

**Kandungan Pigmen Fotosintetik dan Total Fenol Daun Mangrove Api-Api
[*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] pada Tambak dan Pantai Mangunharjo Semarang**

**Photosynthetic Pigment Content and Total Phenol of Api-Api Mangrove Leaf
[*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] in Pond and Mangunharjo Beach Semarang**

Tia Bela Aprilliana*, Munifatul Izzati, Sri Darmanti, Endah Dwi Hastuti
Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
*Email : tiabela68@gmail.com

Diterima 23 Februari 2021 / Disetujui 28 September 2021

ABSTRAK

Avicennia marina merupakan mangrove mayor yang mampu bertahan hidup di kondisi ekstrim seperti intensitas cahaya, suhu dan kadar garam tinggi. Kondisi ekstrim berpengaruh terhadap sintesis dan reduksi pigmen fotosintetik. Cekaman intensitas cahaya dan salinitas memicu *A. marina* membentuk fenol sebagai senyawa pertahanan pada kondisi kurang menguntungkan. *A. marina* pada kawasan Mangunharjo tumbuh baik pada lingkungan pantai dan tambak. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh lingkungan pantai dan tambak terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan total fenol daun *A. marina*. Penelitian dilakukan dengan metode observasi dengan melibatkan lokasi pantai dan tambak. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor organ daun *A. marina* yang hidup di lingkungan pantai dan tambak. Daerah pengamatan dibagi menjadi 6 titik pengambilan sampel. Parameter penelitian yang diamati adalah intensitas cahaya, suhu, salinitas, pigmen fotosintetik (klorofil a, klorofil b, karotenoid) dan total fenol daun *A. marina*. Analisis data menggunakan Uji T dengan taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daun *A. marina* di pantai memiliki kandungan pigmen fotosintetik dan total fenol lebih rendah dibanding tambak. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pantai dan tambak berpengaruh nyata terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan fenol. Intensitas cahaya dan salinitas tinggi di pantai mengganggu pembentukan klorofil dan *Phenylalanine Ammonia Lyase* (PAL).

Kata Kunci: Avicennia marina, intensitas cahaya, salinitas, pigmen fotosintetik, fenol

ABSTRACT

Avicennia marina is a major mangrove that is able to survive in extreme conditions such as light intensity, temperature and high salt content. Extreme conditions affect the synthesis and reduction of photosynthetic pigments. The stress of light intensity and salinity triggered *A. marina* to form phenol as a defense compound under unfavorable conditions. *A. marina* in the Mangunharjo area grows well in coastal and pond environments. The purpose of this study was to determine the effect of the coastal and pond environment on the content of photosynthetic pigments and total phenol in the leaves of *A. marina*. The study was conducted using the observation method involving the location of the beach and ponds. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with one factor of *A. marina* leaf organ that lives in the coastal and pond environment. The observation area are divided into 6 sampling points. Parameters observed were light intensity, temperature, salinity, photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids) and total phenol of *A. marina* leaves. Data analysis used T test with 95% confidence level. The results showed that the leaves of *A. marina* on the beach had lower photosynthetic pigments and total phenol content than those in ponds. This shows that the coastal environment and ponds have a significant effect on the content of photosynthetic pigments and phenols. Light intensity and high salinity on the beach interfere with the formation of chlorophyll and *Phenylalanine Ammonia Lyase* (PAL).

Keywords : Avicennia marina, light intensity, salinity, photosynthetic pigments, phenol

PENDAHULUAN

Kawasan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang memiliki hutan mangrove dan salah satu spesies dominannya adalah *Avicennia marina*. Mangrove tersebut mampu hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim dengan melakukan adaptasi secara anatomi, morfologi dan fisiologi. Respon anatomi ditemukan pada permukaan abaksial daun yaitu kutikula tebal, lapisan lilin dan stomata tersembunyi. Respon morfologi dapat dilihat dari terbentuknya akar napas yang berfungsi untuk memperoleh oksigen. Respon fisiologi ditandai dengan terbentuknya senyawa metabolit sekunder (Nugraha et al., 2018).

