena sifat-sifat ini pula maka di Amerika Serikat, Urea granular luas dipakai dalam industri pupuk campuran (*bulk blending*). Untuk kawasan tropis yang lembab, tentunya keuntungan tersebut masih perlu dibuktikan. Pengaruh urea granular terhadap tanaman sama dengan urea butiran, begitu juga cara penebarannya. Hanya diharapkan manfaatnya akan timbul dari segi penyimpanan dan pemakaian di lapangan. Dengan urea yang tak membatu, maka penyebaran pupuk di sawah akan lebih merata dari pada pupuk yang membatu atau yang terlalu halus butirannya [31].

Sementara untuk produk *slow release fertilizer*, nilai tambah produk berada pada sisi mekanisme pelepasan unsur dari pupuk menuju tanaman. Pupuk granul yang merupakan campuran dari urea dan zeolit, dapat memperlambat pola pelepasan dari pupuk nitrogen sehingga tanaman lebih efisien dalam memanfaatkan nitrogen karena pola pelepasan nitrogen lebih lambat. Dengan makin lambatnya pelepasan nitrogen menjadi nitrat, kehilangan pupuk yang diakibatkan oleh penguapan dan pencucian semakin kecil, sehingga tanaman padi memperoleh kesempatan menyerap nitrogen lebih banyak [32].

Zeolit memiliki nilai kapasitas tukar kation yang tinggi, yang berarti mempunyai jumlah kisi-kisi pertukaran dan rongga-rongga dalam jumlah yang banyak sehingga semakin banyak jumlah ion amonium yang berasal dari pupuk nitrogen yang telah mengalami hidrolisis dijerap zeolit. Penjerapan ion amonium di dalam rongga/kisi-kisi zeolit, hanya bersifat sementara dan dengan mudah akan di berikan kepada tanaman pada saat diperlukan [33]. Jika kadar nitrogen dalam larutan tanah berkurang, nitrogen yang diadsorpsi oleh zeolit akan dilepaskan secara perlahan ke dalam larutan tanah.

Produk pupuk granul ini mengincar market para petani padi, terutama di Provinsi DIY. Data Badan Pusat Statistik (BPS) (2017) menunjukkan bahwa 17,36% (55292 hektar) peruntukkan penggunaan lahan di DIY adalah sebagai lahan sawah, dengan total produksi tanaman padi sawah ditahun 2016 sebesar 712285 ton. Dengan 23,27% penduduknya bekerja dibidang pertanian.

Harga dari *slow release release fertilizer* sangat bervariasi, bergantung pada lokasi dan proses pembuatannya. Hingga saat ini belum ada harga eksak terkait produk ini. Secara umum, harga jual dari *slow release fertilizer* lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk konvensional. Namun apabila harga bahan baku mengalami kenaikan, *gap* biaya menjadi lebih kecil sementara benefit dari efisiensi penggunaan *slow release fertilizer* meningkat [3]. Lammel [15] memaparkan perbandingan indeks harga pupuk dari berbagai jenis produk (gambar 4).



Gambar 4. Perbandingan Harga Pupuk *Slow Release* terhadap Pupuk Konvensional [15]

Dari gambar 4 dapat ditinjau bahwa *slow release fertilizer* akan menguntungkan secara ekonomi dalam beberapa kondisi bersyarat seperti spesifikasi produk yang memungkinkan pengurangan yang signifikan terhadap jumlah aplikasi pupuk pada masa tanam dan/atau biaya tenaga kerja. Secara umum, tren saat ini terkait dengan meningkatnya biaya energi, harga pupuk, dan kelangkaan tenaga kerja di bidang pertanian akan membuat produk *slow release fertilizer* dapat menjadi pilihan yang menarik [34]. Dasar pembentukan industri pengolahan zeolit harus berlokasi mendekati bahan baku, karena proses awal dalam memproduksi olahan zeolit ini membutuhkan alat dan media angkut yang besar. Hal ini menjadi tidak ekonomis bila lokasi Industri tidak berada di daerah Gunungkidul. Sisi positif dari pemilihan lokasi ini adalah peningkatan ekonomi warga Gunungkidul yang dapat bekerja pada Industri ini dan dibantu oleh peraturan pemerintah dalam hal ini Dinas Tenaga Kerja untuk membuat kewajiban bagi industri di Gunungkidul untuk memprioritaskan pemenuhan tenaga kerja yang berasal dari SDM lokal [35].

