

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ampas tahu

Ampas tahu adalah limbah padat hasil industri pabrik tahu dari sisa pengolahan kedelai menjadi tahu. Kandungan protein, karbohidrat dan mineral yang tinggi pada ampas tahu dapat dipergunakan kembali menjadi suatu produk yang berguna. Kandungan mineral yang terkandung dalam ampas tahu sangat bermanfaat bagi unsur hara tanaman. Ampas tahu dapat dimanfaatkan kembali sebagai pakan ternak, pupuk dan tempe gembus (Efendi dan Sitanggang, 2015). Ampas tahu mengandung beberapa mineral dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Mineral pada Ampas Tahu (mg/100 g)

Komposisi	Jumlah
Protein (g)	5,6
Lemak (g)	2,1
Karbohidrat (g)	8,1
Kalsium (mg)	460,0
Besi (mg)	1,0
Air (g)	84,1
Nitrogen (N)	1,24 %
P ₂ O ₅ (fosfor)	5,54 ppm
K ₂ O (kalium)	1,34 %

(Sumber : Arbaiyah, 2003; Asmoro dkk, 2008)

Berdasarkan kandungan tersebut ampas tahu dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk meningkatkan kesuburan tanah. Kandungan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), C organik dan magnesium (Mg) sangat diperlukan oleh tanaman. Kandungan ampas tahu dapat berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah. Ampas tahu yang mengandung protein dan karbohidrat tinggi dapat menjadi pupuk organik (Mangimba, 1993).

Bahan kompos pada penelitian ini digunakan dosis 400 gram ampas tahu sebagai dasar pengomposan. Menurut Lestari (2016), pupuk kompos ampas tahu dengan dosis 300 gram dapat memberikan hasil terbaik pada pertumbuhan dan produksi tanaman bayam merah. Kandungan kompos ampas tahu dapat menyuburkan tanaman karena mengandung unsur N, P, K, Ca, Mg dan Fe. Respon tanaman yang diberikan memiliki tinggi tanaman, jumlah daun dan berat bobot tanaman yang optimal untuk pertumbuhan.

B. Serabut Kelapa

Serabut kelapa adalah limbah dari sisa buah kelapa pada bagian luar yang membungkus tempurung kelapa. Serabut kelapa dalam sebuah kelapa mengandung 35% serabut kelapa dari keseluruhan berat kelapa. Serabut kelapa mengandung gabus (*pitch*) dan serat (*fiber*) sehingga dapat menghubungkan serat dengan serat yang lain (Carrijo dkk, 2002). Serabut kelapa yang berumur tua dapat menyerap air dengan efektif daripada serabut kelapa berusia muda (Sudomo, 2012).

Serabut kelapa memiliki kandungan unsur hara yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Penambahan serabut kelapa dapat meningkatkan kesuburan dan memperbaiki fisik tanah. Serabut kelapa dapat meningkatkan porositas tanah karena mengandung bahan organik. Menurut Wahyudi dkk (2008), dalam penelitian Sarwono (2001), serabut kelapa mengandung unsur hara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Unsur Hara Serabut Kelapa (*Cocos nucifera*)

Komposisi	Jumlah
Nitrogen	0,28 %
Fosfor	0 ppm
Kalium	6,726 ppm
Kalsium	140 ppm
Magnesium	170 ppm
Natrium	92 ppm
Sulfur	0 ppm
Cuprum	6 ppm
Besi	159 ppm
Mangan	3 ppm
Zinc	4 ppm

Serabut kelapa dapat memperbaiki sifat kimia tanah kejenuhan basa, kapasitas tukar kation (KTK) dan sifat fisik yaitu kerapatan lindak dan testur tanah (Ilat dkk, 2002). Kapasitas tukar kation (KTK) yang dimiliki serabut kelapa paling baik yaitu 96,74/100 gram. Semakin besar nilai KTK, semakin tinggi kemampuan serabut kelapa menahan kation. Serabut kelapa merupakan *buffer* (penyanggah) perubahan pH (Matana, 2006).

C. *Rock phosphate*

Rock phosphate adalah fosfat alam yang terbentuk dari proses geokimia secara alami atau deposit batuan fosfat. Batuan fosfat dapat ditemukan di alam dalam bentuk batuan endapan, batuan metamorfik, batuan beku dan guano. Batuan fosfat dari batuan beku digunakan industri pupuk fosfat sebagai bahan baku. Batuan fosfat dari batuan endapan dapat langsung digunakan sebagai pupuk (Hartatik, 2011).

