



PENGARUH APLIKASI NANOBIOSTIMULAN RUMPUT LAUT (*Padina minor* Yamada) TERHADAP KADAR KLOROFIL KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.)

Millania Putri Shayen¹, Zozy Aneloi Noli^{2*}, Tesri Maideliza³, & Suwirmen⁴

^{1,2,3,&4}Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Limau Manis, Padang, Sumatera Barat 25175, Indonesia

*Email: zozynoli@sci.unand.ac.id

Submit: 15-09-2023; Revised: 05-10-2023; Accepted: 07-10-2023; Published: 30-12-2023

ABSTRAK: Klorofil merupakan pigmen hijau pada tumbuhan yang penting untuk proses fotosintesis. Proses fotosintesis mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ekstrak rumput laut telah banyak terbukti dapat dijadikan sebagai salah satu sumber biostimulan yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, salah satunya adalah *Padina minor*. Konsentrasi dan frekuensi merupakan faktor penting yang mempengaruhi kerja biostimulan. Salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas biostimulan adalah, dengan mengubah ekstrak kasarnya dalam bentuk nanopartikel. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi, frekuensi, dan interaksi antara konsentrasi dan frekuensi ekstrak kasar dan ekstrak nano *Padina minor* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam faktorial yang terdiri dari 2 faktor dan 4 ulangan. Faktor A konsentrasi ekstrak *Padina minor*, yaitu kontrol, ekstrak kasar 0,4%, ekstrak nano 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, dan 0,6%. Faktor B frekuensi pemberian ekstrak *Padina minor*, yaitu 1, 2, dan 3 kali pemberian. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pemberian ekstrak kasar 0,4% meningkatkan rata-rata kadar klorofil a 6,6% dan total 11%. Sedangkan pada klorofil b memberikan hasil yang sama dengan ekstrak nano 0,3%, yaitu meningkatkan 14% dibandingkan dengan kontrol. Jumlah frekuensi pemberian ekstrak *Padina minor* sebanyak 3 kali pemberian, dan sama dengan perlakuan lainnya, meningkatkan kadar klorofil a 4,6%, klorofil b 5,2%, dan klorofil total 4,9% dibandingkan dengan kontrol. Interaksi antara konsentrasi dan frekuensi pemberian ekstrak nano *Padina minor* memberikan hasil yang sama dengan ekstrak kasarnya, dengan konsentrasi yang lebih rendah dan frekuensi pemberian yang lebih sedikit dalam meningkatkan kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada tanaman kedelai.

Kata Kunci: Biostimulan, Frekuensi, Kedelai, Konsentrasi, Nanopartikel, *Padina minor*.

ABSTRACT: Chlorophyll is a green pigment in plants which is important for the process of photosynthesis. The photosynthesis process affects plant growth. Seaweed extract has been proven to be a source of biostimulants that can increase plant growth, one of which is *Padina minor*. Concentration and frequency are important factors that influence the work of biostimulants. One effort to increase the effectiveness of biostimulants is by changing the crude extract into the form of nanoparticles. This research aims to analyze the effect of concentration, frequency, and interaction between concentration and frequency of crude extract and *Padina minor* nano extract on chlorophyll levels in soybean plants. The method used was a completely randomized design (CRD) in factorial consisting of 2 factors and 4 replications. Factor A concentration of *Padina minor* extract, namely control, crude extract 0.4%, nano extract 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% and 0.6%. Factor B is the frequency of administration of *Padina minor* extract, namely 1, 2, and 3 times administration. Based on research that has been carried out, the results showed that administration of 0.4% crude extract increased the average chlorophyll a level by 6.6% and a total of 11%. Meanwhile, chlorophyll b gave the same results as 0.3% nano extract, namely an increase of 14% compared to the control. The total frequency of administration of *Padina minor* extract was 3 times, and the same as the other treatments, increasing chlorophyll a levels by 4.6%, b by 5.2%, and a total of 4.9% compared to the control. The interaction between concentration and frequency of administration of *Padina minor* nano extract gives the same results as the crude extract, with lower concentration and less frequency of application in increasing levels of chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll in soybean plants.



