
Perancangan Mesin Granulasi Pupuk Organik

Tito Shantika¹⁾, Rija Sudirja²⁾, Eso Solihin³⁾
J Email: tshantika@gmail.com

Imtisari

Pupuk merupakan bahan penyubur tanaman yang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas hasil pertanian, salah satu jenis pupuk yang sekarang banyak dikembangkan adalah pupuk organik. pupuk dapat dibuat dalam bentuk yang beragam salah satunya dalam bentuk pelet atau butiran dengan ukuran diameter 2 mm sampai dengan 5 mm, ukuran butiran tersebut sangat berpengaruh kepada absorpsi pupuk terhadap media tanam. Pembuatan, Sehingga dibutuhkan mesin pencetak dan sekaligus dengan mesin granulasi pupuk organik untuk skala laboratorium dengan ukuran yang dapat bervariasi untuk laboratorium fakultas pertanian. Perancangan mesin ini dimulai dengan data ukuran pupuk yang akan dihasilkan serta bahan yang akan di proses menjadi butiran pupuk. Selanjutnya estimasi produktifitas mesin dengan kebutuhan mesin pencetak dan granulator untuk skala laboratorium untuk menentukan dimensi mesin pencetak dan glanularnya. Selanjutnya perancangan sistem gerak, transmisi daya dan kontrol untuk mesin pencetak dan granular, Stresss analisis dan penggunaan kapasitas motor pada mesin tersebut. Hasil perancangan didapatkan mesin pencetak pupuk dan granulasi dengan spesifikasi sebagai berikut: dimensi 110x80x122 cm, produktivitas 0,051 m³ dengan daya motor total perancangan 284 watt. Penggerak pencetak menggunakan motor AC dan gearbox dengan daya 182 watt, motor pemotong dan penggerak granulasi merupakan motor wiper 12V transmisi rantai dengan dua kecepatan.

Kata kunci : mesin granulasi, pupuk, roda geneva

1. Pendahuluan

Pupuk merupakan bahan penyubur tanaman yang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas hasil pertanian. Beberapa jenis pupuk banyak digunakan dalam pertanian, salah satu jenis pupuk yang sekarang banyak dikembangkan adalah pupuk organik. pupuk dapat dibuat dalam bentuk yang beragam salah satunya dalam bentuk pelet atau butiran dengan ukuran diameter 2 mm sampai dengan 5 mm. besarnya butiran tersebut sangat berpengaruh kepada absorpsi pupuk terhadap media tanam. Dalam penelitian lain dari fakultas pertanian diperlukan suatu mesin yang dapat membuat beberapa jenis ukuran pupuk organik sehingga diperlukan suatu mesin untuk membuat pupuk organik skala laboratorium.

Pembuatan pupuk biasanya ukuran pupuk tersebut setelah dicetak dibutuhkan mesin granulasi untuk memadatkan serta membentuk pupuk menjadi bulatan. Pembuatan ukuran bentuk pupuk ini sangat berpengaruh dari jenis mesin pembuat pupuk, sehingga bagaimana membuat mesin pencetak dan sekaligus dengan mesin granulasi untuk skala laboratorium. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah mesin pencetak sekaligus mesin granulasi pupuk organik untuk skala laboratorium.

1.1. Pupuk Organik

Terdapat beberapa jenis pupuk organik salah satunya yang dapat digunakan untuk menetralisir pencemaran tanah adalah Zeolit. Zeolit adalah salah satu jenis amelioran dan merupakan kelompok mineral aluminosilikat yang mempunyai struktur yang khas, memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (antara 120-180 me/100g) yang berguna sebagai pengadsorbsi, pengikat dan penukar kation (Suwardi, 2000). Sehubungan dengan sifat tersebut zeolit dapat digunakan sebagai penjerap unsur logam dan menyimpan unsur hara untuk sementara serta melepaskan kembali ke tanah saat tanaman memerlukannya. Zeolit ada 2 macam, yaitu zeolit alam dan sintetik. Zeolit alam pada umumnya memiliki kristalinitas yang tidak terlalu tinggi, ukuran porinya sangat tidak seragam, aktivitas katalitiknya rendah, dan mengandung banyak pengotor. Oleh karena itu, perlu diaktifasi dan dimodifikasi terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai pengembang logam aktif (Setyawan & Handoko 2003).