Cekaman lingkungan berupa intensitas cahaya akan merangsang penurunan *Light-Harvesting Complex II* (LHCII) dan mendorong penyerapan spektrum warna merah pada panjang gelombang 680 nm oleh klorofil a. Cekaman suhu menghambat sintesis klorofil dan aktivitas enzim *5-aminolevulinic acid dehydratase* dan *porphobilinogen deaminase* (Yustiningsih, 2019). Tingginya NaCl akan mengikat Mg dan Fe pada daerah perakaran. Rendahnya Fe menurunkan enzim koprotoporfinogen dekarboksilase yang berfungsi mengubah protoporphyrin menjadi klorofil. Rendahnya unsur Mg akan menghambat sintesis klorofil. Metabolit dari proses fotosintesis akan menghasilkan energi yang menyediakan zat intermediet untuk biosintesis metabolit sekunder (Lisar et al., 2014).

Metabolit sekunder merupakan senyawa organik yang disintesis oleh tumbuhan. Salah satu senyawa metabolit sekunder yang melimpah pada *A. marina* adalah fenol. Fenol merupakan senyawa pertahanan tumbuhan yang terbentuk sebagai respon terhadap cekaman biotik dan abiotik (Lai & Lim, 2011). Berbagai cekaman lingkungan mengakibatkan stress pada tumbuhan dan memicu sintesis *Reactive Oxygen Species* (ROS). ROS adalah molekul turunan O₂ yang bersifat tidak stabil dan sangat reaktif (Krishnamoorthy et al., 2011). Reaksi ROS dihambat dengan pengaktifan sistem pertahanan oksidatif tumbuhan yang diawali sintesis *Phenylalanine Ammonia Lyase* (PAL). PAL

merupakan enzim yang mampu mencegah reaksi radikal bebas (Mastuti R., 2016).

Hasil penelitian Darmanti et al. (2018) pada tanaman kedelai cv. Grobogan yang diberikan cekaman ganda interferensi teki (*Cyperus rotundus* L.) dan kekeringan menunjukkan peningkatan akumulasi ROS, aktivitas PAL dan akumulasi senyawa fenol pada daun kedelai. Menurut penelitian Ilmiah dkk (2018) akumulasi fenol pada tanaman *Sonneratia caseolaris* terjadi di daun. Fenol disintesis melalui jalur asam shikimat yang berlokasi di kloroplas daun. Penelitian Linatoc et al. (2018) pada daun *Mangifera indica* yang diberi variasi intensitas cahaya berpengaruh pada kandungan pigmen fotosintetik dan total fenol. Daun yang terpapar cahaya matahari secara langsung memiliki kandungan karotenoid, fenol dan flavonoid yang lebih tinggi tetapi kandungan klorofil lebih rendah. Penelitian Bistgani et al. (2019) pada *Thymus vulgaris* L. dan *Thymus daenensis* yang diberikan cekaman salinitas dengan konsentrasi (0, 30, 60, dan 90 mM) menunjukkan hasil seiring peningkatan salinitas menyebabkan klorofil a, klorofil b, dan total kandungan klorofil menurun. Aplikasi 60 mM NaCl meningkatkan kandungan fenolik sekitar 20%.

