

PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG TULANG AYAM DAN AMPAS TAHU TERHADAP KANDUNGAN NUTRISI DAN KUALITAS KOMPOS PELEPAH DAUN SALAK

Oleh:

Susanto Ady Nugroho, Ir. Mulyono M.P., Ir. Agung Astuti, M.Si.
Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian UMY

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding tofu dreg and chicken bone flour to the content of nutrients and compost quality of leaf midribs salak and to obtain a comparison between tofu dregs and chicken bone flour that can increase the nutrient content and quality of the compost of leaf midribs salak.

The research was conducted at Green House Faculty of Agriculture University of Muhammadiyah Yogyakarta. The experiment was designed with complete randomized design (RAL) with single factor treatment design that is the balance of tofu dreg and chicken bone flour consisting of four treatments, that is comparison 4:0:20, comparison 3:1:20, 2:2:20 and comparison 0:0:20 (control).

The results showed that the addition of additive of tofu dreg and chicken bone flour with a comparison 3:1:20 produced compost was in accordance with standards of SNI that is C/N 17,31, N 1,13%, P 3,15%, K 2,97%, organic matter 32,87 dan C organic 19,06%.

Key word: Compost, leaf midribs salak, tofu dreg and chicken bone flour.

I. PENDAHULUAN

Proses pemangkasan pelepah daun salak sebagai kegiatan perawatan tanaman salak telah menghasilkan limbah pertanian berupa pelepah daun yang jarang dimanfaatkan. Menurut data Badan Statistika (BPS) Kabupaten Sleman (2014), setidaknya terdapat 4.653.790 rumpun tanaman salak produktif yang dibudidayakan di seluruh Kabupaten Sleman. Menurut Adi (2008), dalam proses pemangkasan dilakukan pemangkasan 2-3 pelepah daun salak/tanaman, sedangkan menurut Kemalasari dan Widiyorini (2015), bobot untuk setiap 3 pelepah daun salak mencapai 0,5-1 kg. Sehingga apabila dalam 1 rumpun terdapat 5 tanaman salak, maka pelepah salak yang dihasilkan dari pemangkasan 4.653.790 rumpun menghasilkan pelepah salak sebanyak 7.756.317 kg/pemangkasan. salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan pelepah daun salak menjadi kompos atau pupuk organik. Permasalahan yang terjadi adalah pelepah daun salak memiliki kandungan lignin dan selulosa yang tinggi sehingga membutuhkan waktu enam sampai delapan bulan untuk dapat menjadi pupuk kompos.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pitoyo (2016), penambahan aktivator *Effective Microorganism 4* (EM4) dan tetes tebu (molase) dapat mempercepat pengomposan menjadi 4 minggu. Pengomposan pelepah daun salak sebanyak 10 kg yang diberi aktivator berupa EM4 sebanyak 10 ml mengandung air 15,92%, C 27,1%, BO 47,72%, C/N 13,27%. Sebagai upaya meningkatkan kandungan nutrisi pada

kompos pelepah daun salak, perlu ditambahkan bahan tambahan atau bahan aditif dalam proses pengomposan pelepah daun salak. Bahan yang dapat digunakan untuk peningkatan kandungan N, P dan K pada kompos adalah ampas tahu dan tepung tulang ayam. Menurut Tillman dkk., (1998), menyatakan bahwa kandungan N (Nitrogen) pada ampas tahu rata-rata sebanyak 16% dari protein yang terkandung di dalam ampas tahu. Berdasarkan penelitian Tarigan (2010), tepung tulang mengandung unsur hara N sebesar 10% dengan P 2,1% dan K sebesar 1%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rina (2013), penambahan tulang ayam berpengaruh terhadap peningkatan kadar N, P dan K pada pupuk organik cair industri limbah tahu. Peningkatannya adalah kadar N dari 742 ppm menjadi 1380 atau sebesar 0,138%. Kadar P dari 2 ppm menjadi 910 ppm atau 0,091%, dan kadar K dari 80 ppm menjadi 840 ppm atau 0,084%. Sedangkan berdasarkan komunikasi pribadi dengan Mulyono (2017), penambahan ampas tahu 10% dan tepung tulang 10% (2:2:20) terhadap pengomposan pelepah kelapa sawit menghasilkan kompos dengan kadar C 18,11%, N total 1,63%, Bahan Organik 31,22%, C/N rasio 11,31 dan kadar lengas 16,78%. Diduga penambahan bahan aditif dengan perbandingan 3:1:20 dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan kualitas kompos pelepah salak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan ampas tahu dan tepung tulang ayam terhadap kandungan nutrisi dan kualitas kompos pelepah daun salak dan Mendapatkan perbandingan antara ampas tahu dan tepung tulang ayam yang dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan kualitas kompos pelepah salak.

II. TATA CARA PENELITIAN

Bahan yang dibutuhkan adalah pelepah salak, ampas tahu dan tepung tulang ayam, Effective Microorganism 4 (EM4). **Alat** yang digunakan adalah mesin pencacah kompos, parang, terpal, thermometer, pH meter, timbangan, ember, kertas label, alat tulis, garu, sekop, saringan ukuran 10 mm, saringan ukuran 5 mm dan 2 mm.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan rancangan perlakuan faktor tunggal yaitu perbandingan ampas tahu, tepung tulang ayam dan pelepah daun salak, terdiri dari 4 jenis perlakuan yaitu: (A) perbandingan 4:0:20, (B) perbandingan 3:1:20, (C) perbandingan 2:2:20 dan (D) perbandingan 0:0:20. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga akan didapatkan 12 unit percobaan. Setiap unit diambil 3 sampel: atas, tengah dan bawah.