Rock phosphate kandungan unsur P sekitar 1- 38% P_2O_5 . Batuan fosfat alam mengandung unsur utama yaitu P, Al, Ca dan Fe. Unsur utama tersebut dapat dimanfaatkan tanaman untuk tumbuh. Batuan fosfat alam memiliki unsur

lain yaitu B, Mo, Zn, S, Cu, Mg dan Ca yang tinggi dari pada pupuk buatan. Kelebihan fosfat alam memiliki efek residu jangka panjang atau bersifat *slow release* sehingga unsur hara dapat digunakan sampai musim berikutnya (Balai penelitian tanah, 2009).

D. Unsur Hara

Menurut Budiana (2007), unsur hara terbagi menjadi unsur hara makro dan unsur hara mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Unsur hara makro yaitu sulfur (S), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), Kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Unsur hara mikro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit. Unsur hara mikro yaitu besi (Fe), tembaga (Cu), boron (Bo), seng (Zn), mangan (Mn), molybdenum (Mo) dan Klor (Cl).

Unsur hara yang akan diujikan dalam penelitian ini adalah N, P, K, Fe, Mg dan Ca. Menurut Brady dan Weil (2002), nitrogen (N) adalah unsur hara yang penting dalam proses pembentukan protein, klorofil, protoplasma, asam nukleat, perkembangan dan pertumbuhan jaringan hidup tanaman. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) atau ion amonium (NH_4^+). Menurut Redaksi PS (2008), gejala kekurangan unsur hara nitrogen yaitu daun menguning dan jaringan tanaman mengering.

Menurut Barker dan Pilbeam (2007), fosfor (P) diserap oleh tanaman dalam bentuk ion H_2PO_4^- dan ion HPO_4^- diserap sebagian kecil. Menurut Gardner dkk (2008), fosfor (P) berfungsi sebagai penyusun senyawa untuk

transfer ATP, sistem informasi genetika (DNA dan RNA) dan membran sel. Menurut Redaksi PS (2008), fungsi fosfor (P) adalah mempercepat proses pembentukan bunga, menguatkan batang dan berperan pembelahan sel tanaman. Gejala kekurangan unsur hara fosfor yaitu daun berubah warna menjadi kemerah-merahan, buah kecil dan cepat matang.

Menurut Sjojfan dan Idwar (2009), ketersediaan unsur hara kalium dapat meningkatkan konsentrasi K^+ pada daun dan mempengaruhi proses membukanya stomata, penambahan CO_2 dan fotosintesis. Menurut Redaksi PS (2008), fungsi kalium (K) adalah membantu transportasi hasil fotosintesis, meningkatkan daya tahan terhadap kekeringan, membantu perkembangan akar dan bunga. Gejala kekurangan unsur hara kalium yaitu daun menjadi menyebabkan daun mati, keriting dan tampak bercak-bercak merah.

Menurut Tuteja dan Mahajan (2007), unsur kalsium dan magnesium adalah hara makro sekunder. Unsur hara kalsium berfungsi sebagai pertumbuhan dan perkembangan pada akar dan tunas. Menurut Redaksi PS (2008), gejala kekurangan unsur hara kalsium adalah terjadi klorosis pada daun yang muda dan pertumbuhan pucuk (titik tumbuh) mati. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002), unsur magnesium diserap tanaman dalam bentuk ion Mg^{++} yang berfungsi untuk penyusun klorofil. Unsur magnesium memiliki peranan untuk mengaktifkan enzim yang berkaitan dengan metabolisme karbohidrat, enzim pernafasan dan bekerja sebagai katalisator. Menurut Redaksi PS (2008), kekurangan unsur magnesium yaitu terjadi klorosis pada daun tua dan terdapat bercak-bercak coklat di daun.

Menurut Arwida (2008), unsur besi berfungsi sebagai metabolisme protein dan asam amino serta katalisator terbentuknya klorofil. Unsur besi berperan membantu proses fotosintesis dan respirasi. Kekurangan unsur besi pada tanaman dapat menyebabkan daun muda mengering dan ukuran daun mengecil.