Beberapa penelitian yang ada mengkaji pengaruh intensitas cahaya, salinitas dan suhu di laboratorium dengan kondisi lingkungan yang sudah dikontrol sedemikian rupa. Hal ini menjadi acuan untuk melakukan penelitian lanjutan. Penelitian ini dilakukan di kawasan pantai dan tambak dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Hubungan antara faktor lingkungan terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan fenol daun *A. marina* di kawasan pantai dan tambak belum pernah dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan pantai dan tambak terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan total fenol daun *A. marina*. Penelitian ini, diharapkan data ilmiah yang diperoleh dapat dijadikan rujukan dan sumber informasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, pertama yaitu pengukuran parameter lingkungan

*Kandungan Pigmen Fotosintetik dan Total Fenol Daun Mangrove Api-Api
[Avicennia marina (Forsk.) Vierh] pada Tambak dan Pantai Mangunharjo Semarang*

seperti intensitas cahaya, suhu dan salinitas di Lahan Tambak dan Pantai Mangunharjo, Semarang. Tahap kedua yaitu pengambilan sampel daun *A. marina*. Tahap ketiga yaitu pengujian dan analisis pigmen fotosintetik yang dilakukan di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Universitas Diponegoro Semarang. Sedangkan pengujian dan analisis total fenol dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2019.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel daun *A. marina*, asam galat, sodium karbonat 20%,

aquabides, pereaksi *Folin-Ciocalteu*, dan aseton 80%. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah HORIBA U-536, spektrofotometer UV-Vis, lux meter, termometer, stop watch dan lux meter.

Penentuan Lokasi dan Teknik Pengambilan Sampel

Pemilihan lokasi sampling dilakukan dengan metode purposive sampling. Lokasi yang dipilih adalah tambak dan pantai dengan tegakan *A. marina*. Penelitian dilanjutkan dengan pembagian daerah pengamatan menjadi enam titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi penelitian stasiun pertama hingga ketiga berada di tambak. Stasiun pertama $6^{\circ}57'06.0''S$ $110^{\circ}18'39.9''E$, stasiun kedua $6^{\circ}57'16.9''S$ $110^{\circ}18'35.9''E$, dan stasiun ketiga $6^{\circ}57'09.7''S$ $110^{\circ}18'46.7''E$. Sedangkan stasiun keempat hingga keenam berada di pantai. Stasiun keempat $6^{\circ}56'41.3''S$ $110^{\circ}19'19.6''E$, stasiun kelima $6^{\circ}56'33.0''S$ $110^{\circ}19'23.7''E$, dan stasiun keenam $6^{\circ}56'38.9''S$ $110^{\circ}19'28.5''E$. Masing-masing stasiun diukur menggunakan roll meter dengan jarak 50 m. Sampel daun diambil dari tanaman dengan diameter batang 10 cm dengan tinggi $\pm 1,3$ m. Daun yang digunakan sebagai sampel adalah daun pada segmen 1-3 dari tangkai daun atas dan diasumsikan sebagai daun muda. Sampel diambil dengan cara dipetik secara langsung sebanyak 300 g.

Pengukuran Kondisi Lingkungan Tambak dan Pantai

Pengukuran dilakukan dengan metode Urbasa (2015) dimana pengukuran sampel langsung di area tambak dan di pantai Mangunharjo Semarang. Kondisi lingkungan yang diukur adalah intensitas cahaya, salinitas dan suhu udara. HORIBA U52G digunakan untuk mengukur kualitas air dengan mencelupkan alat tersebut sekitar 1 m dari permukaan air tambak dan pantai selama ± 2 menit. Lux meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Suhu lingkungan diukur menggunakan termometer. Pengambilan data kualitas lingkungan dilakukan 3 kali pada 3 titik sampling pantai dan 3 titik sampling tambak. Pemilihan titik sampling berdasarkan metode *purposive sampling*.

Analisis Kandungan Pigmen Fotosintetik

Kandungan klorofil total dan karotenoid diukur dengan metode spektrofotometri mengikuti prosedur Hendry & Grime (1993) yang dimodifikasi dengan metode pengujian Lichtenthaler (2001) yaitu 2 helai daun *A. marina* digerus dengan mortar dan ditimbang 1 g. Sampel daun diekstraksi dengan 10 mL aseton 80%, diaduk hingga warna terlepas dari jaringan, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang didapat ditempatkan dalam cuvet lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 480 nm, 645 nm dan 663 nm.