Penelitian dimulai dengan pengumpulan pelepah daun salak yang masih segar, ampas tahu yang diambil dari industri pembuatan tahu dan tepung tulang ayam yang dikumpulkan dari rumah makan. Selanjutnya pelepah daun salak dicacah dengan alat pencacah dan tulang ayam dihaluskan dengan alat penepung. Setelah selesai, bahan dilakukan pencampuran sesuai perlakuan yang disusun yaitu (A); 4:0:20, (B); 3:1:20, (C); 2:2:20, (D); Perlakuan 0:0:20 (kontrol). Selanjutnya ditambahkan molase sebanyak 25 ml + air 5 liter pada semua perlakuan. Bahan yang telah tercampur dimasukkan kedalam karung yang telah diberi label untuk disusun sesuai *lay out*. Pembalikan kompos dilakukan apabila suhu pada kompos melebihi suhu 60°C. Pemanenan kompos dilakukan pada saat kompos telah memenuhi kriteria kompos matang yaitu kompos tidak berbau menyengat, saat dikepal akan menggumpal dan tidak mengeluarkan air, warna kompos telah coklat kehitaman.

Variabel pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengamatan fisik: **suhu**, parameter ini diamati setiap hari pada minggu 1 pengomposan dan setiap 7

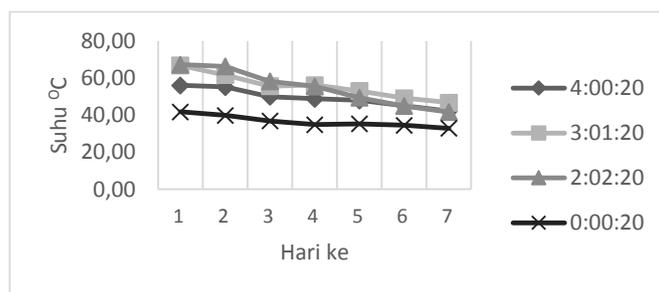
hari setelahnya menggunakan termometer dengan 3 ulangan (atas, tengah dan bawah). **Warna kompos**, parameter ini diamati setiap 7 hari sekali dengan mengambil sampel dan dicocokkan dengan buku *munsell soil color chart*. **Aroma kompos**, parameter ini diamati setiap 7 hari sekali dengan cara mencium aroma pada kompos dan skoring pada kompos jadi. **Ukuran partikel**, pengamatan dilakukan di akhir pengomposan atau saat kompos sudah jadi dengan pengayakan dengan ayakan 10 mm, 5 mm dan 2 mm. **Kadar air**, pengamatan ini dilakukan 7 hari sekali dengan mengambil sampel kompos dan dioven dan ditimbang untuk nantinya dimasukan ke rumus perhitungan. **Kemampuan ikat air**, pengamatan dilakukan pada akhir pengomposan dengan cara membungkus kompos dengan kain untuk direndam dan di gantung 1 malam. Selanjutnya dihitung kadar airnya dengan metode oven. Pengamatan selanjutnya adalah pengamatan kimia: **pH**, diamati setiap 7 hari sekali dengan pH meter. **Kadar C organik**, dilakukan di akhir pengomposan dengan metode *Walky and black*. **Kadar bahan organik**, dilakukan di akhir pengomposan dengan metode *Walky and black*. **Kadar N total**, dilakukan di akhir pengomposan dengan metode *Kjeldhal*. **Kadar P dan K**, dilakukan di akhir pengomposan dengan metode spektrofotometri.

Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif sedangkan data kuantitatif dianalisis menggunakan analisis uji F Bila terdapat perbedaan nyata diantara perlakuan, diteruskan uji beda jarak nyata *duncan* (*Duncan Multiple Range Test/DMRT*) pada taraf 5%.

III. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Suhu

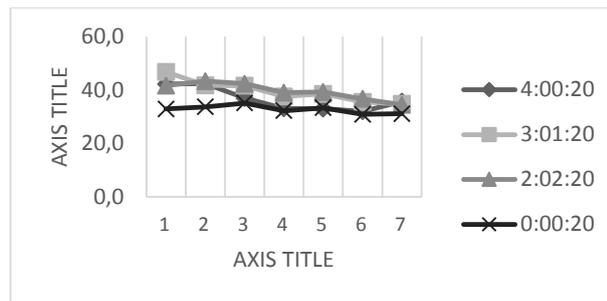
Menurut Wicaksono dkk., (2012), pengomposan dijelaskan secara sederhana yaitu saat mikroorganisme mengambil air (H₂O), oksigen (O₂) dan makanan dengan cara memotong rantai karbon pada bahan organik sehingga menghasilkan produk berupa CO₂, air (H₂O), humus dan energi. Energi yang dihasilkan digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme dan sebagian lainnya dibuang dalam bentuk panas. Semakin tinggi panas yang dikeluarkan menandakan aktivitas mikroorganisme dalam pengurian bahan organik berjalan secara cepat.



Gambar 1. Perubahan suhu harian

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa pada awal proses pengomposan pada semua perlakuan memiliki suhu yang tinggi pada hari pertama dan berangsur-angsur turun pada hari-hari berikutnya. Pada perlakuan 3:1:20 sebesar 67,33°C memiliki suhu awal paling tinggi diikuti perlakuan 2:2:20 sebesar 66,89°C, perlakuan 4:0:20 sebesar 56,11°C dan perlakuan 0:0:20 (kontrol) sebesar 41,78 °C

menjadi perlakuan dengan suhu terendah. Tingginya suhu di hari 1 pengomposan pada perlakuan yang ditambah ampas tahu disebabkan karena kandungan karbohidrat dan protein pada ampas tahu berfungsi sebagai sumber energi pertama yang digunakan mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangan sebelum menguraikan bahan pelepah salak. Protein di dalam tepung tulang ayam memiliki jumlah sebesar 20% (Rina, 2013). Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) yang tidak diberi ampas tahu dan tepung tulang ayam mengalami peningkatan suhu yang rendah, dikarenakan sedikitnya sumber energi pertama sebelum mikroorganisme menguraikan bahan pelepah salak.



