

## PEMANFAATAN TEPUNG AMPAS DARI EKSTRAKSI AGAR UNTUK BAHAN PUPUK TANAMAN

### *Utilization of Solid Waste Powder from Agar Extraction for Plant Fertilizer Material*

Jamal Basmal<sup>1\*</sup>, Irma Hermana<sup>1</sup> dan Sardino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Daya Saing Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. KS Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat, Indonesia

<sup>2</sup> Universitas Antakusuma,

Jl. Iskandar no.63, Madurejo, Arut Sel, Kalimantan Tengah, Indonesia

\* Korespondensi Penulis: jamalbasmal24@gmail.com

Diterima: 8 Juli 2016; Disetujui: 25 Nopember 2016

#### ABSTRAK

Penelitian pembuatan dan karakterisasi pupuk dari campuran tepung ampas ekstraksi agar dan tepung silase telah dilakukan dengan maksud untuk menyediakan bahan pupuk alternatif dari limbah padat ekstraksi agar. Perlakuan yang diberikan adalah rasio antara tepung ampas dari ekstraksi agar : tepung silase (tepsil) : pasta *Sargassum* yaitu 98,6%:0%:1,4%; 95,8%:2,8%:1,4% ; 93,1%:5,5%:1,4% dan 90,6%:8%:1,4%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung ampas dari ekstraksi agar mempunyai kandungan unsur hara N sebesar 2,2±0,03% dan tepsil 9,18±0,15%. Kombinasi perlakuan yang diberikan menggunakan pasta *Sargassum* sebagai perekat menghasilkan kandungan unsur hara makro dan mikro yang bervariasi. Penambahan tepsil ke dalam tepung ampas dari ekstraksi agar dapat meningkatkan unsur hara makro N, unsur hara mikro Zn dan Cu, serta meningkatkan nilai kadar abu, tetapi menurunkan unsur hara K, P, Fe, dan Mn. Perlakuan terbaik berdasarkan kandungan unsur hara makro N ditemukan pada perlakuan rasio antara tepung ampas dari ekstraksi agar : tepsil : pasta *sargassum* = 90,6% : 8% : 1,4% yang mempunyai nilai unsur hara N 6,72%, P 0,34%; K 0,014%; Cu 0,22 ppm; Fe 386,3 ppm; Mn 9,5 ppm; Zn 394,5 ppm; nilai kadar abu 20,72%, kadar air 6,20% dan kemampuan menyerap air selama 50 menit perendaman sebesar 324%.

**KATA KUNCI:** tepung ampas ekstraksi agar, silase limbah filet ikan, unsur hara makro dan mikro, *Sargassum*

#### ABSTRACT

Research on the production and characterization of fertilizer from solid waste of agar extraction and fish silage was conducted. The objective of the research is to provide an alternative for fertilizer material from solid waste agar extraction. The experiment was set based on the ratio between solid waste from agar extraction : fish silage : *Sargassum* paste as : 98.6%:0%:1.4%; 95.8%:2.8%:1.4%; 93.1%:5.5%:1.4% and 90.6%:8%:1.4% respectively. The result showed that macronutrient content of N in the solid waste powder from agar extraction was 2.2±0.03% while that in the fish silage powder was 9.18±0.15%. Treatment combination using *Sargassum* paste as a binder resulted in varied macro and micro nutrients content. Addition of fish silage powder to the solid waste powder from agar extraction could increase macro nutrients such as N, and micro nutrients (Zn and Cu), and ash content but decreased macro nutrients of K, P and micro nutrients of Fe and Mn. The best combination of solid waste powder from agar extraction and fish silage powder was ratio of solid waste powder from agar extraction : fish silage powder : *Sargassum* paste = 90.6%:8%:1.4% with macro nutrient N 6.72%, P 0.34%; K 0.014%; Cu 0.22 ppm; Fe 386.3 ppm; Mn 9.5 ppm; Zn 394.5 ppm; ash content 20.72%; moisture content 6.20% and ability to absorb water of 324% during 50 minutes soaking in water.

**KEYWORDS:** solid waste powder from agar extraction, fish waste silage, micro and macro nutrients, *Sargassum*

## PENDAHULUAN

Rumput laut *Gracilaria* sp. merupakan salah satu rumput laut yang telah dimanfaatkan secara komersial untuk tujuan produk pangan maupun non pangan. *Gracilaria* tersebut tumbuh subur di perairan laut berkarang maupun di tambak, namun *Gracilaria* yang tumbuh di laut keberadaannya makin hari makin berkurang akibat eksploitasi yang berlebihan. Oleh sebab itu untuk menjaga kelestarian *Gracilaria* sekaligus meningkatkan produksi dan kualitasnya, telah diupayakan pembudidayaan *Gracilaria* di tambak-tambak baik secara monokultur maupun polikultur. Anggadiredja, Zatinika, Heri dan Istini, (2006) melaporkan sejak tahun 2006 sampai dengan tahun 2010 telah terjadi peningkatan produksi dari 2.180 MT menjadi 4.500 MT. Baghel, Reddy, dan Jha (2014) menyatakan di dalam talus *Gracilaria* terkandung agaropektin, mineral, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Paten 8.795.994 menyebutkan kandungan selulosa dalam rumput laut *Gelidium amansii* berkisar antara 15-25% (bk).

Basmal (2010); Baghel et al. (2014); Hapsari dan Wahyu (2014); Ruperez (2000); dan Santoso, Yoshie dan Suzuki, (2004) melaporkan bahwa rumput laut mengandung unsur makro (N, P, K, Ca, Mg dan C) dan unsur hara mikro (Fe, Cu, Zn, Boron, Na, Cl dan Mn). Selanjutnya Benjama dan Masniyon (2012) melaporkan komposisi kimia rumput laut *Gracilaria* yang dihitung dari berat kering sebagai berikut: unsur hara K 5791,8 mg/100g; Cl 1980,3 mg/100g; Mg 580,5 mg/100g; P 311,4, mg/100g; Na 291,8 mg/100g; Ca 218,5 mg/100g; Zn 4,5 mg/100g dan Cu 0,60 mg/100g.

Adiguna, Pramesti dan Susanto (2014) menemukan bahwa dalam limbah padat agar kertas pada nilai pH 7,3 terkandung unsur hara C 27,28% ; kadar air 29,98%; nisbah C/N 8; N-total 3,42% ; P 0,37 % ; Ca 10,44% ; Mg 0,98% ; K 1,54%, Na 1,70% dan unsur hara Fe 2573 ppm; Cu 5 ppm ; Zn 182 ppm ; Mn 83 ppm ; kapasitas tukar kation (KTK) 49,33 cmol/kg ; kejenuhan basa (KB) >100%. Sedangkan Basmal, Widanarto, Kusumawati dan Utomo (2014) menemukan kombinasi limbah alginat dan tepsil mengandung unsur hara makro P 34,56 mg/100g, N 3,01%, K 1,2 mg/100g, Ca 48,23 mg/100g, C 21,31mg/100g, dan unsur hara mikro Mg 14,1 ppm, Fe 217,01ppm, Zn 8 ppm, Cu 0,02 ppm, dan kemampuan daya serap air 587,93%. Kelemahan dari kedua hasil penelitian ini adalah masih rendahnya kandungan unsur hara makro P dan K serta unsur hara mikro Mn. Unsur hara P di tanah tersedia dalam jumlah cukup bagi tanaman. Kekurangan unsur P menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat akibat terganggunya perkembangan sel dan akar tanaman, metabolisme karbohidrat dan transfer energi (Delvian,

2006). Selanjutnya Suwandi (2009) menyebutkan kekurangan K mempengaruhi sistem perakaran, tunas, pembentukan pati dan translokasi gula.

Mangan merupakan unsur mikro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil sebagai koenzim, sebagai aktivator beberapa enzim respirasi, dan dalam reaksi metabolisme nitrogen dan fotosintesis klorofil. Fungsi utama unsur hara Mn dapat mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang tua, pembentukan protein dan vitamin C. Sedangkan kekurangan unsur hara Mn menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak normal yang ditunjukkan adanya bintik nekrot pada daun (Haryono, 2014).

Salah satu unsur hara makro yang banyak dibutuhkan oleh tanaman adalah unsur hara N yang bermanfaat dalam penyusunan sel tanaman dan pembentukan hijau daun pada proses fotosintesis. Hasil penelitian yang dilakukan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan Tahun 2013 menunjukkan bahwa kadar nitrogen di dalam ampas padat ekstraksi sodium alginat sebesar 0,84% (Utomo Basmal, Tazwir & Kusumawati, 2013). Menurut Jones (1991) dalam Moerhasrianto (2011) tingkat kebutuhan hara N tanaman sawi berkisar antara  $2,75 \geq 5\%$ . Kekurangan kadar unsur hara N dalam tepung ampas rumput laut dapat di suplai dari bahan organik lain seperti silase ikan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan unsur hara N dalam formulasi pupuk yang terbuat dari tepung ampas ekstraksi agar, perlu diperkaya dengan silase ikan.

Salah satu limbah pengolahan yang potensial dijadikan tepung silase adalah limbah padat filet ikan kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang banyak terdapat di pantai Utara Jawa. Utomo et al. (2013) melaporkan komposisi limbah ikan kuniran terdiri dari P 75,4 mg/100g, C 35,9 mg/100g, N 6,45%, Mn 1,58 mg/100g, Ca 97,3 mg/100g, K 2,1 mg/100g, Fe 0,21 mg/100g, Zn 0,06 mg/100g, Cu < 0,01 mg/100g, Mg 0,01 mg/100g dan Bo < 2 mg/100g. Selanjutnya Özyılmaz dan Küver (2011) menyebutkan di dalam ikan kuniran (*U. moluccensis*) terkandung 11 jenis campuran antara mineral dengan ion logam yang terdiri dari 6 jenis mineral (Mn 0,18 ppm, Ca 617,4 ppm, K 1276,4 ppm, Mg 346,7 ppm, Na 101,2 ppm dan P 1754,9 ppm) dan 5 jenis ion logam (Cd 0,18 ppm, Cr 0,1 ppm, Cu 0,43 ppm, Zn 4,82 ppm, Fe 7,3 ppm).

