

Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari

## Teknik fermentasi campuran bahan organik sebagai sumber nutrisi organik pada sayuran sawi yang ditanam dengan hidroponik

**Sari** Nutrisi organik untuk budidaya sistem sumbu hidroponik merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kendala mahalannya harga pupuk anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode ekstraksi terbaik antara metode air hangat, air dingin, dan fermentasi kemudian menentukan waktu fermentasi terbaik dari unsur hara organik campuran rumput laut, sabut kelapa dan daun kelor yang diharapkan memiliki kandungan nutrisi organik yang mendekati dengan formula nutrisi anorganik. Penelitian ini terdiri atas 2 percobaan: (i) percobaan pertama meneliti jenis metode ekstraksi, dan (ii) percobaan kedua meneliti waktu fermentasi terbaik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor tunggal dan diulang sebanyak 6 kali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa unsur hara organik yang dicampur dengan rumput laut, sabut kelapa dan daun kelor belum mampu menyamai unsur hara campuran AB Mix pada budidaya tanaman sawi secara hidroponik. Bobot segar tanaman sawi pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan bahwa metode fermentasi menghasilkan 11,28 g atau 52,22% dari bobot segar tanaman hasil perlakuan nutrisi AB Mix yang mencapai 21,60 g. Bobot segar tanaman sawi pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan bahwa fermentasi 20 hari menghasilkan 1,83 g atau 50,8% dari bobot segar tanaman hasil perlakuan hara AB Mix yang mencapai 3,60 g. Waktu fermentasi terbaik diperoleh pada 20 hari fermentasi.

**Kata kunci:** Anorganik · Bahan segar · Metode ekstraksi · Waktu fermentasi

## Fermentation technique of mix organic materials as organic nutrition sources in mustard greens grown by hydroponic

**Abstract** Organic nutrition for the wick hydroponic system is an alternative solution to overcome the high cost of inorganic fertilizers. This study aims to determine the best extraction method between warm water, cold water, and fermentation, then determine the best fermentation time from the organic nutrient mixture of seaweed, coconut husk and Moringa leaves which are expected to have the same organic nutrient content as the inorganic nutrition formula. This study consisted of 2 experiments, the first experiment examined the type of extraction method and the second experiment examined the best fermentation time. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with a single factor and was repeated 6 times. The results of this study indicate that the organic nutrients mixed with seaweed, coconut husk and Moringa leaves have not been able to equal to the AB-mix nutrients in hydroponic mustard cultivation. Fresh weight of mustard in the extraction method sub-experiment showed that the fermentation method was only able to produce 11.28 g or 52.22% of the fresh weight of plants produced by AB Mix nutrition which reached 21.60 g. Fresh weight of mustard plants in the sub-experiment of fermentation time showed that 20 days of fermentation was only able to produce 1.83 g or 50.8% of the fresh weight of plants treated with AB Mix nutrients which reached 3.60 g. The best fermentation time was obtained at 20 fermentation days.

**Keywords:** Extraction method · Fermentation time · Fresh weight · Inorganic

Diterima : 12 Maret 2022, Disetujui : 14 November 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38509>

---

Pangaribuan, D.H. · Y.C. Ginting · Rugayah · P. Sanjaya · A. Karyanto · K.C. Dewi · I.P. Sari  
Jurusan Agronomi Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1  
Bandar Lampung 35145  
Korespondensi: [darwin.pangaribuan@fp.unila.ac.id](mailto:darwin.pangaribuan@fp.unila.ac.id)

## Pendahuluan

Hidroponik adalah teknik budidaya dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan media tanah. Istilah hidroponik pertama kali diperkenalkan oleh William Frederick Gerick pada 1937. Pada 1946, ilmuwan Inggris W.J. Shalto Douglas memperkenalkan hidroponik di Barat Bengal India (Khan *et al.*, 2018). Hidroponik berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti tenaga kerja. Larutan nutrisi yang digunakan pada sistem hidroponik harus sesuai dengan kebutuhan tanaman dan mengandung unsur hara makro dan mikro. Salah satu jenis hidroponik adalah sistem hidroponik sumbu (*wick system*). Menurut Yama dan Kartiko (2020), keberhasilan sistem hidroponik sumbu ditentukan oleh nutrisi tanaman yang mengandung unsur hara esensial. Budidaya sistem hidroponik di rumah kaca (*green house*) memiliki beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti pencahayaan, aliran udara, dan suhu sebagai faktor penting untuk pertumbuhan tanaman.

Nutrisi organik pada budidaya sayuran hidroponik perlu menjadi perhatian untuk menekan penggunaan nutrisi anorganik. Nutrisi organik mengandung berbagai jenis unsur hara dan zat yang berasal dari bahan-bahan organik yang terdiri dari mineral, baik makro maupun mikro, asam amino, hormon pertumbuhan, dan mikroorganisme. Nugraha dan Susila (2015), menyatakan bahwa larutan nutrisi menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan hasil dan kualitas produksi tanaman sawi dalam sistem hidroponik sumbu.

Nutrisi organik tanaman sayuran bersumber dari bahan-bahan alami yang bahannya mudah didapat, contohnya dalam penelitian ini menggunakan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor yang penggunaannya sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal. Al-Juthery *et al.* (2015) melaporkan bahwa ekstrak rumput laut sangat berguna untuk peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman pertanian dan hortikultura. Rumput laut *Sargassum* sp. dalam kandungan larutan nutrisi organik mengandung hormon pemacu tumbuhan, yaitu auksin, giberelin, dan sitokinin yang tinggi dan berpengaruh terhadap hasil pertumbuhan tanaman sawi hidroponik (Sedayu *et al.*, 2014).

Penggunaan sabut kelapa dalam larutan nutrisi organik memiliki beberapa manfaat yaitu kaya akan kandungan unsur hara kalium (K), ramah lingkungan, dan bahannya mudah didapatkan. Sabut kelapa kaya akan kandungan utama yaitu selulosa, hemi selulosa, dan lignin yang dapat digunakan sebagai pupuk organik cair untuk budidaya hidroponik (Arsyad *et al.*, 2015). Hasil penelitian Pangaribuan *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa penggunaan sabut kelapa untuk larutan nutrisi organik akan meningkatkan unsur hara kalium yang berguna untuk pertumbuhan tanaman hidroponik.