Keywords: Biostimulants, Frequency, Soybeans, Concentration, Nanoparticles, *Padina minor*.

How to Cite: Shayen, M. P., Noli, Z. A., Maideliza, T., & Suwirmen. (2023). Pengaruh Aplikasi Nanobiostimulan Rumput Laut (*Padina minor* Yamada) terhadap Kadar Klorofil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 1176-1185. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.9063>



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Klorofil merupakan pigmen hijau yang ada pada sel tumbuhan. Klorofil memainkan peranan penting dalam fotosintesis untuk menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Terdapat beberapa jenis klorofil pada tanaman, yaitu klorofil a, klorofil b, dan klorofil total. Pengukuran kadar klorofil merupakan salah satu parameter penting untuk mengukur pertumbuhan tanaman yang mencerminkan kapasitas fotosintesis daun tanaman (Mandal & Dutta, 2020).

Biostimulan merupakan senyawa atau zat yang diaplikasikan pada tanaman dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman, penyerapan, dan translokasi nutrisi pada tanaman (Pascale *et al.*, 2018). Biostimulan mengaktifkan beberapa proses fisiologis yang meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan merangsang perkembangan tanaman, termasuk pada klorofil tanaman (Bulgari *et al.*, 2015), terdapat beberapa sumber biostimulan, seperti kitosan, *humic fulvic acid*, jamur dan rizobakteria, ekstrak tanaman, dan rumput laut (du Jardin, 2015).

Pemanfaatan rumput laut sebagai biostimulan telah banyak dilakukan, karena terbukti mampu meningkatkan perkecambahan, pertumbuhan, hingga produksi tanaman (Layek *et al.*, 2018), termasuk rumput laut yang terdistribusi di Sumatera Barat (Sriyuni *et al.*, 2020; Noli *et al.*, 2021; Suwirmen *et al.*, 2021). Hasil skrining dari beberapa jenis rumput laut *Padina minor* memperlihatkan pengaruh yang lebih baik sebagai biostimulan terhadap pertumbuhan tanaman padi dan kedelai. Ekstrak kasar *Padina minor* dengan konsentrasi 0,4% dapat meningkatkan kadar klorofil tanaman kedelai (Noli *et al.*, 2022). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan efektifitas pemanfaatan *Padina minor* sebagai biostimulan dalam meningkatkan kadar klorofil, pertumbuhan, dan produksi kedelai, yaitu melalui konversi dalam bentuk formulasi nanopartikel.

Ekstrak rumput laut dapat dikonversi dalam bentuk nanopartikel untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitasnya dalam pertumbuhan tanaman. Nanopartikel adalah istilah yang dipakai untuk partikel material yang berukuran kurang dari 1.000 nm. Nanopartikel dapat meningkatkan sensitivitas dan waktu respon tanaman uji (Mittal *et al.*, 2020). Nanopartikel memiliki komposisi sama, tetapi memberikan sifat yang berbeda dibandingkan dengan bentuk aslinya. Permukaan daun yang luas dan ukuran partikel yang kecil tersebut, akan meningkatkan keefektifan reaksi, dan kemudian meningkatkan reaksi biokimia yang akan menyebabkan peningkatan pembelahan sel dalam pertumbuhan



tanaman (Majwel & Al-Khafaji, 2021). Berdasarkan Ambika & Sujatha (2016), pemberian ekstrak nano 5% *Sargassum myricocystum* yang disemprotkan pada daun saat masa vegetatif, meningkatkan kadar klorofil *Cajanus cajan* L. Ekstrak nano *Turbinaria triquetra* 50 mg L⁻¹ merupakan konsentrasi terbaik dalam meningkatkan kadar klorofil tanaman *Phoenix dactylifera* L., dibandingkan dengan kontrol dan konsentrasi lainnya (Mohamed *et al.*, 2022). Pemberian ekstrak nano biostimulan bisa dijadikan salah satu solusi untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman pangan seperti kedelai, agar hasilnya lebih optimal dan efisien.