Kandungan klorofil total dan karotenoid dihitung menggunakan rumus Hendry & Grime (1993) sebagai berikut:

Klorofil a mg/L berat daun

$$= 12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645} \times 10^{-1}$$

Klorofil b mg/L berat daun

$$= 22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663} \times 10^{-1}$$

Karotenoid $\mu\text{mol/L}$ berat daun

$$= \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times V \times 10^3}{12,5 \times 0,1 \times 10}$$

Uji Total Fenol

Analisis total fenol menggunakan metode *Folin-ciocalteu* mengikuti prosedur Chaovanalikit & Wrolstad (2004) yaitu daun *A. marina* dibersihkan dan dikeringkan dengan oven pada suhu 65°C selama 24 jam, lalu dihaluskan hingga diperoleh bubuk sampel. Bubuk sampel sebanyak 10 mg dan ditambahkan etanol 70% hingga volume 100 mL. Campuran dimaserasi selama 3 x 24 jam dan diaduk beberapa kali pada suhu ruang. Campuran di evaporasi menggunakan rotary evaporator hingga diperoleh ekstrak yang kental.

Senyawa standar berupa asam galat ditimbang 10,0 mg kemudian ditambahkan 0,5 mL pereaksi *Folin-ciocalteu* dan 7,5 mL aquabides. Campuran dibiarkan selama 10 menit pada suhu kamar kemudian tambahkan 1,5 mL sodium karbonat 20%. Campuran selanjutnya dipanaskan dalam waterbath pada suhu 40°C selama 20 menit dan didinginkan pada cairan es. Campuran

diencerkan dengan aquabidest hingga volume 10mL dan dipindahkan ke dalam kuvet. Pengukuran serapan pada panjang gelombang 760 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Total fenol dihitung dengan standar equivalen asam gallat (GAE).

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu organ daun *A. marina* yang hidup pada lingkungan pantai dan tambak. Daun *A. marina* diambil pada urutan 1-3 tangkai daun atas dan masing-masing sampel daun diambil 3 ulangan.

Analisis Data

Data yang telah diperoleh diuji homogenitas dan normalitas. Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis dengan Uji T versi 25.0 dengan taraf kepercayaan 95%. Analisis tersebut untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan terhadap pigmen fotosintetik dan fenol daun mangrove *A. marina* di lingkungan pantai dan tambak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter lingkungan berupa intensitas cahaya, salinitas dan suhu udara pantai dan tambak disajikan dalam Tabel 1. Hasil uji T menunjukkan bahwa intensitas cahaya di pantai berbeda nyata dengan di tambak, yaitu intensitas cahaya di pantai lebih tinggi dibanding dengan di tambak. Nilai intensitas cahaya pada suatu tempat ditentukan oleh rasio panjang gelombang yang diterima oleh lingkungan dalam waktu tertentu. Hasil uji T suhu udara di pantai tidak berbeda nyata dengan di tambak. Intensitas cahaya tinggi yang diterima *A. marina* di pantai berdampak pada kenaikan suhu udara pantai. Intensitas cahaya dipengaruhi oleh waktu dan naungan. Lingkungan tambak lebih ternaungi oleh mangrove lain yang lebih tinggi. Tambak Mangunharjo merupakan tambak *silvofishery* dengan model empang inti yang dimodifikasi dengan empang parit. Yuliatmaja (2009) dan Mairisdawenti dkk (2014) menyatakan intensitas cahaya yang tinggi pada siang hari mengakibatkan cahaya dari matahari yang turun ke permukaan

bumi membentuk sudut 90°. Intensitas cahaya tinggi mengakibatkan suhu udara naik dan kelembapan udara menjadi lebih rendah. Sudut datang sinar matahari mempengaruhi tinggi rendahnya suhu permukaan bumi. Sudut kurang dan lebih dari 90° menyebabkan penyinaran suatu lingkungan kurang dan permukaan bumi mendapatkan penyinaran matahari minimal.