Menurut Solangi et al. (2002) tepung ikan merupakan sumber protein yang sangat baik. Maigualema dan Gernet (2003) mengatakan tepung ikan yang dipasarkan memiliki protein kasar 65%, tetapi dapat bervariasi dari 57-77% tergantung pada spesies ikan yang digunakan. Sedangkan Jassim (2010) menyebutkan komposisi kimia tepung ikan nila

hitam/*Liza abu* adalah protein kasar 60%, kadar air 12,5%, lemak 2,54%, dan kadar abu 1,2%. Tekinay, Deveciler dan Guroy (2009) melaporkan tepung ikan tuna memiliki komposisi kimia yaitu: kadar air 6,6%, protein 61,3%, lemak 13,6%, dan abu 19,4 %. Diduga dengan memformulasikan limbah pengolahan agar dan limbah filet ikan kuniran yang dibuat tepung silase dengan *Sargassum* sebagai pengikat dapat memperbaiki komposisi bahan dan dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk tanaman.

Penambahan pasta *Sargassum* ke dalam campuran tepung ampas ekstraksi agar dan tepsil bertujuan tidak hanya sebagai perekat tetapi diharapkan meningkatkan unsur hara mikro dan makro serta berfungsi sebagai penyedia hidrogel untuk mengikat air pada saat pemupukan tanaman. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011) menyebutkan persyaratan kandungan unsur hara makro (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O) minimal 4%, unsur hara mikro (Fe tersedia 500 ppm; Mn maksimum 5000; Zn maksimum 5000), C-organik minimal 15%; C/N rasio 15-25; nilai pH 4-9, dan kadar air 15-25%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pemanfaatan tepung ampas ekstraksi agar dan tepung silase ikan dari limbah filet ikan kuniran untuk bahan pupuk, dan karakterisasi bahan pupuk yang dihasilkan dari campuran kedua bahan tersebut.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung ampas ekstraksi agar (TEKA) hasil pemisahan agaropektin menggunakan metoda yang digunakan Murdinah, Apriani, Nurhayati dan Subaryono (2012) dengan modifikasi (Basmal & Sedayu, 2014). Tepung silase (tepsil) dari limbah filet ikan kuniran (*U. moluccensis*) dibuat menggunakan metoda yang telah dipakai Basmal, Murtini, Tazwir, dan Indriati(1995), sedangkan pembuatan pasta *Sargassum* (PS) menggunakan metoda yang digunakan Basmal, Wikanta dan Tazwir (2002). Bahan kimia yang digunakan adalah sodium bikarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) teknis, asam klorida (HCl) teknis, asam asetat teknis dan KOH teknis.

### Prosedur penyiapan bahan formulasi pupuk

#### Pembuatan tepung ampas ekstraksi agar (TEKA)

Tepung ampas ekstraksi agar kertas (TEKA) dibuat melalui tahapan sebagai berikut : rumput laut

*Gracilaria* yang diperoleh dari pembudidaya di kabupaten Brebes dicuci, lalu di rendam dalam larutan NaOH 5% semalam, kemudian dicuci hingga netral. Rumput laut kemudian diekstrak agaropektinnya menggunakan asam cuka dengan nilai pH 4-5 pada suhu 90-100 °C selama 2 jam. Bubur *Gracilaria* selanjutnya dipisahkan antara filtrat dan ampas menggunakan *filter press*. Ampas padat dikumpulkan dan dijemur menggunakan sinar matahari. Ampas yang sudah kering selanjutnya direduksi ukurannya menggunakan mesin tepung dengan tingkat kehalusan 60 mesh.

#### Pembuatan tepung silase dari sisa filet ikan kuniran (tepsil)

Sisa filet ikan kuniran berupa isi perut, kepala, sisik dan tulang diolah menjadi tepsil menggunakan larutan HCl teknis 10%. Sisa filet ikan kuniran dimasukan ke dalam larutan HCl 10% selama 2 jam. Setelah 2 jam sisa filet dipisahkan dari larutan HCl untuk selanjutnya dibilas dengan air tawar untuk menghilangkan kelebihan asam klorida. Sisa filet yang sudah netral tersebut dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah sisa filet tersebut kering selanjutnya dilakukan penepungan menjadi tepsil.

#### Pembuatan pasta *Sargassum* (PS)

Pembuatan PS menggunakan metoda yang dikembangkan Basmal, et al. (2002) yang telah dimodifikasi. *Sargassum* yang telah dikeringkan terlebih dahulu dihilangkan pengotornya seperti garam dan pasir yang melekat pada rumput laut tersebut menggunakan air bersih, selanjutnya direndam satu malam. Rumput laut selanjutnya ditiriskan dan ditambah dengan sodium bikarbonat 5% dari berat *Sargassum* sambil dilakukan pengadukan hingga semua *Sargassum* menjadi pasta.

#### Metode

Formulasi pupuk dari TEKA, tepsil dan PS dapat dilihat pada Tabel 1. Teknik pembuatan pupuk tanaman dilakukan dengan mencampurkan TEKA dengan tepsil secara homogen kemudian ditambahkan PS sebagai perekat dan diaduk kembali menggunakan mesin pengaduk. Setelah homogen dilakukan pencetakan menggunakan mesin pellet dengan diameter 5 mm. Granula pupuk yang sudah terbentuk dikeringkan di bawah sinar matahari. Pupuk granul yang sudah kering dikemas dalam kantong plastik LDPE (*low density of polyethylene*).

Percobaan pembuatan pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Diagram alir proses pembuatan pupuk

Tabel 1. Formula pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
 Table 1. Formula of fertilizer from TEKA, tepsil and PS mixture

Formula	Jenis bahan baku/Type of raw materials (%)		
	TEKA	Tepsil	PS
PK	98.6	0.0	1.4
PK <sub>100</sub>	95.8	2.8	1.4
PK <sub>200</sub>	93.1	5.5	1.4
PK <sub>300</sub>	90.6	8.0	1.4

Catatan/Note:

TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction

Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*

PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS

PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS

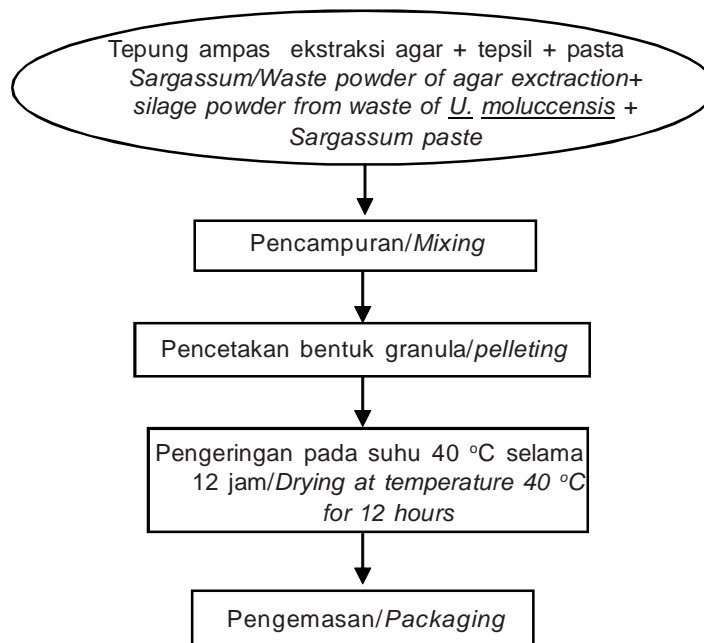
PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS

PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS

tanaman dari kombinasi TEKA, tepsil dan PS dapat dilihat pada Gambar 1.

Parameter untuk menentukan kualitas pupuk tanaman dari TEKA adalah kadar abu menggunakan metoda SNI. 01-2354.1-2006 (BSN, 2006a), kadar air dengan SNI. 01-2354.2-2006 (BSN, 2006b) dan kadar

protein dengan SNI. 01-2354.4-2006 BSN (2006c). Analisis unsur hara P, K, Fe, Zn, Mn dan Cu menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Daya serap air dianalisis menggunakan metoda Ju dan Mittal (1995) dan Valdez-Niebla, Paredes-Lopez, Vargas-Lopez dan Hernandez-Lopez,



Catatan/Note :

TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction.

Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*.

PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste .

Gambar 1. Diagram alir produksi pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
 Figure 1. Flow diagram of fertilizer production from TEKA, tepsil and PS mixture

(1993) yang telah dimodifikasi. Prosedur pengukuran DSA adalah: Sampel  $\pm$  5g dalam *beaker glass* ditambahkan 50 ml aquades. Setiap 10 menit selama 50 menit perendaman diambil sampel dipisahkan antara pupuk dengan air untuk diukur perubahan berat pupuk. Pengukuran perubahan berat sampel dilakukan dengan tiga kali ulangan dan setiap ulangan dibuat triplo. Selisih antara berat sampel awal dan setelah perendaman menunjukkan banyaknya air yang diserap oleh pupuk. Daya serap air diekspresikan dalam persen daya serap air oleh pupuk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik bahan baku penyusun pupuk tanaman

Hasil analisis bahan penyusun pupuk tanaman yang terbuat dari campuran TEKA, tepsil dan PS sebagai pengikat mempunyai komposisi kadar air, kadar abu dan kadar nitrogen yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 2.

