



Jumlah Produksi dan Kandungan Nutrisi *Azolla caroliniana* dengan Pemberian Pupuk Kompos Berbeda

Anis Nugrahawati^{1*}, Asih Makarti Muktitama¹

¹ Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh

INFO NASKAH	ABSTRAK
<p>Kata Kunci:</p> <p><i>A. caroliniana</i> Wild., Kandungan nutrisi, Produksi.</p> <p>Diterima : 6 September 2023 Disetujui : 24 November 2023</p>	<p><i>Azolla caroliniana</i> Wild. merupakan kelompok pteridophyta yang tumbuh di permukaan air yang subur. <i>A. caroliniana</i> memiliki potensi sebagai pakan alternatif bagi ikan, namun belum banyak dimanfaatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis pupuk kandang terhadap produksi dan kandungan nutrisi <i>A. caroliniana</i>. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan P1 (tanah), P2 (kompos sapi), P3 (kompos ayam), P4 (kompos kambing). <i>A. caroliniana</i> dipelihara selama 15 hari dan diberi pupuk dengan dosis 250 g/m². Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah produksi, laju pertumbuhan relatif (RGR), <i>doubling time</i> (DT), dan kadar hara pada <i>A. caroliniana</i>. Hasil penelitian menunjukkan produksi <i>A. caroliniana</i> perlakuan 3 dan 4 tidak berbeda (P>0,05), akan tetapi berbeda dengan perlakuan 1 dan 2. <i>A. caroliniana</i> produksi P1 (0,55 g), P2 (2,07 g), P3 (3,82 g), P4 (4,45 g). RGR berkisar 0,01-0,04 g/hari, DT berkisar 17,19-68,30 hari. Kadar protein awal P (26,79), P1 (19,68), P2 (22,98), P3 (23,19), P4 (23,34), dan kadar serat awal P (7,38), P1 (12,43), P2 (14,92), P3 (13,65), P4 (9,14). Pemberian jenis pupuk kompos ayam dan pupuk kompos kambing memiliki respon yang sama terhadap produksi <i>A. caroliniana</i>.</p> <p>Kampus Utama Cot Tengku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Provinsi Aceh, Indonesia, Telp: (0645-41373, Fax. 0645-44450. *Email anis.nugrahawati@unimal.ac.id</p>

The Effect of Different Compost Fertilizers on Production and Nutritional Content of *A. caroliniana caroliniana*

Anis Nugrahawati^{1*}, Asih Makarti Muktitama¹

¹ Department of Aquaculture, Faculty of Agriculture, Malikussaleh University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords</p> <p><i>A. caroliniana caroliniana</i> Wild., Nutritional content, Production</p>	<p><i>Azolla caroliniana</i> Wild. is a group of pteridophyta which grows in a fertile water surface. <i>A. caroliniana</i> has high potential, but that has not been utilized. The purpose of this study is to find out the effect of different types of manures on the production and nutrient level in <i>A. caroliniana</i>. The research design used in this study was Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 4 repetitions. P1 treatment (soil), P2 (compost of cow), P3 (compost of chicken), P4 (compost of goat). <i>A. caroliniana</i> was taken care for 15 days and given 250 g/m² dose of manure. Variables observed in this study are the production, relative growth rate (RGR), doubling time (DT), and nutrient level in <i>A. caroliniana</i>. The study showed that the production of <i>A. caroliniana</i> not different (P>0,05). <i>A. caroliniana</i>'s production of P1 (0,55 g), P2 (2,07 g), P3 (3,82 g), P4 (4,45 g). RGR ranges 0,01-0,04 g/day, DT ranges 17,19-68,30 day. The protein level of the beginning P (26,79), P1 (19,68), P2 (22,98), P3 (23,19), P4 (23,34), and the fiber level of the beginning P (7,38), P1 (12,43), P2 (14,92), P3 (13,65), P4 (9,14). Giving of different types of manures have the same response to the production of <i>A. caroliniana</i>.</p> <p>Kampus Utama Cot Tengku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Provinsi Aceh, Indonesia, Telp : (0645-41373, Fax. 0645-44450. *Email anis.nugrahawati@unimal.ac.id</p>

PENDAHULUAN

Akuakultur merupakan sektor penghasil bahan pangan dengan pertumbuhan yang cepat dan memiliki potensi paling besar untuk memenuhi permintaan akan produk protein



pangan (Kumari *et al.*, 2017). Produksi akuakultur dunia cenderung tumbuh secara konstan tetapi dengan laju pertumbuhan yang lambat (FAO, 2014). Laju pertumbuhan produksi akuakultur yang lambat dipengaruhi beberapa hal, salah satunya oleh tingginya biaya pakan yang hampir menyentuh angka 70% dari total semua biaya produksi akuakultur. Sehingga dibutuhkan bahan pakan alternatif yang memiliki biaya yang lebih rendah.