Kedelai merupakan sumber protein penting yang banyak dikonsumsi di Indonesia sebagai bahan utama dalam pembuatan tepung, kecap, susu, tempe, dan tahu. Nilai impor kedelai di Indonesia masih tinggi pada tahun 2021, yaitu 2,5 ton. Produksi kedelai perlu dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan terhadap kedelai yang terus meningkat (Aimon & Satrianto, 2014). Mengingat potensi *Padina minor* sebagai biostimulan yang masih bisa dioptimalkan melalui formulasi dalam bentuk nano partikel, pada penelitian ini akan diuji pengaruh konsentrasi dan frekuensi ekstrak nanobiostimulan *Padina minor* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor A, konsentrasi ekstrak *Padina minor*, yaitu kontrol, ekstrak kasar 0,4%, ekstrak nano 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, dan 0,6%. Faktor B, frekuensi pemberian ekstrak *Padina minor*, yaitu 1, 2, dan 3 kali. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga total unit percobaan adalah 84 unit.

Koleksi dan Pembuatan Ekstrak Kasar *Padina minor*

Padina minor dikoleksi di Pantai Nirwana, Padang, Sumatera Barat, dan dibersihkan dengan air laut untuk menghilangkan epifit makroskopik dan pasir. Sampel dicuci kembali dengan air mengalir untuk menghilangkan sisa garam dan kotoran yang masih menempel hingga bersih dan disimpan ke dalam kantong plastik. Sampel dikering-anginkan dan kemudian dihaluskan menggunakan grinder, hingga diperoleh serbuk kasar *Padina minor* (Noli *et al.*, 2021).

Pembuatan Ekstrak Nano *Padina minor*

Pembuatan *nanopowder Padina minor* dilakukan di PT. Nanotech Herbal Indonesia (Tangerang). Serbuk kasar *Padina minor* yang telah di-grinder dihaluskan lagi menggunakan *ball mill* untuk mendapatkan ukuran nanopartikel. *Powder nano Padina minor* kemudian dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat ukuran dan bentuk partikel *nanopowder Padina minor* (Ambika & Sujatha, 2016).

Pembuatan Ekstrak Cair Kasar dan Nano *Padina minor*

Campurkan masing-masing 30 g bubuk kasar dan nano ke dalam 300 mL akuades di dalam labu ukur, dan diaduk menggunakan *shaker* selama 2 x 24 jam. Ekstrak tersebut diambil sebagai ekstrak *Padina minor* 100%. Ekstrak rumput laut disiapkan dengan konsentrasi sesuai dengan perlakuan (Kavipriya *et al.*, 2011).



Pengaplikasian Ekstrak *Padina minor*

Pemberian ekstrak dilakukan sesuai dengan frekuensi perlakuan, dimulai pada saat berumur 2 Minggu Setelah Tanam (MST), hingga akhir masa vegetatif kedelai. Ekstrak disemprotkan ± 25 ml ke daun secara merata untuk setiap tanaman. Penyemprotan dilakukan pada pagi di saat kelembaban relatif udara masih mendekati jenuh (Kalaivanan *et al.*, 2012).

Pengujian Unsur Hara dan Kandungan Fitokimia Nano *Padina minor*

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui, ada atau tidaknya senyawa fitokimia yang terdapat pada ekstrak *nanopowder Padina minor*. Senyawa tersebut adalah alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, triterpenoid, dan steroid. Pelarut yang digunakan dalam uji fitokimia ekstrak adalah metanol. Uji tersebut menggunakan beberapa jenis pereaksi sesuai dengan jenis senyawanya masing-masing. Apabila hasil uji menunjukkan ada kandungan senyawa, maka diberi simbol (+), dan apabila tidak ada diberi simbol (-). Hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel disertai dengan pereaksi yang digunakan dalam uji tersebut.