Gambar 2. Perubahan suhu mingguan

Data pengamatan suhu mingguan disajikan pada gambar 2. Perubahan suhu yang ditunjukkan grafik cenderung turun pada semua perlakuan, menandakan proses penguraian menuju tahap pematangan. Pada perlakuan 4:0:20 terjadi penurunan signifikan pada minggu ke 2 sampai minggu ke 4 dari suhu 42,4°C menjadi 33,1 °C karena habisnya protein yang disediakan ampas tahu sebesar 0,42% dan karbohidrat sebesar 0,11%. Faktor kedua disebabkan nilai kadar air perlakuan 4:0:20 di atas 65%. Pada perlakuan 3:1:20 dan ampas 2:2:20, terjadi penurunan suhu yang stabil menandakan bahan organik kompleks yang terurai berkurang sehingga aktivitas mikroorganisme berkurang. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) peningkatan suhu pada minggu ke 1 sampai minggu ke 3. Akan tetapi pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) memiliki rata-rata suhu 30°C atau tidak mencapai suhu optimum pengomposan. Penyebabnya adalah tingginya kadar air pada perlakuan ini yang memiliki rata-rata diatas 70%.

2. Warna kompos

Proses pengomposan bertujuan supaya bahan organik memiliki karakteristik yang sama dengan tanah. Menurut standar kompos yang di keluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional tahun 2004 menyatakan bahwa kompos yang baik memiliki warna kehitaman.

Berdasarkan data pada tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan 4:0:20, 3:1:20 dan 0:0:20 (kontrol) memiliki warna kompos akhir *black* atau hitam. Sedangkan perlakuan 2:2:20 pada akhir pengamatan memiliki warna *very dark brown* atau coklat kehitaman. Berdasarkan data tabel 1 menunjukkan bahwa semua perlakuan sesuai standar SNI 19-7030-2004 kompos telah matang dan berwarna kehitaman.

Pada minggu pertama pengomposan, warna semua perlakuan menunjukkan warna coklat gelap atau coklat kehitaman. Hal tersebut dikarenakan 1 minggu awal pengomposan terjadi peningkatan suhu pada semua perlakuan. Perubahan warna pada bahan kompos dikarenakan perubahan struktur kimia bahan. Pelepah daun salak terdiri 2 warna yaitu hijau pada daun dan permukaan luar batang, putih pada

Tabel 1. Perubahan warna kompos

Perlakuan	Perbandingan 4:0:20	Perbandingan 3:1:20	Perbandingan 2:2:20	Perbandingan 0:0:20
Minggu 1	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/3 (<i>very dark brown</i>)
Minggu 2	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/3 (<i>very dark brown</i>)
Minggu 3	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)			
Minggu 4	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)
Minggu 5	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)
Minggu 6	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)
Minggu 7	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)	7,5 YR 2,5/2 (<i>very dark brown</i>)	7,5 YR 2,5/1 (<i>black</i>)

bagian dalam batang. Warna hijau bagian luar disebabkan karena tersusun oleh pigmen klorofil. Menurut Winata (2011), perubahan warna dasar hijau berubah menjadi coklat disebabkan pigmen klorofil terdegradasi oleh pH asam atau suhu yang tinggi selama pengomposan. Sedangkan perubahan warna bagian dalam batang yang berwarna putih, dikarenakan penguraian bahan oleh mikroorganisme sehingga berubah menjadi zat-zat humus yang berwarna gelap.

Pada perlakuan 2:2:20 warna kompos dari minggu 1 sampai ke pemanenan tidak mengalami perubahan hanya coklat gelap atau coklat kehitaman. Hal tersebut disebabkan karena pada perlakuan 2:2:20 pada minggu ke 3 sampai minggu 6 mengalami penurunan kadar air yang cukup signifikan yaitu dari 59,8% menjadi 49,9% atau 9,9%. Akibatnya menyebabkan warna yang kehitaman menjadi lebih cerah. Hal tersebut memungkinkan warna dari kompos perlakuan 2:2:20 telah berubah menjadi kehitaman tetapi akibat hilangnya air menyebabkan warna menjadi lebih cerah menjadi coklat gelap atau coklat kehitaman.

3. Aroma kompos

Pengamatan terhadap aroma kompos dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengomposan yang terjadi dan sebagai parameter kompos telah matang. Pada awal proses pengomposan, kompos akan beraroma sama dengan aroma bahan awalnya. Setelah itu, kompos akan berubah aromanya sesuai jenis pengomposan yang terjadi. Kompos yang matang ditandai dengan aroma tanah.

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan perlakuan 4:0:20 dan 3:1:20 aroma awal pengomposan adalah aroma ampas tahu dan berubah menjadi aroma apek atau aroma bahan organik yang basah tetapi tidak menyengat dan berubah menjadi aroma tahan pada minggu ke 6. Pada perlakuan 2:2:20 aroma bahan awal muncul pada minggu ke 1 dan berganti menjadi aroma amonia atau aroma pesing. Hal tersebut menunjukkan kandungan amonia kompos perlakuan 2:2:20 yang tinggi.

Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) menunjukkan aroma pelepah daun salak tetap dapat dicium sampai minggu ke 3 pengomposan. Hal tersebut

Tabel 3. Perubahan aroma kompos

Perlakuan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6
A	+ bau tahu	+ bau tahu	+ bau tahu	++ bau apek	++ bau apek	++ bau apek
B	+ tahu dan pelepah	+ tahu dan pelepah	++ bau apek	++ bau apek	+++ bau tanah basah	+++ bau tanah basah
C	+ Bau ampas tahu	++ amoniak atau pesing	+++ Bau tanah			
D	+ bau pelepah	+ bau pelepah	+ bau pelepah	++ bau apek	++ bau apek	++ bau apek

dikarenakan proses pengomposan pada perlakuan ini yang tidak optimal. Pada minggu ke 4, aroma berubah menjadi aroma bahan apek bahan organik basah akibat dari kadar air yang tinggi. Walaupun kadar air pada perlakuan ini tinggi, tetapi tidak terjadi proses anaerob yang ditunjukkan dengan munculnya aroma tidak sedap.

Tabel 3. Skoring aroma kompos minggu 7

Perlakuan	Skor 1 (%)	Skor 2 (%)	Skor 3 (%)
Perbandingan 4:0:20	0	6,7	93,3
Perbandingan 3:1:20	0	3,3	96,7
Perbandingan 2:2:20	0	0	100
Perbandingan 0:0:20	0	6,7	93,3

Berdasarkan data pada tabel 3 menunjukkan bahwa skoring pada semua perlakuan kompos pelepah daun salak telah sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004 dikarenakan hasil skoring menunjukkan hasil di atas 90% pada semua perlakuan.