Hasil uji T pada Tabel 1 menunjukkan salinitas air di pantai berbeda nyata dengan salinitas air di tambak, yaitu di pantai lebih tinggi dibanding tambak. Hal ini karena salinitas yang ada di pantai dan tambak dipengaruhi oleh evaporasi air. Lingkungan pantai mengalami tingkat penguapan

air yang tinggi sehingga kadar salinitas tinggi. Evaporasi di tambak lebih rendah, sehingga salinitas lebih rendah. Penelitian Lahabu dkk (2015) menyatakan di Pulau Mantehage pada siang hari dengan cuaca panas dan keadaan pasang menunjukkan kenaikan salinitas yaitu dari 29 ppt ke 33 ppt. Salinitas tinggi disebabkan oleh air tawar yang sedikit, minimnya tiupan angin dan penyinaran matahari yang berlebih menyebabkan tingginya penguapan air. Kenaikan salinitas 4 ppt menunjukkan bahwa Pulau Mantehage termasuk dalam lingkungan dengan kondisi ekstrim.

Tabel 1. Intensitas cahaya, salinitas dan suhu udara di lingkungan pantai dan tambak.

Parameter	Lokasi	Rata-rata	Taraf Signifikansi [Sig. (2-tailed)]
Intensitas cahaya	Pantai	115697.67 lux	0.0283
	Tambak	69416.67 lux	
Salinitas	Pantai	31.07 ppt	0.001
	Tambak	26.4 ppt	
Suhu Udara	Pantai	34.67 °C	0.075
	Tambak	32.63 °C	

Keterangan : * Nilai Sig < 0.05 = Signifikan
**Tingkat Kepercayaan 95%, $\alpha = 0.05$

Hasil pengukuran pigmen fotosintetik dan total fenol daun *Avicennia marina* yang hidup di lingkungan pantai dan tambak disajikan dalam tabel 2. Hasil uji T menunjukkan bahwa klorofil a, klorofil b dan karotenoid di pantai berbeda nyata dengan di tambak. Pigmen fotosintetik mangrove *A. marina* yang hidup di tambak lebih tinggi dibanding yang hidup di pantai. Hal tersebut disebabkan karena lingkungan hidup mangrove berpengaruh terhadap tinggi rendahnya intensitas cahaya. Mangrove *A. marina* merespon berbagai kondisi cahaya dengan mengembangkan kemampuannya untuk memodulasi aktivitas fotosintesis. Intensitas cahaya pantai yaitu 115697.67 lux mampu menurunkan kandungan pigmen fotosintetik daun *A. marina*. *A. marina* merespon intensitas cahaya tinggi dengan merangsang penurunan *Light-Harvesting Complex II* (LHCII) sehingga sintesis klorofil akan terhambat. Drop *et al* (2014) berpendapat bahwa *Light-Harvesting Complex II*

(LHCII) merupakan protein kloroplas yang berperan dalam menyerap foton lalu mentransfer energi eksitasi ke pusat reaksi. Penelitian Shimoda *et al* (2012) menyatakan kondisi cahaya tinggi menyebabkan degradasi klorofil b dan menyebabkan LHCII menurun. Klorofil b selanjutnya direduksi menjadi *7-hydroxymethyl chlorophyll a* kemudian direduksi lagi menjadi klorofil a. Bressan *et al* (2016) menyatakan penyerapan energi cahaya pada LHCII dilakukan oleh klorofil a yang peka terhadap panjang gelombang 680nm. Klorofil a menyerap spektrum cahaya merah dengan panjang gelombang antara 620-750 nm.