A. caroliniana merupakan tanaman air tawar yang mengapung, dan merupakan salah satu tanaman akuatik yang memiliki kecepatan tumbuh serta kandungan protein tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan yang dapat diberikan secara langsung ataupun diolah terlebih dahulu menjadi pakan ikan (Radhakrishnan *et al.*, 2014). *A. caroliniana* menjadi bahan pakan yang penting dalam akuakultur karena kandungan protein kasar yang lebih tinggi (13% - 30%) dan kandungan asam amino esensial (AAE) (kaya akan lisin) dibandingkan dengan tanaman hijau dan makrofita air lainnya (Panigrahi *et al.*, 2014). Hal ini sesuai dengan Das *et al.* (2018); Kathirvelan *et al.* (2015); Listiowati dan Pramono (2014) yang mengatakan bahwa *A. caroliniana* termasuk dalam famili *A. carolinianaceae* yang sangat kaya protein, asam amino esensial, vitamin (vitamin A, vitamin B12, beta karoten) dan mineral seperti: kalsium, fosfor, kalium, besi, tembaga, magnesium dll. Berdasarkan berat kering, *A. caroliniana* terdiri dari 25-35% kandungan protein, 10-15% kandungan mineral dan 7-10%, kombinasi asam amino, zat bioaktif dan biopolimer. *A. caroliniana* berpotensi sebagai pakan untuk ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Proses budidaya diperlukan untuk memproduksi *A. caroliniana*, dan diperlukan penelitian dalam upaya mengeksplorasi *A. caroliniana*. Sumber utama bahan organik sebagai penyedia unsur hara (Nitrogen, Posfor, dan Kalium) bagi pertumbuhan tanaman dapat diperoleh dari kotoran hewan ternak (Susylowati *et al.*, 2023). Kotoran ayam, kambing, dan sapi sebagai pupuk organik diharapkan dapat berfungsi sebagai penyedia unsur hara yang dapat digunakan untuk pertumbuhan *A. caroliniana*. Bahan organik tersebut belum dapat dimanfaatkan oleh *A. caroliniana* sehingga diperlukan proses dekomposisi pada kotoran ternak tersebut. Proses pengomposan atau dekomposisi secara biologi dilakukan untuk mendapatkan bahan organik yang stabil, bebas dari patogen, berkurangnya bau, serta dapat meningkatkan ketersediaan hara, menurunkan kadar air dan menurunkan rasio C/N. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh jenis pupuk kompos yang berbeda terhadap produksi dan kandungan nutrisi *A. caroliniana*.

BAHAN DAN METODE

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Kompos

Pembuatan kompos dari kotoran sapi, kotoran ayam, dan kotoran kambing membutuhkan waktu 30 hari. Kotoran dipilih yang kering dan baunya tidak menyengat untuk mempercepat proses pengomposan. Masing-masing kotoran ditimbang sebanyak 10 kg. Penimbangan kotoran ini untuk memudahkan dalam menentukan dosis bahan-bahan pembuatan kompos seperti probiotik, dolomit (kapur pertanian), gula, dan limbah gergaji kayu. Dosis bahan-bahan pembuatan kompos untuk 10 kg yaitu probiotik sebanyak 20 mL, dolomit 200 g, gula 60 g, dan limbah gergaji sebanyak 2 kg. Dosis ini diperoleh dari booklet EM4 pertanian.

Pencampuran bahan-bahan kompos dilakukan di atas plastik dengan membuatnya secara berlapis. Pembuatan lapisan yaitu dengan cara menghamparkan kotoran setebal 20-30 cm kemudian dolomit, limbah gergaji kayu, dan probiotik/starter ditaburkan di atasnya. Lapisan

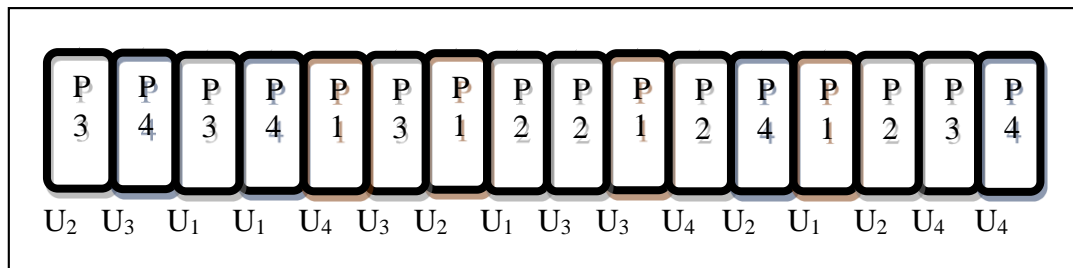
berikutnya dibuat sama dengan lapisan pertama hingga semua bahan habis. Lapisan tersebut dicampur dengan menggunakan sekop sehingga semua bahan tercampur. Bahan-bahan yang telah tercampur rata dipindahkan ke dalam karung. Setiap 4 hari sekali dilakukan pengadukan untuk mempercepat proses pengkomposan. Setelah 30 hari pupuk dilihat, jika pupuk sudah berubah menyerupai tanah berwarna coklat kehitaman, jika diraba suhu kompos dingin, memiliki tekstur remah dan tidak menggumpal dan memiliki bau yang tidak menyengat/busuk maka pupuk tersebut sudah menjadi kompos yang siap digunakan.