4. Ukuran partikel

Tabel 4. Ukuran partikel kompos

Perlakuan	> 10 mm (%)	10 - 5 mm (%)	5 - 2 mm (%)	< 2 mm (%)
A	20,6	21	24,3	34,1
B	20,7	19,3	25,3	34,7
C	17,2	15,7	23,3	43,8
D	32	28,6	16,4	23

Berdasarkan tabel 4 perbandingan ukuran partikel < 2 mm paling besar adalah pada perlakuan 2:2:20. Banyaknya kompos yang lolos saringan 2 mm menandakan perlakuan 2:2:20 pelepah salak diuraikan dengan baik sehingga hancur menjadi partikel yang lebih kecil. Hal sama pada perlakuan 3:1:20 dengan perbandingan kompos < 2 mm sebanyak 34,7%. Pada perlakuan 4:0:20

menunjukkan perbandingan kompos < 2 mm yang cukup baik walaupun pada data suhu sebagai aktivitas penguraian oleh mikroorganisme yang mengalami penurunan drastis di minggu ke 2 (gambar 2). Sedangkan pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) menunjukkan bahwa perbandingan kompos < 2 mm paling sedikit dan > 1 cm paling banyak. Hal tersebut terjadi akibat aktivitas penguraian yang tidak optimal. Standar kompos pada SNI yang menyatakan bahwa ukuran maksimal partikel kompos adalah < 25 mm, maka semua perlakuan telah lolos standar SNI. Perlakuan 2:2:20 merupakan perlakuan paling baik dikarenakan memiliki ukuran < 2 mm paling besar yaitu 43,8% dan ukuran > 10 mm paling kecil yaitu 17,2%.

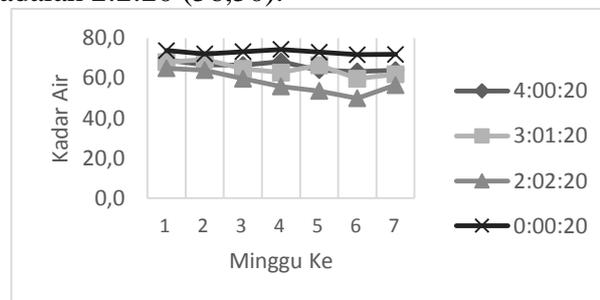
5. Kadar air

Kadar air merupakan perbandingan jumlah air pada ruang antar partikel bahan. Apabila kadar air tinggi menyebabkan ruang antar partikel terisi dengan air menyebabkan suplai oksigen berkurang sehingga metabolisme mikroorganisme terhambat.

Tabel 5. Kadar air kompos minggu 7

Perlakuan	Kadar Air
Perbandingan 4:0:20	63,90 ab
Perbandingan 3:1:20	61,93 a
Perbandingan 2:2:20	56,50 a
Perbandingan 0:0:20	71,83 b

Berdasarkan sidik ragam pada tabel 5 menunjukkan ada bedanya nyata pada perlakuan 2:2:20 dan 3:1:20 dengan perlakuan 0:0:20 (kontrol). Akan tetapi tidak ada beda nyata antara perlakuan 4:0:20 dengan perlakuan 2:2:20 dan 3:1:20. Kadar air tertinggi adalah perlakuan 0:0:20 (kontrol) (71,83) diikuti 4:0:20 (63,90), 3:1:20 (61,93) dan terendah adalah 2:2:20 (56,50).



Gambar 3. Perubahan kadar air

Berdasarkan grafik pada gambar 3 menunjukkan selama proses pengomposan perlakuan 0:0:20 (kontrol) memiliki kadar air tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Pada awal pengomposan kadar air perlakuan 0:0:20 (kontrol) sebesar 73,8% dan akhir pengomposan sebesar 71,8%. Pada perlakuan 2:2:20 merupakan perlakuan dengan kadar air terendah. Pada awal pengomposan kadar airnya sebesar 64,9% dan di akhir pengomposan 56,5%.

Tingginya kadar air pada semua kompos dikarenakan kadar air bahan berupa pelepah daun salak mengandung air yang tinggi. Pada perlakuan 4:0:20, kadar air awal pengomposan adalah 69,1% dan di akhir adalah 63,9% atau menurun sebesar 5,1%. Pada perlakuan 3:1:20, awal pengomposan kadar air bahan sebesar 68% dan di akhir sebesar 61,9% atau menurun sebesar 6,1%. Pada perlakuan 2:2:20 kadar air awal sebesar 64,9% dan di akhir sebesar 56,5% atau menurun sebesar

8,4%. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) mengalami penurunan kadar air paling sedikit yaitu dari 73,8% menjadi 71,8% atau menurun sebesar 1,9%.

Kadar air yang tinggi menyebabkan aerasi bahan tidak lancar sehingga aktivitas mikroorganisme pengurai terhambat. Hal tersebut dikarenakan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk metabolisme tidak tersedia. Menurut Dian dkk., (2017), kadar air optimal pengomposan berkisar 40-60%. Sedangkan menurut Chen *et al.*, (2011), kadar air optimal pengomposan 50-60% tergantung bahan dan berat bahan yang dikomposkan. Hal tersebut didukung dengan data suhu (gambar 1 dan 2) dimana perlakuan 0:0:20 (kontrol) dengan kadar air tertinggi di awal pengomposan memiliki suhu yang rendah. Kedua adalah terjadinya pencucian unsur hara pada kompos oleh air. Menurut Cesaria *et al.*, (2010), senyawa nitrogen pada kompos bereaksi dengan air membentuk senyawa NO_3^- dan H^+ . Senyawa NO_3^- bersifat mudah terlarut oleh air. Hal tersebut didukung pengamatan kadar N total pada tabel 10 dimana pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) dengan kadar air tertinggi memiliki peningkatan kadar N total yang lebih kecil dibanding perlakuan lainnya yaitu hanya sebesar 0,33%.