E. Pupuk Kompos

Menurut Murbandono (2010), kompos adalah bahan organik yang telah mengalami proses fermentasi atau dekomposisi karena adanya interaksi dengan mikroorganisme pengurai. Bahan organik dapat berasal dari daun, rumput, jerami, limbah rumah tangga, kotoran hewan dan sisa ranting. Kompos dapat terjadi secara alami lewat proses alamiah sehingga proses tersebut berlangsung lama. Oleh karena itu, diperlukan bantuan manusia untuk mempercepat proses dekomposisi organik. Proses dekomposisi bahan organik dapat dipercepat dengan adanya penambahan mikroorganisme pengurai sehingga dapat menghasilkan pupuk kompos.

Menurut Indriani (2011), bahan organik tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman karena perbandingan C/N dalam bahan relatif tinggi dengan C/N tanah. Nilai C/N adalah hasil perbandingan antara karbohidrat dan nitrogen. Nilai C/N tanah adalah sekitar 10 sampai 12 jika nilai bahan organik memiliki kandungan C/N mendekati atau sama dengan C/N tanah maka bahan tersebut dapat diserap tanaman. Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N ratio bahan organik hingga sama dengan C/N tanah (< 20). Semakin tinggi C/N bahan tersebut proses pengomposan akan semakin lama

maka nilai C/N harus diturunkan. Proses pengomposan terjadi perubahan untuk menghilangkan kadar karbohidrat dan meningkatkan senyawa N yang larut (amonia) sehingga semakin rendah C/N dan relatif stabil mendekati C/N tanah.

Menurut Sutanto (2002), proses pengomposan dapat terjadi pada kondisi aerobik dan anaerobik. Pada pengomposan aerobik terjadi dalam keadaan dengan O₂, sedangkan pengomposan anaerobik terjadi tanpa O₂. Pada proses pengomposan aerobik akan menghasilkan CO₂, air dan panas. Pada proses pengomposan anaerobik akan menghasilkan metana (alkohol), CO₂, dan senyawa antara seperti asam organik.

F. Proses Mikrobiologi

Menurut Sutanto (2002), proses pengomposan terjadi perubahan secara kuantitatif dan kualitatif. Pada tahap awal terjadi perubahan lingkungan sehingga beberapa spesies flora aktif, dalam waktu cepat semakin berkembang dan mikroorganisme yang ada membantu dalam proses pengomposan. Pada minggu kedua dan ketiga, bakteri sebanyak 10⁶-10⁷ membantu dalam proses pengomposan, bakteri amonifikasi (10⁴), proteolitik (10⁴) dan bakteri penambat nitrogen (10³). Pada hari ke tujuh kelompok mikroba bertambah banyak sampai hari ke- 14 terjadi penurunan mikroba. Selama minggu ke empat terjadi kenaikan jumlah mikroba. Mikroorganisme yang membantu proses pengomposan adalah mikroorganisme selulopatik, lignolitik dan fungi.

Menurut Sutanto (2002), pengomposan aerob terjadi kurang lebih 2/3 unsur karbon (C) menguap menjadi CO₂ dan sisanya 1/3 bagian bereaksi dengan nitrogen dalam sel hidup. Proses pengomposan aerob tidak tercium

bau busuk. Proses pengomposan berlangsung terjadi reaksi eksotermik akan menimbulkan panas dari pelepasan energi. Kenaikan suhu dari bahan organik akan menghasilkan suhu yang menguntungkan bagi mikroorganisme termofilik. Suhu panas yang tinggi sebesar 65°C sampai 70°C dapat menurunkan aktifitas mikroorganisme. Kelompok dan organisme yang membantu proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelompok dan Organisme yang Membantu Pengomposan

Kelompok	Organisme	Jumlah/g kompos lembap
Mikroflora	Bakteri	10^8 - 10^9
	Aktinomisetes	10^5 - 10^8
	Fungi	10^4 - 10^8
Mikrofauna	Protozoa	10^4 - 10^5
Makrofauna	Fungi	
Makrofauna	Cacing tanah, rayap, semut, kumbang, dll.	

Menurut Sutanto (2002), pengomposan anaerob adalah perombakan bahan organik pada kondisi tanpa oksigen. Bakteri fakultatif mengurai bahan organik menjadi asam lemak, aldehida dan lain-lain. Bakteri lain mengubah asam lemak menjadi metan, amoniak, CO₂ dan hidrogen.