Tanaman kelor mengandung banyak senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Menurut Emongor (2015), daun kelor tersusun dari protein, mineral, vitamin, asam amino esensial, glukosinolat, isotiosianat, fenolat, dan hormon sitokinin yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi. Hasil penelitian Suhastyo dan Raditya (2019) menyatakan bahwa pemberian nutrisi ekstrak daun kelor mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman sawi.

Penggunaan larutan nutrisi organik dari bahan-bahan alami bisa dijadikan sebagai potensi untuk mendukung perkembangan pertanian organik. Untuk memanfaatkan bahan-bahan alami tersebut agar dapat dijadikan sumber nutrisi hidroponik, dapat dilakukan ekstraksi bahan dengan menggunakan metode yang tepat. Nutrisi organik campuran dari bahan ekstrak rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor diekstraksi dengan menggunakan metode air hangat, air dingin, dan fermentasi. Metode dengan menggunakan air hangat dapat dijadikan sebagai pelarut yang digunakan untuk menghilangkan lapisan lilin. Selain metode air hangat dilakukan ekstraksi dengan metode air dingin yang efektif untuk sampel yang tidak tahan panas seperti dedaunan karena memiliki tekstur yang lembut sehingga ekstraksi menggunakan air dingin tidak menghilangkan kadar flavonoid yang terdapat di dalam bahan (Ramoko dan Ramadhania, 2018; Wahyulianingsih *et al.*, 2016)

Fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme anaerob yang mampu mengubah senyawa kimia menjadi substrat organik. Fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan perubahan sifat bahan organik tersebut. Proses fermentasi anaerob pada pembuatan larutan

nutrisi organik bahan campuran rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor melibatkan bakteri anaerob, yaitu bakteri yang tidak dapat menggunakan O<sub>2</sub> bebas untuk respirasinya dan energi diperoleh dari proses perombakan senyawa organik yaitu tanpa menggunakan oksigen. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan EM4 (*Effective Microorganism*) yang bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi. Menurut Ali *et al.* (2019), EM4 mengandung beberapa mikroorganisme yang berguna untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, meningkatkan hasil fermentasi, dan dapat meningkatkan unsur hara N, P, K pada saat berlangsungnya proses fermentasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari metode ekstraksi dan lama waktu fermentasi yang terbaik dari komposisi berbagai sumber bahan organik sebagai larutan nutrisi organik yang diharapkan mendekati kualitas nutrisi anorganik pada tanaman sawi yang ditanam secara hidroponik sistem sumbu.

---

## Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai Februari 2021 di Bandar Lampung. Penelitian ini terdiri atas 2 percobaan. Percobaan pertama meneliti jenis metode ekstraksi yang dapat digunakan untuk mengekstraksi daun kelor, sabut kelapa dan rumput laut. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri dari 4 faktor tunggal yaitu k<sub>0</sub> = kontrol, k<sub>1</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode air hangat, k<sub>2</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode air dingin, k<sub>3</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan metode fermentasi.

Percobaan kedua meneliti waktu fermentasi. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri dari 4 faktor tunggal yaitu k<sub>0</sub> = kontrol, k<sub>1</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 10 hari, k<sub>2</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 20 hari, k<sub>3</sub> = ekstraksi campuran bahan daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut dengan lama fermentasi 30 hari.

Setiap perlakuan pada sub percobaan dilakukan 6 kali pengulangan (kelompok). Setiap satuan percobaan terdapat 6 lubang tanam, sehingga total tanaman sebanyak 144 tanaman. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan menggunakan Uji Bartlett dan adifitas data diuji dengan Uji Tukey. Data yang sudah memenuhi asumsi diuji dengan analisis ragam dan perbedaan nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, tahap pertama yaitu penyiapan nutrisi organik cair dengan mencampurkan berbagai bahan yaitu 9 kg rumput laut, 2,4 kg sabut kelapa, dan 5 kg daun kelor. Ketiga bahan tersebut dihaluskan dengan menggunakan blender selama 3 menit. Selanjutnya bahan diekstraksi sesuai perlakuan yaitu metode air hangat, air dingin, dan fermentasi.

Tahap pertama yaitu penyiapan nutrisi organik dengan metode ekstraksi. Metode air hangat dilakukan setelah bahan halus kemudian dicampur dan ditambahkan air sebanyak 23 liter dan direbus dengan suhu 60 °C selama ± 20-30 menit. Bahan yang telah direbus dimasukkan ke dalam drum dan diinkubasi selama 3 hari. Metode selanjutnya yaitu metode air dingin, dilakukan setelah bahan dihaluskan kemudian dicampur dan ditambahkan air sebanyak 23 liter kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan diikat dengan karet, lalu dimasukkan ke dalam kulkas selama 1 minggu. Setelah itu bahan yang telah diekstraksi dimasukkan ke dalam drum untuk diaduk. Metode selanjutnya yaitu fermentasi, setelah bahan dihaluskan kemudian dimasukkan ke dalam drum dengan kapasitas 100 liter dan ditambahkan dengan rumen sapi, EM4, dan gula halus. Drum plastik ukuran 100 liter diisi dengan 2/3 bahan organik dan 1/3 diisi dengan air, disisakan 10 cm untuk ruang kosong udara. Setelah itu, dilakukan fermentasi anaerob selama 10, 20, dan 30 hari.

Tahap kedua yaitu persiapan benih sawi yang di tanam pada sistem hidroponik sumbu dengan melakukan penyemaian selama 2 minggu. Kemudian, tahap ketiga yaitu pembuatan larutan nutrisi AB Mix yaitu dengan perbandingan stok A dan stok B masing-masing sebanyak 5 mL serta ditambahkan dengan 1 liter air. Pada awal penanaman nilai EC yang digunakan yaitu 300-400 ppm, minggu selanjutnya ditambahkan masing-masing sebanyak 20 mL larutan stok A dan B sehingga menjadi 700-800 ppm, dan minggu berikutnya

ditambahkan masing-masing sebanyak 30 mL larutan stok A dan B sehingga menjadi 1.000-1.150 ppm. Pembuatan nutrisi organik fermentasi 10, 20, dan 30 hari dengan cara mencampurkan hasil ekstraksi dan air yaitu dengan perbandingan 1:10 dan ditambahkan 9 gram  $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  (Natrium Benzoat). Setelah itu, tahap keempat yaitu penanaman benih sawi dengan menyiapkan bak ukuran 37,5 cm x 30,5 cm x 11,5 cm yang berisi larutan nutrisi pada lubang styrofoam.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan mengontrol larutan nutrisi yang meliputi volume air, pH, dan TDS (*Total Dissolve Solid*), penyulaman, dan menjaga tanaman dari organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyulaman dilakukan dua minggu setelah tanam. Pergantian nutrisi dilakukan setiap satu minggu sekali, berdasarkan kondisi volume dan kandungan nutrisi dalam larutan hidroponik. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara manual.