3.2. Analisis Ekonomi

Dari tabel 2 dapat diambil kesimpulan dari beberapa parameter kelayakan ekonomi usaha. Parameter ROIB nilainya sudah lebih dari *minimum acceptable value* untuk pabrik *low risk* yaitu 11%. Parameter POTb berada dalam batas nilai yang disyaratkan, yaitu dibawah 5 tahun. Parameter DCFRR nilainya lebih dari 1,5 kali suku bunga dasar bank, dimana data terakhir (Juni, 2019) nilai suku bunga BI *rate* adalah 6,00%.

Tabel 2. Parameter Keuntungan dan Kelayakan Usaha

No.	Parameter	Jumlah	Keterangan
1	Total Capital Investment (TCI)	IDR 17,849,228,094	
2	Total Production Cost (TPC)	IDR 70,098,837,413	
3	Harga Produk	5812	Rp/kg
4	Jumlah Produk	12500000	kg/tahun
5	Sales	IDR 72,650,000,000	
6	Profit before Tax (Pb)	IDR 2,551,162,587	
7	Tax	IDR 1,275,581,294	50% Pb
8	Profit after Tax (Pa)	IDR 1,275,581,294	
9	Return on Investment before tax (ROIB)	154.50	%
10	Return on Investment after tax (ROIa)	77.25	%
11	Pay Out Time before tax (POTb)	0.61	tahun
12	Pay Out Time after-tax (POTa)	1.15	tahun

13	<i>Break Even Point (BEP)</i>	56.87	%
14	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	53.24	%
15	DCFRR	20.76%	

3.3. Analisis Sensitivitas

3.3.1. Perubahan harga bahan baku

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa perubahan harga bahan baku (zeolit dan urea) sebesar $\pm 10\%$ memberikan dampak yang signifikan terhadap keuntungan dan kelayakan usaha. Kenaikan harga bahan baku berakibat pada meruginya hasil usaha. Sedangkan penurunan harga bahan baku berefek pada peningkatan profit hingga lebih dari 3 kali lipat dan peningkatan nilai DCFRR hingga hampir 2 kali lipat.

Tabel 3. Pengaruh Perubahan Harga Bahan Baku

Parameter	-10%	0	+10%	Keterangan
Harga Zeolit	2700	3000	3300	Rp/kg
Harga Urea	4500	5000	5500	Rp/kg
<i>Profit (loss) after tax</i>	4,130,963,112	1,275,581,294	(1,579,800,525)	Rp/tahun
ROIa	250.17	77.25	-95.67	%
POTa	0.38	1.15	-1.17	tahun
BEP	28.71	56.87	1408.09	%
SDP	26.86	53.24	1319.22	%
DCFRR	38.28%	20.76%	4.84%	%

3.3.2. Perubahan harga jual

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa perubahan harga jual produk sebesar $\pm 10\%$ memberikan dampak yang signifikan terhadap keuntungan dan kelayakan usaha. Penurunan harga jual produk berakibat pada meruginya hasil usaha. Sedangkan kenaikan harga jual produk berefek pada peningkatan profit hingga hampir 4 kali lipat dan peningkatan nilai DCFRR hingga hampir 2 kali lipat.