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika melalui kalsinasi dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaannya bertambah (Khairinal, 2000). Proses kalsinasi zeolit dikontrol, karena pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak. Proses pemanasan (kalsinasi) dilakukan pada suhu $300^{\circ}\text{C} - 375^{\circ}\text{C}$ selama 3 - 4 jam (Suwardi 2000).

Selain zeolit arang aktif juga sering digunakan sebagai penyerap (adsorben) logam. Arang aktif merupakan adsorben yang banyak digunakan dalam pengolahan limbah industri yang mengandung fenol dan senyawa turunannya. Arang aktif adalah suatu material yang memiliki pori-pori sangat banyak, pori-pori ini berfungsi untuk menyerap apa saja yang dilaluinya. Secara umum arang aktif dibuat dari tempurung kelapa dengan pemanasan suhu $600-2000^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan tinggi. Pada kondisi ini akan terbentuk rekahan-rekahan (rongga) yang sangat halus dalam jumlah sangat banyak, sehingga luas permukaan arang aktif menjadi besar.

Satu gram arang aktif umumnya memiliki luas permukaan $500-1500 \text{ m}^2$, sehingga sangat efektif dalam menyerap apa saja yang kontak langsung dengan arang aktif ini. Oleh karena itu pemanfaatan arang aktif dan zeolit sebagai campuran urea diharapkan dapat membantu mengendalikan kehilangan nitrogen dari pupuk serta meningkatkan kualitas lingkungan khususnya kandungan Pb dan Cd pada tanahselain itu juga dapat menjaga keamanan pangan dari pencemaran logam tersebut.

1.2. Mesin Granulasi

Mesin granulasi biasanya terdapat beberapa metoda, namun secara garis besar terdapat tiga jenis yaitu granulasi basah, granulasi kering dan metoda kempa langsung. Metode Granulasi Basah merupakan metode pembuatan yang paling banyak digunakan dalam memproduksi tablet kompresi. Langkah-langkah yang diperlukan dalam pembuatan tablet dengan metode ini dapat dibagi sebagai berikut: menimbang dan mencampur bahan-bahan, pembuatan granulasi basah, pengayakan granul basah, pengeringan, pengayakan granul kering, pencampuran bahan pelicin dan bahan penghancur, pembuatan tablet dengan kompresi (Ansel, 1989). Metode Granulasi Kering dimana granul dibentuk oleh penambahan bahan pengikat kering ke dalam campuran serbuk obat dengan cara memadatkan massa yang jumlahnya besar dari campuran serbuk, memecahkannya dan menjadikan pecahan-pecahan menjadi granul, penambahan bahan pelicin dan penghancur kemudian dicetak menjadi tablet. Metode ini khususnya untuk bahan-bahan yang tidak bisa diolah dengan granulasi basah, karena kepekaannya terhadap uap air atau karena untuk mengeringkannya diperlukan temperatur yang dinaikkan (Ansel, 1989). Metode Cetak Langsung merupakan yang digunakan untuk bahan yang mempunyai sifat mudah mengalir sebagaimana sifat-sifat kohesinya yang memungkinkan untuk langsung dikompresi dalam tablet tanpa memerlukan granulasi basah atau kering. Kempa langsung dapat diartikan sebagai pembuatan tablet dari bahan-bahan yang berbentuk kristal atau serbuk tanpa merubah karakter fisiknya setelah dicampur dengan ukuran tertentu(Lachman et al, 1994).

Mesin pencetak dan granulasi pupuk organik yang akan dirancang ini dibatasi hanya untuk skala laboratorium serta dengan metoda granulasi kering, ukuran diameter butiran berukuran 2 s/d 5 mm serta digunakan untuk pupuk organik sebagai mesin untuk mendukung penelitian pupuk pertanian.

1.3. Perhitungan analisa tegangan pada elemen Mesin

Diameter Poros (d)

Diameter poros untuk beban torsi dapat ditentukan dengan persamaan(Sularso,1991) yaitu

$$d_s \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau_a}} \quad (1)$$

Dimana τ adalah tegangan geser yang diijinkan yang dipengaruhi oleh faktor keamanan untuk batas kelelahan puntir (Sf_1) dan faktor keamanan karena pengaruh konsentrasi tegangan (Sf_2), dengan persamaan :

$$\tau_a = \frac{\tau_b}{Sf_1 \cdot Sf_2} \quad (2)$$

τ_b = tegangan dari bahan

Sf_1 = faktor keamanan untuk batas kelelahan puntir harganya (5,6-6)

