

Optimalisasi Pertumbuhan Lemna pada Berbagai Kondisi Lingkungan

Laporan Penelitian

Abstract

Kerjasama Hivos Southeast Asia dengan Institut Pertanian Stiper Jogjakarta dalam Proyek GADING (Gathering and dissemination of information and green knowledge for a sustainable integrated farming workforce in Indonesia)



Author:
Dr. Ir. Meidi Syaflan, M.P.

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga Penulis berhasil menyelesaikan laporan GADING yang berjudul “Optimasi Faktor-Faktor lingkungan Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Duckweed/*Lemna* sp.”.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji potensi bio-slurry untuk mendukung pertumbuhan *Lemna* sp. dan komposisi kimianya. Aspek yang dikaji meliputi pengaruh jenis dan konsentrasi bio-slurry, pengaruh intensitas cahaya, pengaruh pH, pengaruh kerapatan tanam dan pengaruh penambahan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan *Lemna* sp. Beberapa parameter yang diamati meliputi pertambahan bobot dan komposisi kimia seperti kadar protein, kadar serat, kadar abu, dan kadar lemak.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada MCA-Indonesia, melalui Hivos, yang telah mendanai penelitian ini melalui program GADING dengan kontrak Hivos nomor 1.8.8.2/2016/014/app-RO SEA Project Funding 1012618.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pemangku kepentingan.

Yogyakarta, Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR SINGKATAN	4
DAFTAR UNSUR DAN SENYAWA KIMIA.....	5
I. PENDAHULUAN	1
II. METODE KERJA	3
III. PEMBAHASAN	4
III.1. Hasil Penelitian Pendahuluan	4
III.2. Hasil Penelitian Tahap I: Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Bio-slurry terhadap pertumbuhan <i>Lemna</i> sp.	5
III.1.1. Pertambahan bobot <i>Lemna</i> sp.....	5
III.1.2. Analisis Kadar protein	6
III.1.3. Analisis kadar serat	6
III.1.4. Kadar Lemak.....	7
III.1.5. Kadar Abu.....	8
III.3. Hasil Penelitian Tahap II.....	8
III.II.1. Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan <i>Lemna</i> sp.	8
III.II.2. Pengaruh pH Media terhadap pertumbuhan <i>Lemna</i> sp.	10
III.II.3. Pengaruh kerapatan tanam terhadap pertumbuhan <i>Lemna</i> sp.	12
III.II.4. Pengaruh penambahan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan <i>Lemna</i> sp.	15
IV. KESIMPULAN	17
V. DAFTAR PUSTAKA.....	18
Lampiran	0
Lampiran 1. Analisis Bio-slurry	0
Lampiran 2. Analisis sampel bibit <i>Lemna</i>	0
Lampiran 3. Analisis media pertumbuhan Duckweed	0
Lampiran 4. Analisis Air Irigasi	0
Lampiran 5.	2

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pertumbuhan Lemna sp. menggunakan media pertumbuhan air irigasi dengan penambahan bio-slurry 2,5%	4
Gambar 2 Hasil pertambahan bobot Lemna sp.	5
Gambar 3 Hasil analisis Protein Lemna sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry	6
Gambar 4 Hasil analisis kadar serat Lemna sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry	7
Gambar 5 Hasil analisis kadar lemak Lemna sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry	7
Gambar 6 Hasil analisis kadar abu Lemna sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry	8
Gambar 7 Pertambahan bobot Lemna sp. pada berbagai intensitas cahaya	9
Gambar 8 Komposisi kimia Lemna sp. yang ditumbuhkan pada berbagai intensitas cahaya	10
Gambar 9 Pertambahan bobot Lemna sp. dengan berbagai pH media Pertumbuhan	11
Gambar 10 Komposisi kimia Lemna sp. yang ditumbuhkan pada berbagai pH media	12
Gambar 11 Pertambahan bobot Lemna sp. dengan berbagai variasi kerapatan tanam	13
Gambar 12 Komposisi kimia Lemna sp. dengan variasi kerapatan tanam	14
Gambar 13 Pertambahan bobot Lemna sp. pada media dengan penambahan pupuk anorganik.....	15
Gambar 14 Komposisi kimia Lemna sp. dengan penambahan pupuk anorganik.....	16

DAFTAR SINGKATAN

BK	berat kasar
APHA	<i>American Public Health Association</i>
BOD	<i>biological oxygen demand</i>
C/N	<i>carbon and nitrogen ratio</i>
COD	<i>chemical oxygen demand</i>
DIY	Daerah Istimewa Yogyakarta
DO	<i>dissolved oxygen</i>
GADING	<i>Gathering and Dissemination of Information and Green Knowledge for a Sustainable Integrated Farming Workforce in Indonesia</i> (Penghimpunan dan Penyebarluasan Informasi serta Pengetahuan Ramah Lingkungan untuk Tenaga Kerja Pertanian Terintegrasi yang Berkelanjutan di Indonesia)
GPAT	glycerol-3-phosphate aciltransferase
kg	kilogram
MCA-Indonesia	<i>Millennium Challenge Account-Indonesia</i>
NPK	nitrogen-posphat-kalium
ppm	<i>part per million</i>
SK	Surat keputusan
SNI	standard nasional Indonesia
TSP	<i>total suspende particles</i>
UDP	uridin difosfat

DAFTAR UNSUR DAN SENYAWA KIMIA

Ca	kalsium
Ca²⁺	ion kalsium
CaHPO₄	dikalsium fosfat
Cd	kadmium
CN	siania
CO₂	karbon dioksida
Cu	tembaga
Fe	besi
Fe(OH)₃	besi (iii) hidroksida
FePO₄	besi (iii) fosfat
H⁺	ion hidrogen
H₂O	hidrogen/air
H₂PO₄⁻	dihidrogen bifosfat
HClO₄	asam perklorat
Hg	raksa
HNO₃	asam nitrat
K	kalium
K₂O	kalium oksida
KCl	kalium klorida
Mg	magnesium
Mn	mangan
N	nitrogen
NH₃	amonia
NH₄⁺	ion amonia
NO₂	nitrit
P	phosphor
P₂O₅	fosfor pentaoksida
S	sulfur
Se	selenium
Zn	seng

I. PENDAHULUAN

Reaktor biogas berfungsi untuk menghasilkan gas metan dari kotoran ternak dan zat organik lainnya. Hasil samping dari reaktor biogas adalah limbah yang berupa ampas bio-slurry. Bio-slurry adalah produk akhir pengolahan limbah dari reaktor biogas yang berbentuk lumpur yang bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk tanaman. Selain itu bio-slurry merupakan pupuk organik yang kaya akan kandungan humus. Tak hanya memiliki kandungan nutrisi yang baik, bio-slurry mengandung mikroba probiotik yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan dan kesehatan lahan pertanian. Sehingga berdampak dengan peningkatan kualitas dan kuantitas panen. Sebagai pupuk organik berkualitas bio-slurry aman digunakan oleh manusia untuk pemupukan aneka tanaman pangan, sayuran, bunga, buah dan tanaman perkebunan.

Bio-slurry mengandung nutrisi yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nutrisi makro yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak seperti Nitrogen (N), Phosphor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Sulfur (S). Serta nutrisi mikro yang hanya diperlukan dalam jumlah sedikit seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn).

Selain kaya bahan organik bernutrisi lengkap, bio-slurry juga mengandung mikroba “pro-biotik” yang membantu menyuburkan lahan dan menambah nutrisi serta mengendalikan penyakit pada tanah. Tanah menjadi lebih subur dan sehat sehingga produktifitas tanaman lebih baik. Mikroba yang terkandung di dalam bio-slurry adalah mikroba selulitik yang bermanfaat untuk pengomposan, mikroba penambat Nitrogen yang bermanfaat untuk menangkap dan menyediakan nitrogen, mikroba pelarut fosfat yang bermanfaat untuk melarutkan dan menyediakan fosfor yang siap serap dan mikroba *Lactobacillus* sp. yang berperan dalam mengendalikan serangan penyakit tular tanah.

Pemanfaatan pupuk bio-slurry bisa dimanfaatkan pada tanaman air *Lemna* sp. (*duckweed*). Bio-slurry dapat memberikan asupan nutrisi yang bagus untuk pertumbuhan *Lemna* sp. *Lemna* sp. adalah tanaman air kecil yang ditemukan tumbuh mengapung diatas air dengan tingkat penyebaran yang sangat luas diseluruh dunia dan potensial sebagai sumber hijauan pakan yang berkualitas tinggi bagi ternak. Awal mulanya *Lemna* sp. lebih dikenal sebagai gulma pengganggu seperti jenis tanaman air lainnya sebagai contoh yaitu eceng gondok. Diperairan seperti sungai, rawa, danau dan area persawahan pertumbuhan *Lemna* sp. dan tanaman air lainnya sangat sulit untuk dikendalikan, meskipun demikian tanaman ini memiliki beberapa manfaat sangat baik bagi lingkungan. *Lemna* sp. dapat melakukan fitoremediasi yang efektif dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar limbah, seperti kandungan logam berat dan juga efektif dalam memfiksasi nitrogen perairan yang tercemar limbah. Selain itu *Lemna* sp. memiliki kandungan protein yang cukup tinggi. Tingginya produktivitas *Lemna* sp. dapat digunakan sebagai pakan alternatif dan suplemen pakan. Pada kondisi optimal, produksi biomassa *Lemna* sp. dapat menjadi dua kali lipat dalam dua hari.