G. Tahapan Proses Pengomposan

Menurut Sutanto (2002), tahapan proses pengomposan menjadi tiga tahapan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tahap Pengomposan

Tahapan	Pematangan bahan	Produk	Kategori pematangan
1. Tahapan dekomposisi dan sanitasi	Pramatang / dekomposisi intensif	Kompos segar	II
2. Tahap konversi	Pematangan utama	Kompos segar	III
3. Tahap sintetik	Pasca pematangan	Kompos matang	IV, V

Menurut Sutanto (2002), pada tahap dekomposisi dihasilkan suhu tinggi dalam waktu cepat dan bahan organik yang mudah terurai menjadi senyawa lain. Tahap pematangan utama dan pasca pematangan bahan yang sulit terdekomposisi menjadi terurai dan terbentuk ikatan kompleks lempung humus. Produk dihasilkan menjadi kompos matang.

Menurut Sutanto (2002), pada tahap pematangan utama, bahan yang sulit terurai pada tahapan sebelumnya pada tahap ini dapat terdekomposisi. Suhu yang tinggi terjadi dalam waktu cepat setelah memasuki tahap konversi karena perbaikan proses dekomposisi melalui pencampuran. Suhu menjadi turun menjadi 30°C sampai 40°C . Tahap konversi berlangsung panjang proses dekomposisi sehingga tidak dapat ditentukan secara pasti berdasarkan waktu.

Menurut Sutanto (2002), pada tahap pasca pematangan kompos terbentuk kompleks lempung humus. Pasca pematangan dicirikan suhu rendah daripada tahap dekomposisi utama. Selama suhu kompos rendah, populasi organisme dan cacing akan membantu pencampuran kandungan mineral dan organik. Semakin matang kompos maka komposisi hara kompos untuk tanaman menjadi turun dan dikarakterisasikan sebagai perbaikan sifat fisik tanah.

H. Faktor Pengomposan

Menurut Sutanto (2002), faktor yang mempengaruhi proses pengomposan berlangsung yaitu :

1. Kelembapan

Kandungan air yang optimum paling sedikit 50 % sampai 60 % karena mikroorganisme dapat menyerap makanan dalam bentuk larutan. Terjadi

kondisi lembap akan mengakibatkan kelengasan meningkat tinggi karena terdapat kandungan air. Bahan kompos yang kering dan pembalikan kompos selama proses dekomposisi berlangsung akan mempengaruhi pertukaran gas dan menekan kandungan air.

2. Sirkulasi udara atau aerasi

Oksigen sangat dibutuhkan mikroorganisme aerob dalam proses dekomposisi sebagai dipengaruhi oleh ukuran dan struktur bahan kompos. Ketinggian timbunan bahan kompos selama pengomposan dapat mempengaruhi tekanan berat bahan dasar kompos dan mempengaruhi pasokan oksigen.

3. Penghalusan dan pencampuran bahan

Penghalusan bahan menghasilkan ukuran partikel yang seragam dan pencampuran kompos lebih homogen. Pencampuran bahan yang tidak seragam dapat mempengaruhi tingkat kematangan pengomposan tidak merata.

4. Nisbah Karbon (Nisbah C/N)

Karbon dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber energi dan nitrogen untuk membentuk protein. Bahan dasar kompos memiliki nisbah C/N 20:1 sampai 35:1 untuk proses pengomposan. Jika ketersediaan karbon terbatas maka mikroorganisme tidak memiliki sumber energi yang cukup untuk mengikat seluruh nitrogen bebas. Selama proses pengomposan berlangsung nisbah C/N turun sampai mendekati 12 maka pupuk kompos sudah matang.

5. Nilai pH

pH optimum pengomposan antara 5,5 sampai 8,0. Pada kondisi pH netral bakteri dapat bekerja optimal sedangkan pH agak asam fungi dapat berkembang dengan baik. Pada variasi pH yang ekstrim bertanda adanya masalah dalam proses pengomposan.

6. Suhu

Suhu timbunan bahan yang mengalami dekomposisi akan meningkat sebagai hasil biologi. Pembalikan dilakukan secara teratur sehingga bahan kompos memiliki suhu yang merata atau sama. pembalikan menyebabkan kehidupan mikroorganisme menekan kemungkinan terjadi kondisi anaerob pada timbunan kompos.