Tabel 4. Pengaruh Perubahan Harga Jual Produk

Parameter	-10%	0	+10%	Keterangan
Harga Jual	5230.8	5812	6393.2	Rp/kg
<i>Profit (loss) after tax</i>	(1,989,418,131)	1,275,581,294	4,540,580,718	Rp/tahun
ROIa	-120.48	77.25	274.98	%
POTa	-0.91	1.15	0.35	tahun
BEP	-416.88	56.87	27.93	%
SDP	-388.99	53.24	26.23	%
DCFRR	1.61%	20.76%	38.35%	%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pupuk granul *slow release fertilizer* dapat menjadi alternatif pupuk bagi petani dengan nilai benefisiasi yang menguntungkan. Penggunaan pupuk *slow release* dapat menghemat aplikasi pupuk, sehingga berimplikasi pada penghematan biaya tenaga kerja dan kebutuhan pupuk. Hasil parameter kelayakan dari analisis ekonomi memberikan nilai: POTb = 0,61 tahun; POTa = 1,15 tahun; ROIb = 154,5%; ROIa = 77,25%; BEP = 56,87%; SDP = 53,24%; dan DCFRR = 20,76%. Sehingga usaha ini layak untuk dikaji lebih lanjut dan didirikan. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa usaha ini sangat sensitif terhadap perubahan harga beli bahan baku dan harga jual produk.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. De Datta, "Advances in Soil Fertility Research and Nitrogen Fertilizer Management for Lowland Rice," in *Efficiency of Nitrogen Fertilizer for Rice*, Manila: International Rice Research Institute, 1987, pp. 27–41.
- [2] P. L. G. Vlek and B. H. Byrnes, "The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice," *Fertil. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 131–147, 1986.
- [3] M. E. Trenkel, *Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture*. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010.
- [4] A. Finck, "Fertilizers and their efficient use," in *World Fertilizer Use Manual*. Halliday, D.J., Trenkel, M.E. and Wichmann, W. (eds.), Paris: International Fertilizer Industry Association, 1992.
- [5] U. Kafkafi, "A Worthwhile Premium," in *ASIAFAB Summer Meeting 1996*, 1996.
- [6] G. Gottardi, "Mineralogy and Crystal Chemistry of Zeolites," in *Natural zeolites, occurrence, properties, use, eds Sand, LB, Mumpton*, Oxford: Oxford: Pergamon, 1978, pp. 31–44.
- [7] F. A. Mumpton, "Natural Zeolites," in *Zeo-Agriculture: Use of Natural Zeolites In Agriculture and Aquaculture*, Boulder Colorado: West View Press, 1984.
- [8] M. Kithome, J. W. Paul, L. M. Lavkulich, and A. A. Bomke, "Kinetics of Ammonium Adsorption and Desorption by the Natural Zeolite Clinoptilolite," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 62, no. 3, pp. 622–629, 2010.
- [9] M. Guisnet and J.-P. Gilson, *Zeolites for cleaner technologies*. London: Imperial college press, 2002.
- [10] G. Jozefaciuk and G. Bowanko, "Effect of acid and alkali treatments on surface areas and adsorption energies of selected minerals," *Clays Clay Miner.*, vol. 50, no. 6, pp. 771–783, 2002.
- [11] M. A. Asyari, "Penelitian Awal Granulasi Pupuk Kandang, Pupuk Anorganik, dan Zeolit sebagai Slow Release Fertilizer," Universitas Gadjah Mada, 2009.
- [12] S. Shoji and A. T. Gandeza, *Controlled release fertilizers with polyolefin resin coating*. Sendai: Kanno Printing Co. Ltd., 1994.
- [13] Z. Liao, X. Mao, K. Liu, and P. Huang, "Production and application of environmentally friendly fertilizer for sustainable development, Global perspective on resource recycling for sustainable agriculture," 2006.
- [14] S. Shoji and H. Kanno, "Use of polyolefin-coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions," *Fertil. Res.*, vol. 39, no. 2, pp. 147–152, 1994.