### Kadar air bahan penyusun pupuk tanaman

Hasil analisis kadar air ketiga bahan baku pupuk tanaman (TEKA, tepsil dan PS) berkisar antara 8,61-75,91% (Tabel 2). Nilai kadar air terendah ditemukan pada TEKA sebesar 8,61% kemudian diikuti oleh tepsil 9,89% dan yang tertinggi pada PS sebesar 75,91%. Tingginya kadar air dalam PS dikarenakan rumput laut *Sargassum* kering terlebih dahulu direndam dalam air tawar semalam dengan harapan talus menjadi lunak sehingga mudah dihancurkan menggunakan bahan kimia sodium bikarbonat. Hasil uji kadar air rumput laut *Sargassum* kering adalah 16,08% dan setelah direndam satu

malam menjadi 75,91%, artinya ada peningkatan/ penyerapan air sebanyak 472,08% dari berat awal rumput laut *Sargassum*. Kemampuan dari *Sargassum* menyerap banyak air diharapkan setelah *Sargassum* dibuat menjadi pasta kemudian diformulasikan dengan TEKA dan tepsil akan dapat berfungsi untuk meningkatkan daya serap air dalam pupuk perlakuan.

### Kadar abu bahan penyusun pupuk tanaman

Hasil analisis kadar abu ketiga bahan baku penyusun pupuk tanaman berkisar antara 5,72-22,77%, tertinggi ditemukan pada PS, kemudian diikuti oleh tepsil dan yang terendah ditemukan pada TEKA (Tabel 2). Tingginya kadar abu pada PS dikarenakan dalam pembuatan PS telah ditambahkan sodium bikarbonat untuk menghancurkan talus *Sargassum*. Jumlah sodium bikarbonat yang ditambahkan sebanyak 5% dari berat *Sargassum* yang akan diolah menjadi PS. Pemberian sodium bikarbonat mempengaruhi nilai pH *Sargassum* dari semula nilai pH 7,2 menjadi nilai pH 9,5. Peningkatan nilai pH dengan adanya pemberian natrium bikarbonat dapat diturunkan dengan penambahan tepung silase.

Penyebab tingginya kadar abu pada tepsil dikarenakan tepsil yang dibuat berasal dari sisa filet ikan kuniran yang termasuk tulang, sisik dan isi perut ikan kuniran. Menurut Nabil (2005) tulang ikan mengandung kadar kalsium berkisar antara 23-39,24% sedangkan kadar fosfat dalam kisaran 11-14,25%. Kadar abu yang ada dalam tepsil tersebut diharapkan dapat menjadi suplemen untuk meningkatkan kadar mineral seperti kalsium dan fosfat dalam pupuk tanaman yang terbuat dari campuran TEKA, tepsil dan PS sebagai pengikat.

Tabel 2. Hasil analisis kadar air, abu dan Nitrogen bahan baku pupuk tanaman.  
Table 2. Analysis result of moisture, ash and Nitrogen content in fertilizer material plant

Parameter/Parameter	Nilai/Value (%)		
	TEKA	Tepsil	PS
Kadar air/Moisture content (%)	8.61 $\pm$ 0.09	9.89 $\pm$ 0.12	75.91 $\pm$ 0.79
Kadar abu/Ash content (%)	5.72 $\pm$ 0.06	22.44 $\pm$ 0.36	22.77 $\pm$ 0.50
Kadar nitrogen/Nitrogen content (%)	2.20 $\pm$ 0.03	9.18 $\pm$ 0.15	0.21 $\pm$ 0.01

Catatan/Note:

TEKA = Tepung ampas ekstraksi agar/Waste powder from agar extraction

PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Tepsil= Tepung silase dari limbah ikan kuniran/Silage powder from waste of *U. moluccensis*.

Adapun kadar abu yang terdapat di dalam TEKA diduga berasal dari penambahan "filter aid" pada saat proses ekstraksi agar dan filter aid masih terbawa di dalam TEKA. Dalam proses pemisahan agar dari bahan lain (selulosa, hemiselulosa, lignin dan bahan lain) telah ditambahkan filter aid yang bertujuan untuk mempercepat proses pemisahan. Jumlah filter aid yang ditambahkan berkisar antara 2-3% dari volume air ekstrak.

### Kadar nitrogen (N) dalam bahan penyusun pupuk tanaman

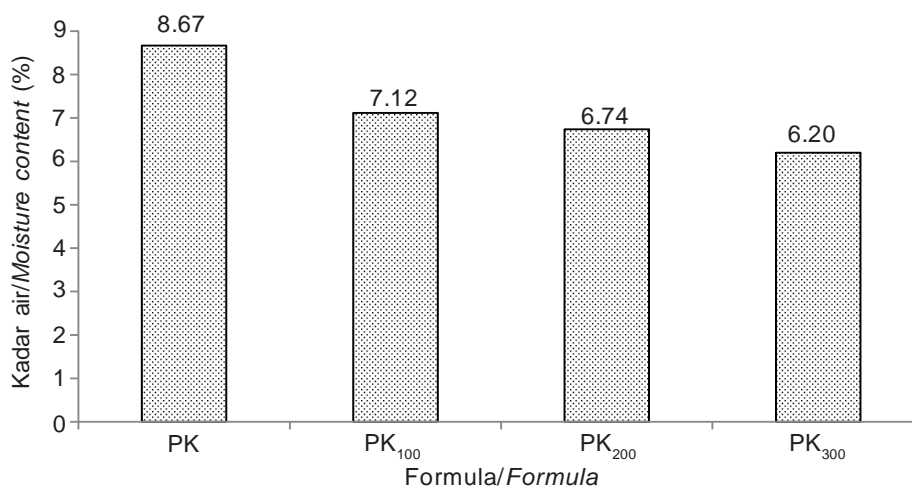
Berdasarkan analisis ketiga bahan baku penyusun pupuk tanaman, diketahui bahwa kadar N total berkisar antara 0,21-9,18%. Nilai tertinggi ditemukan pada tepsil sebesar 9,18%, kemudian diikuti oleh TEKA (2,2%) dan terendah pada PS (0,21%). Tingginya kadar N total di dalam tepsil disebabkan sisa filet ikan kuniran yang terdiri dari kepala, isi perut, tulang dan sisik masih mengandung protein dan bila dikonversikan menjadi N total akan ditemukan sebesar 9,18%. Suwandi (2009) menyebutkan bahwa tanaman sayur tidak hanya membutuhkan unsur hara N saja

tetapi juga unsur hara P dan K dalam pertumbuhan untuk pembentukan sel tanaman, bahan untuk sintesis klorofil dan asam amino. Oleh sebab itu penambahan tepsil dalam pembuatan pupuk tanaman berbahan dasar TEKA akan sangat berguna untuk memacu pertumbuhan tanaman.

### Karakteristik Pupuk Tanaman

#### Kadar air

Kadar air semua perlakuan pupuk tanaman dari campuran TEKA dengan tepsil berkisar antara 6,20-8,67% dengan nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK sebesar 8,67±0,13% kemudian diikuti oleh PK<sub>100</sub> (7,12±0,11%), PK<sub>200</sub> (6,74±0,08%) dan PK<sub>300</sub> (6,20±0,07%). Tingginya kadar air pada perlakuan PK dibandingkan dengan perlakuan lainnya disebabkan jumlah TEKA yang ditambahkan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yakni perlakuan PK sebesar 98,6%, PK<sub>100</sub> sebesar 95,8%, PK<sub>200</sub> sebesar 93,1% dan PK<sub>300</sub> sebesar 90,6%. Diketahui bahwa rumput laut mempunyai sifat hidrofilik (Bunga et al., 2013) artinya rumput laut mampu



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 2. Kadar air pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS

Figure 2. Moisture content of fertilizer made from TEKA, tepsil and PS mixture

mengikat air lebih banyak ketika ditambahkan sejumlah air dan waktu melepaskan sejumlah air akan lebih lambat pada saat pengeringan. Sudirja (2007) menyatakan kadar air untuk pupuk granula dipersyaratkan berkisar antara 4-12%. Berdasarkan persyaratan tersebut maka pupuk campuran TEKA, tepsil dan PS sebagai perekatnya memenuhi persyaratan kadar air yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenahan tanah antara 8-20%.

### Kadar abu/mineral

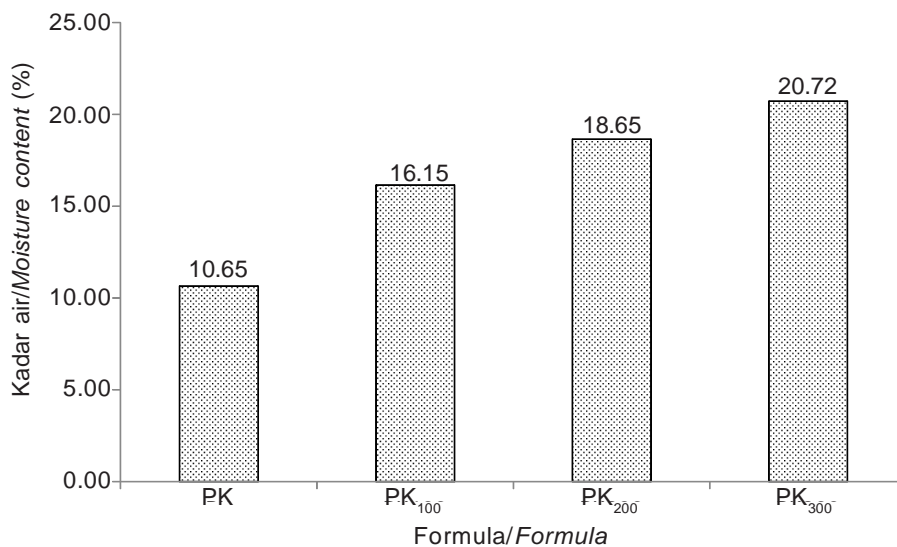
Berdasarkan hasil penelitian nilai kadar abu berkisar antara 10,65-20,72% SD ± 4,35 dengan nilai terendah ditemukan pada perlakuan PK sebesar 10,65% kemudian diikuti oleh perlakuan PK<sub>100</sub> 16,15%, PK<sub>200</sub> 18,65% dan PK<sub>300</sub> 20,72%. Pada penelitian ini jumlah TEKA yang diberikan pada perlakuan PK<sub>300</sub> < PK<sub>200</sub> < PK<sub>100</sub> < K, sedangkan tepsil yang ditambahkan PK<sub>300</sub> > PK<sub>200</sub> > PK<sub>100</sub> > K. Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai kadar abu PK<sub>300</sub> > PK<sub>200</sub> > PK<sub>100</sub> > K.