Pertumbuhan tanaman *Lemna* sp. dipengaruhi oleh media tanam dan juga lingkungan. Nutrisi pada media tanam dapat mempengaruhi pertumbuhan *Lemna* sp. Bio-slurry memiliki kandungan nutrisi yang sangat melimpah untuk tanaman ini, akan tetapi jumlah nutrisi yang tepat untuk pertumbuhan tanaman *duckweed* belum diketahui. Apabila kandungan nutrisi pada media terlalu tinggi maka tidak akan baik bagi pertumbuhan *duckweed*, begitu juga sebaliknya apabila kekurangan nutrisi akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman ini juga terhambat. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui

jenis dan konsentrasi bio-slurry yang tepat untuk dapat memaksimalkan pertumbuhan *Lemna* sp. Pengaruh pupuk anorganik juga diduga dapat mempengaruhi pertumbuhan *Lemna* sp., mengingat pupuk organik mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman secara langsung. Kerapatan bibit yang ditanam juga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan *Lemna* sp., karena apabila terlalu rapat maka pertumbuhan *Lemna* sp. akan tumpang tindih dan jika kurang rapat dapat menimbulkan tumbuhnya lumut/alga yang dapat berkompetisi dengan *Lemna* sp. dalam perolehan nutrisi. Selain faktor nutrisi pertumbuhan *Lemna* sp. juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti pH media dan intensitas cahaya matahari. Faktor lingkungan tersebut dapat mempengaruhi kemampuan untuk berfotosintesis sehingga berpengaruh pada pertumbuhan.

II. METODE KERJA

A. Penelitian pendahuluan: untuk mengetahui waktu panen *Lemna* sp.

Dilakukan dengan media bio-slurry campuran/bio-slurry segar dengan konsentrasi 2,5% dengan kerapatan bibit lemna 1 kg/m². Komposisi media bio-slurry campuran dapat dilihat pada Lampiran 1.

B. Tahap I: mengetahui jenis dan konsentrasi bio-slurry terbaik

1. Media yang digunakan terdiri dari: media air irigasi dengan penambahan bio-slurry cair, bio-slurry padat dan bio-slurry campuran dengan konsentrasi 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 %; 10 % dengan kerapatan bibit lemna 1 kg/m².
2. Analisis: pertumbuhan dan proksimat.
3. Hasil terbaik digunakan untuk penelitian tahap II.

C. Tahap II: mengetahui pengaruh faktor lingkungan

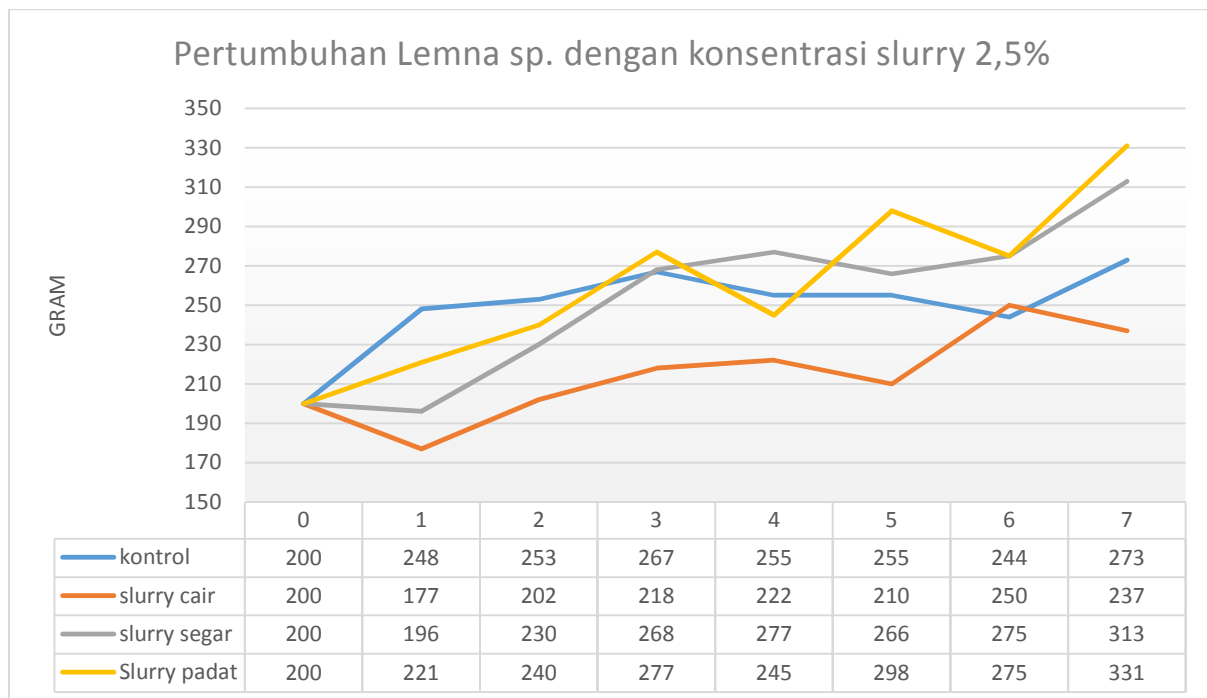
Dilakukan dengan jenis bio-slurry dan konsentrasi terbaik hasil penelitian tahap II.

1. Intensitas cahaya pada:
 - 11.640 Lux (N1) dilakukan tanpa menggunakan paranet,
 - intensitas cahaya 9.900 Lux (N2) dilakukan dengan menggunakan paranet 70%,
 - intensitas 3.400 Lux (N).
2. Pengaruh pH media pada tingkat 5, 7 dan 9.
3. Pengaruh kerapatan tanam: 0,23 kg/m²; 0,45 kg/m²; 0,68 kg/m²; 0,91 kg/m²; 1,14 kg/m².
4. Pengaruh penambahan pupuk anorganik: media dasar adalah 2.5% bio-slurry yang ditambahkan 0.1% (w/v): urea, NPK, KCl, TSP control.

III. PEMBAHASAN

III.1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui waktu panen *Lemna* sp. terbaik. Penelitian ini dilakukan menggunakan media air irigasi dengan penambahan bio-slurry segar sebanyak 2,5%. Hasil pengamatan pertumbuhan *Lemna* sp. dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pertumbuhan *Lemna* sp. menggunakan media pertumbuhan air irigasi dengan penambahan bio-slurry 2,5%

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pertumbuhan *Lemna* sp. makin meningkat selama beberapa hari inkubasi. Terlihat bahwa sampai hari ke-7 pertumbuhan masih meningkat. Hal itu sesuai dengan penelitian Chaiprapat dkk (2005) yang menunjukkan bahwa dalam *cultur batch* pertumbuhan *Lemna* sp. maksimum akan tercapai pada hari ke-18 setelah itu pertumbuhan mulai menurun. Dari Gambar 1, pertumbuhan tertinggi terjadi pada *Lemna* sp. pada media dengan penambahan bio-slurry padat diikuti dengan bio-slurry campuran, sedangkan pertumbuhan *Lemna* sp. pada media dengan penambahan bio-slurry cair lebih rendah dibanding kontrol (air irigasi biasa). Diduga hal itu disebabkan karena bio-slurry padat mengandung jumlah N organik yang lebih tinggi dibanding bio-slurry campuran maupun bio-slurry segar. Dari analisis bio-slurry yang digunakan jumlah N organik untuk bio-slurry padat 0,32%, bio-slurry cair 0,03% dan bio-slurry campuran 0,08% (Lampiran 1).

Dari Gambar 1 juga terlihat bahwa makin lama inkubasi pertumbuhan *Lemna* sp. makin meningkat dan pada hari ke-6 inkubasi pertumbuhan cenderung stabil. Apabila lihat pola pertumbuhan *Lemna* sp. mengikuti pertumbuhan eksponensial. Hal itu sesuai dengan pernyataan Goopy and Murray (2003) yang mengatakan bahwa pertumbuhan Lemnaceae akan mengikuti pola eksponensial apabila tersedia cukup CO₂, cahaya dan nutrisi. Oleh karena itu pemanenan *Lemna* sp. dapat mulai dilakukan pada hari ke-6

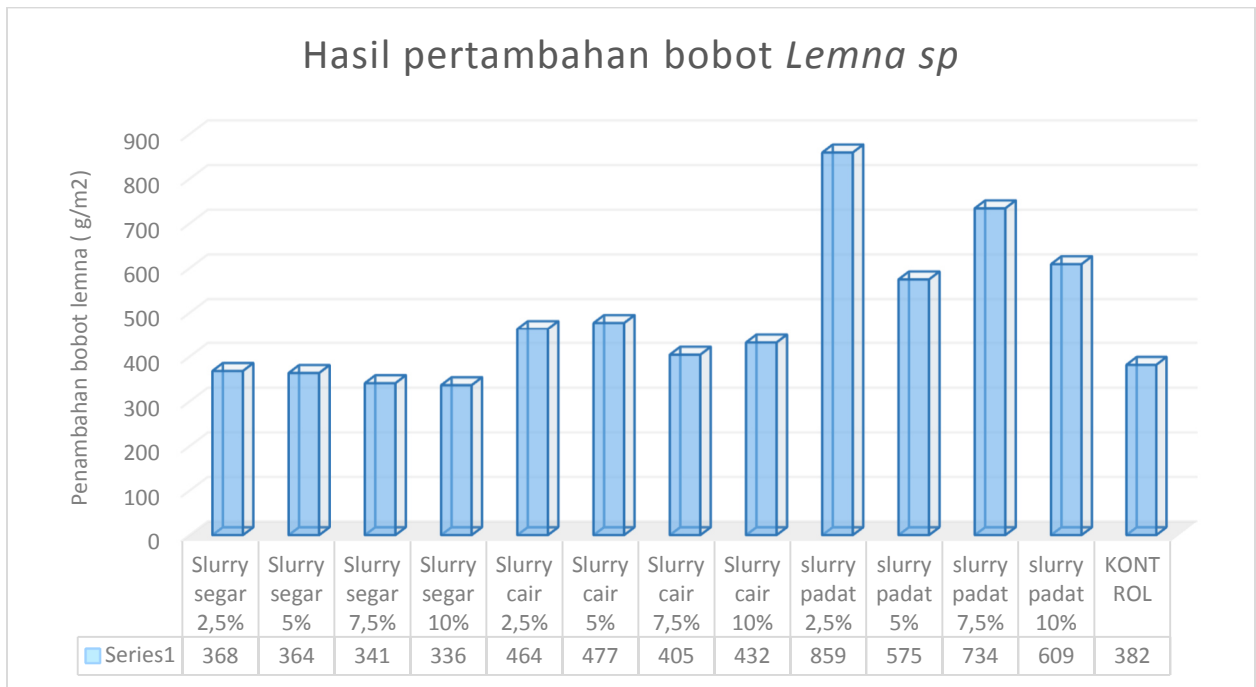
inkubasi atau setelah bibit ditanam. Apabila panen dilakukan setelah hari ke-6 dikhawatirkan *Lemna* sp. akan cenderung terlalu rapat dan akhirnya mengalami kematian. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya (tahap I) digunakan waktu pemanenan umur 6 hari.