- [15] J. Lammel, “Cost of the different options available to the farmers: Current situation and prospects,” in *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*, 2005.
- [16] P. A. Sanchez and J. T. Jayadinata, *Sifat dan pengelolaan Tanah Tropika*. Bandung: Penerbit ITB, 1993.
- [17] M. Alexander, *Introduction to Soil Microbiology*, 2nd ed. John Wiley and Sons Ltd., 1977.
- [18] PTPupuk Kaltim, “Tentang Produk: Urea,” 2017. [Online]. Available: <https://www.pupukkaltim.com/id/produk-distribusi-tentang-produk#tentang-produk-urea>. [Accessed: 15-Jun-2019].
- [19] D. P. P. Saragih, A. Ma’as, and S. Notohadisuwarno, “Various Soil Types, Organic Fertilizers and Doses with Growth and Yields of *Stevia rebaudiana* Bertoni M,” *Ilmu Pertan. (Agricultural Sci.*, vol. 3, no. 1, p. 57, 2019.
- [20] U. Shavit, A. Shaviv, and D. Zaslavsky, “Solute diffusion coefficient in the internal medium of a new gel based controlled release fertilizer,” *J. Control. Release*, vol. 37, no. 1, pp. 21–32, 1995.
- [21] A. Shaviv, “Controlled Release Fertilizers,” in *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*, 2005.
- [22] M. Lasindrang, “Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Oleh Kitosan Yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa,” *J. Teknosains*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [23] N. Hikmah, “Peranan Zeolit Dalam Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Tersedia Lambat (Slow Release Fertilizers),” Institut Pertanian Bogor, 2006.
- [24] A. K. Bansawal, S. S. Rayalu, N. K. Labhasetwar, A. A. Juwarkar, and S. Devotta, “Surfactant-Modified Zeolite as a Slow Release Fertilizer for Phosphorus,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 54, no. 13, pp. 4773–4779, Jun. 2006.
- [25] Z. Li and Y. Zhang, “Use of surfactant-modified zeolite to carry and slowly release sulfate,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 21, no. 1–3, pp. 73–78, Sep. 2010.
- [26] M. Tachibana, “Chisso Asahi Fertilizer Co., Ltd. Annual Report,” Tokyo, 2007.
- [27] A. Ikeda, M. Hayashi, T. Koida, Y. Nakajima, and M. Kato, “Single basal fertilization of no-till direct seeded rice to enhance rice quality,” in *Annual Report, Environmental Studies Crop Institute*, Japan: Aichi Agricultural Experimental Station, 1998.
- [28] A. Jufri and M. Rosjidi, “Pengaruh zeolit dalam pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah di kabupaten badung provinsi bali,” *J. Sains dan Teknol. Indones. Vol.*, vol. 14, no. 3, pp. 161–166, 2013.
- [29] M. P. Bimantio, “Effect of Grain Size and Activation Time of Zeolite To Adsorption and Desorption of NH_4OH and KCl As Model of Fertilizer-Zeolite Mix,” *Konversi*, vol. 6, no. 2, pp. 21–28, 2017.
- [30] Zulfatul Hanna, A. D. Apriliani, and J. P. Sutikno, “Studi Awal Desain Pabrik Pupuk Organik Granul Dari Organic Waste,” *J. Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. F153–F156, 2015.
- [31] A. R. Rahmad, “Urea Granular Langkah Pertama Menuju Efisiensi Pemupukan,” 2007. [Online]. Available: <https://pusri.wordpress.com/2007/11/08/urea-granular-langkah-pertama-menuju-efisiensi-pemupukan/>.
- [32] Suwardi, “TEKNIK APLIKASI ZEOLIT DI BIDANG PERTANIAN SEBAGAI BAHAN PEMBENAH TANAH,” *J. Indones. Zeolites*, vol. 8, no. 1, pp. 33–38, 2009.
- [33] Suwardi, “Pemanfaatan Zeolit untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Pangan, Peternakan, dan Perikanan,” in *Seminar Teknologi Aplikasi Pertanian*, 2002.

- [34]C. Grant, “Policy aspects related to the use of enhanced-efficiency fertilizers: viewpoint of the scientific community,” in *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*, 2005, pp. 1–11.
- [35]M. P. Bimantio and A. E. Tontowi, “Konsep ABG (Academic-Business-Government) dalam Rencana Sistem Industri Berbasis Potensi Daerah Kabupaten Sleman dan Gunung Kidul,” *Teknik*, vol. 38, no. 2, pp. 113–118, 2017.