6. Kemampuan ikat air

Tabel 6. Rerata kemampuan ikat air kompos minggu 7

Perlakuan	Kemampuan Ikat Air	
Perbandingan 4:0:20	66,77	a
Perbandingan 3:1:20	58,30	b
Perbandingan 2:2:20	59,37	b
Perbandingan 0:0:20	69,40	a

Berdasarkan data tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan 4:0:20 dan 0:0:20 (kontrol) berbeda nyata dengan perlakuan 3:1:20 dan perlakuan 2:2:20. Akan tetapi, pada perlakuan 3:1:20 tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2:2:20. Sama halnya dengan perlakuan 4:0:20 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan 0:0:20 (kontrol). Perlakuan dengan kemampuan ikat air tertinggi adalah pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) (69,40) diikuti perlakuan 4:0:20 (66,77), 2:2:20 (59,37), dan terendah pada perlakuan 3:1:20 (68,30)

Kemampuan kompos mengikat air dipengaruhi oleh jenis bahan dan ukuran bahan. Jenis bahan akan mempengaruhi sifat bahan baik itu hidrofobik atau hidrofilik. Hidrofilik merupakan bahan yang dapat larut dengan unsur air, sedangkan hidrofobik merupakan bahan yang tidak dapat larut dengan unsur air (Abdul, 2017). Hubungan ukuran bahan dengan kemampuan ikat air adalah adanya gaya adesi dan kohesi tentang pengikatan dan penolakan suatu zat. Gaya adesi dan kohesi dihasilkan oleh permukaan bahan dan semakin kuat apabila bahan memiliki ukuran partikel yang kecil dikarenakan luas permukaan yang semakin luas. Menurut Widyorini dan Soraya (2017), pelepah daun salak mengandung alpha selulosa sebesar 52%, hemiselulosa sebesar 35% dan lignin sebesar 29%. Lignin dan selulosa merupakan senyawa yang bersifat hidrofobik (Heru, 2016), diduga lignin dan selulosa yang terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil menyebabkan gaya kohesi pada kompos pelepah salak menjadi besar. Akibatnya pada perlakuan yang presentase ukuran partikel <2 mm yang tinggi memiliki kemampuan ikat air yang rendah.

Selain itu, kandungan lipid atau lemak yang terdapat pada bahan aditif yang ditambahkan berpengaruh terhadap kemampuan ikat air pada kompos pelepah daun

salak. Limbah tahu memiliki lipid sebesar 0,13% (Dwi dkk., 2006). Sedangkan pada tepung tulang memiliki lipid sebesar 10% (Rina, 2013). Hal tersebut dibuktikan pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) yang tidak ditambah ampas tahu dan tepung tulang memiliki kemampuan ikat air yang tertinggi sebesar 69,4%. Sedangkan pada perlakuan 3:1:20 kemampuan ikat air terkecil yaitu 58,3%. Lemak atau lipid bersifat hidrofobik sehingga saat menutupi partikel kompos yang berukuran kecil meningkatkan kemampuan menolak air.

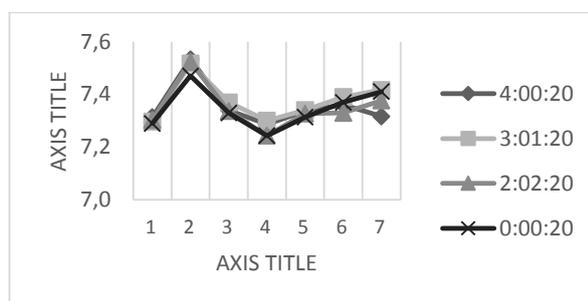
7. Tingkat keasaman (pH)

Pengamatan tingkat keasaman pengomposan dilakukan karena merupakan faktor penting bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroorganisme.

Tabel 7. Rerata tingkat keasaman kompos minggu 7

Perlakuan	pH
Perbandingan 4:0:20	7,32 b
Perbandingan 3:1:20	7,42 a
Perbandingan 2:2:20	7,38 ab
Perbandingan 0:0:20	7,41 a

Berdasarkan uji sidik ragam pada tabel 7 terdapat beda nyata pada perlakuan 4:0:20 dengan perlakuan 3:1:20 dan 0:0:20 (kontrol). Akan tetapi tidak ada beda nyata antara perlakuan 2:2:20 dengan semua perlakuan. Perlakuan dengan pH tertinggi dimiliki oleh perlakuan 3:1:20 (7,42) diikuti perlakuan 0:0:20 (kontrol) (7,41), 2:2:20 (7,38) dan terendah adalah 4:0:20 (7,32).



Gambar 4. Perubahan tingkat keasaman kompos

Menurut Sutedjo (2017), tingkat keasaman optimal untuk pengomposan berkisar 6,5-7,5. Berdasarkan gambar 4 menunjukkan ada peningkatan pH pada semua perlakuan pada awal proses pengomposan yaitu pada minggu ke dua. Menurut Baharudin dkk., (2009), peningkatan pH pada awal pengomposan disebabkan karena adanya dekomposisi nitrogen menjadi amonia oleh mikroorganisme. Amonia merupakan senyawa kimia yang bersifat basa. Berdasarkan gambar 4 pH semua perlakuan mengalami kenaikan, tetapi masih terdapat pada pH netral atau dibawah 7,5. Pada minggu ke tiga, kompos mengalami penurunan pH secara drastis akibat adanya reaksi pembentukan asam-asam organik. Hal tersebut mendorong pertumbuhan cendawan sehingga dapat mendekomposisikan selulosa dan lignin. Asam-asam organik akan dimanfaatkan mikroorganisme sehingga pH akan kembali netral. Hal tersebut ditunjukkan pada minggu ke 5, dimana kompos mengalami kenaikan pH sehingga pada akhir pengamatan pH kompos berada pada pH netral.

8. Kandungan C organik

Kandungan C organik merupakan indikator terjadinya penguraian dan indikator kematangan kompos. Pelepah daun salak segar memiliki kandungan C organik sebesar 27,90%. Berdasarkan tabel 8, perlakuan 3:1:20 merupakan perlakuan dengan nilai kandungan C organik terendah. Hal tersebut menandakan bahwa proses dokomposisi mikroorganisme dalam bahan berlangsung secara optimal. Hal tersebut didukung pengamatan Suhu mingguan pada gambar 2 sebagai indikator pada perlakuan 3:1:20 menunjukkan suhu optimal yaitu di atas 40 °C.