Tahap terakhir yaitu pemanenan tanaman sawi yang dilakukan pada umur 30 hari setelah tanam (HST) pada saat tanaman mencapai pertumbuhan maksimal. Panen dilakukan dengan mencabut tanaman dari media hidroponik (*rockwool*) dan melepaskannya dari netpot.

Variabel pengamatan pada tanaman sawi yaitu jumlah daun diukur 4 minggu setelah tanam (MST), lebar daun (4 MST), tingkat kehijauan daun (3 MST), bobot segar akar dan bobot segar tanaman (4 MST).

---

## Hasil dan Pembahasan

**Analisis Kandungan Unsur Hara N, P, K pada Larutan Nutrisi AB Mix dan Larutan Nutrisi Organik Campuran Bahan Rumput Laut, Sabut Kelapa, dan Daun Kelor.** Hasil analisis laboratorium pada metode air hangat dan air dingin menunjukkan hasil yang lebih baik dari metode fermentasi karena air hangat yang bersifat nonpolar dapat dijadikan sebagai pelarut yang digunakan untuk menghilangkan zat *ballast*. Zat *ballast* yang dimaksud yaitu lapisan lilin yang terdapat dalam bahan (Puspitasari *and* Pramono, 2015). Perlakuan lainnya yaitu metode air dingin, efektif untuk sampel yang tidak tahan panas. Metode air dingin dapat dilakukan untuk ekstraksi

dedaunan, karena dedaunan memiliki tekstur yang lembut sehingga ekstraksi menggunakan air dingin tidak menghilangkan kadar flavonoid yang terdapat di dalam bahan (Ramoko dan Ramadhania, 2018; Wahyulianingsih *et al.*, 2016).

Hasil ekstraksi bahan organik menunjukkan bahwa total N pada waktu fermentasi 10-30 hari meningkat (Tabel 2). Hal ini terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme pengikat nitrogen. Mikroorganismenya dari hasil fermentasi mendekomposisi bahan nitrogen melalui proses fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fosfat yang tinggi pada waktu fermentasi 10-30 hari terjadi karena sebagian besar populasi mikroorganisme pelarut fosfat memiliki peran penting dalam mineralisasi unsur P. Namun unsur K pada waktu fermentasi 10-30 hari menunjukkan sebagian besar larutan nutrisi organik tetap stabil. Dengan demikian dapat dilihat bahwa larutan nutrisi organik dari hasil fermentasi memiliki kandungan nutrisi yang rendah. Menurut Phibunwatthanawong *and* Riddech (2019), hal ini terjadi karena adanya penguraian oleh mikroorganismenya yang mengubah substrat menjadi kandungan nutrisi yang menyebabkan jumlah unsur N dan P lebih rendah dari standar larutan nutrisi AB Mix.

Berdasarkan Tabel 1, diduga larutan nutrisi organik cair dari proses fermentasi anaerob belum terurai sempurna. Hal ini sebagai faktor penting untuk menentukan kualitas dan kematangan larutan nutrisi organik cair yang difermentasikan. Apabila hasil fermentasi dari bahan organik terkontaminasi dengan senyawa amonia dan asam organik, maka akan menyebabkan terjadinya toksisitas pada tanaman. Senyawa tersebut sangat berbahaya bagi tanaman dan dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman sawi. Menurut Ferdaus *et al.* (2008), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi, antara lain: kondisi pH, suhu, kandungan oksigen, dan substrat. Hasil penelitian Sari *et al.* (2015) mengatakan bahwa proses fermentasi anaerob untuk hasil dekomposisi bahan organik yang terbaik diperoleh pada waktu 55 hari. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi bahan organik memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendekomposisi bahan agar terurai sempurna.

Pada saat proses fermentasi terdapat fase pertumbuhan mikroba, yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan eksponensial, fase stationer, dan fase kematian. Basmal *et al.* (2019) juga

mengatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan mikroba yaitu ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang meliputi: suhu, oksigen, pH, dan kelembaban. Vitamin dan enzim sebagai salah satu faktor yang dapat merusak larutan nutrisi media tumbuh suatu mikroba. Kehilangan nutrisi pada proses fermentasi anaerob akan berdampak pada laju pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, perlu adanya uji lanjut metode ekstraksi apakah yang perlu dilakukan dan berapa lama waktu yang diperlukan larutan nutrisi hasil fermentasi anaerob dibiarkan pada kondisi aerob sebelum digunakan dan perlu dilakukan analisis mikrobial pada hari ke 0, 10, 20, dan 30 hari.

Hasil analisis larutan nutrisi unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dapat dilihat pada tabel 1 dan 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa larutan nutrisi AB Mix memiliki kandungan N, P, dan K yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan nutrisi organik yang lain. Dengan demikian dapat diketahui bahwa standar larutan nutrisi yang baik pada tanaman sawi yaitu pada larutan nutrisi AB Mix. Larutan nutrisi AB Mix mampu menyediakan unsur hara lebih lengkap dibandingkan dengan larutan nutrisi organik lainnya. Hal ini terbukti pada penelitian Nugraha dan Susila (2015) yang menyatakan bahwa larutan AB Mix menghasilkan

pertumbuhan tanaman sawi, bayam, pakcoy, dan selada yang optimal dimulai dari fase vegetatif sampai pada fase generatif tanaman. Selain itu, Tripama dan Yahya (2018) juga menyatakan bahwa larutan nutrisi AB Mix berpengaruh nyata terhadap berbagai jenis tanaman sawi, antara lain: sawi pagoda (*Brassica narinosa*), sawi hijau (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), dan sawi pakcoy (*Brassica rapa* L).

**Pertumbuhan Tanaman Sawi.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan nutrisi AB Mix menghasilkan pertumbuhan yang jauh lebih baik daripada larutan nutrisi organik dari campuran bahan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor. Hal ini dapat dibuktikan dengan bobot segar akar dan bobot segar tanaman sawi pada perlakuan AB Mix menghasilkan perlakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan larutan nutrisi organik hasil fermentasi rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan rata-rata bobot segar akar (Tabel 3), perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar yaitu sebesar 4,63 g > perlakuan metode fermentasi, yaitu 2,18 g > perlakuan metode air hangat, yaitu 0,97 g > perlakuan metode air dingin, yaitu 0,47 g. Diantara 3 metode ekstraksi nutrisi organik, metode fermentasi menunjukkan bobot yang tinggi dibandingkan metode air hangat dan air dingin.