Pengujian Kadar Klorofil Kedelai

Pengukuran kadar klorofil dilakukan setelah 1-2 minggu setelah pemberian biostimulan pertama. Sebanyak 0,2 g daun muda dihomogenisasi dengan 80% aseton sebanyak 20 ml dengan cara digerus di dalam *mortar*. Ekstrak lalu disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3.500 rpm untuk memisahkan natan dan supernatan. Kemudian dilakukan analisis pigmen fotosintetik (klorofil a, b, dan klorofil total) menggunakan *spektrofotometer*. *Optical Density* (OD) dari ekstrak diukur pada panjang gelombang 663 dan 645 nm. Kandungan klorofil (mg/g) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Klorofil a} = [12.7 (\text{OD } 663) - 2.69 (\text{OD } 645)] \times V / (1000) (w)$$

$$\text{Klorofil b} = [22.9 (\text{OD } 645) - 4.68 (\text{OD } 663)] \times V / (1000) (w)$$

$$\text{Klorofil Total} = [20.2 (\text{OD } 645) + 8.02 (\text{OD } 663)] \times V / (1000) (w)$$

Keterangan:

OD : *Optical density* dari *spektrofotometer*;

V : Volume aseton yang dipakai; dan

W : Berat segar sampel daun yang dipakai.

Analisis data untuk parameter yang lainnya dilakukan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Bila pengaruh perlakuan berbeda nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh konsentrasi dan frekuensi ekstrak *nanopowder Padina minor* Yamada terhadap kadar klorofil kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.), dapat diperoleh data sebagai berikut:

Uji Fitokimia dan Unsur Hara Ekstrak Kasar dan Nano *Padina minor*

Hasil dari uji kandungan senyawa fitokimia dan unsur hara yang terdapat pada ekstrak nano *Padina minor* ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Tabel 1. Uji Fitokimia Ekstrak Nano *Padina minor*.

Senyawa	Pereaksi	Hasil
Alkaloid	Meyer	+
Flavonoid	HCL+Serbuk Mg	-
Fenolik	FeCl ₃	-
Saponin	HCl pekat	-
Triterpenoid	H ₂ SO ₄ +An asetat	-
Steroid	H ₂ SO ₄ pekat	+

Tabel 2. Kadar Unsur Hara yang Ada pada Ekstrak Kasar *Padina minor*.

No.	Unsur Hara	Kadar (mg/g)
1	N	1.459
2	P	0.946
3	K	0.588
4	Na	0.661
5	Ca	0.644
6	Mg	0.489
7	S	0.097
8	Mn	0.176
9	Cl	0.102

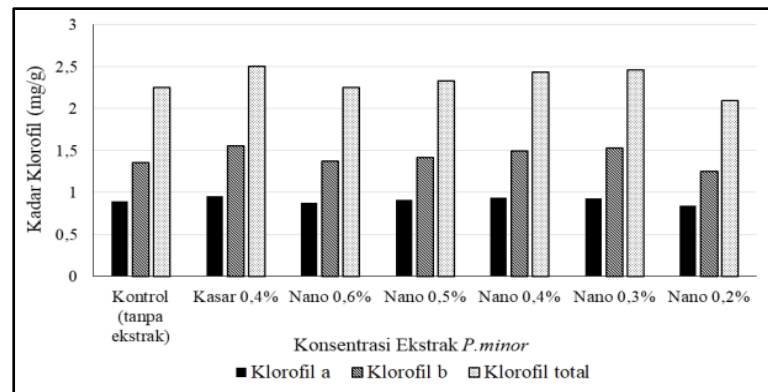
Sumber: Noli *et al.* (2022).

Berdasarkan uji fitokimia yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada ekstrak *Padina minor* dalam formulasi nanopartikel terdapat senyawa alkaloid dan steroid (Tabel 1). Uji fitokimia merupakan hal penting dalam menganalisis pengaruh ekstrak rumput laut sebagai biostimulan terhadap pertumbuhan tanaman, senyawa bioaktif ini akan berperan pada proses metabolisme tanaman. Berdasarkan Manteu *et al.* (2018), pada *Padina minor* terdapat senyawa aktif alkaloid, fenolik, flavonoid, steroid, triterpenoid, dan saponin. Dapat diketahui bahwa dengan mengubah ekstrak dalam formulasi nano dapat mengubah kandungan senyawa aktif yang ada di dalam ekstrak tersebut.