2. Persiapan biota uji

Tumbuhan *A. caroliniana* sp. diperoleh dari sawah yang berada di kawasan Beji, Purwokerto. *A. caroliniana* diaklimatisasi terlebih dahulu agar dapat beradaptasi pada media penelitian sehingga dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Caranya yaitu dengan menanam bibit *A. caroliniana* pada kolam perbanyakkan agar pertumbuhannya stabil serta daunnya berwarna hijau tua.

3. Persiapan Media

Media tanam yang digunakan pada penelitian ini menggunakan air, tanah untuk perlakuan kontrol dan pupuk kompos ayam, sapi, dan kambing untuk ketiga perlakuan lainnya. Tanah dan pupuk kompos diletakan pada dasar akuarium sebanyak 250 g/m² untuk keempat perlakuan, kemudian diberi air dengan ketinggian 10 – 15 cm dari permukaan tanah dan pupuk. Kemudian masing masing kontainer diberi perlakuan sesuai denah. Setelah diberi perlakuan, media pemeliharaan dibiarkan satu minggu sebelum ditanami *A. caroliniana* agar pupuk terlarut dalam air dan mengalami perombakan.



Gambar 1. Denah (*layout*) penelitian

Keterangan :

U₁, U₂, U₃, dan U₄ = Ulangan pada masing masing perlakuan

P₁ = Pemberian tanah (250 g/m²)

P₂ = Pemberian pupuk kompos sapi (250 g/m²)

P₃ = Pemberian pupuk kompos ayam (250 g/m²)

P₄ = Pemberian pupuk kompos kambing (250 g/m²)

4. Penanaman

Penanaman dilakukan dengan memindahkan bibit dari kolam perbanyakkan ke dalam media pemeliharaan, sebelumnya bibit ditiriskan terlebih dahulu kemudian ditimbang sebanyak 5g untuk setiap perlakuan dan ulangan. Bibit dipilih yang baik dan segar serta berwarna hijau tua (tidak berwarna coklat/browning). Sebelum penebaran dimulai, tumbuhan *A. caroliniana*



yang telah ditimbang kemudian dibilas dengan air bersih secukupnya dan dimasukkan ke dalam larutan Kalium permanganat konsentrasi 20 ppm selama 60 menit (Arizal, 2011). Tujuan perendaman tumbuhan ini dengan larutan tersebut adalah untuk mengurangi jumlah hama dan penyakit sehingga *A. caroliniana* yang telah siap untuk ditebar dan memiliki kondisi awal yang seragam sebelum diberi perlakuan.

5. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan yang dilakukan yaitu pengontrolan pertumbuhan *A. caroliniana* dan pengendalian hama dan gulma yang berada di tempat penelitian. Pengontrolan pertumbuhan *A. caroliniana* dilakukan setiap hari dengan mengecek tanaman *A. caroliniana* dengan melakukan penimbangan berat *A. caroliniana*. Pengendalian hama dan gulma dilakukan secara mekanis, yaitu dengan mengambil dan mematikan atau membuang hama dan gulma apabila ditemukan di sekitar media pertumbuhan.

6. Pemanenan

Pemanenan *A. caroliniana* dilakukan setelah 15 hari penanaman. Pemanenan dilakukan dengan cara mengambil seluruh *A. caroliniana* yang berada dalam wadah pemeliharaan menggunakan serok berukuran kecil. *A. caroliniana* kemudian ditimbang untuk mengetahui berat akhir pemeliharaan.

7. Pengukuran Kadar Protein dan Serat *A. caroliniana*

A. caroliniana yang telah ditimbang kemudian diletakkan pada baki plastik untuk proses penjemuran agar pada saat pengovenan *A. caroliniana* tidak terlalu basah. *A. caroliniana* yang telah dijemur kemudian dibungkus dengan aluminium foil untuk selanjutnya dilakukan pengovenan. Pengovenan dilakukan selama 3 hari dengan suhu 60⁰C. *A. caroliniana* yang telah kering tidak memerlukan proses penggilingan karena jumlahnya sedikit dan dapat dihancurkan dengan mudah. *A. caroliniana* yang telah menjadi tepung kemudian di analisis proksimat untuk mengetahui kadar protein dan serat yang terkandung dalam *A. caroliniana*.

8. Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dan pengambilan data dilakukan dari awal penanaman hingga akhir penelitian. Pertambahan berat *A. caroliniana* diamati setiap 3 hari dimulai pada awal sampai akhir penelitian. Nilai protein dan serat *A. caroliniana* diamati dua kali yaitu pada saat awal dan akhir penelitian. Pengamatan pertambahan berat *A. caroliniana* dilakukan setiap tiga hari sekali dengan menimbang seluruh bibit *A. caroliniana* pada kolam penelitian, kemudian dikembalikan ke dalam wadah penelitian, dengan begitu dapat diketahui pertambahan berat maksimal *A. caroliniana* dan hari pertumbuhan *A. caroliniana* mulai menurun hingga akhirnya unsur hara yang berada di dalam kolam penelitian tidak mampu menunjang pertumbuhan *A. caroliniana* atau produksi mulai menurun. *A. caroliniana* yang mengalami kerusakan dalam arti mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan atau sudah tidak bisa tumbuh kemudian ditimbang.

Analisis Data

Data yang telah diperoleh pada penelitian ini kemudian ditabulasikan. Produksi *A. caroliniana* tersebut diuji secara statistik dengan uji ANOVA untuk mengetahui apakah



perlakuan berbeda nyata atau tidak, dengan tingkat kesalahan 5%. Bila hasil tersebut menunjukkan berbeda nyata atau sangat berbeda nyata, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Data nilai protein dan serat *A. caroliniana* dianalisis secara deskriptif.

Variabel Pengamatan

Data pada penelitian ini diolah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Produksi

Besarnya produksi *A. caroliniana* dihitung dari berat awal penanaman hingga akhir penelitian. Produksi *A. caroliniana* didapatkan dengan menggunakan rumus:

Produksi = Berat akhir – Berat awal

Doubling Time (DT)

Tujuan penentuan *doubling time* yaitu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh tanaman air untuk menggandakan biomasanya menjadi dua kali lipat dari biomassa awal. Penentuan *doubling time* ini dapat dilakukan dengan pendekatan laju pertumbuhan relatif (*relative growth rate/ RGR*), yakni dengan membandingkan antara bobot basah awal dan bobot akhir selama pengujian. Doubling time atau waktu penggandaan biomassa tanaman air ditentukan dengan menggunakan rumus RGR (Mitchell dalam Zulmi, 2012).

$$RGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \qquad \text{Doubling Time (DT)} = \frac{\ln 2}{RGR}$$

Keterangan:

RGR (*Relative Growth Rate*) = laju pertumbuhan relatif (g/hari)

W₀ = berat basah awal tanaman air (g)

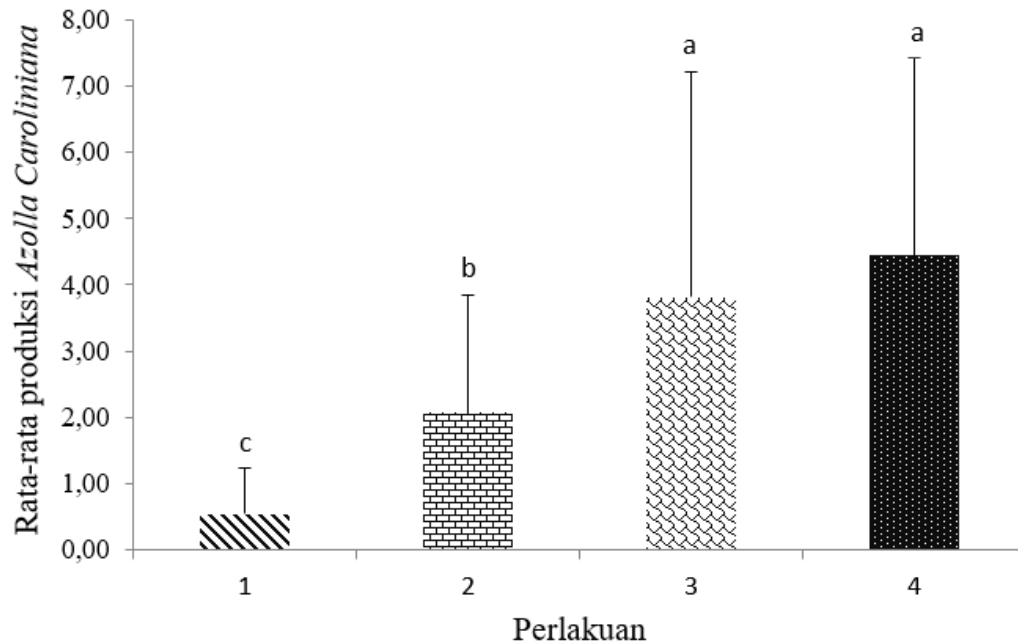
W_t = berat basah akhir tanaman air (g)

t = waktu (hari)