Hasil uji T seperti tercantum pada tabel 2 menunjukkan pigmen fotosintetik di pantai berbeda nyata dengan di tambak, yaitu di tambak lebih tinggi dibanding pantai. Lingkungan pantai dan tambak mempengaruhi tinggi rendahnya salinitas. Salinitas pantai yaitu 31.07 ppt menurunkan

kandungan pigmen fotosintetik, dan salinitas tambak yaitu 26.4 ppt menaikkan kandungan pigmen fotosintetik daun *A. marina*. Perbedaan salinitas 5 ppt menunjukkan bahwa *A. marina* lebih baik tumbuh di tambak. Hal ini dapat dilihat dari kenampakan tanaman yang terlihat lebih segar dengan daun agak lebar dan hijau. NaCl tinggi di pantai akan memicu *A. marina* menyeimbangkan kadar air dan hara dengan menurunkan laju transpirasi. Penurunan laju transpirasi akan menghambat pertukaran ion Na^+ dan Cl^- . Tingginya salinitas akan menurunkan air dan unsur hara. Sementara itu, pembentukan klorofil memerlukan unsur hara seperti Mg, N dan Fe. Salinitas tinggi menyebabkan Mg dan Fe terikat, sehingga kandungan Mg yang rendah akan mengganggu pembentukan klorofil. Penelitian Bistgani et al

(2019) pada *Thymus vulgaris* L. dan *Thymus daenensis* yang diberikan cekaman salinitas dengan tingkat konsentrasi (0, 30, 60, dan 90 mM) memberikan hasil seiring peningkatan salinitas menyebabkan penurunan kandungan pigmen fotosintetik. Hal ini sesuai pendapat Lisar et al (2014) bahwa rendahnya Fe mempengaruhi penurunan aktivitas enzim kaproporfirinogen dekarboksilase yang berfungsi mengubah protoporphyrin menjadi klorofil. Kandungan Mg dan N yang rendah akan menurunkan fungsi klorofil. Yamane et al., (2012) berpendapat bahwa cekaman salinitas menurunkan kandungan klorofil a dan klorofil b karena pengaruh dari penurunan enzim *aminolevulinic acid synthase* (ALA). Enzim ini merupakan prekursor biosintesis klorofil yang mengkatalis sintesis *D-aminolevulinic acid*.

Tabel 2. Hasil pengukuran dan pengujian pigmen fotosintetik di lingkungan pantai dan tambak

Parameter	Lokasi	Rata-rata	Taraf Signifikasi [Sig. (2-tailed)]
Klorofil a	Pantai	7.86 mg/L	0.036
	Tambak	10.86 mg/L	
Klorofil b	Pantai	9.25 mg/L	0.048
	Tambak	13.29 mg/L	
Karotenoid	Pantai	608.37 mg/L	0.043
	Tambak	1723.22 mg/L	
Fenol	Pantai	1.06 mg GAE/L	0.028
	Tambak	1.50 mg GAE/L	

Keterangan : * Nilai Sig < 0.05 = Signifikan
 **Tingkat Kepercayaan 95%, $\alpha = 0.05$

Hasil uji T tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan fenol daun *A. marina* di tambak berbeda nyata dengan di pantai. Kandungan fenol daun *A. marina* yang hidup di tambak lebih tinggi dibanding yang hidup di pantai. Hal tersebut dikarenakan faktor lingkungan, antara lain intensitas cahaya dan salinitas. Intensitas cahaya dan salinitas di tambak mampu menginduksi pembentukan fenol. Cekaman intensitas cahaya tambak yaitu 69416.67 lux dan salinitas tambak yaitu 26.4 ppt memicu *A. marina* memproduksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dalam jumlah yang banyak. Intensitas cahaya pantai yaitu 115697.67 lux dan salinitas pantai yaitu 31.07 ppt dengan kategori cekaman yang lebih ekstrim menurunkan kandungan total fenol daun *A. marina*. Cekaman yang lebih ekstrim di lingkungan pantai