Sf_2 = faktor keamanan karena pengaruh konsentrasi tegangan harganya 1,3s.d 3,0

Defleksi Puntir Poros(θ)

Defleksi (sudut) puntir pada poros dapat dilihat dengan persamaan dibawah ini(Sularso,1991):

$$\theta = 584 \frac{T \cdot L}{G \cdot d_s^4} \quad (3)$$

Dimana:

G = tegangan puntir baja ($8,3 \times 10^3$ kgf/mm 2)

L = jarak antara beban puntir (mm)

θ = defleksi puntiran (°)

T = torsi yang terjadi pada poros (kgf.mm)

Defleksi puntiran dapat dikatakan aman bila defleksinya tidak melebihi $0,25^\circ$ s.d $0,3^\circ$.

Menentukan putaran poros dari perbandingan roda gigi Sproket

Pada roda gigi mempunyai suatu ukuran yang disebut "modul" yaitu perbandingan antara diameter jarak bagi roda gigi dengan jumlah gigi pada roda gigi, dapat dituliskan dengan persamaan 6.5 pada buku sularso (Sularso,1991):

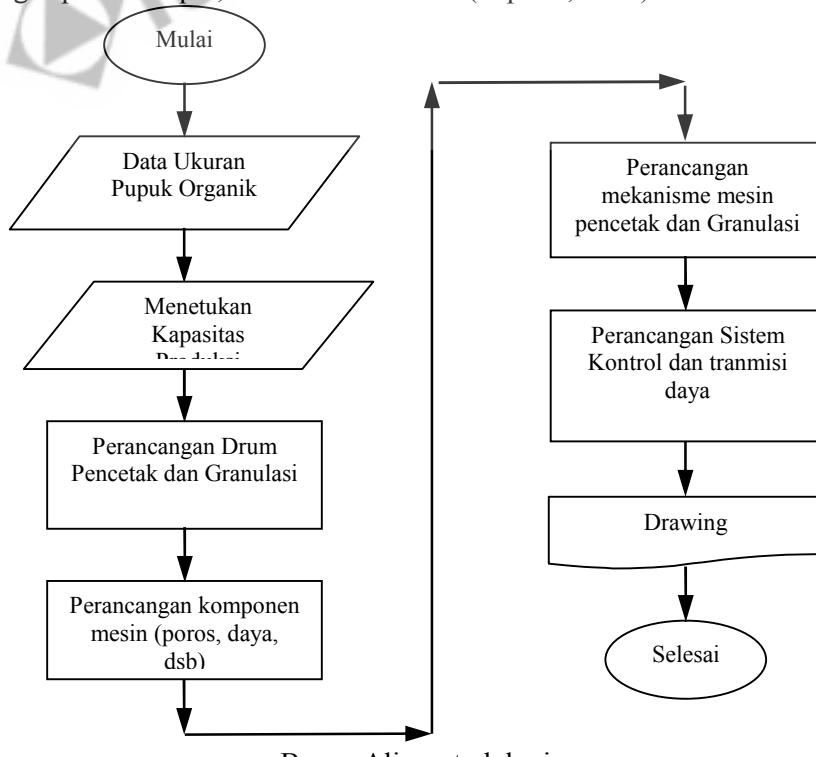
$$m = \frac{d}{Z} \quad (4)$$

Jika putaran roda gigi yang berpasangan dinyatakan dengan n (rpm) pada poros penggerak dan n_2 (rpm) pada poros yang digerakkan, diameter jarak bagi d_1 dan d_2 (mm) dan jumlah gigi Z_1 dan Z_2 , maka perbandingan putaran adalah (Sularso,1991) :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{m \cdot Z_1}{m \cdot Z_2} \quad \text{Jika } m_1 = m_2, \text{ maka persamaan diatas menjadi } \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

1.4. Motor Listrik

Motor listrik merupakan penggerak yang banyak digunakan dalam mesin industri. Dalam perancangan mesin granulasi ini akan digunakan motor listrik yang banyak dipasaran. Salah satunya adalah motor wiper kendaraan bermotor. Motor ini merupakan motor DC sehingga dapat mudah diatur kecepatannya. Pengaturan kecepatan motor telah banyak digunakan salah satunya dengan PWM (Pulse Wave Modulation). Spesifikasi motor wiper yang digunakan adalah DC: 12V, Low speed: 45rpm, High speed: 60 rpm, Power: 40W-180W (Saputra, 2012).