III.2. Hasil Penelitian Tahap I: Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Bio-slurry terhadap pertumbuhan *Lemna* sp.

Penelitian Tahap I dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan jenis bio-slurry terbaik untuk pertumbuhan *Lemna* sp. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.

III.1.1. Pertambahan bobot *Lemna* sp.

Hasil pertambahan bobot *Lemna* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.



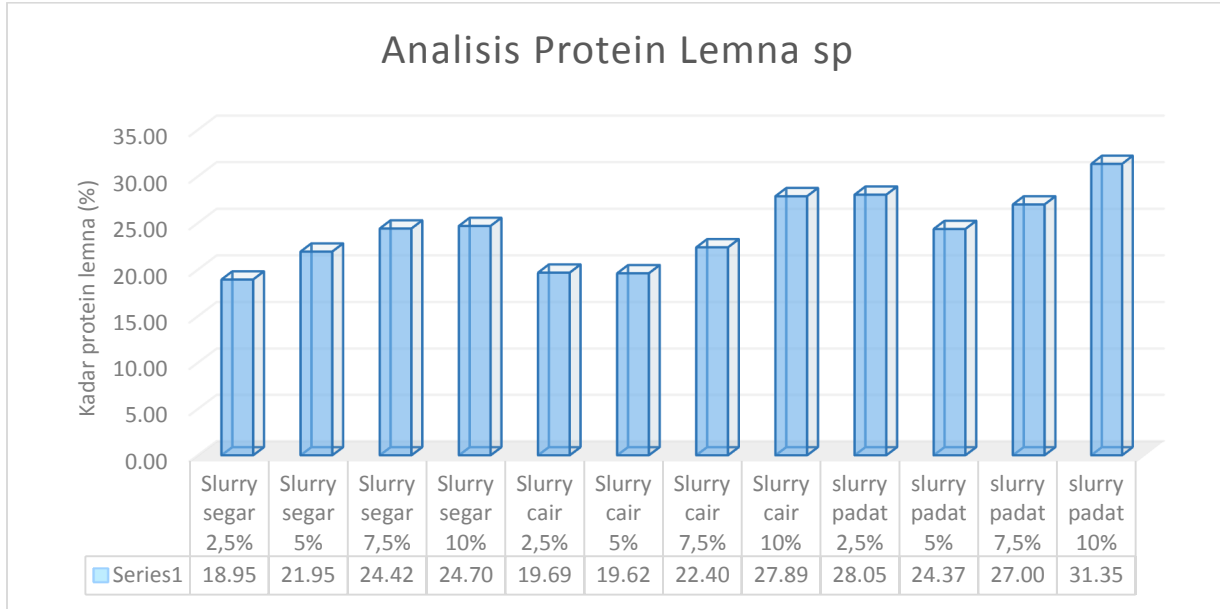
Gambar 2 Hasil pertambahan bobot *Lemna* sp.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pertambahan bobot *Lemna* sp. terbaik dihasilkan pada media yang ditambah dengan bio-slurry padat dengan konsentrasi 2,5% yaitu 859 g/m² dan pertambahannya dua kali lebih banyak dibanding kontrol. Hasil ini juga sejalan dengan hasil penelitian pendahuluan bahwa penambahan bio-slurry padat dengan konsentrasi 2,5% akan menghasilkan pertumbuhan *Lemna* sp. yang paling tinggi. Diduga hal itu disebabkan karena bio-slurry padat mengandung jumlah N organik yang lebih tinggi dibanding bio-slurry campuran maupun bio-slurry segar. Dari analisis bio-slurry yang digunakan jumlah N organik untuk bio-slurry padat 0,32%, bio-slurry cair 0,03% dan bio-slurry campuran 0,08% (Lampiran 1). Menurut Schertz (2017), pemberian pupuk tanaman yang banyak mengandung nitrogen akan mempengaruhi peningkatan pertumbuhan tanaman yang besar. Tanaman yang dipupuk dengan pupuk nitrogen yang lebih banyak, maka tanaman tersebut daunnya akan lebih banyak mengandung nitrogen dan tingginya nitrogen pada daun akan meningkatkan pigmen klorofil pada daun sehingga fotosintesis akan berjalan lebih banyak sehingga biomassa yang dihasilkan lebih banyak. Oleh

karena itu untuk penelitian tahap selanjutnya dilakukan dengan menggunakan penambahan bio-slurry padat dengan konsentrasi 2,5%.

III.1.2. Analisis Kadar protein

Analisis kadar protein yang terkandung pada *Lemna* sp. dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

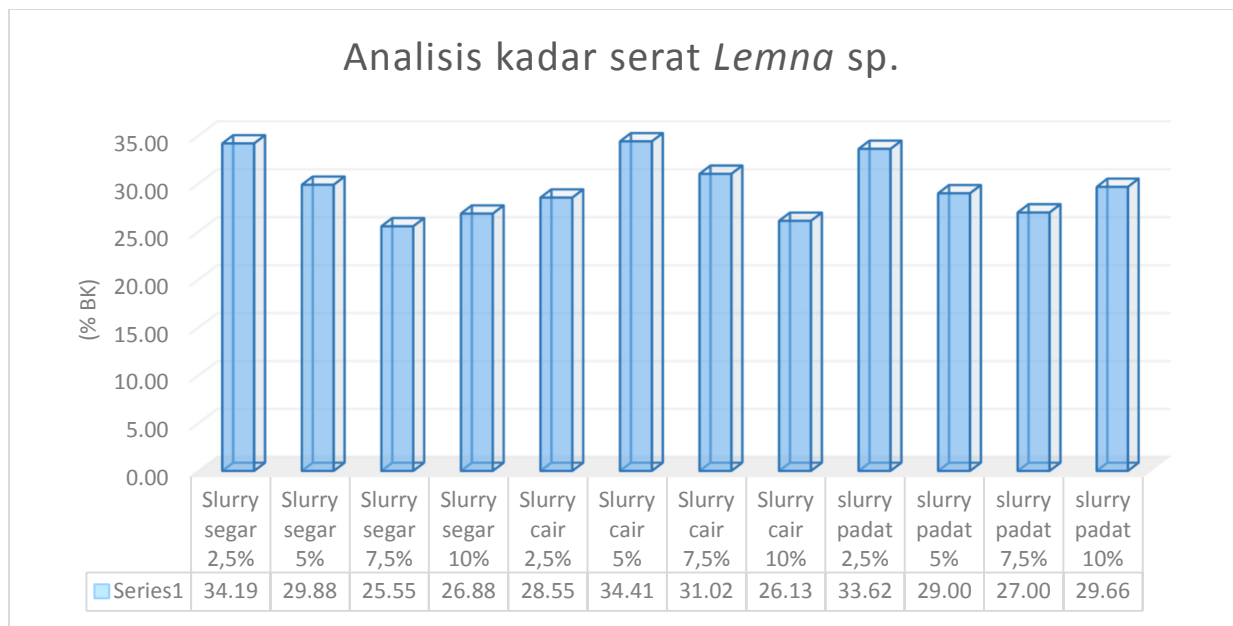


Gambar 3 Hasil analisis Protein *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry

Dari Gambar 3 terlihat bahwa jumlah protein tertinggi terdapat pada *Lemna* sp. yang dipupuk dengan bio-slurry padat dengan konsentrasi 10%. Hal itu disebabkan karena bio-slurry padat mengandung nitrogen yang lebih banyak (0,32%) dibanding bio-slurry cair maupun bio-slurry campuran. Selain itu konsentrasi pemberiannya juga lebih tinggi. Hal tersebut akan mempengaruhi kandungan nitrogen pada daun, sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi jumlah protein *Lemna* sp. karena nitrogen merupakan salah satu unsur pembentuk protein, sehingga jika nitrogennya tinggi maka diharapkan jumlah proteinnya juga akan tinggi. Menurut Schertz (2017), pemberian pupuk tanaman yang banyak mengandung nitrogen, maka tanaman tersebut daunnya akan lebih banyak mengandung nitrogen.