menyebabkan pembentukan *Phenylalanine Ammonia Lyase* (PAL) terhambat, sehingga konsentrasi senyawa fenol menjadi lebih kecil. Penelitian Supriatna dkk (2019) menyatakan *Rhizophora mucronata* di Perairan Karangsang dan Leuweung Sancang dengan salinitas sekitar 10-15 ppt meninduksi produksi metabolit sekunder. Gururani et al (2015) dan Ibrahim & Jaafar (2012) berpendapat bahwa paparan cahaya matahari dan cekaman salinitas menghambat transport rantai elektron fotosintetik dan memicu pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS). Pengaktifan sistem oksidatif diawali dengan sintesis *Phenylalanine Ammonia Lyase* (PAL). Khan et al (2011) menyatakan PAL merupakan enzim kunci yang mengubah jalur pembentukan metabolit

primer ke metabolit sekunder. Penelitian Ghasemzadeh *et al* (2010) dan Rezazadeh *et al* (2012) pada jahe yang diberikan intensitas cahaya tinggi dan *Cynara scolymus* L yang diberi cekaman salinitas akan menginisiasi asam sinamat untuk menghambat aktivitas enzim PAL sehingga produksi fenol menurun. Hal ini diperkuat dengan pendapat Zhang & Liu (2014) yang menyatakan stimulus lingkungan berpengaruh terhadap aktivitas biosintesis PAL dan fenil propanoid. Aktivitas dan transkripsi PAL dihambat oleh *Trichloroacetic Acid* (t-CA) yang berperan sebagai inhibitor kompetitif.

KESIMPULAN

Lingkungan pantai dan tambak berpengaruh nyata terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan total fenol yang ada pada daun *A. marina*. Lingkungan pantai dengan intensitas cahaya dan salinitas yang tinggi mengganggu pembentukan klorofil dan PAL. Hal ini menyebabkan kandungan pigmen fotosintetik dan fenol di tambak lebih tinggi daripada pantai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak pemberi dana yang telah memberi dana dan fasilitas penelitian pada kegiatan Riset Pengembangan dan Penerapan sumber dana selain APBN Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2019 dengan kontrak penelitian nomor 329-47/UN7.6.1/PP/2020.

DAFTAR PUSTAKA

Bistgani, Z. E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic. *Industrial Crops & Products*, 135: 311–320.

Bressan, M., Dall'Osto, L., Bargigia, I., J. P. Alcocer, M., Viola, D., Cerullo, G., Ballottari, M. 2016. LHCI Can Substitute for LHCI as an Antenna for Photosystem I but with Reduced Light-Harvesting Capacity. *Nature Plants*: 1-10.

Chaovanalikit A., Wrolstad, R.E. 2004. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. *Food Chemistry and Toxicology*, 69: 67–72.

Darmanti, S., Santosa, L., Nugroho, H., & K, D. 2018. Reactive Oxygen Species Accumulations, Phenylalanine Ammonialyase Activity and Phenolic Acid Composition of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Cv. Grobogan that Exposed to Multiple Stress of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) Interference and Drought. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(1):244-251.

Drop, B., Webber-Birungi, M., K.N. Yadav, S., Filipowicz-Szymanska, A., Fusetti, F., J. Boekema, E., et al. 2014. Light-harvesting complex II (LHCII) and its supramolecular organization. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1837: 63–72.

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. E., Rahmat, A., Wahab, P. M., & Halim, M. A. 2010. Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (*Zingiber officinale* Roscoe). *Int. J Mol Sci*, 11:3885–3897.

Gururani, M. A., Venkatesh, J., & Tran, L. P. 2015. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. *Mol. Plant*, 8: 1304–1320.

Hendry, G. F., & Grime, J. P. 1993. *Methods in Comparative Plant Ecology*. London Chapman and Hall: A Laboratory Manual.

Ibrahim, M. H., & Jaafar, H. Z. 2012. Primary, Secondary Metabolites, H2O2, Malondialdehyde and Photosynthetic Response of *Orthosiphon stamineus* Benth to Different Irradiance Levels. *Molecules*, 17: 1159-1176.