Nilai kadar abu dalam setiap perlakuan dipengaruhi oleh rasio TEKA dan tepsil. Pada perlakuan PK bahan penyusun pupuk hanya terdiri dari TEKA tanpa penambahan tepsil. Perlakuan PK<sub>100</sub>, PK<sub>200</sub> dan PK<sub>300</sub> terdiri dari campuran TEKA dan tepsil. Hasil campuran TEKA dan tepsil telah menghasilkan nilai kadar abu tertinggi pada PK<sub>300</sub> dan terendah pada perlakuan PK (Gambar 3).

Kadar abu yang tinggi pada perlakuan PK<sub>300</sub> sangat menguntungkan karena di dalam kadar abu terkandung unsur hara makro dan mikro (Baghel et al., 2014; Basmal, 2010; Ruperez, 2000; dan Santoso et al., 2004). Dengan menambahkan tepsil ke dalam TEKA diharapkan mampu meningkatkan kadar mineral pupuk berbahan dasar TEKA.

### Daya serap air

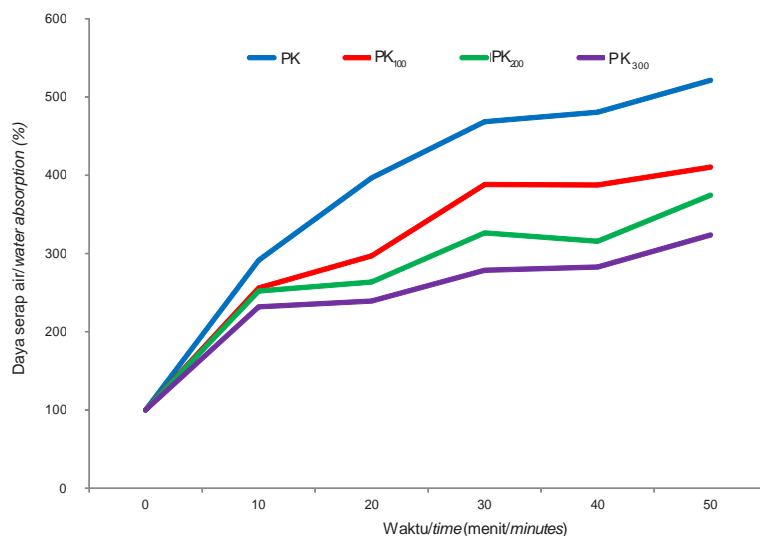
Daya serap air merupakan parameter yang menunjukkan besarnya kemampuan bahan untuk menarik air di sekelilingnya untuk berikatan dengan partikel bahan atau bertahan antar pori partikel bahan. Fungsi dari DSA adalah sebagai pelembab tanah atau pembenah tanah dalam usaha pertanian. DSA



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 3. Kadar abu pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
Figure 3. Ash content of fertilizer made from TEKA, tepsil and PS mixture



Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 4. Daya serap air (DSA) pupuk kombinasi tepung ampas ekstraksi agar, tepsil dan pasta *Sargassum*.  
 Figure 4. Absorption of fertilizer made from combination between waste powder of agar extraction, fish waste silage and *Sargassum* paste.

berkaitan erat dengan komposisi bahan dan sifat fisik masing masing bahan formulasi. Elliason (2004) menyatakan kemampuan daya serap air suatu bahan sangat tergantung pada komposisi dan sifat fisik bahan yang dicampurkan.

Salah satu komoditi perikanan yang mempunyai kemampuan menyerap air adalah rumput laut dan telah diketahui bahwa rumput laut mempunyai sifat hidrofilik yang reversibel artinya dapat menarik air dengan cepat dan dapat pula mengeluarkan air pada kondisi tertentu (Bunga et al., 2013). Hasil penelitian menunjukkan kemampuan menyerap air untuk semua perlakuan cenderung meningkat setiap perendaman selama 10 menit dan mencapai nilai tertinggi setelah perendaman selama 50 menit (Gambar 4).

Nilai DSA tertinggi setelah perendaman dalam air selama 50 menit ditemukan pada perlakuan PK sebesar 521%, kemudian diikuti berturut turut perlakuan PK<sub>100</sub> 410%, PK<sub>200</sub> 375% dan PK<sub>300</sub> 324%. Peningkatan nilai DSA pada perlakuan PK erat kaitannya dengan peningkatan jumlah TEKA yang digunakan. Kemampuan menyerap air pada bahan pupuk formulasi ini akan dapat mempertahankan tingkat kelembaban tanah sehingga tanaman akan

mudah menyerap unsur hara. Pupuk yang mempunyai nilai DSA tinggi akan sangat cocok diaplikasikan pada lahan pertanian yang bersifat kering.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah telah mensyaratkan DSA minimal 50%. Jumlah TEKA yang diberikan telah berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan menyerap air seperti pada perlakuan PK yang mempunyai nilai DSA lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan penambahan tepsil. Haryza dan Hastuti (2009) melaporkan dalam penelitiannya bahwa semakin banyak rumput laut yang digunakan sebagai bahan pupuk akan semakin besar pula kemampuan untuk menyerap air. Peningkatan jumlah tepsil dalam pembuatan pupuk campuran TEKA dan tepsil terbukti telah mengurangi kemampuan mengikat air seperti terlihat pada perlakuan PK<sub>300</sub> (Gambar 4). Di dalam proses ekstraksi agaropektin tidak semua gel dapat dikeluarkan dari dalam talus *Gracilaria* dan masih ada yang tertinggal di dalam TEKA. Pada perlakuan PK jumlah TEKA yang ditambahkan lebih banyak dan tidak ditambahkan tepsil sehingga menyebabkan DSA perlakuan K lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Montano dan Tupas (1990) mengemukakan gel dari



rumpun laut mempunyai kemampuan menyerap air sehingga dapat menambah kelembaban apabila digunakan sebagai pupuk tanaman, sedangkan Haryanti, Darmanti dan Izzati (2008) menemukan bahwa kemampuan menyerap air tergantung pada banyaknya gel di dalam rumput laut. Semakin tinggi nilai kekuatan gel akan semakin tinggi kemampuan menyerap air.

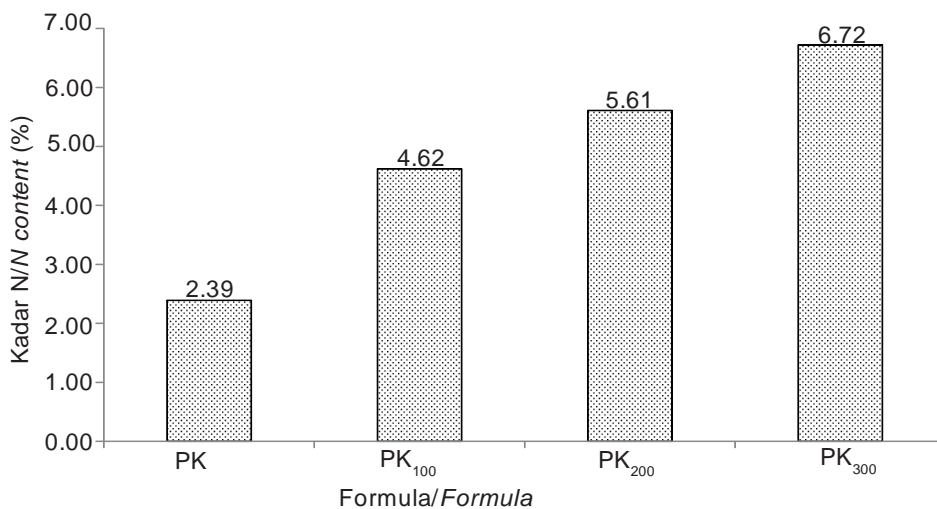
### Unsur hara

Unsur hara adalah suatu zat/mineral yang memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan fisik tanaman. Unsur hara tidak dapat digantikan dengan unsur lainnya karena termasuk unsur esensial yang harus ada dalam takaran tertentu (Nurahmi, 2010). Berdasarkan jumlah asupannya unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dibagi menjadi dua yakni unsur makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro meliputi N, P, K, Ca, Mg dan S. Dalam penelitian ini telah dianalisis kandungan unsur hara N, P, K dan C (organik maupun kimia). Sedangkan unsur hara mikro yang dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil meliputi: Cu, Cl, Fe, Mg, Mn, Zn, dan B. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang persyaratan

unsur hara makro dan mikro dalam pupuk organik cair menyebutkan bahwa unsur hara N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan K<sub>2</sub>O masing masing antara 3-6%, Cu 250-5.000 ppm; Fe total 90-900 ppm; Mn 250-5.000 ppm; Zn 250-5.000 ppm dan B 125-2.500 ppm (Anon, 2011).