III.1.3. Analisis kadar serat

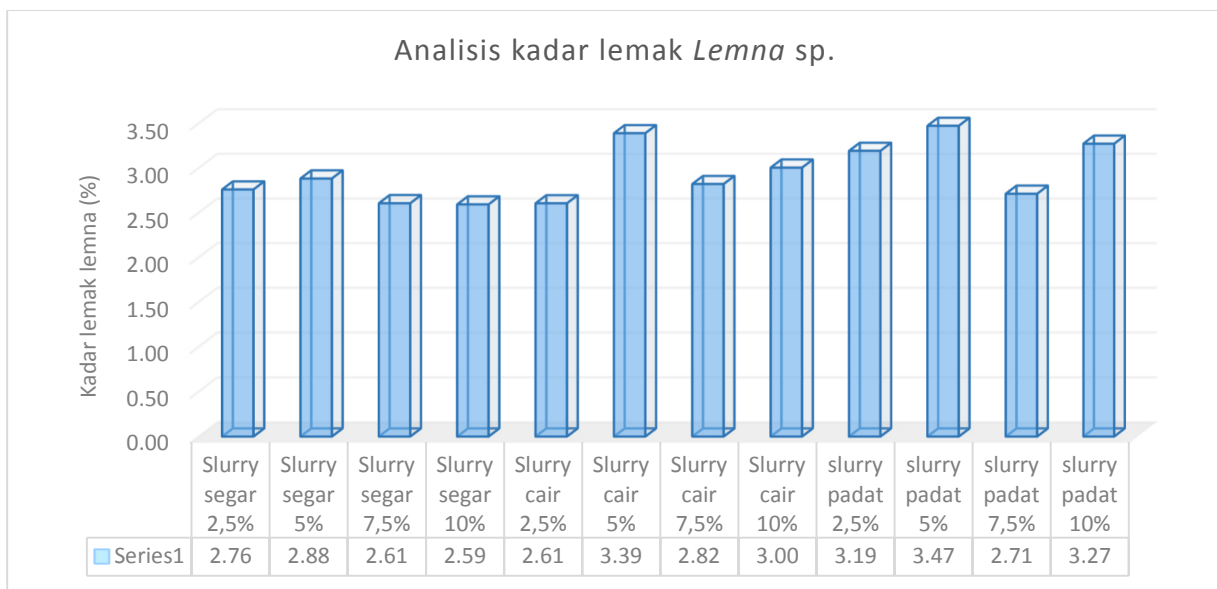
Analisis kadar serat *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media air irigasi dengan penambahan bio-slurry dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa kadar serta *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada medium dengan penambahan biolslurry padat 2,5% memiliki kadar serat yang tinggi. Kadar serat berhubungan dengan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang menyusun dinding sel tanaman. Senyawa prekursor pembentuk serat (selulosa) adalah UDP-Glukosa. UDP Glukose dibentuk selama proses fotosintesis, sehingga *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media yang kaya nutrisi akan tumbuh lebih baik dan banyak melakukan fotosintesis akibatnya kadar seratnya juga tinggi. UDP Glukosa akan disintesis menjadi selulosa dengan bantuan enzim selulosa sintetase (Inder M. Saxena and R.M. Brown JR, 2001).



Gambar 4 Hasil analisis kadar serat *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry

III.1.4. Kadar Lemak

Analisis kadar lemak *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media air irigasi dengan penambahan bio-slurry dapat dilihat pada Gambar 5.



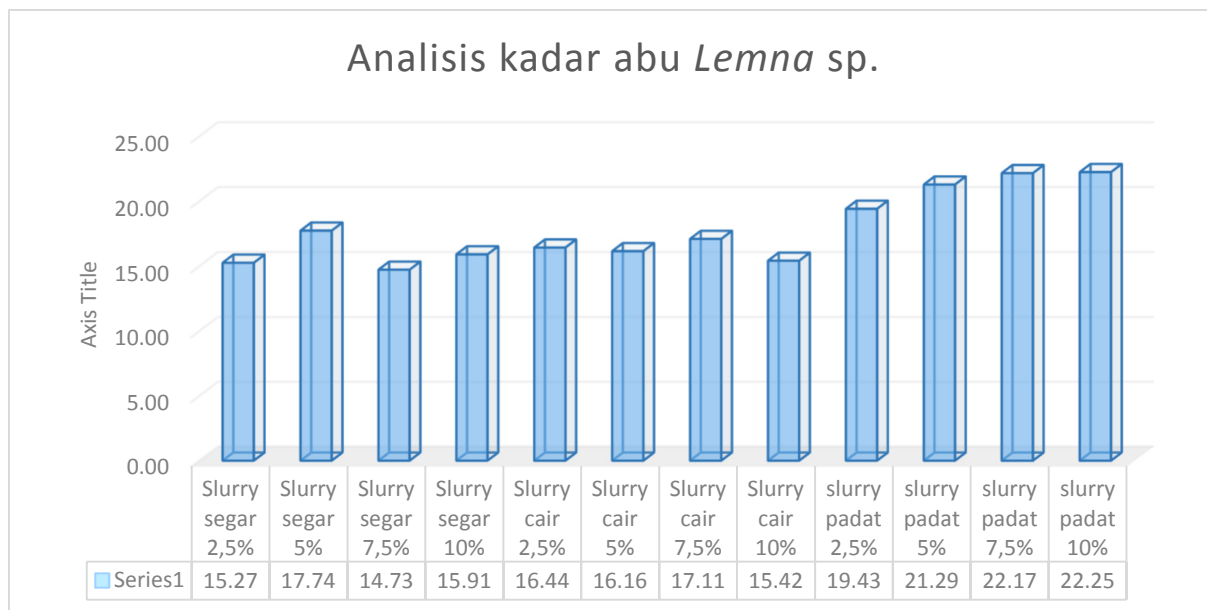
Gambar 5 Hasil analisis kadar lemak *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pada semua perlakuan kadar lemak pada *Lemna* sp. tidak berpengaruh nyata. Kadar lemak bervariasi dari 2,59 - 3,47 %. Kadar lemak ini sedikit lebih rendah dari total lemak pada *Azolla* yaitu $7,92 \pm 0,14\%$ bk (Paul Brouwer et al. 2016). Lemak disintesis dari asam lemak. Asam lemak disintesis dari asetil KoA yang dikatalisis oleh enzim-enzim dalam sitoplasma yang termasuk dalam kelompok transferase antara lain glycerol-3-phosphate aciltransferase 4/GPAT 4 (Florian Wilfling et al.

2013). Bio-slurry padat mengandung mikro element antara lain Fe (134,95 ppm), Mn (14,44 ppm) dan Zn (13,19 ppm) yang penting dalam proses biokimia seperti fotosintesis dan respirasi. Cu, Mn, Zn dan Fe merupakan 4 unsur yang berperang penting dalam fotosintesis, 47% protein (termasuk enzim) memerlukan unsur tersebut pada sisi katalitiknya. Fe berfungsi dalam transfer electron selama proses fotosintesis, sedangkan Zn berperan dalam asimilasi CO₂ (Scott I. Hsieh et al. 2013).

III.1.5. Kadar Abu

Analisis kadar abu *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media air irigasi dengan penambahan bio-slurry dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil analisis kadar abu *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan bio-slurry

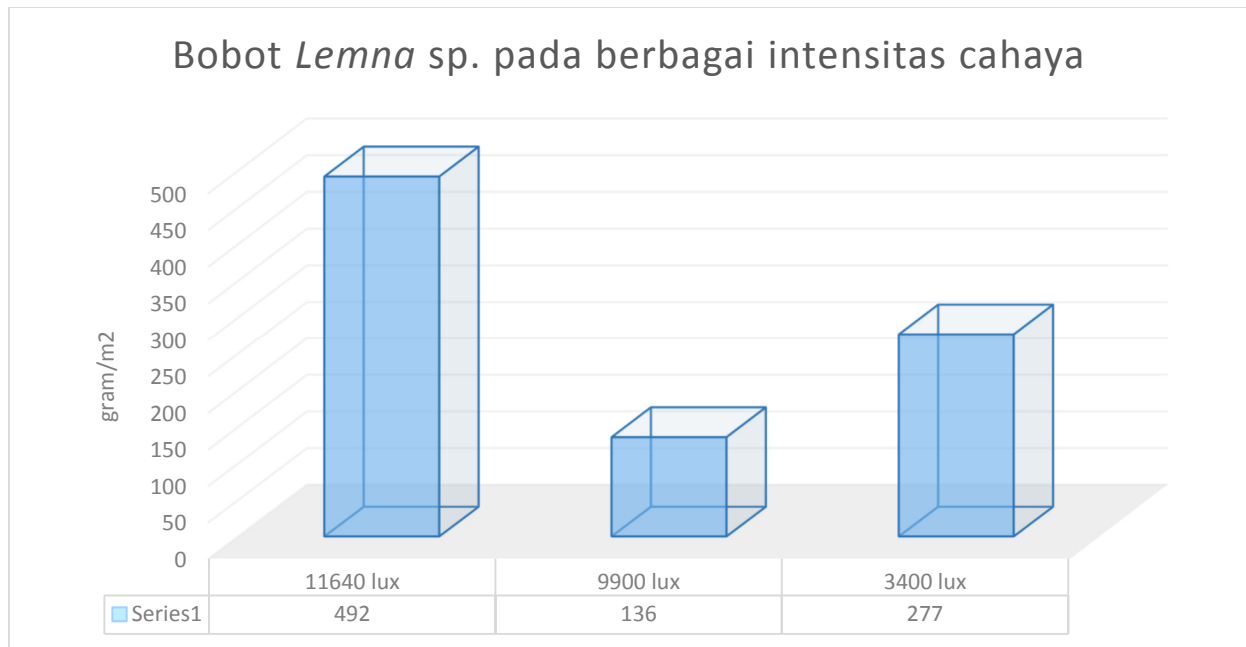
Dari Gambar 6 terlihat bahwa kadar abu *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada bio-slurry padat cenderung lebih tinggi di banding kadar abu yang bio-slurry segar dan bio-slurry campuran. Diduga hal itu disebabkan karena kandungan nutrisinya lebih kaya sehingga ketika ditumbuhkan akan mengakumulasi kandungan mineral-mineral dalam daunnya. Hal itu didukung dengan data analisis bio-slurry yang menunjukkan bahwa bio-slurry padat memiliki kandungan Ca, Fe, Mn, Mg, Cu, Zn yang lebih tinggi seperti Lampiran 1.

III.3. Hasil Penelitian Tahap II

Penelitian tahap II dilakukan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya, pH, kerapatan tanam serta penambahan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan komposisi *Lemna* sp.

III.II.1. Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan *Lemna* sp.