**Tabel 1. Analisis larutan nutrisi pada berbagai metode ekstraksi**

Perlakuan	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
AB Mix <sup>(1)</sup>	49.220	9.420	78.200
Metode air hangat <sup>(2)</sup>	384,97	55,84	500,00
Metode air dingin <sup>(2)</sup>	504,01	41,05	400,00
Metode fermentasi <sup>(2)</sup>	196,03	33,66	400,00

Sumber:

1. Kandungan AB Mix Priynggi *et al.* (2019)
2. Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Unila (2020)

**Tabel 2. Analisis larutan nutrisi pada waktu fermentasi yang berbeda**

Perlakuan	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
AB Mix <sup>(1)</sup>	49.220	9.420	78.200
Fermentasi 10 hari <sup>(2)</sup>	22,26	5,12	127,27
Fermentasi 20 hari <sup>(2)</sup>	23,53	4,42	109,09
Fermentasi 30 hari <sup>(2)</sup>	26,72	5,56	118,18

Sumber:

1. Kandungan AB Mix Priynggi *et al.* (2019)
- Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Unila (2020)

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan rata-rata bobot segar akar (Tabel 4) perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar, yaitu 4,42 g > larutan nutrisi organik fermentasi 20 dan 30 hari, masing-masing sebesar 1,20 dan 0,71 g. Lama waktu fermentasi terbaik pada variabel ini yaitu lama fermentasi 20 hari.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan rata-rata bobot segar tanaman (Tabel 3) perlakuan AB Mix menghasilkan nilai yang paling besar yaitu bobot tertinggi, yaitu sebesar 21,60 g > perlakuan metode fermentasi sebesar 11,28 > perlakuan metode air hangat sebesar 4,00 g > perlakuan metode air dingin sebesar 1,68 g atau 7,78 % dari perlakuan nutrisi AB Mix

Hasil penelitian pada sub percobaan metode lama fermentasi 20 hari memiliki bobot segar tanaman tertinggi sebesar 11,32 g > 30 hari yaitu sebesar 6,92 g > 10 hari yaitu sebesar 6,20 g. Menurut Jusuf *et al.* (2007), tanaman membutuhkan energi seperti air dan unsur hara untuk meningkatkan jumlah maupun ukuran sel pada tanaman. Hal ini bertujuan untuk mencapai bobot segar tanaman yang optimal agar hasil panen yang didapat lebih maksimal.

Hasil penelitian pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan pada perlakuan nutrisi organik belum dapat menyamai pertumbuhan yang dihasilkan perlakuan AB Mix. Rendahnya hasil penelitian yang ditunjukkan pada perlakuan nutrisi organik diduga karena ekstraksi nutrisi organik belum sempurna. Hal ini dapat dilihat dari pengamatan di lapangan yaitu masih kasarnya bahan yang telah diekstraksi pada metode air dingin, air panas dan fermentasi. Menurut Tambun *et al.* (2016), salah satu faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi adalah ukuran bahan. Ukuran bahan dapat mempengaruhi kontak antara pelarut dengan bahan. Selain itu metode dengan menggunakan air dingin tidak efektif dari segi waktu karena membutuhkan waktu yang lama untuk ekstraksi bahan dan penggunaan pelarut yang cukup banyak (Kiswando, 2015). Menurut Ramoko dan Ramadhania (2018), metode air dingin memiliki kelemahan yaitu mempertahankan beberapa senyawa yang menyebabkan senyawa tersebut tidak larut sehingga terdapat unsur hara yang tidak tersedia.

Nitrogen memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan tanaman daripada sebagian

besar elemen penting lainnya, apabila tanaman mengalami defisiensi atau kelebihan unsur N maka secara nyata mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta hasil dan kualitas tanaman. Secara biokimia, P berperan dalam sistem transfer energi tanaman adenosin trifosfat (ATP), adenosin difosfat (ADP), dan fosfokreatinin yang melepaskan energi untuk tanaman sebagai aktivitas metabolisme; oleh sebab itu apabila tanaman mengalami defisiensi P maka dapat memperlambat pertumbuhan. Kalium berfungsi sebagai aktivasi enzim, dan kationnya yaitu K<sup>+</sup> berfungsi untuk potensi osmotik sel. Unsur K berperan mempertahankan sel penjaga stomata. Apabila tanaman mengalami defisiensi K akan menyebabkan penutupan stomata. Hal tersebut dapat berpengaruh terhadap transpirasi dan serapan air oleh tanaman yang dapat berpengaruh terhadap hasil fotosintesis pada tanaman (Jones, 2005).

Perlakuan larutan nutrisi AB Mix pada sub percobaan waktu fermentasi menghasilkan pertumbuhan tanaman sawi yang lebih baik dibandingkan dengan larutan nutrisi organik hasil fermentasi 10, 20, dan 30 hari yang ditunjang dari variabel bobot segar akar dan bobot segar tanaman sawi. Menurut Meriatna *et al.* (2018), waktu fermentasi yang singkat dalam waktu 10 hari dapat mengakibatkan terbatasnya kesempatan mikroba untuk terus tumbuh dan berkembangbiak sehingga jumlah komponen substrat yang dapat diubah menjadi sedikit. Oleh karena itu, waktu fermentasi yang ideal untuk optimalisasi jumlah mikroorganisme yaitu 20 - 30 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian Siboro *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa waktu fermentasi yang terbaik diperoleh pada waktu 25 hari.

Indikasi penyerapan unsur hara yang baik dapat dilihat dari bobot akar, semakin besar bobot akar tanaman, maka semakin besar volume kemampuan tanaman sawi dalam menyerap unsur hara. Namun, pada penelitian ini, bobot akar sawi larutan nutrisi AB Mix memiliki bobot akar yang lebih besar dibandingkan pada larutan nutrisi organik. Tanaman yang memiliki bobot akar terberat menghasilkan bobot total tanaman yang terberat juga, karena akar tanaman sawi tersebut dapat menyerap unsur hara secara optimal. Pada penelitian ini, terhambatnya pertumbuhan tanaman sawi diakibatkan karena keterbatasan ketersediaan oksigen dalam media larutan

organik. Menurut Parks *and* Murray (2011), larutan nutrisi, air, dan oksigen berperan penting dalam budidaya sistem hidroponik. Akar sawi yang kekurangan oksigen akan menyebabkan kemampuan akar tanaman menjadi sulit untuk menyerap larutan nutrisi, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal (Markhaini *et al.*, 2017).