Tabel 8. Hasil Analisis Kompo Pelepah Daun Salak

Perlakuan	C Bahan		N (%)	K (%)	P (%)	C/N rasio
	Organik (%)	Organik (%)				
A	26,21	45,19	1,07	2,38	0,32	23,43
B	19,06	32,87	1,13	2,97	3,15	17,31
C	25,35	43,71	1,13	2,03	4,21	14,69
D	26,20	45,17	0,96	2,95	0,68	26,59

Berdasarkan tabel 8 perlakuan 0:0:20 (kontrol) dan 4:0:20 menunjukkan kandungan C organik yang masih tinggi. Kandungan C organik yang tinggi menandakan penguraian bahan organik belum berjalan secara optimal.

Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol), faktor kadar air dapat menjadi penyebab tidak optimalnya penguraian C organik kompos. Hal tersebut ditunjukkan gambar 3 bahwa kadar air perlakuan 0:0:20 (kontrol) adalah tertinggi yang berada di atas 70% dari awal sampai akhir pengomposan. Sedangkan pada 4:0:20, faktor kompetisi sumber nutrisi oleh mikroorganisme menjadi penyebab penguraian C organik tidak optimal. Hal tersebut disebabkan karena pada minggu ke 2 sumber nutrisi yang terdapat pada ampas tahu telah habis diuraikan sehingga banyak mikroorganisme mati. Hal tersebut didukung dengan data pengamatan suhu pada gambar 2 yang menunjukkan penurunan suhu secara drastis pada minggu ke 2 dan stabil di suhu tidak optimum pengomposan sampai minggu ke 6.

9. Kandungan bahan organik

Kadar bahan organik merupakan indikator kematangan kompos. Pelepah daun salak segar memiliki kandungan bahan organik sebesar 48,10%. Berdasarkan tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan 3:1:20 memiliki kandungan bahan organik terendah. Sedangkan pada perlakuan 4:0:20 dan 0:0:20 (kontrol) memiliki kadar bahan organik yang masih tinggi. Apabila penguraian berjalan secara optimal, maka kadar bahan organik pada kompos akan semakin rendah.

Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol), berdasarkan data suhu pada gambar 2 menunjukkan bahwa suhu saat pengomposan berlangsung tidak optimal. Hal tersebut disebabkan karena kadar air pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) yang tinggi yaitu di atas 70% yang disajikan pada gambar 3. Pada perlakuan 4:0:20, berdasarkan data suhu pada gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan suhu yang drastis pada minggu ke 2 dan terus berada di suhu yang tidak optimal sampai minggu ke 7 yaitu di bawah 40°C. Hal yang dapat menjadi penyebab terjadinya penurunan pada minggu ke 2 adalah telah habisnya sumber nutrisi yang berasal dari ampas tahu berupa protein dan karbohidrat. Pada perlakuan 4:0:20, penguraian banyak dilakukan oleh bakteri sehingga apabila sumber nutrisi dari bahan aditif telah habis

maka terjadi kompetisi sumber nutrisi bagi mikroorganismenya sehingga banyak mengalami kematian.

10. Kadar N total

Kadar N total merupakan jumlah senyawa N pada kompos hasil degradasi bahan organik. Pelepeh daun salak segar memiliki kandungan N sebesar 0,63%. Berdasarkan tabel 8 menunjukkan bahwa kadar N total pada semua perlakuan mengalami peningkatan. Pada perlakuan yang ditambahkan dengan perbandingan 3:1:20 dan 2:2:20 mengalami peningkatan kadar N paling tinggi dari 0,63% menjadi 01,13% atau sebesar 0,5%. Hal tersebut dikarenakan bahan aditif yang ditambahkan memiliki kandungan N yang berpengaruh pada peningkatan kadar N kompos. Ampas tahu memiliki kandungan N sebesar 1,24%. Sedangkan pada perlakuan yg tidak ditambahkan bahan aditif yaitu perlakuan 0:0:20 (kontrol), peningkatan kadar N lebih sedikit dibandingkan pada perlakuan yang lainnya yaitu hanya sebesar 0,33%. Hal tersebut menandakan bahwa penambahan bahan aditif berupa ampas tahu dan tepung tulang ayam berpengaruh pada peningkatan kadar N kompos.

Peningkatan kadar N yang terjadi pada kompos terjadi akibat dekomposisi bahan organik menjadi amonia dan nitrogen. Sedangkan menurut Cesaria *et al.*, (2010), salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan kadar N pada proses pengomposan adalah kadar air pada kompos. Nitrogen dapat bereaksi dengan air membentuk senyawa NO_3^- dan H^+ . Senyawa NO_3^- memiliki sifat mudah terlarut oleh air sehingga dengan kadar air yang tinggi dapat melarutkan senyawa NO_3^- . Selain itu, NO_3^- dapat hilang melalui penguapan karena berubah menjadi senyawa N_2 dan N_2O . Hal ini terjadi pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) atau kontrol yang memiliki kadar air yang tinggi yang ditunjukkan pada tabel 5. Kadar air yang tinggi pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) diduga menyebabkan pencucian N sehingga terjadi pengurangan kadar N. Selain itu, kadar air tinggi menyebabkan suplai oksigen tidak lancar sehingga pertumbuhan dan perkembangan mikroorganismenya akan tidak optimal. Hal tersebut menyebabkan dekomposisi bahan organik menjadi senyawa N tidak optimal.