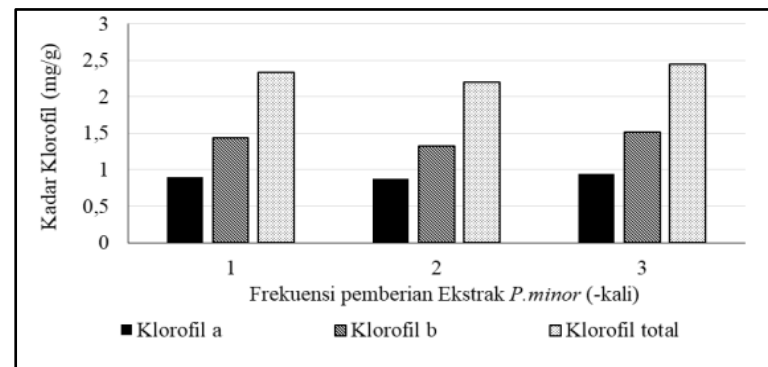
Pada ekstrak kasar *Padina minor* terdapat unsur hara nitrogen, fosfor, kalium, natrium, kalsium, magnesium, sulfur, mangan, dan klorida (Tabel 2). Unsur hara makro dan mikro diperlukan dalam proses metabolisme tanaman sebagai kofaktor dan komponen penting pada proses fotosintesis tanaman. Ukuran partikel dan konsentrasi ekstrak biostimulan akan mempengaruhi penyerapan biostimulan pada tanaman.

Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total

Berdasarkan analisis sidik ragam, pengaruh konsentrasi ekstrak dan frekuensi pemberian ekstrak *Padina minor*, serta interaksi antara konsentrasi ekstrak dan frekuensi pemberian ekstrak, berbeda nyata secara statistik terhadap kadar klorofil a, b, dan klorofil total tanaman kedelai. Rata-rata kadar klorofil a, b, dan total tanamannya kedelai pada akhir masa vegetatif setelah diberikan ekstrak kasar dan nano *Padina minor* dengan beberapa konsentrasi dan frekuensi pemberian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Kedelai yang Diberi Beberapa Konsentrasi Ekstrak *Padina minor*.



Gambar 2. Diagram Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Kedelai yang Diberi Beberapa Konsentrasi Ekstrak *Padina minor*

Tabel 3. Interaksi Antara Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Ekstrak Kasar dan Nano *Padina minor* terhadap Rata-rata Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Kedelai pada Akhir Masa Vegetatif (mg/g).

Perlakuan	Kadar Klorofil		
	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil Total
Tanpa ekstrak x 1 kali	0.800 bcd	1.173 bcd	1.973 bcd
Tanpa ekstrak x 2 kali	0.911 abcd	1.349 abcd	2.259 abcd
Tanpa ekstrak x 3 kali	0.974 ab	1.558abc	2.531 abc
Ekstrak kasar 0.4% x 1 kali	0.888 abcd	1.416 abcd	2.303 abcd
Ekstrak kasar 0.4% x 2 kali	1.001 a	1.614 abc	2.614 ab
Ekstrak kasar 0.4% x 3 kali	0.974 ab	1.635 ab	2.608 ab
Ekstrak nano 0.2% x 1 kali	0.936 abc	1.572 abc	2.507 abc
Ekstrak nano 0.2% x 2 kali	0.789 cd	1.120 cd	1.909 cd
Ekstrak nano 0.2% x 3 kali	0.909 abcd	1.438 abcd	2.347 abcd
Ekstrak nano 0.3% x 1 kali	0.919 abcd	1.489 abcd	2.406 abcd
Ekstrak nano 0.3% x 2 kali	0.873 abcd	1.258 abcd	2.130 abcd
Ekstrak nano 0.3% x 3 kali	0.934 abc	1.515 abcd	2.448 abcd
Ekstrak nano 0.4% x 1 kali	0.934 abc	1.513 abcd	2.446 abcd
Ekstrak nano 0.4% x 2 kali	0.953 abcd	1.560 abc	2.512 abc
Ekstrak nano 0.4% x 3 kali	0.921 abcd	1.419 abcd	2.339 abcd
Ekstrak nano 0.5% x 1 kali	0.978 a	1.710 a	2.687 a
Ekstrak nano 0.5% x 2 kali	0.882 abcd	1.331 abcd	2.213 abcd
Ekstrak nano 0.5% x 3 kali	0.933 abc	1.547 abcd	2.479 abc
Ekstrak nano 0.6% x 1 kali	0.840 abcd	1.209 abcd	2.048 abcd