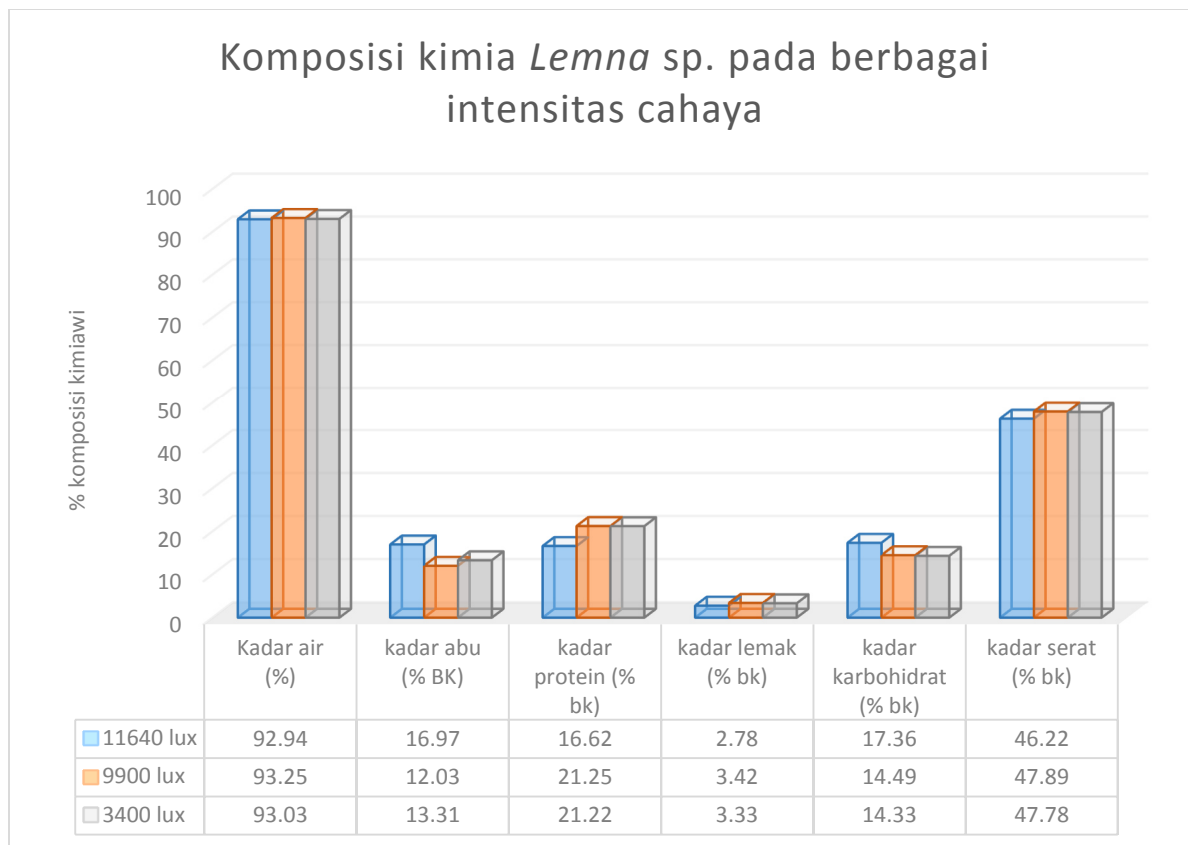
Pertambahan bobot *Lemna* sp. pada berbagai intensitas cahaya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Pertambahan bobot *Lemna* sp. pada berbagai intensitas cahaya

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pertambahan bobot *Lemna* sp. tertinggi terdapat pada kondisi intensitas cahaya sekitar 11640 lux dan berbeda nyata dengan intensitas yang lain. Diduga hal itu disebabkan karena Intensitas cahaya akan berpengaruh terhadap fotosintesis dan mempengaruhi pertumbuhan. Menurut Sudjadi (2005), terjadinya peningkatan pertumbuhan *Lemna* sp. disebabkan oleh lajunya fotosintesis, dimana cahaya mempunyai peranan yang sangat penting terhadap proses fotosintesis. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Nopriani dkk (2014), yang mendapatkan bahwa produksi biomassa *Lemna* sp. tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya tanpa naungan. Intensitas cahaya tanpa naungan atau 100% cahaya memiliki intensitas sekitar 42.000-69.000 lux (Arifin, 2007).

Cahaya matahari merupakan sumber energi sebagai fotosintesis Hasil fotosintesis akan di translokasikan ke seluruh jaringan tanaman melalui pembuluh floem, selanjutnya energi dari hasil fotosintesis tersebut akan mengaktifkan pertumbuhan tunas sehingga jumlah pertumbuhan meningkat (Widiastuti dkk,2004). Komposisi kimia *Lemna* sp. dapat dilihat pada Gambar berikut

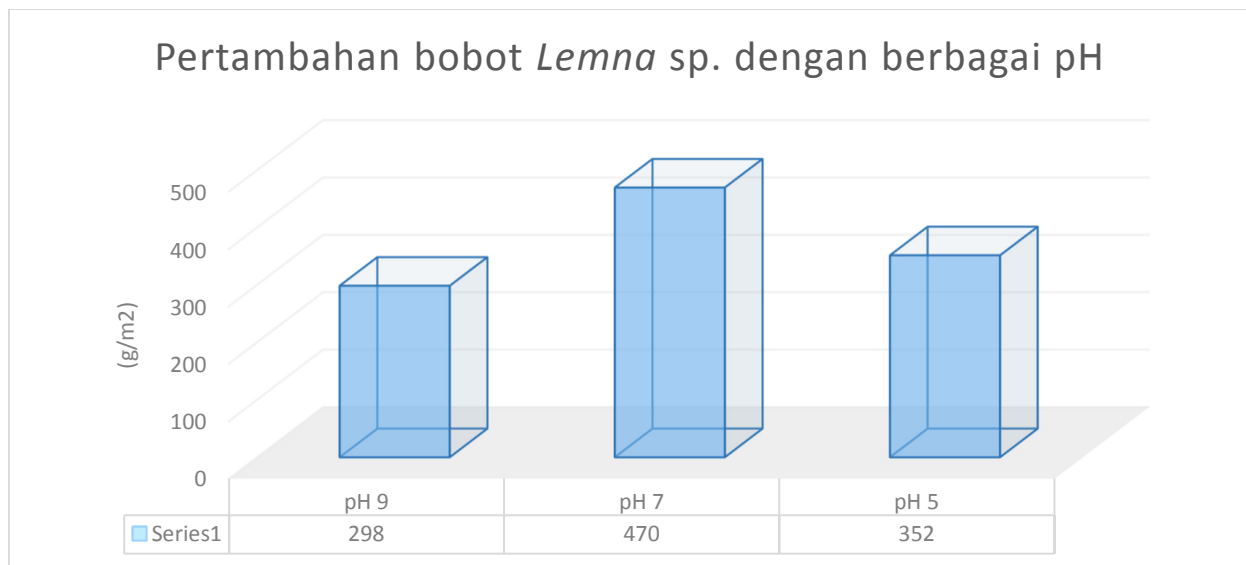


Gambar 8 Komposisi kimia *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada berbagai intensitas cahaya

Pada Gambar 8 terlihat bahwa *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada ketiga intensitas cahaya memiliki kadar air yang hampir sama yaitu sekitar 92-93%. Hal itu sesuai dengan penelitiannya Zaher et.al (1995) dalam Anonymous (2017) yang mendapatkan bahwa kadar air *Lemna* sp. sekitar 91-95%. Dari Gambar 8 juga terlihat bahwa kadar serat pada *Lemna* sp. terlihat lebih tinggi dibanding kadar protein. Menurut Anonim (2017), apabila *Lemna* sp. memiliki kandungan serat yang tinggi maka kadar proteinnya akan rendah dan pertumbuhan *Lemna* sp. akan lebih lambat. Dari Gambar 8 terlihat bahwa pada intensitas cahaya sekitar 9900 lux, *Lemna* sp. akan mempunyai komposisi serat, karbohidrat, protein, dan kadar lemak yang lebih tinggi meskipun tidak signifikan.

III.II.2. Pengaruh pH Media terhadap pertumbuhan *Lemna* sp.

Pertambahan bobot *Lemna* sp. pada berbagai pH pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Pertambahan bobot *Lemna* sp. dengan berbagai pH media Pertumbuhan

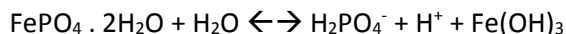
Pada Gambar 9 terlihat bahwa pH pertumbuhan terbaik untuk pertumbuhan *Lemna* sp. adalah sekitar pH 7, pada pH tersebut *Lemna* sp. akan akan tumbuh dengan baik sehingga menghasilkan pertambahan bobot yang paling banyak.

Media tanam berperan sangat penting dalam menentukan kehidupan suatu tanaman dari awal sampai akhir produksi. *Lemna minor* memiliki toleransi hidup pada kisaran pH 5-9 dan akan tumbuh baik pada pH 6,5 - 7,5 dengan temperatur 6 - 33°C (Leng et al. 1994).

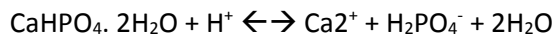
Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pertumbuhan yang optimal adalah pada media tanam dengan pH 7. Pada pH 7 unsur N dan P dapat diserap tanaman dengan maksimal. Unsur N dan P sangat dekat hubungan nya dengan pertumbuhan tumbuhan.

Pada pH 7 unsur N dalam bentuk ion NO_3^- dan NH_4^+ diserap oleh tumbuhan dengan optimal. Pada pH 9 tumbuhan tidak dapat optimal tumbuh karena penyerapan nitrat sedikit terhambat karena adanya persaingan anion OH^- dengan anion NO_3^- yang sama-sama memiliki muatan negatif. Pada pH 5 tumbuhan tidak dapat optimal tumbuh karena penyerapan amonium sedikit terhambat karena adanya persaingan anion H^+ dengan anion NH_4^+ yang sama-sama memiliki muatan positif.