Pertumbuhan akar tanaman sawi yang terhambat diakibatkan karena keterbatasan ketersediaan oksigen dalam media larutan organik. Hal ini karena mikroorganisme dekomposer yang masih aktif, sehingga menyebabkan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam larutan organik tidak tersedia bagi akar tanaman sawi. Menurut Virha *et al.* (2020), sistem aerasi sangat penting untuk mencapai penyerapan oksigen yang cukup oleh akar tanaman sawi, sehingga tidak terjadi persaingan dalam penyerapan oksigen oleh bakteri heterotrofik pada larutan nutrisi organik.

Perlakuan larutan nutrisi organik bahan campuran rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor dengan waktu fermentasi 10, 20, dan 30 hari menunjukkan tanaman dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4 dengan warna daun bagian atas berubah menjadi kekuningan dan batangnya kecil. Menurut Parks *and* Murray (2011), gejala kekuningan pada tanaman dapat disebabkan karena defisiensi hara yang ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman yang lambat, daun yang menguning (klorosis), dan kematian jaringan tanaman (nekrosis), terutama pada daun dan batang sawi. Pada penelitian ini, diduga terdapat unsur hara yang tidak diserap oleh tanaman, yaitu unsur Fe dan P. Menurut Adelia *et al.* (2013), fungsi dari besi (Fe) yaitu berperan dalam pembentukan klorofil pada tanaman, unsur hara yang tercukupi akan membentuk klorofil secara sempurna, respirasi menjadi optimal, dan energi yang dihasilkan banyak. Namun, apabila unsur Fe tidak tercukupi, maka pertumbuhan akar menjadi terhambat dan tidak optimal. Unsur fosfor (P) berfungsi untuk pertumbuhan akar, pembelahan sel, dan memperbesar jaringan sel pada tanaman. Kekurangan unsur fosfor (P) juga dapat mempengaruhi pertumbuhan akar tanaman dalam penyerapan unsur hara. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar (2017), pemberian larutan nutrisi yang cukup akan mengoptimalkan pembentukan klorofil tanaman, apabila penyerapan nutrisi tanaman rendah, maka kandungan klorofil juga rendah,

sehingga sulit untuk mencapai pertumbuhan yang optimal.

Kelemahan sistem hidroponik sumbu pada penelitian ini adalah akar tidak dapat menyerap larutan nutrisi dengan baik sehingga oksigen (O<sub>2</sub>) hanya minimum tersedia bagi akar tanaman sawi. Sistem hidroponik sumbu merupakan sistem pasif yang artinya tidak ada pergerakan nutrisi pada akar tanaman sehingga tanaman sulit menyerap unsur hara makro dan mikro. Hal ini sebagai penyebab utama perkembangan akar tanaman sawi menjadi terhambat. Hasil penelitian Ansar *et al.* (2019) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sawi yang tidak optimal tidak hanya disebabkan oleh intensitas cahaya, tetapi larutan nutrisi yang tergenang dan tidak adanya sirkulasi dalam larutan nutrisi organik yang menyebabkan pertumbuhan akar tanaman menjadi terganggu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan nutrisi AB Mix menghasilkan pertumbuhan fase vegetatif yang jauh lebih baik daripada larutan nutrisi organik dari campuran bahan rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor. Hasil analisis uji lanjut (Tabel 3) menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak pada sub percobaan metode ekstraksi diperoleh pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix, yaitu 9 helai > metode air hangat, yaitu 5 helai > perlakuan metode air dingin, yaitu 4 helai daun, dan metode fermentasi, yaitu 4 daun.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi larutan nutrisi organik jumlah daun (Tabel 4) pada fermentasi 20 hari, yaitu 9 helai > 30 hari, yaitu 8 helai > 10 hari, yaitu 7 helai. Perlakuan larutan nutrisi organik hasil analisis uji lanjut menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak diperoleh pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix yaitu 12 helai.

Perlakuan AB Mix pada sub percobaan metode ekstraksi menghasilkan lebar daun (Tabel 4) tertinggi, yaitu 8,52 cm > dibandingkan pada perlakuan metode fermentasi, yaitu 3,98 cm > metode air hangat, yaitu 3,68 cm > perlakuan metode air dingin, yaitu 2,25 cm atau 26,4% dari persentase perlakuan nutrisi AB Mix.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu fermentasi menunjukkan lebar daun (Tabel 4) larutan nutrisi organik fermentasi 20 hari sebesar 3,31 cm > fermentasi 30 hari sebesar 2,47 cm > fermentasi 10 hari yaitu 2,54 cm.

Tingkat kehijauan daun sawi pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan pada perlakuan AB mix menghasilkan tingkat

kehijauan daun yang lebih tinggi, yaitu 33,8 unit dibandingkan pada perlakuan metode fermentasi, yaitu 27,05 > perlakuan metode air hangat, yaitu 22,4 unit > perlakuan metode air dingin, yaitu 16,2 unit atau 28,7 % dari perlakuan AB Mix.

Hasil penelitian pada sub percobaan waktu ekstraksi menunjukkan tingkat kehijauan daun (Tabel 4) larutan nutrisi organik fermentasi 20 hari, yaitu sebesar 25,97 unit > fermentasi 30 hari, yaitu 23,28 unit > fermentasi 10 hari, yaitu 23,78 unit. Tingkat kehijauan daun sawi pada perlakuan larutan nutrisi AB Mix 56,42 unit.

**Hidroponik Tanaman Sawi.** Hasil penelitian pada sub percobaan waktu ekstraksi menunjukkan bahwa perlakuan nutrisi AB Mix memberikan hasil yang lebih baik dari perlakuan nutrisi organik. Dari ketiga metode ekstraksi nutrisi organik, metode fermentasi

menunjukkan hasil pengamatan yang lebih baik dari metode air hangat dan air dingin. Hal ini diduga kandungan nutrisi organik pada metode fermentasi lebih lengkap dan metode ini mendapatkan hara tambahan dari EM-4 dan rumen sapi, sedangkan metode air hangat dan air dingin tidak mendapatkan hara tambahan, murni campuran dari bahan dasar berupa daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut. Menurut Chen *et al.* (2013) dan Suryani *et al.* (2017), proses fermentasi dapat menurunkan kadar serat kasar yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terkandung dalam EM-4, yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei*, dan *Rhodospseudomonas palustris*. Fermentasi mendegradasi molekul protein yang kompleks menjadi senyawa yang sederhana seperti peptida dan asam amino sehingga mudah untuk diserap tanaman.