Ekstrak nano 0.6% x 2 kali	0.754 d	1.048 d	1.801 d
Ekstrak nano 0.6% x 3 kali	0.937abc	1.491 abcd	2.427 abcd

Keterangan:

Angka-angka pada setiap kolom yang diikuti oleh huruf besar dan huruf kecil yang sama, menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap masing-masing faktor tunggal dan faktor interaksi pada uji DNMRT taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis statistik, menunjukkan bahwa dalam bentuk nano memberikan efisiensi dalam meningkatkan proses fotosintesis dan meningkatkan kandungan klorofil tanaman. Sama halnya dengan penelitian Mohamed *et al.* (2022), ekstrak rumput laut *Turbinaria triquetra* dengan formulasi nano 50 mg L⁻¹, rumput laut efektif meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman *Phoenix dactylifera* L., dibandingkan dengan ekstrak kasarnya.

Proses fotosintesis dan kadar klorofil yang ada pada suatu tanaman yang diberikan biostimulan dipengaruhi oleh proses pengiriman atau penyerapan dari nanopartikel ke dalam tanaman (Mittal *et al.*, 2020). Senyawa metabolit dan unsur hara yang ada pada ekstrak *Padina minor* diserap melalui stomata daun. Ukuran partikel dari ekstrak dan konsentrasinya sangat mempengaruhi proses penyerapannya. Berdasarkan Rasheed *et al.* (2022), pemberian biostimulan dalam bentuk nanopartikel dapat meningkatkan pigmen dan pertukaran gas pada tanaman, dengan meningkatkan aktivitas enzim pada fiksasi CO₂ dan sintesis klorofil pada tanaman. Selain itu, dalam bentuk partikel nano dapat meningkatkan penyerapan cahaya pada kloroplas, meningkatkan transport elektron, dan meningkatkan efisiensi dari proses fotosintesis.

Ekstrak rumput laut *Padina minor* kaya akan unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan pada proses fotosintesis tanaman (Tabel 2). Nitrogen merupakan unsur hara terpenting dalam proses fotosintesis tumbuhan. Berdasarkan Kubar *et al.* (2021), nitrogen dapat meningkatkan laju fotosintesis, konsentrasi CO₂ antar sel, dan konduktansi stomata pada masa pertumbuhan tanaman kedelai. *Padina minor* mengandung kalium yang tinggi (Noli *et al.*, 2021). Kalium memainkan peran dalam mengatur pembukaan dan penutupan stomata pada daun yang mempengaruhi pertukaran gas tanaman yang sangat penting dalam proses fotosintesis. Kalium juga terlibat dalam proses sintesis klorofil pada daun (Maghraby *et al.*, 2022). *Padina minor* juga memiliki Mn yang juga membantu fotosintesis, terutama dalam mengaktifkan RNA polimerase enzim dalam kloroplas (Noli *et al.*, 2022).

Rumput laut mengandung betain dan asam amino yang dapat meningkatkan kadar klorofil dengan meningkatkan sintesis klorofil dan menghambat degradasi klorofil (Chen *et al.*, 2021). Asam amino terlibat dalam reaksi enzimatik yang mengubah senyawa porifin menjadi molekul klorofil. Selain itu, asam amino juga berfungsi dalam transportasi dan penyimpanan nitrogen yang sangat penting dalam sintesis protein. Betain merupakan senyawa osmoprotektif yang mampu mengurangi stress tanaman dari lingkungan yang secara tidak langsung mempengaruhi kadar klorofil tanaman (Battacharyya *et al.*, 2015).