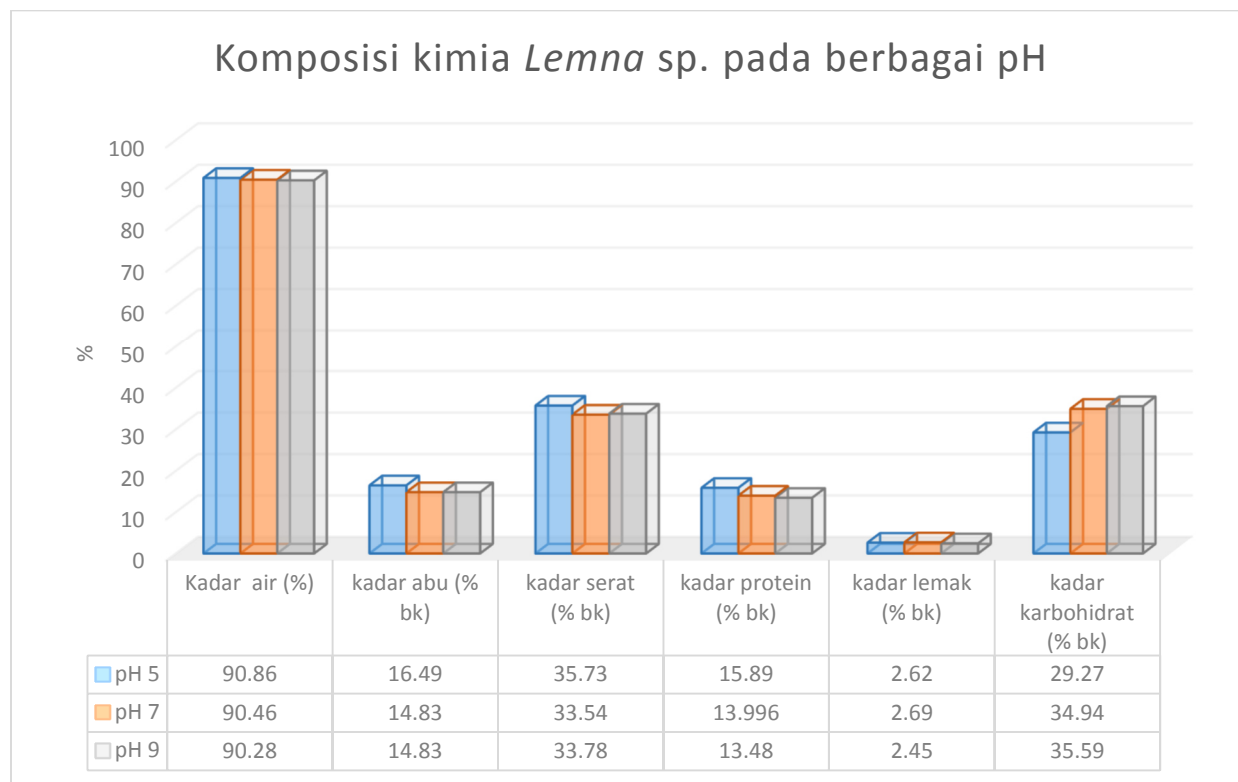
Ketersediaan P maksimum pada pH 7 karena pada zona ini unsur Al dan Fe Fosfat dengan Ca Fosfat yang tidak terlarut. Pada pH 5 derajat kation terlarut Al dan Fe menyebabkan presipitasi mineral Al-fosfat dan Fe-fosfat. Reaksi presipitasi umumnya terjadi sangat lambat.



Jika kemasaman meningkat (H^+) keseimbangan bergerak ke kiri, Fe-fosfat mengendap dan P larutan menurun. Pada saat keseimbangan bergerak ke kanan, Fe-fosfat melarut dan P larutan meningkat pada saat akar menyerap H_2PO_4^- . Pada pH 9 derajat kation terlarut Ca menyebabkan presipitasi mineral Ca-fosfat. Reaksi presipitasi umumnya terjadi sangat lambat.



Jika kemasaman menurun (OH^-), keseimbangan bergerak ke kiri, Ca-fosfat mengendap dan P larutan menurun. Pada saat keseimbangan bergerak ke kanan, Ca-fosfat melarut dan P larutan meningkat pada saat akar menyerap H_2PO_4 . Nilai pH juga dapat mempengaruhi daya serap akar terhadap nutrisi yang ada dalam media tanam. Akar mempunyai peran yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Komposisi kimia *Lemna* sp. pada berbagai pH pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Komposisi kimia *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada berbagai pH media

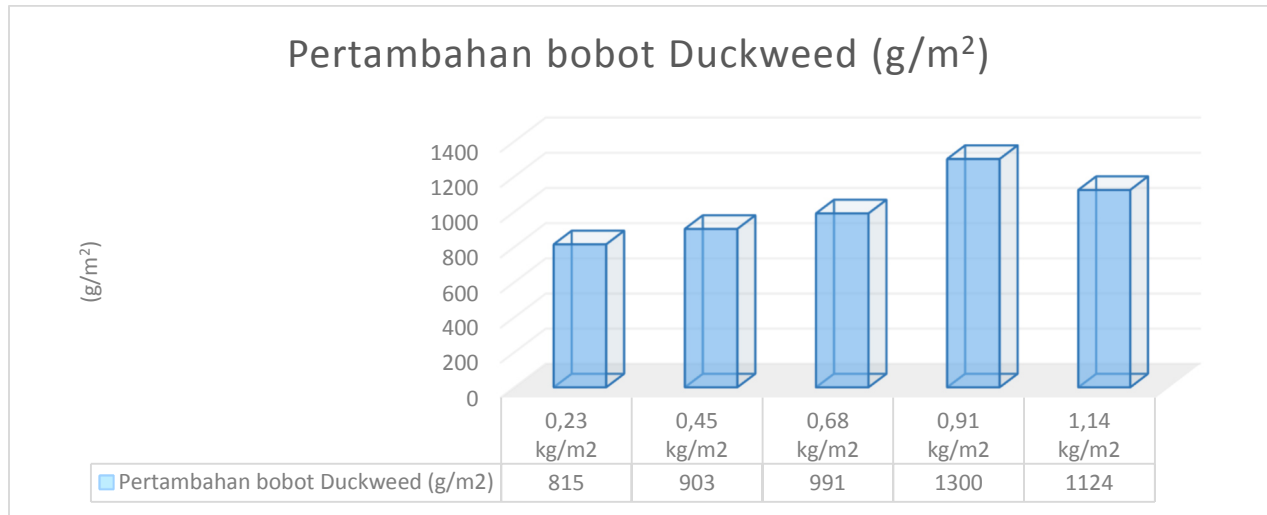
Pada Gambar 10 terlihat bahwa kadar air *Lemna* sp. hampir sama pada berbagai pH media, kadar abu, kadar protein dan kadar serat *Lemna* sp. tertinggi terdapat pada *Lemna* sp. yang ditumbuhkan pada pH 5 sedangkan kadar lemak tertinggi terdapat pada pH 7 dan kadar karbohidrat tertinggi terdapat pada pH 9.

Pengaturan pH media tanam tidak berpengaruh terhadap kadar air *Lemna* sp. yang dapat dilihat pada Gambar 10. Dari Gambar 10 terlihat bahwa kadar air *Lemna* sp. sekitar 90%. Pengaturan pH media tanam tidak berpengaruh terhadap kadar abu *Lemna* sp. Kandungan persen abu pada tanaman menunjukkan kandungan mineral pada tanaman tersebut. Mineral tersebut dapat berupa garam organik dan garam anorganik. Hanafiah (2007) menyatakan bahwa sebagian besar ketersediaan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman dimediasi oleh media tanam, termasuk unsur-unsur mineral. Kandungan abu berhubungan erat dengan kondisi iklim, dimana bila terjadi defisit air maka secara signifikan akan menurunkan kandungan abu pada fase vegetatif (Bogale & Tesfaye 2011).

III.II.3. Pengaruh kerapatan tanam terhadap pertumbuhan *Lemna* sp.

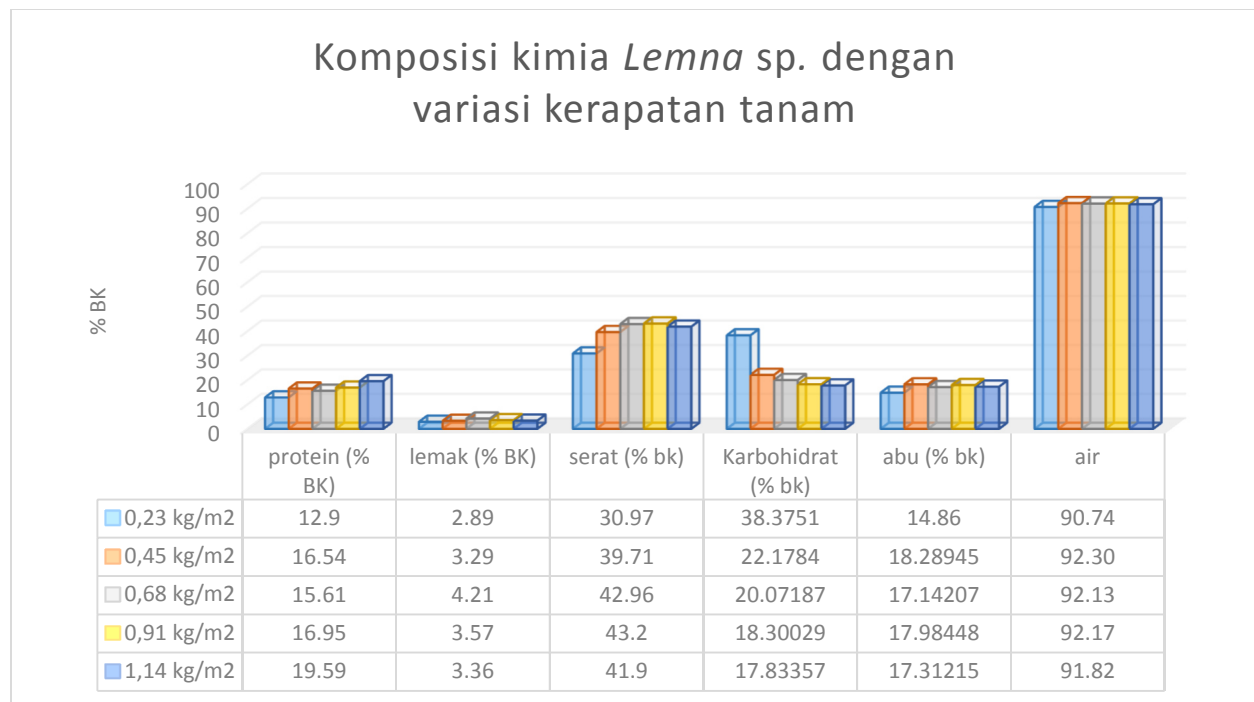
Pertambahan bobot *Lemna* sp. dengan variasi kerapatan tanam dapat dilihat pada Gambar 11. Dari Gambar 11 terlihat bahwa makin tinggi kerapatan *Lemna* sp. akan menghasilkan bobot pertumbuhan yang