Ilmiah, H. H., Nuringtyas, T. R., & Nugroho, L. H. 2018. Accumulation of Potential Photo-Protective Compound Groups in Mangrove (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engler.) Leaves. *Pharmacogn J*, 10(3):576-580.

Khan, T. A., Mazid, M., & Mohammad, F. 2011. Status of secondary plant products under abiotic stress: an overview. *J Stress Physiol Biochem*, 7:75–98.

Krishnamoorthy, M., Sasikumar, J. M., Shamna, R., Pandiarajan, C., Sofia, P., & Nagarajan, B. 2011. Antioxidant activities of bark extract from mangroves *Bruguiera cylindrica* (L.) Blume and *Ceriops decandra* Perr. *Indian J Pharmacol*, 43(5): 557–562.

Lahabu, Y., Joshian N, W. S., & Agung, B. W. 2015. Kondisi Ekologi Mangrove di Pulau Mantehage Kecamatan Wori Kabupaten

- Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2(1): 41-52.
- Lai, Y. H., & Lim, Y. Y. 2011. Evaluation of Antioxidant Activities of the Methanolic Extract of Selected Ferns in Malaysia. IPCBEE 20.
- Lichtenthaler, H. K., & C, B. 2001. Chlorophyll and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-Vis Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F4.3.1–F4.3.8.
- Linatoc, A. C., Idris, A., & Bakar, M. F. 2018. Influence of Light Intensity on the Photosynthesis and Phenolic Contents of *Mangifera Indica*. *Journal of Science and Technology*, 10 (4): 47-54.
- Lisar, S. S., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M., & Rahman, I. M. 2012. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. Water Stress, InTech, Croatia, 1-14.
- Mairisdawenti, Dwi, P. D., & Ilahi, A. F. 2014. Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari, Temperatur dan Kelembaban Udara terhadap Fluktuasi Konsentrasi Ozon Permukaan di Bukit Kototabang Tahun 2005-2010. *Jurnal Fisika Unand*, 3(3):177-183.
- Mastuti, R. 2016. *Metabolit Sekunder dan Pertahanan Tumbuhan*. Malang: FMIPA Universitas Brawijaya.
- Nugraha, S. B., Sidiq, W. B., & Setyowati, D. L. 2018. Analysis of extent and spatial pattern change of mangrove ecosystem in Mangunharjo Sub-District from 2007 To 2017. *In Journal of Physics: Conference Series*, 983(1).
- Rezazadeh, A., Ghasemnezhad, A., Mojtaba, B. M., & Telmadarrehei, T. 2012. Effect of salinity on phenolic composition and antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus* L.) Leave. *Res. J Med Plant*, 6:245–252.
- Shimoda, Y., Ito, H., & Tanaka, A. 2012. Conversion of chlorophyll b to chlorophyll a precedes magnesium dechelation for protection against necrosis in Arabidopsis. *Plant J*, 72(3):501–511.
- Supriatna, D., Mulyani, Y., Rostini, I., & Agung, M. K. 2019. Aktivitas Antioksidan, Kadar Total Flavonoid dan Fenol Ekstrak Metanol Kulit Batang Mangrove Berdasarkan Stadia Pertumbuhannya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2): 35-42.
- Yamane, K., Mitsuya, S., Taniguchi, M., & Miyake, H. 2012. Salt-induced chloroplast protrusion is the process of exclusion of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/ oxygenase from chloroplasts into cytoplasm in leaves of rice. *Plant Cell Environ*, 35: 1663–1671.
- Yustiningsih, M. 2019. Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung. *BIOEDU*, 4(2): 43-48.
- Zhang, X., & Liu, C. J. 2014. Multifaceted Regulations of Gateway Enzyme PhenylalanineAmmonia-Lyase in the Biosynthesis of Phenylpropanoids. *Molecular Plant*, pp. 17-28.