HASIL

Produksi *A. caroliniana*

Perlakuan pemberian kompos kambing (P4) menghasilkan produksi *A. caroliniana* sebesar 4,45 gram. Perlakuan pemberian pupuk kompos ayam (P3) menghasilkan produksi *A. caroliniana* sebesar 3,82 gram, perlakuan pemberian kompos sapi (P2) memiliki nilai produksi sebesar 2,07 gram, dan perlakuan pemberian tanah (P1) memiliki nilai produksi sebesar 0,55 gram. Perlakuan pemberian kompos kambing menggambarkan produksi yang baik (Gambar 1).



Gambar 2. Rata-rata produksi *A. caroliniana* yang diberi pupuk berbeda

Keterangan:

- 1: pemberian tanah pada media (250 g/m²)
- 2: pemberian kompos sapi pada media (250 g/m²)
- 3: pemberian kompos ayam pada media (250 g/m²)
- 4: pemberian kompos kambing pada media (250 g/m²)

Laju pertumbuhan relatif (RGR) dan waktu penggandaan (*Doubling Time*)

Waktu penggandaan atau *doubling time* (DT) adalah waktu yang dibutuhkan oleh tanaman air untuk menggandakan biomasanya menjadi dua kali lipat dari biomassa awal. Penentuan *doubling time* ini dilakukan dengan pengukuran laju pertumbuhan relatif (*relative growth rate/ RGR*), yakni dengan membandingkan antara berat basah awal dan berat akhir selama pengujian. Tabel 1 menunjukkan laju pertumbuhan relatif dan waktu penggandaan *A. caroliniana* dengan perlakuan yang berbeda.

Tabel 1. Laju pertumbuhan relatif dan waktu penggandaan *A. caroliniana*

Perlakuan	W ₀ (gram)	W _t (g)	RGR (g/hari)	DT (hari)
1	5	4,55	-0,01	-
2	5	5,65	0,01	68,30
3	5	6,82	0,03	26,80
4	5	8,11	0,04	17,19

Kandungan nutrisi *A. caroliniana*

Kadar protein tertinggi pada tanaman *A. caroliniana* dijumpai pada sampel awal sebesar 26,79% dengan kadar serat kasar sebesar 7,38%. Dilakukan pemeliharaan selama 15 hari dengan 4 perlakuan dan mendapatkan hasil protein *A. caroliniana* yang lebih rendah dan kadar serat yang lebih tinggi dibandingkan dengan *A. caroliniana* sebelum penelitian.

Hal ini diduga karena *A. caroliniana* diambil dari pesawahan yang sedang ditanami padi, sehingga *A. caroliniana* mendapatkan unsur N dan P cukup tinggi dari pupuk kimia yang dipakai di pesawahan. Kandungan nilai nutrisi *A. caroliniana* dapat dilihat pada Tabel 6. Kadar protein pada *A. caroliniana* yang mengalami penurunan diduga karena kandungan unsur hara digunakan *A. caroliniana* bukan hanya untuk tumbuh besar, tetapi juga untuk penambahan individu baru, sedangkan unsur hara yang berada pada media tumbuh diduga hanya dapat menunjang pertumbuhan *A. caroliniana*, sehingga kadar protein yang terdapat pada *A. caroliniana* setelah perlakuan lebih kecil dari *A. caroliniana* sebelum perlakuan.

Tabel 2. Kandungan nutrisi *A. caroliniana*

Perlakuan	Kadar air (%)	Protein	Serat kasar
		% BK	
Sebelum perlakuan	4,40	26,79	7,38
1	6,62	19,68	12,43
2	6,01	22,98	14,92
3	4,96	23,19	13,65
4	5,33	23,34	9,14

Analisa kandungan NPK

Masing-masing pupuk yang diberikan memiliki kadar N dan P, akan tetapi jumlahnya berbeda-beda (Tabel 3). Kadar N pada tanah memiliki nilai paling kecil yaitu sebesar 53,18 ppm, begitu juga dengan kadar P sebesar 11,98 ppm. Kadar N yang terdapat pada pupuk kompos sapi, ayam, dan kambing masing-masing secara berturut-turut memiliki nilai 207,13 ppm, 509,64 ppm, dan 381,28 ppm. Kadar P tersedia yang terdapat pada pupuk kompos sapi, ayam, dan kambing masing-masing secara berturut-turut memiliki nilai 844,26 ppm, 1324,57 ppm, dan 1442,18 ppm.