makin tinggi sampai pada kerapatan tertentu yaitu maksimal menutupi area dicapai pada kerapatan 0,91 kg/m², setelah dinaikan kerapatannya kemudian pertumbuhannya menurun. Diduga hal itu disebabkan karena pada kerapatan lebih dari 1 kg/m² akan terjadi kompetisi nutrisi diantara *Lemna* sp. sehingga pertumbuhan *Lemna* yang dihasilkan mengalami penurunan. Menurut Chaiprapat dkk (2005), tingginya densitas atau kerapatan *Lemna* sp. akan menghambat akses terhadap nutrisi. Densitas yang tinggi akan menurunkan kecepatan pertumbuhan *Lemna* sp. karena ada keterbatasan cahaya, pertukaran gas oksigen dan ruang tumbuh sehingga akan menurunkan pengambilan nutrisi.



Gambar 11 Pertambahan bobot *Lemna* sp. dengan berbagai variasi kerapatan tanam

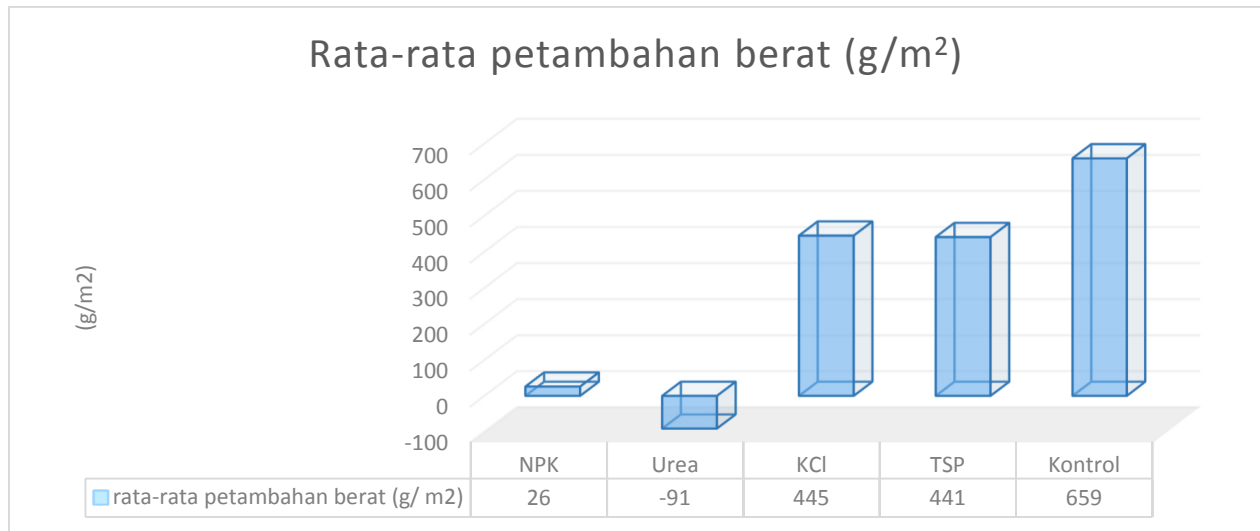
Analisis komposisi kimia *Lemna* sp. yang ditumbuhkan dengan kerapatan bervariasi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Komposisi kimia *Lemna* sp. dengan variasi kerapatan tanam

Pada Gambar 12 terlihat bahwa makin tinggi kerapatan bibit *Lemna* sp., maka kadar abu, kadar serat dan kadar proteinnya cenderung lebih tinggi. kadar protein tertinggi terdapat pada *Lemna* sp. yang ditumbuhkan dengan kerapatan 1,14 kg/m² namun tidak berbeda nyata dengan kerapatan 1 kg/m². Hal itu karena pada kerapatan yang lebih tinggi pertumbuhan *Lemna* sp. juga makin besar sampai menutupi area pertumbuhan. Akibatnya nitrogen maupun mineral-mineral banyak yang terdeposit dalam daun juga makin banyak. Dari Gambar juga terlihat bahwa makin tinggi kerapatan bibit *Lemna* sp., maka kadar karbohidrat makin berkurang. Diduga hal itu disebabkan karena makin banyak *Lemna* sp. maka kompetisi terhadap kebutuhan sinar makin berkurang sehingga fotosintesis yang terjadi lebih lambat sehingga kadar pati atau karbohidrat yang ada lebih sedikit.

III.II.4. Pengaruh penambahan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan *Lemna* sp.

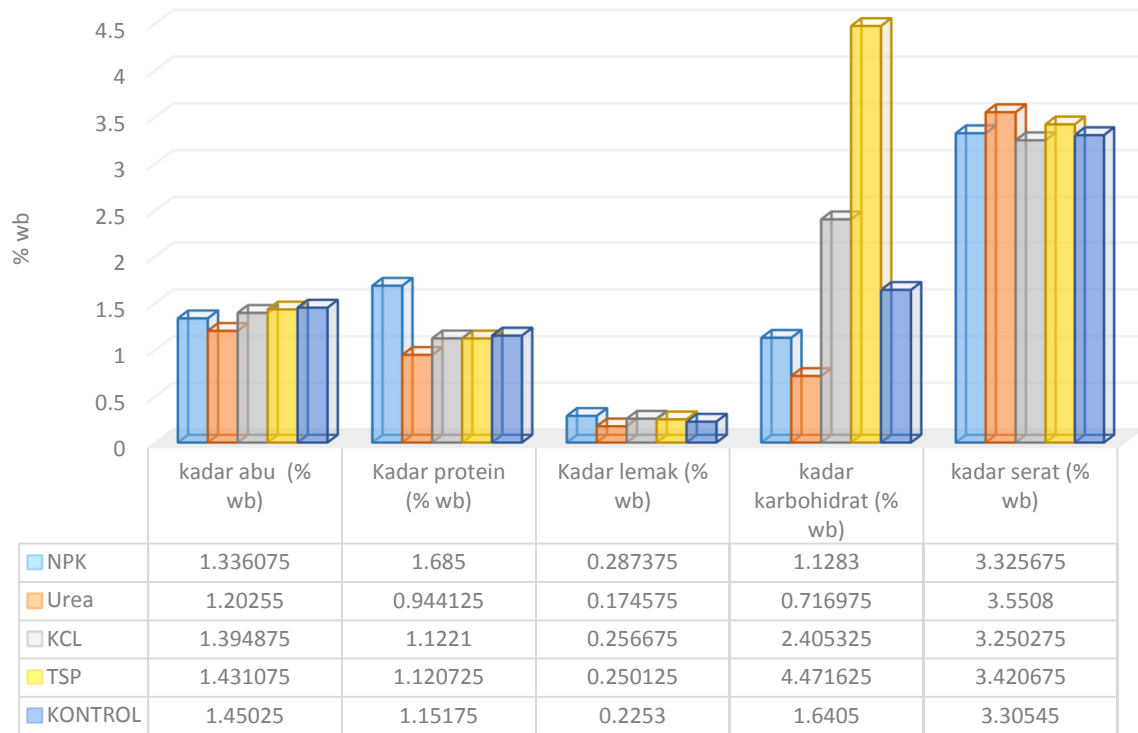


Gambar 13 Pertambahan bobot *Lemna* sp. pada media dengan penambahan pupuk anorganik

Dari Gambar 13 terlihat bahwa pemberian pupuk anorganik ternyata menyebabkan pertumbuhan *Lemna* sp. terhambat, hal itu bisa dilihat dari pertambahan bobot yang lebih rendah dibanding kontrol. Diduga hal itu disebabkan karena penambahan pupuk anorganik akan menyebabkan konsentrasi ion-ion (nitrat, phosphate maupun K⁺) didalam media sangat tinggi dan menyebabkan toksik bagi *Lemna* sp.

Dari Gambar 14 terlihat kadar protein terendah terdapat pada *Lemna* sp. dengan penambahan pupuk urea, hal itu disebabkan karena pertumbuhan *Lemna* sp. banyak mengalami kematian. Kematian tersebut diduga disebabkan karena penambahan pupuk anorganik yang mengandung nitrogen akan menyebabkan konsentrasi ion NH₄⁺ maupun NH₃ dalam media terlalu tinggi sehingga toksik bagi *Lemna* sp.

Komposisi kimia *Lemna sp* dengan penambahan pupuk anorganik



Gambar 14 Komposisi kimia *Lemna sp.* dengan penambahan pupuk anorganik

IV. KESIMPULAN

- a. Penambahan slurry terbaik yang memberikan pertumbuhan *Lemna* sp. tertinggi adalah bio-slurry padat sebanyak 2,5%.
- b. intensitas cahaya yang terbaik yang memberikan pertambahan bobot paling tinggi adalah 11640 lux.
- c. pH media terbaik yang memberikan pertambahan bobot paling tinggi adalah pada pH 7.
- d. kerapatan terbaik yang memberikan bobot pertumbuhan tertinggi adalah 0,91 kg/m².
- e. penambahan pupuk anorganik sebanyak 0,1% tidak mampu meningkatkan pertumbuhan *Lemna* sp., bahkan pertumbuhannya lebih jelek dibanding kontrol (tanpa penambahan pupuk).

V. DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 2017. *Floating aquatic macrophytes–Duckweeds*
www.mobot.org/jwcross/duckweed/nutritional-composition.htm diakses 3 Desember 2017
- Arifin, SZ. 2007. Pengaruh intensitas matahari dan triakontanol terhadap pertumbuhan dan hasil biji bayam. *Jurnal Agronomi* Vol. 11 No. 1, Januari – Juni 2007
- Chaiprapat S, J. J. Cheng, J. J. Classen, S. K. Liehr. 2005. TRANSACTIONS OF THE ASAE Vol. 48(6): 2247-2258. American Society of Agricultural Engineers ISSN 0001-2351
- Florian Wilfling, Huajin Wang, Joel T. Haas, Natalie Krahmer, Travis J. Gould, Aki Uchida, Ji-Xin Cheng, Morven Graham, Romain Christiano, Florian Frohlich, Xinran Liu, Kimberly K. Buhman, Rosalind A. Coleman, Joerg Bewersdorf, Robert V. Farese, Jr., and Tobias C. Walther, 2013. Triacylglycerol Synthesis Enzymes Mediate Lipid Droplet Growth by Relocalizing from the ER to Lipid Droplets. *Developmental Cell* 24: 384–399, February 25, 2013 Elsevier Inc.
- Goopy, J.P and P.J. Murray, 2003. A Review on the Role of Duckweed in Nutrient Reclamation and as a Source of Animal Feed. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2003. Vol 16, No. 2: 297-305)
- Inder M. Saxena and R.M. Brown JR, 2001. Biosynthesis of cellulose.
<http://www.botany.utexas.edu/facstaff/facpages/mbrown/papers/hreso/H196.pdf>
diakses 30 Desember 2017
- Leng, R.A., Stambolie, J.H., & Bell, R.E. 1994. Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animals and fish In: Improving animal production systems based on local feed resources. 7th AAAP Animal Science Congress 100-117
- Nopriani U, Karti PDMH, Prihantoro I. 2014. Produktivitas *duckweed* (*Lemna minor*) sebagai hijauan pakan aditif dan pengaruhnya terhadap performa. *JITV Vol. 19 No 4 Th. 2014: 272-286*
- Paul Brouwer, Adrie van der Werf, Henriette Schluepmann, Gert-Jan Reichart and Klaas G. J. Nierop, 2016. Lipid Yield and Composition of *Azolla filiculoides* and the Implications for Biodiesel Production. *Bioenerg. Res.* (2016) 9:369–377 DOI 10.1007/s12155-015-9665-3
- Schertz, F.M. (2017). The effect of potassium, nitrogen and phosphorus fertilizing upon the chloroplast pigments, upon the mineral content of the leaves and upon the production in crop plants. www.plantphysiol.org diakses tanggal 3 Desember 2017
- Scott I. Hsieh, Madeli Castruita, Davin Malasarn, Eugen Urzica, Jonathan Erde, M. Dudley Page, Hiroaki Yamasaki, David Casero, Matteo Pellegrini, Sabeeha S. Merchant, and Joseph A. Loo, 2013. The Proteome of Copper, Iron, Zinc, and Manganese Micronutrient Deficiency in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Mol Cell Proteomics*. 2013 Jan; 12(1): 65–86.
Doi: 10.1074/mcp.M112.021840

Lampiran

Lampiran 1. Analisis Bio-slurry

Analisis Boslurry					
Parameter	Satuan	Slury Segar PO. 16. 04	Slury Cair PO. 16. 05	Slury Padat PO. 16. 06	Metode
C-organik	%	5.74	1.67	2.99	(Walkley & Black) Sp.ektrometri IK 5.4.k
C / N Rasio		71.70	55.64	9.34	Kalkulasi
N total	%	0.08	0.03	0.32	Kjeldahl, Titiasi IK 5.4.l
P ₂ O ₅ total	%	0.02	0.02	0.06	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , Sp.ektrometri IK 5.4.m
K ₂ O total	%	0.34	0.33	0.41	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Ca total	%	0.17	0.17	0.11	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Mg total	%	0.03	0.01	0.04	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Fe total	ppm	79.84	15.74	134.95	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Cu total	ppm	1.09	0.59	1.78	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Mn total	ppm	9.96	0.40	14.44	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m
Zn total	ppm	8.99	0.79	13.19	Oksidasi Basah, HNO ₃ + HClO ₄ , AAS IK 5.4.m

Lampiran 2. Analisis sampel bibit Lemna

Kode Sampel	Analisa	Satuan	Rata-rata
Sampel Lemna	Air	%	94.70
	Abu	% BB	0.94
	Protein	% BB	1.00
	Lemak	% BB	0.16
	Serat Kasar	% BB	1.29
	Karbohidrat	% BB	1.91
	Energy	Kal/100 gr	13.08

Lampiran 3. Analisis media pertumbuhan Duckweed

Perlakuan	Alkalinitas (mg/L)			P (mg/L)		
	I	II	III	I	II	III
pH 5	336.6	306.5	270.4	5.6510	4.8630	5.7720
pH 7	282.5	294.5	282.5	10.8340	8.9180	11.2960
pH 9	144.2	84.1	84.1	19.5680	20.8690	17.1040
kontrol	276.4	-	-	10.5440	-	-

Perlakuan	N (mg/L)			DO (mg/L)		
	I	II	III	I	II	III
pH 5	-	-	78.212	0.8	0.8	0.7
pH 7	335.329	-	-	0.7	0.8	0.8
pH 9	325.581	-	-	0.9	0.8	0.8
kontrol	-	-	-	0.7		

Lampiran 4. Analisis Air Irigasi

	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Kelas III Kandungan**)
			534 K		
Fisika	Temperatur*	°C	27.1	SNI 06-6989.23-2005	± 3 °C terhadap suhu udara
	Residu terlarut (TDS)	mg/L	1443	In House Methode	1000
	Residu tersusp.ensi (TSS)	mg/L	1	In House Methode	400
Kimia	pH*		7.0	SNI 06-6989.11-04	6-9
	BOD*	mg/L	2.3	SNI 6989.72-2009	6
	COD*	mg/L	15.3	SNI 6989.2-2009	50
	DO*	mg/L	5.2	APHA 2005, Section 450-OG	4
	Fosfat	mg/L	0.3003	APHA 2005, Section 4500-PB.5 4500-PD	1
	Nitrat (NO ₃ -N)*	mg/L	3.87	APHA 2005, Section 4500-NO ₃ -B	20
	Arsen (As)	mg/L	< 0,005	APHA 2005, Section 3120 B	(-)
	Kobalt*	mg/L	< 0,0093	SNI 6989.68-2009	0.2
	Boron	mg/L	0.1714	APHA 2005, Section 3120 B	1
	Selenium (Se)	mg/L		APHA 2005, Section 3120 B	0.05
	Kadmium (Cd)*	mg/L	< 0,0034	SNI 6989.16-2009	0.01
	Kromium (Cr ⁶)	mg/L	< 0,0014	APHA 2005, Section 3500-CrB	0.05
	Tembaga (Cu)*	mg/L	< 0,0069	SNI 6989.6-2009	0.02
	Timbal (Pb)*	mg/L	< 0,0161	SNI 6989.8-2009	0.03
	Raksa (Hg)	mg/L	< 0,0001	SNI 06-2462-1991	0.002
	Seng (Zn)*	mg/L	< 0,0083	SNI 06-6989.7-2004	0.05
	Sianida (CN)	mg/L	tak terdeteksi	In House Methode	0.02
	Flourida (F)	mg/L	0.3542	SNI 06-6989.29-2005	1.5
	Nitrit (NO ₂)*	mg/L	0.0882	SNI 06-6989.9-2004	0.06
	Klor Bebas	mg/L	tak terdeteksi	SNI 06-1664-2005	0.03
	Sulfida (S)	mg/L	tak terdeteksi	SNI 6989.70-2009	0.002
	Deterjen	µg/L	19.30	SNI 06-6989.51-2005	200
	Fenol	µg/L	0.0343	SNI 06-2469-2004	1

Keterangan:

- **) Baku Mutu Air Badan Air SK Gubernur DIY No. 20/Tahun 2008
- *) Parameter terakreditasi
- Parameter pH dan Suhu melebihi batas waktu simpan, sehingga hasil tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu.

- Pengujian parameter nitrat menggunakan metode uji untuk air bersih dan air minum sehingga hasil tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu.
- Tanda (-) pada kolom hasil uji: tidak diuji
- Uraian: 534 K kode lab uji air sungai irigasi yang dikirimkan ke lab

Lampiran 5.

Perubahan Komposisi Media Selama Pertumbuhan Duckweed (8 Hari) pada Berbagai Kerapatan Tanam (Media pertumbuhan air sungai ditambah slurry padat 2,5%)																
Perlakuan	Alkalinitas (mg/L)				P (mg/L)				N (mg/L)				DO (mg/L)			
	awal	akhir	Perubahan	%	awal	akhir	Perubahan	%	awal	akhir	Perubahan	%	awal	akhir	Perubahan	%
0,23 kg/m ²	348.6	270.45	78.15	22.42	31.970	8.933	23.037	72.06	39.110	234.699	-195.589	-500.10	1.6	1.45	0.15	9.38
0,45 kg/m ²	348.6	270.45	78.15	22.42	31.970	7.881	24.089	75.35	39.110	364.1745			1.6	1.4	0.2	12.50
0,68 kg/m ²	348.6	267.45	81.15	23.28	31.970	9.1265	22.8435	71.45	39.110	375.436			1.6	0.8	0.8	50.00
0,91 kg/m ²	348.6	255.4	93.2	26.74	31.970	6.982	24.988	78.16	39.110	457.716			1.6	0.8	0.8	50.00
1,14 kg/m ²	348.6	273.45	75.15	21.56	31.970	9.1595	22.8105	71.35	39.110	473.243			1.6	0.85	0.75	46.88