**Tabel 3. Rata-rata pertumbuhan caisim hidroponik pada berbagai metode ekstraksi**

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	Lebar Daun (cm)	Bobot Total Tanaman (g)		Bobot Segar Akar (g)		SPAD (unit)	
	Asli	Asli	Asli	Trans Log (X)	Asli	Trans $\sqrt{X}$	Asli	Trans $\sqrt{X}$
AB Mix	8,78 a	8,52 a	21,60 a	0,66	4,63 a	2,15	33,80 a	1,53
Metode air hangat	5,32 b	3,68 b	4,00 c	0,30	0,97 c	0,98	22,43 c	1,35
Metode air dingin	4,38 c	2,25 c	1,68 d	0,11	0,47 d	0,68	16,20 d	1,21
Metode fermentasi	4,43 c	3,98 b	11,28 b	0,52	2,18 b	1,48	27,05 b	1,43
BNJ 5%	0,71	1,13	0,07		0,19		0,07	

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf nyata 5%

**Table 4. Rata-rata pertumbuhan vegetatif caisim hidroponik pada waktu fermentasi yang berbeda**

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	Lebar Daun (cm)	SPAD (unit)	Bobot Segar Akar 3 Tanaman (g)		Bobot Total 3 Tanaman (g)	
	Asli	Asli	Asli	Asli	Trans $\sqrt{x}$	Asli	Trans $\sqrt{x}$
Nutrisi AB Mix 10 hari fermentasi	12,28a	8,51a	56,42a	4,42a	2,09	169,92a	3,60
20 hari fermentasi	7,94b	2,54c	23,78b	0,67b	0,86	6,20c	1,57
30 hari fermentasi	9,28b	3,31b	25,97b	1,20b	1,05	11,32b	1,83
BNJ 5%	1,57	0,74	10,48	0,31		0,23	

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf nyata 5%

**Tabel 5. Parameter pendukung nilai pH pada berbagai metode ekstraksi**

Perlakuan	pH			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
AB Mix	6,6	6,7	6,9	6,9
Metode air panas	6,2	6,1	6,2	6,3
Metode air dingin	5,5	5,1	5,9	6,0
Metode fermentasi	6,2	6,4	6,6	6,6

**Tabel 6. Parameter pendukung nilai pH pada waktu fermentasi yang berbeda**

Perlakuan	pH			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
Nutrisi AB Mix	6	6,5	7	7
10 hari fermentasi	5	6	7	7
20 hari fermentasi	5,5	6	7	7
30 hari fermentasi	5,5	6	7	7

**Tabel 7. Parameter pendukung nilai TDS (*Total dissolve solid*) pada berbagai metode ekstraksi**

Perlakuan	TDS (ppm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
AB Mix	633	640	630	642
Metode air panas	489	495	490	501
Metode air dingin	452	460	472	480
Metode fermentasi	422	510	620	690

**Table 8. Parameter pendukung nilai TDS (*Total dissolve solid*) pada waktu fermentasi yang berbeda**

Perlakuan	TDS (ppm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
Nutrisi AB Mix	400	780	1.000	1.150
10 hari fermentasi	300	472	650	650
20 hari fermentasi	350	565	668	670
30 hari fermentasi	375	600	700	700

Unsur hara makro dan mikro dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan dan perkembangan. Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial bagi tanaman dibutuhkan untuk sintesis asam amino, protein, dan banyak metabolit penting lainnya (Perchlik and Tegeder, 2018). Fungsi fosfor menurut Oke *et al.*, (2005), untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman, fosfor juga berfungsi sebagai energi untuk reaksi biosintesis dan sintesis beberapa zat metabolik. Fosfor berfungsi pada tahap awal masa vegetatif pertumbuhan tanaman. Menurut Prajapati and Modi (2012), unsur kalium berfungsi meningkatkan hasil panen dan meningkatkan kualitas tanaman. Unsur kalium mendukung dalam proses pertumbuhan tanaman, yaitu aktivasi enzim, aktivitas stomata (penggunaan air), fotosintesis, transportasi gula, transportasi air dan nutrisi, sintesis protein, sintesis pati.

Penyerapan nutrisi unsur nitrogen akan mempengaruhi variabel jumlah daun. Hal ini sesuai pernyataan Harahap dan Hidayat (2018) yang membuktikan bahwa tanaman selain membutuhkan media tanam untuk menopang pertumbuhannya, juga membutuhkan larutan nutrisi dan pencahayaan yang cukup untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi. Perlakuan larutan nutrisi AB Mix pada sub percobaan lama fermentasi menghasilkan jumlah daun dan lebar daun yang paling baik. Hal ini disebabkan karena kandungan unsur N yang terdapat dalam larutan nutrisi AB Mix dapat membantu pertumbuhan lebar daun pada tanaman sawi hijau. Menurut Yama dan Kartiko (2020), nitrogen merupakan komponen penyusun dari banyak senyawa esensial bagi tumbuhan yang berfungsi untuk pembentukan klorofil. Adanya unsur nitrogen tersebut dapat merangsang pembentukan hijau daun untuk

proses fotosintesis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tripama dan Yahya (2018), bahwa unsur N berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan daun, sehingga jumlah daun menjadi lebih banyak dan lebar daun menjadi lebih besar dengan warna yang lebih hijau, sehingga akan meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman. Selain itu, Jones (2005) menyatakan bahwa nitrogen memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan tanaman daripada sebagian besar elemen penting lainnya, apabila tanaman mengalami defisiensi atau kelebihan unsur N maka secara nyata mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta hasil dan kualitas tanaman.