Tabel 3. Hasil analisis kandungan N, P, K, dan pH Tanah, Kompos Sapi, Kompos Ayam, Kompos Kambing

Parameter	Satuan	Tanah	Kompos Sapi	Kompos Ayam	Kompos Kambing
N	ppm	53,18	207,13	509,64	381,28
P ₂ O ₅	ppm	11,98	844,26	1324,57	1442,18
K ₂ O	me %	2,26	12,37	45,13	57,83
pH		6,26	7,06	7,20	7,70

PEMBAHASAN

Pemeliharaan *A. caroliniana* selama 15 hari didapatkan hasil pengukuran berupa produksi, laju pertumbuhan relatif, dan waktu penggandaan (doubling time). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *A. caroliniana* yang dipelihara dengan pupuk kompos ayam tidak berbeda dengan *A. caroliniana* yang dipelihara dengan pupuk kompos kambing, tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan dengan pemberian tanah dan perlakuan pemberian pupuk kompos sapi (Gambar 2). Perlakuan pemberian kompos kambing dan ayam menggambarkan produksi yang baik. Hal ini terlihat juga pada warna daun *A. caroliniana* yang berwarna hijau muda serta jumlah akar yang cukup banyak.



Banyaknya jumlah produksi *A. caroliniana* tergantung pada kadar nutrisi yang didapatnya. Masing-masing pupuk yang diberikan memiliki kadar N dan P, akan tetapi jumlahnya berbeda-beda (Tabel 3). Kadar N pada tanah memiliki nilai paling kecil yaitu sebesar 53,18 ppm, begitu juga dengan kadar P sebesar 11,98 ppm. Kadar N yang terdapat pada pupuk kompos sapi, ayam, dan kambing masing-masing secara berturut-turut memiliki nilai 207,13 ppm, 509,64 ppm, dan 381,28 ppm. Kadar P tersedia yang terdapat pada pupuk kompos sapi, ayam, dan kambing masing-masing secara berturut-turut memiliki nilai 844,26 ppm, 1324,57 ppm, dan 1442,18 ppm.

Pupuk kompos ayam dan kambing pada perlakuan tiga dan empat memiliki kandungan N yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, hal inilah yang menyebabkan pertumbuhan, doubling time dan kandungan nutrisi *A. caroliniana* pada perlakuan tiga dan empat berbeda dengan dua perlakuan lainnya. Unsur hara N berfungsi menyusun asam amino, protein, asam nukleat, nukleotida, dan klorofil yang diperlukan untuk proses fotosintesis, sehingga dengan tercukupinya kebutuhan unsur hara N dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (jumlah anakan dan jumlah cabang), dan unsur hara K (Kalium) juga merupakan salah satu unsur hara makro primer yang dibutuhkan tanaman sebagai aktivator enzim, membantu penyerapan air dan unsur hara serta membantu transportasi hasil asimilasi dari daun ke jaringan tanaman (Tufaila *et al.*, 2014).

Mosaic (2013) menyatakan bahwa fosfor (P) merupakan nutrisi yang penting dan merupakan bagian dari beberapa senyawa struktur tanaman dan sebagai katalis dalam konversi berbagai reaksi biokimia penting dalam tanaman terutama perannya dalam menangkap dan mengubah energi matahari menjadi senyawa yang bermanfaat bagi tanaman (fotosintesis). Fosfor adalah komponen penting dari DNA dari semua makhluk hidup. Fosfor adalah komponen penting dari ATP, “unit energi” dari tanaman. Selama fotosintesis berlangsung terdapat fosfor dalam strukturnya, selain itu fosfor juga memiliki peranan dalam proses perkembangan tanaman melalui pembentukan biji-bijian dan pertumbuhan hingga menjadi tanaman dewasa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Manahan (1997), bahwa walaupun persentase fosfor yang dibutuhkan oleh tanaman relatif kecil, tetapi fosfor merupakan komponen esensial bagi tanaman.

Waktu penggandaan atau *doubling time* (DT) adalah waktu yang dibutuhkan oleh tanaman air untuk menggandakan biomasanya menjadi dua kali lipat dari biomassa awal. Penentuan *doubling time* ini dilakukan dengan pengukuran laju pertumbuhan relatif (*relative growth rate/ RGR*), yakni dengan membandingkan antara berat basah awal dan berat akhir selama pengujian, kemudian *doubling time* dihitung dengan menggunakan rumus $\ln 2$ dibagi nilai RGR. Tabel 2 menunjukkan laju pertumbuhan relatif dan waktu penggandaan *A. caroliniana* dengan perlakuan yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian, *RGR* pada *A. caroliniana caroliniana* berkisar antara -0,01 hingga 0,04 dan *doubling time* berkisar antara 17,19 hingga 68,30 hari. Perlakuan 1 memiliki nilai *RGR* yang negatif dan tidak memiliki nilai *doubling time* karena berat akhir memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan berat awal penanaman. Kisaran laju pertumbuhan relatif dan *doubling time* *A. caroliniana* pada masing-masing perlakuan ini dipengaruhi oleh kandungan unsur N tersedia dan P tersedia pada masing-masing perlakuan. Selain itu, terdapat kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan bagi *A. caroliniana*, yaitu serangan larva ngengat pada semua perlakuan dan ulangan sehingga membuat laju pertumbuhan relatif dan waktu penggandaan *A. caroliniana* menjadi lebih lama. Kekurangan P tersedia dan serangan larva ngengat inilah yang paling berpengaruh terhadap