2. Metodologi

Perancangan mesin ini dimulai dengan data ukuran pupuk yang akan dihasilkan serta bahan yang akan di proses menjadi butiran pupuk yaitu diameter 2 mm sampai dengan 5 mm. Selanjutnya estimasi produktifitas mesin untuk sekala laboratorium, sehingga didapatkan dimensi pencetak dan mesin granular. Kemudian setelah didapatkan dimensi untuk pencetak dan granular dilakukan perancangan geometri dimensi mesin yang sesuai dengan kapasitas produksi tersebut. Tahap selanjutnya perancangan sistem gerak, transmisi daya dan kontrol untuk mesin pencetak dan granular, Stresss analisis dan penggunaan kapasitas motor pada mesin tersebut

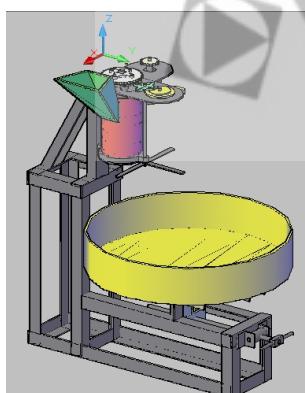
3. Hasil dan Pembahasan

A. Perancangan Mekanisme Mesin Pencetak dan Granulasi

Pada Perancangan Mesin pencetak dan granulasi untuk pupuk organik diperlukan suatu mekanisme mesin yang dapat mencetak sekaligus membuat granulasi pupuk. Cara mengumpulkan material mesin cetak pupuk yang digunakan hampir sama dengan mesin pembuat pelet yang sudah ada yaitu berupa screw yang digerakkan oleh motor listrik dengan kecepatan rendah yaitu 84 rpm yang merupakan jenis motor AC serta gearbox dengan daya 187 watt dan pisau pemotong bagian pengeluaran pupuk.

Pada mekanisme pemotongan diperlukan ukuran yang tepat sesuai dengan yang dirancang. Besar dan panjang produk tergantung kepada timing pemotong dan kecepatan alir pada poros screw. Sehingga pada mekanisme pemotong kami menggunakan mekanisme geneva yang diputarkan oleh motor tersendiri. Motor tersebut dapat diatur kecepatannya sehingga panjang produk yang dihasilkan dapat ditentukan sesuai dengan kecepatan motor geneva.

Mekanisme granulasi yang dirancang yaitu jenis kering sehingga yang mekanisme yang diperlukan berupa piringan yang dapat berputar pada kondisi kemiringan tertentu. Kemiringan pada mekanisme mesin granulasi dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat bekerja pada jenis pupuk yang berbeda. Motor pada piringan mesin granulasi dibuat tersendiri karena berkaitan dengan pengaturan kemiringan sehingga dapat disesuaikan dengan mudah. Untuk mencapai kecepatan yang relatif kecil yaitu 22-30 rpm maka diperlukan transmisi rantai dengan perbandingan putaran sama dengan 2. Mekanisme mesin pencetak dan granulasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



No	Komponen	No	Komponen
1	Frame	11	Pilow Block Screw Penekan
2	Drum Screw	12	Bearing Piringan Granular
3	Screw Penekan	13	Poros Pengatur Kemiringan
4	Roda Geneva	14	Handle Pengatur Kemiringan
5	Poros Roda Geneva	15	Sproket dan rantai Set Screw
6	Pisau Pemotong	16	Piringan Cetakan
7	Piringan Granular	17	Motor DC 12 Volt
8	Poros Piringan Granular	18	Motor AC 184 Watt
9	Sproket dan Rantai Set	19	Sproket dan Rantai Set
10	piringan Glanular		Geneva
10	Hoper		

Gambar. 1 Desain Mesin Granulasi Pupuk Organik

Kapasitas mesin granulasi pupuk diharapkan minimal sebanyak 0,5 kg/menit sehingga dapat mencukupi dalam proses penelitian pupuk. Setelah mengoptimasi dimensi screw maka didapatkan kapasitas sebesar 0,77 kg/menit, dimana diameter 160 mm, panjang 290 mm dengan kecepatan putar 46 rpm dan pitch 42 mm, sehingga cukup dekat dengan yang ditargetkan.