### Unsur hara makro nitrogen (N)

Kandungan unsur hara N dalam pupuk formulasi berkisar antara 2,39-6,72% (Gambar 5). Unsur hara N tertinggi ditemukan pada perlakuan PK<sub>300</sub> sebesar 6,72% dan terendah pada perlakuan PK sebesar 2,39%. Peningkatan unsur hara N di dalam pupuk formulasi diperoleh dari tepsil yakni pada perlakuan PK<sub>300</sub> telah ditambahkan tepsil sebesar 8%, PK<sub>200</sub> 5,48%, PK<sub>100</sub> 2,82% dan K sebesar 0%. Hasil analisis N total dalam tepsil ditemukan sebesar 9,18±0,15%, sedangkan pada TEKA kadar N total yaitu 2,2±0,03% dan PS sebesar 0,21±0,01%. Dibandingkan dengan standar pupuk organik cair yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenahan tanah dinyatakan bahwa kandungan unsur hara N di dalam pupuk organik berkisar antara 3-6%. Dari semua perlakuan, kecuali PK mempunyai kandungan unsur



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 5. Kadar N dalam pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS

Figure 5. N content of fertilizer from TEKA, tepsil and PS mixture

hara N di atas yang telah ditetapkan yakni antara 4,62-6,72% dengan nilai unsur hara tertinggi pada perlakuan PK<sub>300</sub> sebesar 6,72%, artinya kombinasi perlakuan TEKA dan tepsil dengan PS sebagai pengikat dapat digunakan untuk pupuk tanaman sebagai penyedia unsur hara N.

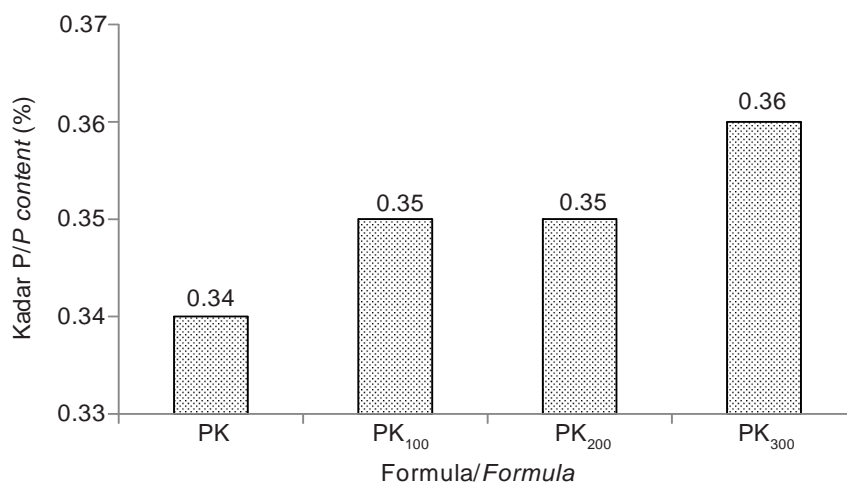
### Unsur hara makro fosfor (P)

Unsur hara P berkisar antara 0,34-0,36% ± 0,006% dengan nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK<sub>300</sub> sebesar 0,36%, sedangkan terendah ditemukan pada perlakuan PK sebesar 0,34%. Adanya peningkatan unsur hara P pada semua perlakuan diperoleh dari tepsil, namun peningkatan unsur P dalam semua perlakuan tidak meningkat secara tajam (Gambar 6). Benjama dan Masniyon (2012) melaporkan di dalam rumput laut *Gracilaria* ditemukan kandungan P sebesar 0,31%. Özyılmaz dan Küver (2011) melaporkan kandungan P dalam ikan kuniran sebesar 0,18%, sedangkan Nabil (2005) mengatakan tulang ikan mengandung kadar fosfat antara 11-14,25%. Basmal dan Sedayu (2014) menemukan bahwa di dalam tepung ikan terkandung unsur hara makro P 75,44 mg/100g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 172,78 mg/100g, C<sub>organik</sub> 35,94 mg/100g, N 6,45%, Mg 1,58%, Ca 97,27 mg/100g, K 2,12 mg/100g, Fe 0,21 ppm, Zn 0,06 ppm, Mn 0,01 ppm. Di dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/

Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenahan tanah dinyatakan kandungan unsur hara P dalam pupuk organik cair dihitung dalam bentuk oksidasinya yaitu P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> berkisar antara 3-6%. Untuk mengetahui kadar P (bukan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) maka harus dikalikan dengan faktor konversi yakni 0,43 sehingga diperoleh kadar P antara 1,29-2,58% atau setara dengan 12.900-25.800 ppm. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 diketahui bahwa semua perlakuan yang diberikan masih di bawah persyaratan. Oleh sebab itu untuk dapat digunakan sebagai bahan baku dari tepung ampas ekstraksi agar yang dikombinasikan dengan tepsil, perlu penambahan bahan bahan pupuk yang mengandung unsur hara P tinggi seperti fosfat dari alam. Penggunaan P alam mempunyai efektivitas yang sama baiknya dengan sumber P yang mudah larut seperti SP-36, sehingga penggunaan P-alam sebagai sumber pupuk P bisa meningkatkan efisiensi pupuk di lahan kering masam (Nurjaya & Nursyamsi, 2013).

### Unsur hara makro kalium (K)

Kandungan unsur hara K di dalam perlakuan kombinasi TEKA, tepsil dan PS berkisar antara 1,40 -1,79% (Gambar 7) dengan nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK sebesar 1,79%



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum/Sargassum paste*

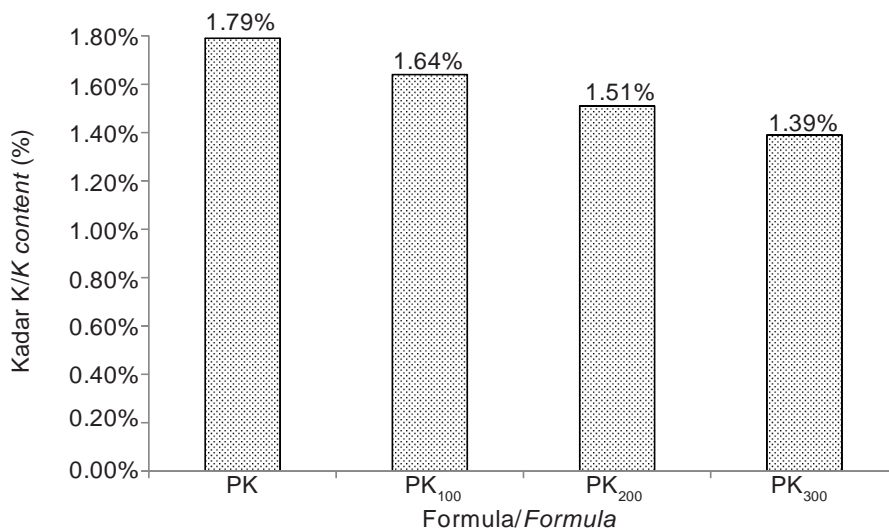
Gambar 6. Kadar P pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS.  
Figure 6. P content of fertilizer from TEKA, tepsil dan PS mixture

kemudian diikuti oleh perlakuan PK<sub>100</sub> 1,64%, PK<sub>200</sub> 1,51% dan PK<sub>300</sub> 1,40%. Tingginya nilai unsur hara makro K pada perlakuan K disebabkan dalam rumput laut *Gracilaria verucosa* terkandung unsur hara K sebanyak 6,36 g /100g rumput laut *Gracilaria* berat kering (Nazni & Deepa, 2015). Pada perlakuan PK, tepsil tidak ditambahkan sehingga kandungan K murni berasal dari TEKA. Pada perlakuan lain dengan penambahan tepsil telah menyebabkan unsur hara K dalam pupuk menurun. Penurunan ini disebabkan oleh rendahnya nilai unsur hara K dalam tepsil. Özyılmaz dan Küver (2011) melaporkan unsur hara K di dalam ikan kuniran ditemukan sebesar 0,128%. Semakin banyak tepsil yang dicampur dengan TEKA maka kandungan unsur hara K dalam pupuk pellet yang dibuat semakin menurun. Di dalam Peraturan Menteri Pertanian nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik granula/pellet tidak dinyatakan secara spesifik persyaratan unsur hara K dan hanya menyebutkan unsur hara gabungan (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O) minimal 4% (Anon., 2011). Oleh sebab itu untuk memenuhi kebutuhan unsur hara K dalam pupuk formulasi ini perlu penambahan unsur hara K dari bahan lain seperti dari abu janjang sawit. Menurut Sarwono

(2008), tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K, dan Mg. Jumlah tandan kosong kelapa sawit diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar yang diolah. Setiap ton tandan kosong kelapa sawit mengandung hara N 1,5%; P 0,5%; K 7,3%; dan Mg 0,9% yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit, sedangkan abu janjang sawit mengandung unsur hara K<sub>2</sub>O sebesar 18,48%.

#### Unsur hara mikro

Ardi (2007) melaporkan zat/mineral yang dibutuhkan tanaman kurang dari 100 ppm dimasukkan dalam golongan unsur hara mikro seperti besi (Fe), mangan (Mn), boron (B), molibdenum (Mo), tembaga/cuprum (Cu), seng (Zn) dan klor (Cl), natrium (Na), cobalt (Co), silicon (Si), nikel (Ni). Rukmana (2005) mengatakan bila terjadi kelebihan dan kekurangan unsur hara mikro pada tanaman dapat menyebabkan terhalangnya pertumbuhan sehingga tidak optimal. Selanjutnya dikatakan gejala yang terjadi apabila kelebihan unsur hara mikro pada tanaman dapat dilihat dari gejala fisik pada bagian-bagian tanaman seperti



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 7. Kadar K pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
Figure 7. K content of fertilizer from EKA, tepsil dan PS mixture

gejala yang terdapat pada daun, batang, bunga dan buah selain itu tanaman juga akan menunjukkan gejala seperti daun yang menjadi kerdil dan perubahan warna daun yang sering disebut sebagai klorosi.