11. Kadar K

Pelepeh daun salak segar memiliki kandungan K sebesar 2,53%. Hasil analisis kandungan K kompos pelepeh daun salak tersaji pada tabel 8. Perlakuan 3:1:20 perlakuan tertinggi yaitu sebesar 2,97%. Hal tersebut disebabkan penambahan ampas tahu sebanyak 15% mengandung K_2O 1,34% (Asmoro, 2008). Aktivitas penguraian yang optimal pada suhu perlakuan ini. Perlakuan 4:0:20 mengalami penurunan kadar K sebesar 0,15% dapat disebabkan karena penurunan aktivitas penguraian pada minggu ke 2 sampai minggu ke 6. Hal tersebut menyebabkan penguraian K kompleks menjadi bentuk sederhana oleh mikroorganismenya terganggu. Perlakuan 2:2:20, merupakan perlakuan dengan kadar K terendah (2,03%) disebabkan terjadinya kehilangan unsur K bersamaa kadar air perlakuan. Kalium merupakan unsur hara yang mudah tercuci (*leaching*) (Warmada dan Titisari, 2004). Pada perlakuan 2:2:20 terjadi penurunan kadar air pada minggu ke 2 sampai minggu ke 6. Kalium kompos larut oleh air dan hilang melalui proses penguapan bersamaan dengan K yang larut. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) memiliki kandungan K sebesar 2,95%. Berdasarkan data suhu, perlakuan 0:0:20 (kontrol) merupakan perlakuan dengan perubahan suhu terendah. Akan tetapi,

dekomposisi yang berjalan lambat tersebut dapat menguraikan K kompleks dari pelepah daun salak menjadi K yang lebih sederhana.

12. Kadar P

Fosfor dapat terikat dalam bentuk P_2O_5 yang terdapat di akhir penguraian. Kadar P pelepah daun salak segar adalah sebesar 0,27% Data analisis kadar P kompos pelepah daun salak tersaji pada tabel 8. Berdasarkan tabel 8 menunjukkan pada perlakuan 2:2:20 mengandung P tersedia tertinggi 4,21% diikuti 3:1:20 sebesar 3,15%, 0:0:20 (kontrol) sebesar 0,68% dan 4:0:20 dengan kandungan P terendah sebesar 0,32%.

Tingginya kandungan P pada kompos tergantung proses dekomposisi dan jenis bahan. Suhu sebagai indikator aktivitas mikroorganisme menunjukkan bahwa perlakuan 2:2:20 dan 3:1:20 memiliki aktivitas penguraian optimal. Kandungan P pada tabel 13 sesuai pendapat Stofella dan Khan (2011), kandungan N berbanding lurus dengan kandungan P. Perlakuan 2:2:20 dan 3:1:20 merupakan perlakuan dengan kandungan N total tertinggi yaitu sebesar 1,13%. Perlakuan 2:2:20 dan 3:1:20 memiliki kandungan P tinggi disebabkan penambahan ampas tahu sebagai bahan aditif. Ampas tahu memiliki fosfor sebesar 1,74% (Dwi dkk., 2006). Penambahan ampas tahu sebagai bahan aditif pada pengomposan pelepah daun salak memiliki pengaruh meningkatkan kandungan P dalam kompos. Berdasarkan standar SNI menyatakan bahwa pada semua perlakuan lolos SNI karena P kompos $> 0,1 \%$.

13. C/N rasio

Prinsip utama dalam proses pengomposan adalah untuk dapat menurunkan C/N rasio dari bahan yang dikomposkan sehingga memiliki nilai C/N rasio yang sama dengan tanah (< 20) (Dewi dan Trenowati, 2012). Berdasarkan data tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan bahan aditif dapat menurunkan nilai C/N rasio dari nilai C/N pelepah daun salak segar 31,04. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) memiliki nilai C/N yang tinggi yaitu 26,59, kemudian perlakuan 4:0:20 sebesar 23,43 dan perlakuan 3:1:20 sebesar 17,31. Nilai C/N rasio paling kecil terdapat pada perlakuan 2:2:20 yaitu sebesar 14,69. Dari data tersebut menunjukkan bahwa kompos yang telah lolos standar SNI 19-7030-2004 ada pada kompos perlakuan 3:1:20 dan 2:2:20 dikarenakan nilai C/N rasio < 20 .

Berdasarkan data tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan bahan aditif dapat menurunkan nilai C/N rasio. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) memiliki nilai C/N yang tinggi yaitu 26,59, kemudian perlakuan 4:0:20 sebesar 23,43 dan perlakuan 3:1:20 sebesar 17,31. Nilai C/N rasio paling kecil terdapat pada perlakuan 2:2:20 yaitu sebesar 14,69. Dari data tersebut menunjukkan bahwa kompos yang telah lolos standar SNI 19-7030-2004 ada pada kompos perlakuan 3:1:20 dan 2:2:20 dikarenakan nilai C/N rasio < 20 . Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) penguraian berlangsung tidak optimal dari minggu pertama pengomposan yang di tandai dengan suhu pengomposan yang berada di bawah suhu optimal pengomposan.

Berdasarkan data pada tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan bahan aditif dengan perbandingan 2:2:20 dapat menurunkan nilai C/N paling baik dengan nilai C/N rasio 14,69.

14. Standarisasi Kompos

Lembaga pemerintah yang bertanggung jawab untuk mengeluarkan standarisasi produk adalah Badan Standarisasi Nasional (BSN) Republik Indonesia.

Tabel 9. Standarisasi kompos pelepah daun salak

No		SNI		A	B	C	D
		Min	Maks				
1	Suhu (°C)	-	suhu air tanah (24)	23	23	22	23
2	Warna	-	Hitam	Hitam	Hitam	Coklat kehitaman	Hitam
3	Aroma	-	Bau tanah	Bau tanah	Bau tanah	Bau tanah	Bau tanah
4	Ukuran Partikel (mm)	0,55 mm	25	< 25	< 25	< 25	< 25
5	Kadar Air (%)	-	50%	63,9	61,9	56,5	71,8
6	Kemampuan Ikat Air (%)	58%	-	66,8	58,3	59,4	69,4
7	pH	6,8	7,5	7,3	7,4	7,4	7,4
8	C Organik (%)	9,8	32	26,21	19,06	25,35	26,20
9	Kadar Bahan Organik (%)	27	58	45,19	32,87	43,71	45,17
10	Kadar N (%)	0,4	-	1,07	1,13	1,13	0,96
11	Kadar P (%)	0,1	-	0,32	3,15	4,21	0,68
12	Kadar K (%)	0,2	-	2,38	2,97	2,03	2,95
13	C/N rasio	10	20	23,43	17,31	14,69	26,59