I. Metode Pengomposan

Menurut Sutanto (2002), beberapa metode pengomposan dapat dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Metode Indore

Prinsip dasar pengomposan metode Indore dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Cara penimbunan

Bahan dasar yang digunakan adalah campuran sisa tanaman, kotoran ternak, urine ternak dan abu bakaran disusun secara bertingkat. Bahan ditimbun secara berlapis setebal 10 sampai 25 cm. Bagian atas ditaburi dengan kotoran ternak untuk mengaktifkan proses pengomposan.

Campuran pupuk kandang, urine ternak dan abu bakaran ditabur dibagian atas. Pengadukan dan pembalikan dilakukan setelah 15, 30 dan 60 hari. Setelah 3 bulan kompos sudah dapat dimanfaatkan.

b. Cara lubang galian

Pengomposan dengan metode ini dilakukan pada lubang galian dengan ukuran lebar 150 sampai 200 cm dan kedalaman 80 sampai 100 cm. Bahan dasar yang mudah terdekomposisi berupa daun legum, gulma air dan lain-lain disebar secara merata dalam lubang galian. Bahan kompos disusun secara berlapis berupa kotoran ternak, tanah yang terkena urine ternak dan inokulan yang berasal dari proses pengomposan yang sudah matang dimasukkan ke dalam lubang galian. Pembalikan dilakukan tiga kali selama proses pengomposan berlangsung yaitu 15, 30 dan 60 hari. Pembalikan dilakukan pengadukan dan disiram untuk menjaga kompos tetap lembap.

2. Metode *heap*

Pembuatan kompos dilakukan menimbun bahan yang dikomposkan di atas permukaan tanah. Timbunan dibuat dengan ukuran lebar 2 meter, tinggi 1,5 meter dan panjang 2 meter. Bagian dasar bahan dari organik dengan ketebalan 20 cm. Bagian atas

bahan berupa rumput, gulma, pupuk kandang kering atau limbah cair. Timbunan ditutup dengan jerami, plastik atau tanah.

3. Metode *Berkeley*

Pengomposan dengan metode ini menggunakan bahan dasar campuran dua bagian dari organik yang kaya selulosa dan satu bahan organik yang kaya nitrogen. Bahan disusun secara berlapis dengan ukuran 2,4 x 2,2 x 1,5 meter. Selama 2 sampai 3 hari proses berjalan timbunan bahan kompos dibalik. Pembalikan dilakukan pada hari ke 7 dan ke 10. Proses pengomposan ini berlangsung cepat hanya sekitar 2 minggu.

J. Karakteristik Kompos

Kematangan kompos sampah organik pasar, ampas tahu dan rumen sapi dengan EM4 memiliki lama pengomposan selama 19 hari. Pengomposan dengan bioaktivator EM4 dilakukan secara anaerob dengan menggunakan wadah toples. Pada perlakuan 70% sampah pasar, 10% ampas tahu dan 20% rumen sapi memiliki kandungan N, P, K dan C-organik yang sesuai SNI 19-7030-2004 (Dewilda dan Darfyolauda, 2017).

Menurut Dewilda dan Darfyolauda (2017), karakteristik kompos yang telah selesai proses pengomposan yaitu :

1. Warna kompos coklat tua atau menyerupai tanah.
2. Temperatur yaitu kurang dari atau sama dengan 30°C.
3. Memiliki pH netral (6,8 sampai 7,49).
4. Tekstur dan bau menyerupai tanah.

Menurut Badan Standar Nasional (2004), standar kualitas kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Standar Kualitas Kompos

No	Parameter	Satuan	Standar mutu	
			Minimum	Maksimum
1.	Kadar air	%	-	50
2.	Temperatur	°C	-	Suhu air tanah
3.	Warna			kehitaman
4.	Bau			Berbau tanah
5.	C-Organik	%	9,80	32
6.	Nitrogen	%	0,40	-
7.	Phosfor	%	0,10	-
8.	C/N rasio		10	20
9.	Kalium	%	0,20	*
10.	Kalsium	%	*	25,50
11.	Magnesium	%	*	0,60
12.	Besi	%	*	2,00

Keterangan : * nilai lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum.

K. Hipotesis

Kompos dengan bahan dasar campuran ampas tahu, serabut kelapa dan *rock phosphate* memiliki kandungan hara sesuai standar kompos SNI yaitu kompos dengan komposisi 400 gram ampas tahu, 130 gram serabut kelapa dan 20 gram *rock phosphate*.