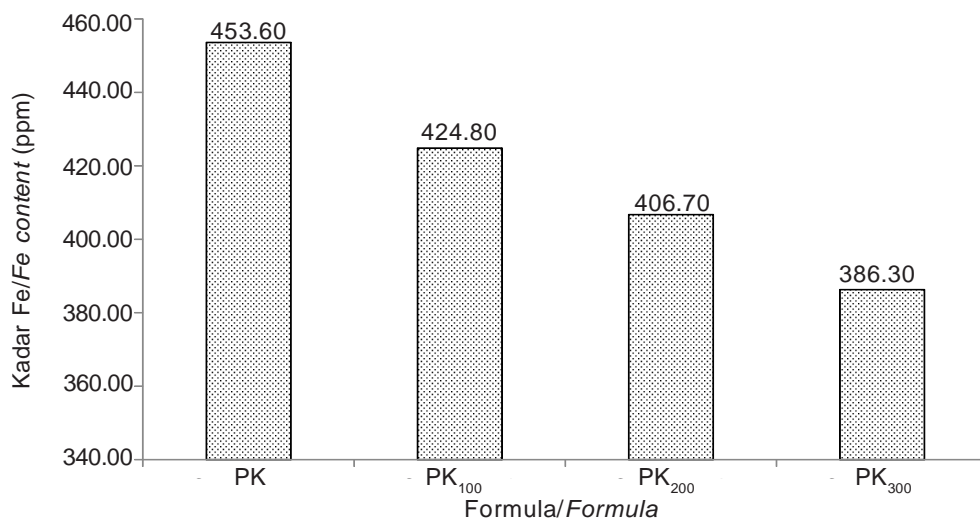
### Unsur hara mikro besi (Fe)

Berdasarkan hasil analisis ke empat perlakuan ditemukan kandungan unsur hara Fe berkisar antara 386,30-453,60 ppm (Gambar 8) dengan nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK sebesar 453,60 ppm kemudian diikuti perlakuan PK<sub>100</sub> 424,80 ppm, PK<sub>200</sub> 406,70 ppm, dan PK<sub>300</sub> 386,30 ppm. Unsur hara Fe dalam asupan nutrisi tanaman dibutuhkan dalam jumlah sedikit (mikro nutrisi) namun keberadaannya diperlukan. Jika terjadi kelebihan unsur hara Fe dalam asupan tanaman berakibat terjadinya nekrosis yang ditandai dengan munculnya bintik-bintik hitam pada daun, sebaliknya asupan Fe yang tidak mencukupi kebutuhan minimal berakibat pada timbulnya gejala klorosis dan daun menguning atau nekrosa. Daun muda tampak putih karena kurang klorofil selain itu terjadi juga kerusakan akar (Anon., 2013 dan Wahono & Haikal, 2011).

Mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik cair, pupuk hayati dan pembenahan tanah dinyatakan bahwa kandungan unsur hara Fe total antara 90-900 ppm. Artinya pupuk yang dibuat dari campuran TEKA dan tepsil memenuhi syarat.

### Unsur hara mikro mangan (Mn)

Unsur hara mikro mangan (Mn) di dalam tanaman berfungsi sebagai aktivator berbagai enzim yang berproses dalam perombakan karbohidrat dan metabolisme nitrogen untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Mangan bersama dengan unsur hara Fe membantu terbentuknya klorofil, sehingga bisa mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang tua. Hasil penelitian menunjukkan kandungan unsur hara Mn dalam pupuk kombinasi TEKA dan tepsil berkisar antara 9,50-12,10 ppm (Gambar 9) dengan nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK, kemudian diikuti berturut turut penurunan unsur hara Mn oleh perlakuan PK<sub>100</sub>, PK<sub>200</sub> dan PK<sub>300</sub>. Penambahan tepsil tidak dapat meningkatkan unsur hara Mn. Hal ini disebabkan



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum/Sargassum paste*

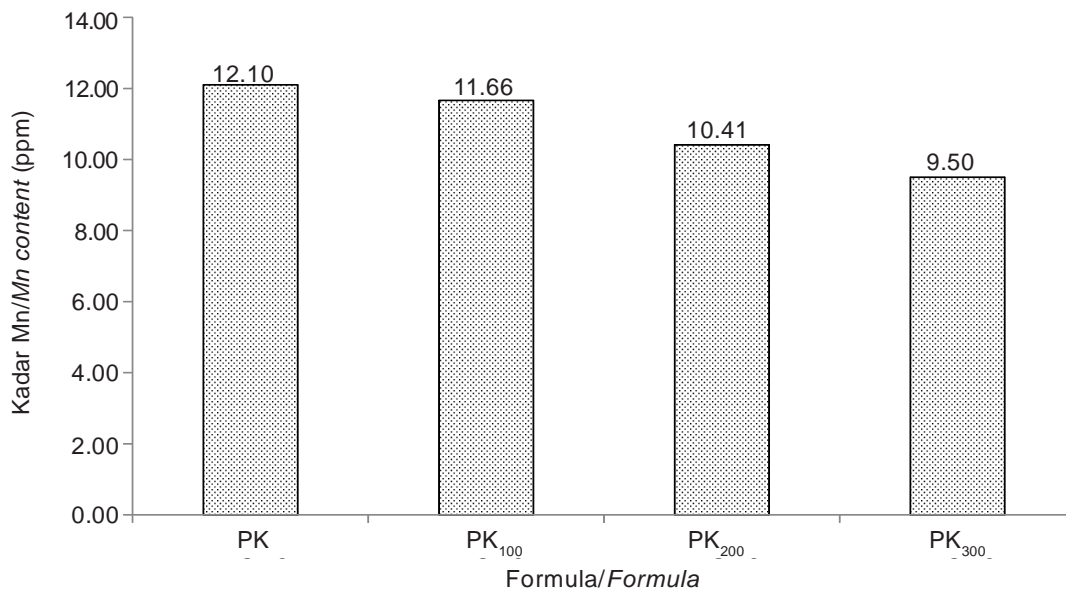
Gambar 8. Kadar Fe pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
Figure 8. Fe content of fertilizer from EKA, tepsil dan PS mixture

kandungan unsur hara pada tepsil hanya sebesar 0,01 ppm.

Standar pupuk curah/remah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik cair, pupuk hayati dan pembenahan tanah menyatakan bahwa kandungan unsur hara Mn berkisar antara 250-5.000 ppm. Jika dibandingkan dengan standar dari permentan maka pupuk yang terbuat dari campuran TEKA dengan tepsil masih jauh dari standar maksimum. Menurut Indrasari dan Syukur (2006), dampak kekurangan Mn dapat mengakibatkan timbulnya klorosis pada daun muda dan keriput. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur hara Mn dalam pupuk yang terbuat dari campuran TEKA dan tepsil masih di bawah standar yang ditetapkan, oleh sebab itu untuk dapat digunakan sebagai pupuk yang memenuhi standar maka perlu dilakukan penambahan unsur hara Mn yang dapat diperoleh dari mineral batuan garnet ( $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ ) (Sudiby, 2010).

### Unsur hara mikro tembaga (Cu)

Berdasarkan hasil penelitian nilai unsur hara Cu pada semua perlakuan berkisar antara 0,19-0,22 ppm (Gambar 10). Penambahan tepsil dapat meningkatkan unsur hara Cu. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan PK<sub>300</sub> sebesar 0,22 ppm kemudian diikuti berturut turut oleh PK<sub>200</sub> 0,21 ppm; PK<sub>100</sub> 0,20 ppm dan PK 0,19 ppm. Peningkatan unsur hara Cu dipengaruhi oleh penambahan tepsil. Jumlah tepsil yang dicampurkan dalam TEKA pada perlakuan PK<sub>300</sub> lebih besar dari perlakuan lainnya. Sedangkan jumlah TEKA pada perlakuan PK<sub>300</sub> lebih kecil dari perlakuan lainnya. FAO (1975) menemukan kandungan Cu di dalam tepung ikan yang dibuat dari ikan herring sebesar 5 ppm. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tepsil yang ditambahkan ke dalam TEKA dapat menyebabkan terjadinya peningkatan unsur hara Cu dalam pupuk kombinasi TEKA dengan tepsil. Adanya peningkatan unsur hara Cu sangat berfungsi untuk aktivator dan pembawa beberapa enzim dalam proses



#### Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

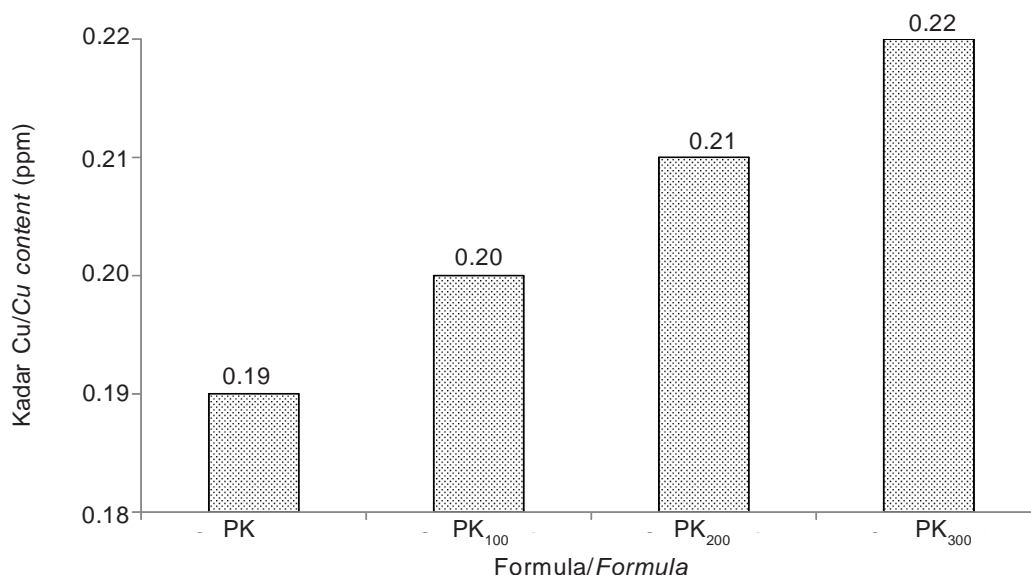
Gambar 9. Kadar Mn pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
Figure 9. Mn content of fertilizer from EKA, tepsil dan PS mixture

kelancaran fotosintesis dan reproduksi. Kekurangan asupan unsur hara Cu akan menyebabkan daun tanaman berubah menjadi hijau kebiruan, tunas daun menguncup dan tumbuh kecil serta pertumbuhan bunga terhambat; sebaliknya kelebihan unsur hara Cu menyebabkan tanaman tumbuh kerdil, percabangan terbatas, pembentukan akar terhambat dan akar menebal serta berwarna gelap (Anon., 2013). Mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik cair, pupuk hayati dan pembenahan tanah kandungan unsur hara Cu berkisar antara 250-5.000 ppm (Anon., 2011). Jika dibandingkan dengan standar dari permentan maka pupuk yang terbuat dari campuran TEKA dengan tepsil masih jauh dari standar optimum.

**Unsur hara mikro seng (Zn)**

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan kandungan Zn dalam perlakuan berkisar antara 262,3-394,5 ppm (Gambar 11) dengan nilai tertinggi pada perlakuan PK<sub>300</sub> sebesar 394,5 ppm kemudian diikuti berturut turut oleh perlakuan PK<sub>200</sub>, 296,2 ppm; PK<sub>100</sub> 279,2 ppm dan K 262,3 ppm. Jumlah TEKA yang

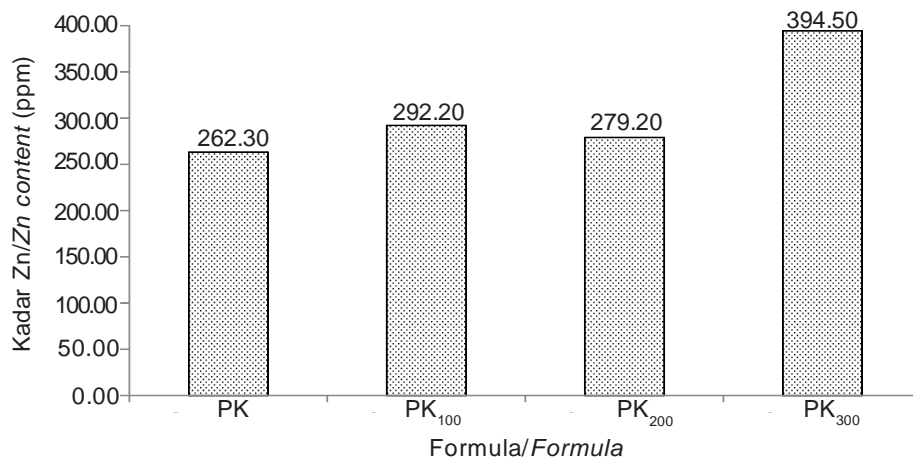
dicampurkan dengan tepsil telah mempengaruhi besarnya nilai unsur hara Zn. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa unsur hara Zn pada TEKA sebesar 182 ppm. Jumlah TEKA yang ditambahkan pada setiap perlakuan berbeda persentasenya (Tabel 1) yakni perlakuan PK>PK<sub>100</sub>>PK<sub>200</sub>>PK<sub>300</sub>, sedangkan jumlah PS yang ditambahkan adalah sama yakni sebesar 1,4%. Basmal et al. (2014) menemukan bahwa unsur hara Zn di dalam rumput laut *Sargassum* adalah sebesar 28,57 ppm, sementara di dalam tepung ikan hanya 0,06 ppm. Menurut Juliati (2008) dan Ratmini (2014) kekurangan unsur hara Zn dalam asupan tanaman akan berakibat pertumbuhan lambat, jarak antar buku pendek, daun kerdil, mengkerut atau menggulung di satu sisi lalu disusul dengan kerontokan, terjadi penurunan reaksi metabolik, penurunan sintesis senyawa pertumbuhan tanaman, dan penurunan produksi klorofil dan karbohidrat. Selanjutnya Stevanus, Saputra, dan Wijaya (2015) melaporkan bahwa kekurangan atau kelebihan unsur hara Zn pada tanaman karet akan mengakibatkan pertumbuhan terganggu. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk



**Catatan/Note:**

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 10. Kadar Cu pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
 Figure 10. Cu content of fertilizer from EKA, tepsil dan PS mixture



Catatan/Note:

- PK = Rasio TEKA 98,6% : tepsil 0% dan PS 1,4%/Ratio of 98.6% TEKA : 0% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>100</sub> = Rasio TEKA 95,8% : tepsil 2,8% dan PS 1,4%/Ratio of 95.8% TEKA : 2.8% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>200</sub> = Rasio TEKA 93,1% : tepsil 5,5% dan PS 1,4%/Ratio of 93.1% TEKA : 5.5% tepsil and 1.4% PS
- PK<sub>300</sub> = Rasio TEKA 90,6% : tepsil 8,0% dan PS 1,4%/Ratio of 90.6% TEKA : 8.0% tepsil and 1.4% PS
- TEKA = tepung ampas ekstraksi agar/waste powder from agar extraction
- Tepsil = tepung silase dari limbah ikan kuniran/silage powder from waste of *U. moluccensis*
- PS = Pasta *Sargassum*/Sargassum paste

Gambar 11. Kadar Zn pupuk dari campuran TEKA, tepsil dan PS  
 Figure 11. Zn content of fertilizer from TEKA, tepsil dan PS mixture

organik cair, pupuk hayati dan pembenahan tanah menyatakan bahwa kandungan unsur hara Zn berkisar antara 250-5.000 ppm. Jika dibandingkan dengan standar dari fermentan maka pupuk yang terbuat dari campuran TEKA dengan tepsil sudah masuk dalam standar yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 artinya kombinasi bahan baku TEKA dengan tepsil dapat diformulasikan menjadi pupuk tanaman.

**KESIMPULAN**

Kombinasi tepung ampas ekstraksi agar dengan tepung silase dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dengan nilai N pada tepung ampas ekstraksi agar sebesar 2,2±0,03% dan tepung silase 9,18±0,15%. Pada pencampuran dengan berbagai variasi konsentrasi tepung ampas ekstraksi agar dengan tepung silase dan pasta *Sargassum* sebagai perekat, ditemukan kandungan unsur hara makro dan mikro yang bervariasi pula pada setiap perlakuan. Penambahan tepsil ke dalam tepung ampas ekstraksi agar dapat meningkatkan unsur hara makro N, unsur hara mikro Zn dan Cu, serta meningkatkan nilai kadar abu, tetapi menurunkan unsur hara K, P, Fe, dan Mn.

Perlakuan terbaik berdasarkan kandungan unsur hara makro N ditemukan pada perlakuan rasio TEKA : tepsil : PS = 90,6% : 8% : 1,4%, dengan nilai unsur hara N 6,72%, P 0,34%; K 0,014%; Cu 0,22 ppm; Fe 386,3 ppm; Mn 9,5 ppm, Zn 394,5 ppm, nilai kadar abu 20,72%, kadar air 6,20% dan kemampuan menyerap air selama 50 menit perendaman sebesar 324%.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adiguna, G. S., Pramesti, R., & Susanto, A. B. (2014). Kajian pemanfaatan limbah padat industry agar agar kertas berbahan baku rumput laut *Gracilaria* sp sebagai pupuk padat tanaman bayam (*Amaranthus* sp). *Journal of Marine Research*, 3(1), 37-43.

Anggadiredja, J. T., Zalnika, A., Heri, P., & Istini, S., (2006). Rumput Laut Pembudidayaan, Pengolahan dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya, Informasi Dunia Pertanian, Jakarta.

Anonim. (2011). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011. Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. Departemen Pertanian Indonesia.

Anonim. (2013). Fungsi unsur hara bagi tanaman. BPP Kedengwaru Tulungagung Jawa Timur.