Terdapat interaksi yang sama antara konsentrasi dan jumlah frekuensi pemberian ekstrak *Padina minor* terhadap rata-rata kadar klorofil a, b, dan total



tanaman kedelai. Pemberian kombinasi ekstrak *Padina minor* 0,3% dengan 1 kali frekuensi pemberian memberikan pengaruh terbaik dan berbeda nyata dengan konsentrasi 0,2% dengan 2 kali frekuensi pemberian terhadap kadar klorofil a, b, dan total tanaman kedelai. Namun, pada klorofil a, pengaruh ekstrak *Padina minor* 0,3% dengan 1 kali, sama dengan ekstrak kasar 0,4% dengan 2 kali frekuensi pemberian. Nanopartikel bermanfaat dalam penggunaan bahan yang lebih sedikit dengan memberikan hasil yang sama atau lebih daripada bentuk kasarnya (Shang *et al.*, 2019). Selain efisien dalam segi waktu dan jumlah frekuensi pemberian, bentuk nanopartikel biostimulan juga dapat mengoptimalkan penggunaan bahan agar tidak berlebih atau sia-sia. Hal ini juga dapat menguntungkan apabila digunakan dalam skala yang besar dan berkelanjutan (Rasheed *et al.*, 2022).

SIMPULAN

Ekstrak *Padina minor* dalam formulasi nanopartikel lebih efisien dibandingkan ekstrak kasarnya dalam meningkatkan kadar klorofil tanaman kedelai. Ekstrak nano *Padina minor* memberikan hasil yang sama dengan ekstrak kasarnya, dengan konsentrasi yang lebih rendah dan frekuensi pemberian yang lebih sedikit dalam meningkatkan kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada tanaman kedelai pada akhir masa vegetatif.

SARAN

Penggunaan biostimulan dengan formulasi nanopartikel bisa dijadikan salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dari penggunaan biostimulan yang ramah lingkungan, baik dari segi material dan waktu yang dibutuhkan, terlebih lagi apabila digunakan dalam skala besar dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas untuk bantuan dana penelitian melalui hibah tahun 2023 dan Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini, sehingga penelitian bisa berlangsung dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Aimon, H., & Satrianto, A. (2014). Prospek Konsumsi dan Impor Kedelai di Indonesia Tahun 2015 - 2020. *Jurnal Kajian Ekonomi*, 3(5), 103-115.
- Ambika, S., & Sujatha, K. (2016). Organic Seaweed Nano Powder Effect on Growth and Yield Attributes of Pigeonpea. *Legume Research - An International Journal*, 40(1), 731-734. <https://doi.org/10.18805/lr.v0i0f.4481>
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed Extracts as Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196(1), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>



- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., & Ferrante, A. (2015). Biostimulants and Crop Responses: A Review. *Biological Agriculture and Horticulture*, 31(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
- Chen, D., Zhou, W., Yang, J., Ao, J., Huang, Y., Shen, D., Jiang, Y., Huang, Z., & Shen, H. (2021). Effects of Seaweed Extracts on the Growth, Physiological Activity, Cane Yield, and Sucrose Content of Sugarcane in China. *Frontiers in Plant Science*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659130>
- du Jardin, P. (2015). Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories, and Regulation. *Scientia Horticulturae*, 196(1), 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Kalaivanan, C., Chandrasekaran, M., & Venkatesalu, V. (2012). Effect of Seaweed Liquid Extract of *Caulerpa Scalpelliformis* on Growth and Biochemical Constituents of Black Gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Phykos*, 42(2), 46-53.
- Kavipriya, R., Dhanalakshmi, P. K., Jayashree, S., & Thangaraju, N. (2011). Seaweed Extract as a Biostimulant for Legume Crop, Green Gram. *Journal of Ecobiotechnology*, 3(8), 16-19.
- Kubar, M. S., Shar, A. H., Kubar, K. A., Rind, N. A., Ullah, H., Kalhor, S. A., Wang, C., Feng, M., Gujar, A., Sun, H., Yang, W., El-Enshasy, H., Brestic, M., Zivcak, M., Ondrisik, P., Aljuaid, B. S., El-Shehawi, A. M., & Ansari, M. J. (2021). Optimizing Nitrogen Supply Promotes Biomass, Physiological Characteristics and Yield Components of Soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(11), 6209–6217. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.073>
- Layek, J., Das, A., Idapuganti, R. G., Sarkar, D., Ghosh, A., Zodape, S. T., Lal, R., Yadav, G. S., Panwar, A. S., Ngachan, S., & Meena, R. S. (2018). Seaweed Extract as Organic Bio-Stimulant Improves Productivity and Quality of Rice in Eastern Himalayas. *Journal of Applied Phycology*, 30(1), 547-558. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1225-0>
- Maghraby, Y. R., Farag, M. A., Kontominas, M., Shakour, Z. T., & Ramadan, A. R. (2022). Nanoencapsulated Extract of a Red Seaweed (*Rhodophyta*) Species as a Promising Source of Natural Antioxidants. *ACS Omega*, 7(8), 6539-6548. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05517>
- Majwel, A. K., & Al-Khafaji, S. A. G. (2021). Role of Nano-Biostimulant and Some Micro-Elements in the Enzymatic and Chemical Content of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Grown under Unheated Plastic House. In *International Conference for Agricultural and Sustainability Sciences* (pp. 1-7). Babil, Iraq: IOP Conference Series Earth and Environmental Science.
- Mandal, R., & Dutta, G. (2020). From Photosynthesis to Biosensing: Chlorophyll Proves to be a Versatile Molecule. *Sensors International*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100058>
- Manteu, S. H., Nurjanah., & Nurhayati, T. (2018). Karakteristik Rumpuk Laut Cokelat (*Sargassum polycystum* dan *Padina minor*) dari Perairan Pohuwato



- Provinsi Gorontalo. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 396-405.
- Mittal, D., Kaur, G., Singh, P., Yadav, K., & Ali, S. A. (2020). Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Frontiers in Nanotechnology*, 2(1), 1-38. <https://doi.org/10.3389/fnano.2020.579954>
- Mohamed, A. A., Sameeh, M. Y., & El-Beltagi, H. S. (2022). Preparation of Seaweed Nanopowder Particles Using Planetary Ball Milling and Their Effects on Some Secondary Metabolites in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seedlings. *Life*, 13(1), 1-29. <https://doi.org/10.3390/life13010039>
- Noli, Z. A., Aliyyanti, P., & Mansyurdin. (2022). Study the Effect of *Padina minor* Seaweed Crude Extract as a Biostimulant on Soybean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 25(1), 23-28. <https://doi.org/10.3923/PJBS.2022.23.28>
- Noli, Z. A., Suwirman., Aisyah., & Aliyyanti, P. (2021). Effect of Liquid Seaweed Extracts as Biostimulant on Vegetative Growth Of Soybean. In *International Conference on Agricultural and Life Sciences* (pp. 1-7). Jember, Indonesia: University of Jember.
- Pascale, S. D., Rouphael, Y., & Colla, G. (2018). Plant Biostimulants : Innovative Tool for Enhancing Plant Nutrition in Organic Farming. *European Journal of Horticulture Science*, 82(6), 277-285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>
- Rasheed, A., Li, H., Tahir, M. M., Mahmood, A., Nawaz, M., Shah, A. N., Aslam, M. T., Negm, S., Moustafa, M., Hassan, M. U., & Wu, Z. (2022). The Role of Nanoparticles in plant biochemical, physiological, and Molecular Responses under Drought Stress: A Review. *Frontiers in Plant Science*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.976179>
- Shang, Y., Hasan, K., Ahammed, G. J., Li, M., & Yin, H. (2019). Applications of Nanotechnology in Plant Growth and Crop Protection: A Review. *Molecules*, 24(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/molecules24142558>
- Sriyuni, O., Mansyurdin., Maideliza, T., Izmiarti., & Noli, Z. A. (2020). Application of Seaweed Extract *Sargassum Cristaeifolium* and Amino Acid to Growth and Yield of Upland Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(3), 2014-2018.
- Suwirman., Noli, Z. A., & Rukmini, T. (2021). Aplikasi Ekstrak *Padina minor* dan *Centella asiatica* sebagai Biostimulan terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1), 63-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4654>