Berdasarkan perbandingan standar SNI dengan pengamatan kompos pelepah daun salak pada tabel 9 menyatakan bahwa pada semua kompos belum memenuhi standar SNI. Pada perlakuan 4:0:20 tidak lolos pada parameter kadar air dan nilai C/N > 20 yaitu 23,43 dan kadar air > 50% yaitu 63,9%. Pada perlakuan 3:1:20 belum lolos standar SNI dikarenakan memiliki nilai kadar air > 50% yaitu 61,9%. Pada perlakuan 2:2:20 belum lolos standar SNI pada parameter kadar air dikarenakan memiliki kadar air > 50% yaitu 56,5%. Pada perlakuan 0:0:20 (kontrol) dikarenakan nilai C/N > 20 yaitu 26,59.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa penambahan bahan aditif berupa ampas tahu dan tepung tulang ayam berpengaruh terhadap kualitas fisik dan kimia kompos pelepah daun salak. Perbandingan 3:1:20 merupakan perbandingan yang terbaik dari semua perbandingan yang diujikan. Pada perbandingan bahan aditif 3:1:20 menghasilkan kompos dengan C organik 19,06%, BO 32,87% dan C/N 17,31, N 1,13%, P 3,15% dan K 2,97%. Perlakuan dengan perbandingan 3:1:20 dapat meningkatkan kandungan N dari 0,63% menjadi 1,13% atau sebesar 0,5%, P dari 0,27% menjadi 3,15% atau sebesar 2,88% dan K dari 2,53% menjadi 2,97% atau sebesar 0,44%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan, Penambahan bahan aditif berupa ampas tahu dan tepung tulang ayam pada proses pengomposan pelepah daun salak berpengaruh dalam peningkatan kandungan N (79,3%), P (1.066%) dan K (17,4%) dan meningkatkan kualitas fisik dan kimia sehingga sesuai dengan standar SNI. Perbandingan 3:1:20 merupakan perlakuan terbaik dari semua perlakuan yang diujikan yang menghasilkan kompos pelepah daun

salak dengan C organik 19,06%, BO 32,87%, C/N 17,31, N 1,13%, P 3,15%, K 2,97% dan kualitas fisik yang telah sesuai SNI.

Saran, Pada penelitian ini menghasilkan kompos dengan kadar air yang tinggi dikarenakan tidak dilakukan pengaturan kadar air selama pengomposan. Untuk penelitian pengomposan selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengaturan kadar air kompos selama pengomposan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yaitu aplikasi kompos pelepah daun salak dengan penambahan bahan aditif ampas tahu dan tepung tulang terhadap tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hafid Ismail. 2017. Hidrofilik dan Hidrofobik. <https://www.scribd.com/doc/196304732/Hidrofilik-Dan-Hidrofobik>. Diakses pada 18 Juli 2018.
- Asmoro Yuliadi, Suranto, Sutoyo .D. 2008. Pemanfaatan Limbah Tahu untuk Peningkatan Hasil Tanaman Petsai (Brassica Chinensis). <http://biosains.mipa.uns.ac.id/C/C0502/C050202.pdf>. Diakses 5 Juli 2017.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Spesifikasi Kompos Standar Nasional Indonesia. http://infopk.bsn.go.id/index.php/?sni_main/sni/detail_sni/6926. Diakses pada 2 Agustus 2017.
- Baharuddin, A.S., M. Wakisaka, Y. Shirai, S. Abd-Aziz, N.A.A. Rahman, and M.A. Hassan. 2009. Co-Composting of Empty Fruit Bunches and Partially Treated Palm Oil Mill Effluents in Pilot Scale. *International Journal of Agricultural Research*. 4 (2) hal. 69 – 78.
- Cesaria, R.Y., Wirosedarmo, R., Suharto, B. 2010. Pengaruh penggunaan *starter* terhadap kualitas fermentasi limbah cair tapioka sebagai alternatif pupuk cair. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 12 (2): hal. 8-14.
- Chen, L., M. de Hairo Marti, A. Moore and C. falen. 2011. The Composting Process. Dairy Compost Production and Use in Idaho. <http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/cis/cis1179.pdf>. Diakses pada 11 Juli 2018.
- Dian A. P. R., Ganjar Samudro, Sri Sumiyati. 2017. Pengaruh Kadar Air Terhadap Proses Pengomposan Sampah Organik Dengan Metode Takakura. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*: 06, Edisi Spesial 2017. 54 hal.
- Dwi Linna Suswardany, Ambarwati, dan Yuli Kusumawati. 2006. Peran Effective Microorganism-4 (Em-4) Dalam Meningkatkan Kualitas Kimia Kompos Ampas Tahu. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/397/5.%20DWI%20LINNA%20S%20C.pdf?sequence=1>. Diakses pada 5 Juli 2017.

- Heru Suryonto. 2016. Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis. https://www.researchgate.net/publication/309421383_REVIEW_SERAT_ALAM_KOMPOSISI_STRUKTUR_DAN_SIFAT_MEKANIS. Diakses pada 18 Juli 2018
- Rina Mulyaningsih. 2013. Pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (Tta) Untuk Meningkatkan Kadar N, P Dan K Pada Pupuk Organik Cair Industri Limbah Tahu. <http://lib.unnes.ac.id/19674/1/4311409043.pdf>. Diakses pada 7 Mei 2017.
- Sutedjo. 2017. Pengomposan. repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25149/4/Chapter%2520II.pdf+%&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=id. Diakses pada 10 Mei 2017.
- Warmada I.W dan Titisari A.D. 2004. Agromineral (Mineralogi Untuk Ilmu Pertanian). Yogyakarta. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM. 78 hal.
- Wicaksono. Andir Budi S. dan Satyanto K. 2012. Pemanfaatan Limbah Lumpur Water Treatment Plant PT. Krakatau Tirta Industri Sebagai Bahan Baku Kompos. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/61863>. Diakses pada 25 Juni 2018.