- Ardi, R. (2007). Unsur Hara Makro dan Mikro Dalam Tanah.[terhubung berkala]. <http://rioardi.wordpress.com/2007/09/03/unsur-hara-dalam-tanah-makro-dan-mikro>. (27 Juli 2015).
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. (2006a). Penentuan kadar abu produk perikanan. SNI. 01-2354.1-2006.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. (2006b). Penentuan kadar air produk perikanan. SNI. 01-2354.2-2006.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional.(2006c).Penentuan kadar protein produk perikanan. SNI. 01-2354.4-2006.
- Baghel, R. S., Reddy, C. R. K., & Jha. B. (2014). Characterization of agarophytic seaweeds from the biorefinary context. Elsevier. *Bio resource of Technology*, 259, 280-285.
- Basmal, J., Murtini J.T., Tazwir. & Indriati, N. (1995). Pengaruh konsentrasi asam formiat pada pembuatan silase dari limbah ikan pari (*Trigon spp*). *Jurnal Penelitian Pasca Panen Perikanan*, 84, 1-7.
- Basmal, J., Wikanta, T., & Tazwir. (2002). Pengaruh Kombinasi Perlakuan Kalium Hidroksida dan Natrium Karbonat dalam Ekstraksi Natrium Alginat Terhadap Kualitas Produk yang Dihasilkan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Edisi Pasca Panen*, 8 (6).
- Basmal, J. (2010). Pengaruh penambahan tepung kepala udang terhadap peningkatan unsur hara N pada pembuatan pupuk organik rumput laut. Prosiding seminar nasional tahunan VII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2010. Jilid III. Teknologi Hasil Perikanan. Semnaskan\_UGM/Pasca Panen/PP-22: 1 - 6. ISBN 978-979-19942-9-3
- Basmal, J., Kusumawati, R., & Utomo, B.S.B. (2015). Pengaruh perlakuan konsentrasi larutan potassium hidroksida terhadap kualitas pupuk cair dari rumput laut *Sargassum*. Unpublished.
- Basmal, J., Widanarto, A., Kusumawati, R., & Utomo. B. S. B. (2014). Pemanfaatan limbah ekstraksi alginat dan silase ikan sebagai bahan pupuk organik. *Jurnal pascapanen dan bioteknologi kelautan dan perikanan*, 9 (2), 109–120.
- Basmal, J., & Sedayu, B. B. (2014). Teknologi Ekstraksi Agar agar dan Sap Liquid dari Rumput Laut *Gracilaria Segar*. Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan 2014. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Pp. 405-414.
- Benjama, O., & Masniyon, P. (2012). Biochemical composition and physicochemical properties of two red seaweed (*Gracilaria fisheri* and *Gracilaria tenuistipitata*) from the pattani bay in southern Thailand. Songklanakarin. *J. Sci. Technol.*, 34(2), 223-230.
- Bunga, S. M., Montolalu, R. I., Harikedua, J. W., Montolalu, L. A., Watung, A. H. & Taher, N. (2013). Karakteristik Sifat Fisika Kimia Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Berbagai Umur Panen yang diambil dari Daerah Perairan Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1 (2), 54-58.
- Delvian. (2006). Faktor Penting Bagi Pertumbuhan Pohon dalam Pengembangan Hutan Tanaman Industri. (Online) <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1077/1/06005276.pdf>. diakses tanggal 31 November 2016.
- Eliasson, A. C. (2004). Starch in Food. Structure, Function and Application. Woodhead Publishing Limited. CRC press. New York.
- FAO. (1975). The production of fish meal and oil Fish meal. FAO, Fishery Industries Division. FAO Fish. Tech. Pap., (142) Rev. 1: 63
- Hapsari, G., & Wahsyu, R. (2014). Pengaruh penggunaan serbuk agar agar (*Gracilaria sp*) terhadap kuat tekan & kuat tarik belah mortar polimer. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Katolik Soegijiprana-Semarang. 83 hal.
- Haryanti. A. M., Darmanti, S., & Izzati, M. (2008). Kapasitas penyerapan dan penyimpanan air pada berbagai ukuran potongan rumput laut *Gracilaria verrucosasebagai* bahan dasar pupuk organik. *Biomia*, 10(10), 1-6.
- Haryono, N. (2014). Manfaat unsur hara mikro pada tanaman. [www.distributorpupukorganik.com/2014/08/manfaat-unsur-hara-mikro-pada-tanaman.html](http://www.distributorpupukorganik.com/2014/08/manfaat-unsur-hara-mikro-pada-tanaman.html). diakses Agsutus 2014.
- Haryza, Y. C., & Hastuti, R. B. (2009). Kapasitas Penyerapan dan Penyimpanan Air pada Berbagai Ukuran Potongan Rumput Laut *Sargassum sp* sebagai Bahan Pupuk Organik. Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA UNDIP. [eprints.undip.ac.id](http://eprints.undip.ac.id)
- Indrasari, A., & Syukur, A. (2006). Pengaruh pemberian pupuk kandang dan unsure hara mikro terhadap pertumbuhan jagung pada ultisol yang dikapur. *Jurnal Ilmu tanah dan Lingkungan*, 6(2), 116-123.
- Jassim, J. M. (2010). Effect of using local fish meal (Liza abu) as protein concentration in broiler diets. *J. Poultry Sci.*, 9(12),1097-1099.
- Juliati, S. (2008). Pengaruh Pemberian Zn dan P terhadap Pertumbuhan Bibit Jeruk Varietas Japanese citroen Pada Tanah Inseptisol. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. *J. Hort.*, 18(4), 409-419.
- Ju, J., & Mittal, G. S. (1995). Physical properties of various starch-based fat substitutes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 19, 361-383.
- Maigualema, M. A., & Gernet, A.G. (2003). The effect of feedinelevated levels of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by product meal on Broiler performance and Carcass characteristics. *J. Poultry Sci.*, 2, 195-199.
- Moerhasrianto, P. (2011). Respon pertumbuhan tiga macam sayuran pada berbagai konsnetrasi nutrient laru tan hidroponik. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember. pp 80.
- Montano, N. E., & Tupas, L. M. (1990). Plant Growth Hormonal Activities of Aqueous Extraces from Philipines Seaweeds. Marine Science Institute. University of Philipines.



- Murdinah, Apriani, S. N. K., Nurhayati, & Subaryono. (2012). *Membuat agar dari rumput laut Gracilaria* (pp. 75). Penebar Swadaya.
- Nabil, M. (2005). Pemanfaatan limbah tulang tuna (*Thunnus* sp) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. Thesis. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Hal 2.
- Nazni, P., & Deepa, S. (2015). Minerals and Heavy Metal Present in the Selected Red Seaweeds of South Coast Region of Tamilnadu. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 5(4), 45-49.
- Nurahmi, E. (2010). Kandungan Unsur Hara Tanah dan Tanaman Selada pada Tanah Bekas Tsumani Akibat Pemberian Pupuk Organik dan Organik. *J. Floratek*, 5, 74-85.
- Nurjaya, & Nursyamsi, D. (2013). Effectiveness of Direct Application of Phosphate Rock in Upland Acids Inceptisols Soil on Available-P and Maize Yield. <http://journal.unila.ac.id/index.php/tropicalsoil>. DOI: 10.5400/jts.2012.18.1.1
- Özyılmaz, A. Ö. A., & Küver, P. (2011). Fatty Acid Composition and Mineral Content of *Upeneus moluccensis* and *Mullus surmuletus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 69-75.
- Ratmini, S. N. P. (2014). Peluang Peningkatan Kadar Seng (Zn) Pada Produk Tanaman Serelia. Proseding seminar Nasional Lahan Suboptimal. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Selatan. Palembang 26-27 September 2014. ISBN 979-587-529-9.
- Rukmana, R. (2005). *Jeruk Besar Potensi Dan Prospeknya*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ruperez. (2000). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chem.*, 79, 23-26.
- Sarwono, E. (2008). Pemanfaatan Janjang Kosong sebagai Substitusi Pupuk Tanaman Kelapa Sawit. Aplikasi. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 8 (1), 14-18.
- Santoso, J., Yoshie, Y., & Suzuki, T. (2004). Mineral, fatty acid and dietary fiber composition several Indonesian Seaweeds. *Jurnal Ilmu Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(1), 45-51.
- Solangi, A. A., Memon, A., Qureshi, T. A., Leghari, H. H., Baloch, G.M., & Wagan, M.P. (2002). Replacement of fish meal by soybean meal in broiler ration. *J. Anim. Vet. Adv.*, 1, 28-30.
- Stevanus, C. T., Saputra, J., & Wijaya, T. (2015). Peranan Unsur hara Mikro Pada Tanaman Karet. *Warta Per karetan*, 34(1), 11-18.
- Sudirja, R. (2007). Standar mutu pupuk organik dan pembenahan tanah. Modul pelatihan pembuatan pupuk organik. Balai Besar Pengembangan dan Perluasan Kerja. [http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/03/standar\\_mutu\\_pupuk\\_organik\\_dan\\_pembenah\\_tanah.pdf](http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/03/standar_mutu_pupuk_organik_dan_pembenah_tanah.pdf)
- Suwandi. (2009). Menakar Kebutuhan Hara Tanaman Dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 2 (2), 131-147.
- Utomo, B. S. B., Basmal, J., Tazwir, & Kusumawati, R., (2013). Pengembangan Prorduk Alginat Skala Pilot dan Pemanfaatannya Dalam Produk pangan dan Non Pangan. Laporan Hasil Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan Jakarta. 107p.
- Tekinay, A. A., Deveciler, E., & Guroy, D. (2009). Effects of dietary tuna by-product on feed intake and utilization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J. Fish Intern.*, 4, 8-12.
- Valdez-Niebla, J. A., Paredes-Lopez, O., Vargas-Lopez, J.M. & Hernandez-Lopez, D. (1993). Moisture sorption isotherms and other physicochemical properties of nixtamalized amaranth flour. *Food Chemistry*, 46, 19-23.
- Wahono & Haikal. (2011). Identifikasi Gejala Defisiensi dan Kelebihan Unsur Hara Mikro Pada Tanaman. [http://haikalblog.blogspot.com/2011/05/11/identifikasi\\_gejala\\_defisiensi\\_dan\\_kelebihan\\_unsur\\_hara\\_mikro\\_pada\\_tanaman.html](http://haikalblog.blogspot.com/2011/05/11/identifikasi_gejala_defisiensi_dan_kelebihan_unsur_hara_mikro_pada_tanaman.html)