nilai *RGR* yang negatif pada Perlakuan 1. Hasan dan Chakrabarti (2009) menyatakan bahwa *A. caroliniana* membutuhkan waktu antara 3–10 hari untuk menggandakan biomasanya, tergantung kondisi lingkungan dan hara yang terdapat pada media tumbuhnya. Waktu yang dibutuhkan *A. caroliniana* untuk menggandakan biomassa tergolong cukup lama jika dibandingkan dengan penelitian Hasan dan Chakrabarti (2009).

Watanabe *et al.* (1981) dalam Bangun (1986), menyatakan bahwa salah satu faktor yang menentukan laju pertumbuhan adalah kandungan P media tumbuh *A. caroliniana*, apabila kandungan P media tumbuh rendah, maka pertumbuhannya dapat terhambat. Fosfor adalah unsur hara makro yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman *A. caroliniana*. Media tumbuh yang tidak mengandung unsur P, proses fiksasi N oleh simbiosis Anabaena *A. caroliniana* akan terhambat. Hal ini disebabkan berkurangnya energi (ATP) yang sangat diperlukan dalam proses nitrogenase. Menurut Khan (1988) dalam Handajani (2011), tanaman *A. caroliniana* yang kekurangan unsur P akan mengalami penurunan bobot segar tanaman sebesar 22%, serta penurunan kandungan N total tanaman hingga 16% akibat penurunan laju fiksasi N.

Kadar protein tertinggi pada tanaman *A. caroliniana* dijumpai pada sampel awal sebesar 26,79% dengan kadar serat kasar sebesar 7,38%. Dilakukan pemeliharaan selama 15 hari dengan 4 perlakuan dan mendapatkan hasil protein *A. caroliniana* yang lebih rendah dan kadar serat yang lebih tinggi dibandingkan dengan *A. caroliniana* sebelum penelitian. Hal ini diduga karena *A. caroliniana* diambil dari pesawahan yang sedang ditanami padi, sehingga *A. caroliniana* mendapatkan unsur N dan P cukup tinggi dari pupuk kimia yang dipakai di pesawahan. Kandungan nilai nutrisi *A. caroliniana* dapat dilihat pada Tabel 2. Kadar protein pada *A. caroliniana* yang mengalami penurunan diduga karena kandungan unsur hara digunakan *A. caroliniana* bukan hanya untuk tumbuh besar, tetapi juga untuk penambahan individu baru, sedangkan unsur hara yang berada pada media tumbuh diduga hanya dapat menunjang pertumbuhan *A. caroliniana*, sehingga kadar protein yang terdapat pada *A. caroliniana* setelah perlakuan lebih kecil dari *A. caroliniana* sebelum perlakuan.

Kadar P tersedia pada media tumbuh *A. caroliniana* juga mempengaruhi kadar protein yang terkandung. Fiksasi nitrogen yang dilakukan *Anabaena azolla* dalam bentuk kerjasamanya dengan tanaman *A. caroliniana* merupakan suatu proses penting yang menjamin selalu tersedianya senyawa nitrogen bagi tanaman *A. caroliniana*. Walaupun nitrogen terdapat dalam jumlah besar dalam biosfer, akan tetapi tidak dapat digunakan secara langsung oleh *A. caroliniana*. Tanaman *A. caroliniana* terbukti dapat mensintesis senyawa N dan merubahnya ke dalam bentuk protein, meskipun kondisi media tumbuh rendah kadar N. Kadar protein dalam *A. caroliniana* merupakan perimbangan antara penyerapan N yang diberikan dalam media sebagai perlakuan dan dari hasil penambahan yang dilakukan oleh mikrosimbion *Anabaena A. caroliniana* dan nitrogen. Hal ini sesuai dengan Mosaic (2013) yang menyatakan bahwa Fosfor merupakan komponen RNA, yaitu senyawa yang membaca kode genetik DNA untuk membangun protein dan senyawa lain yang penting untuk struktur tanaman, biji, dan transfer genetik. Menurut Cheng *et al.*, (2010) fosfor merupakan nutrisi yang paling penting untuk pertumbuhan tanaman darat dan tanaman air, terutama dalam fiksasi N. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khan (1988) dalam Handajani (2011), tanaman *A. caroliniana* yang kekurangan unsur P akan mengalami penurunan kandungan N total tanaman hingga 16% akibat penurunan laju fiksasi N.