B. Perancangan komponen mesin

Perancangan komponen mesin Granulasi terdiri dari komponen yang di manufaktur dan untuk komponen standar yang tidak dibuat. Komponen yang di manufaktur seperti: Frame, Drum Screw, Screw Penekan, Roda Geneva, Poros Roda Geneva, Pisau Pemotong, Piringan Granular, Poros Piringan Granular, Piringan Cetakan, Pilow Block Screw Penekan, Poros Pengatur Kemiringan, Handle Pengatur

Kemiringan. Komponen yang tidak dibuat adalah Bearing dan Pilow block untuk semua poros pada mesin, sproket dan rantai untuk screw, roda geneva dan piringan Glanular. Dengan menggunakan material baja komersial dengan tegangan ijin bahan sebesar 180 MPa, maka hasil perhitungan didapatkan dimensi-dimensi seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel. 1 Parameter Hasil perancangan

Deskripsi	Satuan	Poros Screw	Poros Granulasi	Poros Geneva
Daya motor	watt	182	52	52
Kecepatan Putar 1 (max)	rpm	84	60	60
Kecepatan Putar 2 (min)	rpm	-	45	45
gear Ratio		1.8	2	4,9
Putaran Poros	rpm	46.6	30	9.184
Diameter Poros	mm	42	40	12
Panjang Poros	mm	355	74	320
Torsi Poros	Nm	19.57	0.195	0.479
Defleksi Sudut	derajat	$6,5 \cdot 10^6$	10^9	$2,16 \cdot 10^6$

C. Perancangan Sistem Kontrol

Mesin granulasi dan pencetak terdiri dari tiga sumber energi gerak yaitu 1 penggerak motor AC 1 phase 184 watt yang merupakan motor crane sehingga didalamnya telah dilengkapi oleh gearbox, 2 motor wiper DC 12 volt. Spesifikasi motor wiper yang digunakan adalah DC: 12V, Low speed: 45rpm, High speed: 60 rpm, Power: 40W-180W (Saputra, 2012). Komponen- komponen pada mesin ini diantaranya: screw penekan, casing, transmisi rantai screw, rangka/frame, poros geneva, roda geneva, pisau pemotong, piringan cetakan diameter 2 s/d 5 mm, piringan granulasi, poros granulasi, transmisi rantai dengan kopling friwil, 4 buah pilowblock, 1 buah transformator 10 Ampere, 2 dioda penyearah, fuse dan 4 buah swich dan modul control kecepatan. pada perancangan gerak mesin pencetak granulasi direncanakan dengan biaya yang rendah sehingga hanya kecepatan pada pemotong yang dapat dirubah kecepatannya. Kecepatan pada motor AC yang menggerakkan screw adalah tetap sebesar 84 rpm, kecepatan putar granulasi ada dua kecepatan yaitu 22 rpm dan 30 rpm, hal tersebut karena kecepatan motor yang digunakan adalah 2 kecepatan.

Dari hasil perancangan didapatkan mesin pencetak pupuk dan granulasi dengan spesifikasi sebagai berikut: dimensi 110x80x122 cm, produktivitas $0,051 \text{ m}^3$ dengan daya perancangan 284 watt. Penggerak pencetak menggunakan motor AC dan gearbox dengan daya 182 watt, motor pemotong merupakan motor wiper 12V dan penggerak granulasi menggunakan motor wiper 12V dengan transmisi rantai.

D. Pembuatan Mesin Glanulasi

Dari hasil perancangan mesin granulasi kemudian dibuat seperti pada gambar. Namun terdapat perbedaan layout motor screw antara hasil perancangan dengan hasil pembuatan, hal ini dikarenakan pembautan screw terbalik arah ulir yang dirakit sehingga supaya sesuai putaran poros dengan screw maka motor penempatannya menjadi diatas. Hal tersebut tidak mengubah fungsi dari kinerja mesin tersebut.



Gambar. 2 Mesin Granulasi pupuk Organik

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan didapatkan mesin pencetak pupuk dan granulasi dengan spesifikasi sebagai berikut: dimensi 110x80x122 cm, produktivitas $0,051 \text{ m}^3$ dengan daya motor total perancangan 284 watt. Penggerak pencetak menggunakan motor AC dan gearbox dengan daya 182 watt, motor pemotong dan penggerak granulasi menggunakan motor wiper 12V dengan transmisi rantai dengan dua kecepatan.