Pengamatan pH dilakukan pada saat awal penanaman sampai panen. Wirosedarmo *et al.* (2001) menyatakan bahwa tanaman sawi membutuhkan pH antara 6-7. Nilai pH pada larutan nutrisi AB Mix yaitu antara 6-7, sedangkan nilai pH larutan nutrisi organik berkisar antara 5-5,5 sebelum ditambahkan dengan  $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  (Natrium Benzoat). Nilai pH 5 pada larutan nutrisi organik berarti mikroorganisme masih aktif, yang dapat dilihat dari larutan nutrisi hasil fermentasi bahan organik yang masih berbau alkohol. Menurut Caliskan *and* Caliskan (2018), apabila pH <5,5 dapat menyebabkan menurunnya daya larut asam fosfor (P), kalium (Ca), sulfur (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), sehingga tidak dapat diserap dengan baik oleh tanaman. Setelah ditambahkan  $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  nilai pH berubah menjadi 6-7 (Tabel 4). Walaupun pH larutan nutrisi organik sudah sama dengan pH larutan nutrisi AB Mix, namun pertumbuhan tanaman masih terhambat. Menurut Sardare *and* Admane (2013), rentang pH yang optimal untuk ketersediaan nutrisi larutan hara hidroponik adalah 5,5-6,5 dan bergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan.

Nilai TDS pada larutan nutrisi tanaman sawi yaitu berkisar antara 1.050-1.400 ppm. Pada penelitian ini, nilai TDS yang terdapat pada larutan nutrisi AB Mix memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi, yaitu 1.000-1.115 ppm dibandingkan dengan nilai TDS pada larutan nutrisi organik (rumput laut, sabut kelapa, dan daun kelor) dengan nilai sebesar 650-700 ppm (Tabel 5). Nutrisi untuk tanaman hidroponik memegang peran penting dalam pertumbuhan tanaman sawi. Menurut Akasiska *et al.* (2014), nilai TDS berpengaruh terhadap fase generatif dan vegetatif pada tanaman

hidroponik sumbu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hamli *et al.* (2015), semakin tinggi kandungan garam yang terdapat dalam larutan nutrisi organik, maka akan semakin tinggi nilai TDS-nya. Konsentrasi garam yang tinggi akan merusak akar tanaman dan mengganggu penyerapan nutrisi oleh tanaman. Penelitian Dahlianah *et al.* (2020) juga mengatakan bahwa nilai TDS yang rendah akan menyebabkan larutan nutrisi hidroponik tidak tersedia bagi tanaman, sehingga dapat menghambat proses fotosintesis dan transpirasi pada tanaman sawi.

---

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sub percobaan metode ekstraksi menunjukkan bahwa perlakuan metode ekstraksi fermentasi bahan organik campuran daun kelor, sabut kelapa, dan rumput laut lebih baik hasilnya dibandingkan metode ekstraksi air dingin dan metode ekstraksi air hangat. Hal ini dibuktikan dengan lebih tingginya variabel bobot segar tanaman, jumlah daun, lebar daun, bobot segar akar, dan tingkat kehijauan daun.
2. Pada sub percobaan lama fermentasi menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang terbaik pada larutan nutrisi organik adalah fermentasi 20 hari. Hal ini dibuktikan dengan lebih tingginya variabel bobot segar tanaman, jumlah daun, lebar daun, bobot segar akar, dan tingkat kehijauan daun.

---

## Ucapan Terimakasih

Terimakasih atas bantuan teknis karyawan rumah kaca Fakultas Pertanian, Unila

---

## Daftar Pustaka

- Adelia, P.F., Koesriharti, dan Sunaryo. 2013. Pengaruh penambahan unsur hara mikro (Fe dan Cu) dalam media paitan cair dan kotoran sapi cair terhadap pertumbuhan dan hasil bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan sistem hidroponik rakit apung. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1: 48-58.

- Akasiska, R., R. Samekto, dan Siswadi. 2014. Pengaruh konsentrasi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica parachinesnsis*) sistem hidroponik vertikutur. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 13: 46-61. doi:<http://dx.doi.org/10.33061/innofarm.v13i2.981>.
- Al-Juthery, H.W.A., H.A. Drebee, B.M.K. Al-Khafaji, and R.F. Hadi. 2015. Plant biostimulants, seaweeds extract as a model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 553: 012015.
- Ali, F., T.I. Sari, Arina, and Siwitri. 2019. Utilization of PT. Hok Tong liquid waste rubber industry in making of liquid organic fertilizer with addition of eceng gondok and EM4 (*Effective Microorganism 4*). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 620: 012013. doi:10.1088/1757-899X/620/1/012013.
- Ansar, G.M.D. Putra, dan O.S. Ependi. 2019. Analisis variasi jenis dan panjang sumbu terhadap pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7: 166-173.
- Arsyad, M., I.N.G. Wardana, Pratikto, and Y.S. Irawan. 2015. The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Revista Materia*, 20: 169-177.
- Basmal, J., M.E. Aribowo, Nurhayati, and R. Kusumawati. 2019. Growth rate of *Pseudomonas fluorescens* in liquid fertilizer from brown seaweed (*Sargassum* sp.) extracts *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 383: 012027.
- Çalışkan, B. and A.C. Çalışkan. 2018. Potassium nutrition in plants and its interactions with other nutrients in hydroponic culture other nutrients in hydroponic culture. *IntechOpen*: 9-21. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71951>.
- Chen, L., R.L. Madl, P.V. Vadlani, L. Li, and W. Wang. 2013. Value - added products from soybean: Removal of anti-nutritional factors via bioprocessing. *InTech*. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/52993>.
- Dahlianah, I., Arwinsyah, K.S. Pebriana, dan N.R. Suhal. 2020. Tanggap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassica norinosa*) terhadap berbagai dosis nutrisi AB Mix metode hidroponik dengan sistem rakit apung. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17: 55-60.
- Emongor, V.E. 2015. Effects of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract on growth, yield and yield components of snap beans (*Phaseolus vulgaris*) *British Journal of Applied Science & Technology*, 6: 114-122.
- Ferdaus, F., M.O. Wijayanti, E.S. Retnonigtyas, and W. Irawati. 2008. Pengaruh pH, konsentrasi substrat, penambahan kalsium karbonat dan waktu fermentasi terhadap perolehan asam laktat dari kulit pisang. *Widya Teknik* 7: 1-14.
- Hamli, F., I.M. Lapanjang, and R. Yusuf. 2015. Respon pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik terhadap komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair). *e-J. Agrotekbis*, 3: 290-296.
- Harahap, Q.H. dan T. Hidayat. 2018. Interaksi sistem pertanaman hidroponik dengan pemberian nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrohitia*, 2: 61-67.
- Jones, J.B. 2005. *A Practical Guide for the Soilless Grower*. CRC Press. New York.
- Jusuf, L., A.M. Mulyati, dan A.H. Sanaba. 2007. Pengaruh dosis pupuk organik padat daun gamal terhadap tanaman sawi. *Jurnal Agrisistem*, 3: 80-89.
- Khan, F.A., A. Kurklu, A. Ghafoor, Q. Ali, M. Umair, and Shahzaib. 2018. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. *Internatonal Journal of Agriculture, Environment and Food Scences*, 2: 59-66. doi:10.31015/jaefs.18010.
- Kiswandono, A.A. 2015. Perbandingan dua ekstraksi yang berbeda pada daun kelor (*moringa oleifera*, lamk) terhadap rendemen ekstrak dan senyawa bioaktif yang dihasilkan. *Jurnal Sains Natural*, 1: 45-51. doi:<https://doi.org/10.31938/jsn.v1i1.13>.
- Markhaini, I. Gunawan, Y. Purwaningrum, Y. Asbur, and R.D.H. Rambe. 2017. Agronomic characteristics of mustard (*Brassica jucea* L.) on the application of fertilizer solution and flannel size at wick hydroponic system *International Journal of Science and Research Methodology*, 6: 65-76.
- Meriatna, Suryati, and A. Fahri. 2018. Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator

- EM4 (*Effective Microorganism*) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7: 13-29.
- Nugraha, R.U. dan A.D. Susila. 2015. Sumber sebagai hara pengganti AB mix pada budidaya sayuran daun secara hidroponik. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 6: 11-19.
- Oke, M., T. Ahn, A. Schofield, and G. Paliyath. 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. *Journal Agricultural Food and Chemistry*, 53: 1531-1538. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0402476>.
- Pangaribuan, D.H., Sarno, K. Hendarto, Priyanto, A.K. Darma, and T. Aprillia. 2019. Liquid organic fertilizer from plant extracts improves the growth, yield and quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences*, 42: 1157-1166. doi:[http://www.pertanika.upm.edu.my/regular\\_issues.php?type=1&journal=JTAS-42-3-8](http://www.pertanika.upm.edu.my/regular_issues.php?type=1&journal=JTAS-42-3-8).
- Parks, S. and C. Murray. 2011. Leafy asian vegetables and their nutrition in hydroponics. *Industry and Investment New South Wales, Australia*.
- Perchlik, M. and M. Tegeder. 2018. Leaf amino acid supply affects photosynthetic and plant nitrogen use efficiency under nitrogen stress. *Journal Plant Physiology*, 178: 174-188.
- Phibunwatthanawong, T. and N. Riddech. 2019. Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8: 369-380.
- Prajapati, K. and H.A. Modi. 2012. The importance of potassium in plant growth. A review *Indian Journal of Plant Sciences*, 1: 177-186. doi:<http://www.cibtech.org/jps.htm>.
- Priynggi, R.W., R.A. Nugroho, dan Y.P. Sari. 2019. Pengaruh rasio pupuk organik cair limbah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan pupuk inorganik komersial terhadap pertumbuhan sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) secara hidroponik rakit apung *Bioprospek*, 14: 11-22.
- Puspitasari, A.D. and S. Pramono. 2015. Comparison of methods of producing bee propolis purified extract based on total flavonoid content using rutin as standard. *Traditional Medicine Journal*, 20: 76-81. doi:<https://jurnal.ugm.ac.id/TradMed/article/download/8076/6267>.
- Ramoko, H. dan Z.M. Ramadhania. 2018. Review: Pengembangan metode ekstraksi senyawa azadiraktin dan analisis menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). *Jurnal Farmaka*, 16: 117-124. doi:<https://doi.org/10.24198/jf.v16i2.17630>.
- Sardare, M.D. and S.V. Admane. 2013. A review on plant without soil - hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2: 299-304.
- Sari, F.P., D. Hendrawan, dan D. Indrawati. 2015. Pengaruh penambahan bioaktivator pada proses dekomposisi sampah organik secara anaerob). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 7: 57-66.
- Sedayu, B.B., I.M.S. Erawan, dan L. Assadad. 2014. Pupuk cair dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, *Sargassum* sp. dan *Gracilaria* sp. menggunakan proses pengomposan. *JPB Perikanan*, 9: 61-68.
- Siboro, E.S., E. Surya, dan N. Herlina. 2013. Pembuatan pupuk cair dan biogas dari campuran limbah sayuran. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2: 40-43.
- Siregar, M. 2017. Respon pemberian nutrisi abmix pada sistem tanam hidroponik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica Juncea*). *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*, 2: 18-24.
- Suhastyo, A.A. dan F.T. Raditya. 2019. Respon pertumbuhan dan hasil sawi pagoda (*Brassica Narinosa*) terhadap pemberian mol daun kelor. *Agrotechnology Research Journal*, 3: 56-60.
- Suryani, Y., I. Hernaman, and Ningsih. 2017. Pengaruh penambahan urea dan sulfur pada limbah padat bioetanol yang difermentasi EM-4 terhadap kandungan protein dan serat kasar. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 5: 13-17. doi:<http://dx.doi.org/10.23960/jipt.v5i1.p13-17>.
- Tambun, R., H.P. Limbong, C. Pinem and E. Manurung. 2016. Pengaruh ukuran partikel, waktu dan suhu pada ekstraksi fenol dari lengkuas merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*. doi:<https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1555>.

- Tripama, B. dan M.R. Yahya. 2018. Respon konsentrasi nutrisi hidroponik terhadap tiga jenis tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Agritrop*, 16: 237-249. doi:<http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP>.
- Virha, F.A., Bastamansyah, dan F.M. Bayfurqon. 2020. Pengaruh sistem aerasi dan pemangkasan akar terhadap produksi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada hidroponik rakit apung. *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5: 82-91. doi:10.31289/agr.v5i1.4633.
- Wahyulianingsih, S. Handayani, dan A. Malik. 2016. Penetapan kadar flavonoid total ekstrak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perry). *Jurnal Fitofarmaka*, 3: 199-193. doi:<https://doi.org/10.33096/jffi.v3i2.221>.
- Wirosoedarmo, R., J.B. Rahadi, dan D. Ermayanti. 2001. Pengaruh sistem pemberian air dan ketebalan spon terendam terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*) dengan metode *aqua culture*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2: 52-57. doi:<http://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/download/120/476>.
- Yama, D.I. dan H. Kartiko. 2020. Pertumbuhan dan kandungan klorofil pakcoy (*Brassica rappa* L.) pada beberapa konsentrasi AB-mix dengan sistem wick. *Jurnal Teknologi*, 12: 21-30. doi:<https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.12.1.21-30>.