Kualitas air merupakan salah satu poin penting untuk menjaga keberhasilan budidaya *A. caroliniana*. Kualitas air yang di perhatikan selama penelitian yaitu pH dan suhu media



budidaya. pH media pertumbuhan cenderung bertambah mengikuti penambahan waktu pengamatan. Parameter kualitas air berupa pH media semua perlakuan selama pemeliharaan menunjukkan kisaran nilai sebesar 7,6-8,6. Kisaran pH yang terukur dari perlakuan pemberian tanah dan perlakuan pemberian kompos sapi memiliki kisaran yang hampir sama di akhir penelitian yaitu sebesar 8,3-8,8. Begitu juga dengan perlakuan pemberian pupuk kompos ayam dan pemberian pupuk kompos kambing juga memiliki kisaran yang hampir sama yaitu antara 7,8-8,1. Kisaran pH yang optimal bagi pertumbuhan *A. caroliniana* adalah 4-7, tetapi *A. caroliniana* masih mampu hidup pada pH 3,5–10. Media pemeliharaan *A. caroliniana* memiliki temperatur yang stabil mulai dari awal penelitian hingga akhir penelitian, yaitu 28 °C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lumpkin & Plucknett dalam Tamad (1994) bahwa *A. caroliniana* sangat peka terhadap perubahan suhu. Tumbuhan *A. caroliniana* dapat berkembang dengan baik pada kisaran suhu 20-35 °C. Pertumbuhan *A. caroliniana* kurang baik pada suhu lebih dari 35 °C atau kurang dari 0 °C, namun beberapa spesies *A. caroliniana* dapat bertahan hidup sampai suhu 40 °C.

KESIMPULAN

Pemberian pupuk kompos ayam dan pupuk kompos kambing memberikan hasil produksi *A. caroliniana* yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pemberian tanah dan pupuk kompos sapi. Kandungan protein *A. caroliniana* dengan perlakuan pemberian kompos ayam dan kompos kambing lebih tinggi dibandingkan dua perlakuan lainnya, berbanding terbalik dengan kandungan serat yang lebih rendah dibanding dua perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, J. 1986. *Salvinia molesta* dan *Azolla pinnata* sebagai cover crop pada budidaya padi sawah. Disertasi. Fakultas Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Cheng, Weiguo., Hidemitsu Sakai., Miwa Matsushima., Kazuyuki Yagi., Toshihiro Hasegawa. 2010. Response of the floating aquatic fern *Azolla filiculoides* to elevated CO₂, temperature, and phosphorus levels. *Hydrobiologia*. 656: 5–14.
- Das, M., F.I. Rahim, M.A. Hossain. 2018. Evaluation of Fresh *Azolla pinnata* as a low- cost supplemental feed for Thai Silver Barb *Barbonymus gonionotus*. *Fishes*, 3(5): 1-11.
- FAO (2014) Food and Agriculture Organization of the United Nations; Euro span distributor, Rome, London, UK. pp: 39-44.
- Handajani, Hany. 2011. Optimalisasi Substitusi Tepung *Azolla* Terfermentasi Pada Pakan Ikan Untuk Meningkatkan Produktivitas Ikan Nila Gift. *Jurnal Teknik Industri*, 12 (2): 178-184.
- Kathirvelan, C., S. Banupriya, M.R. Purushothaman. 2015. *Azolla* An alternate and sustainable feed for livestock. *Environment and Technology*, 4(4): 1153-1157.
- Kumari R, Ojha ML, Saini VP, Sharma SK (2017) Effect of *Azolla* supplementation on growth of rohu (*Labeo rohita*) fingerlings. *Journal Entomol Zool Stud* 5: 1116-1119.
- Listiowati, E., T.B. Pramono. 2014. Potensi pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) terfermentasi sebagai bahan pakan ikan nila (*Oreochromis* sp). *Berkala Perikanan Terubuk*, 42(2): 63-70.
- Mosaic. 2013. Phosphorus. <http://www.cropnutrition.com>. (diakses tanggal 22 November 2023)



2022).

- Radhakrishnan S, Saravana BP, Seenivasan C, Shanthi R, Muralisankar T. 2014. Replacement of fishmeal with *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* on non-enzymatic and enzymatic antioxidant activities of *Macrobrachium rosenbergii*. *The Journal Basic Appl Zool*, 67: 25–33.
- SusyLOWATI, Supriyanto B, Rahmaniah N. 2023. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Kotoran Ternak Ayam dan Kambing Terhadap Pertumbuhan Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 6(1): 58-68.
- Tufaila M, Laksana DW, Syamsu S. 2014. Aplikasi kompos kotoran ayam untuk meningkatkan tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.) di tanah masam. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 119 -126.