

JURNAL PERENCANAAN WILAYAH

e-ISSN: 2502 – 4205

Vol.IV., No.2, Oktober 2019

<http://ojs.uho.ac.id/index.php/ppw>

Analisis Pertumbuhan Dan Adaptasi Benih Mangrove Famili Rhizophoraceae Pada Perbedaan Level Penggenangan Air Laut Untuk Menunjang Perencanaan Restorasi Ekosistem Mangrove

An Analyses The Growth And Adaptation Of Mangrove Seedlings Of Rhizophoraceae Family On Different Level Of Seawater Inundation To Support Mangrove Ecosystem Restoration Planning

Analuddin¹⁾, Andi Septiana¹⁾, Jamili²⁾, Asrun Budiatma²⁾, Musdalifa²⁾, Wiwin²⁾ dan Sahidin³⁾

¹⁾Program studi Bioteknologi, Jurusan Biologi, FMIPA, UHO

²⁾Program Studi/Jurusan Biologi, FMIPA, UHO

³⁾Jurusan Farmasi, UHO

e-mail : zanzaraflia@gmail.com

ABSTRACT

The purposes of this study were to know the impact of different level of sea water inundation on the growth capacity and biochemical adaptation of the mangrove Rhizophoraceae family of *Rhizophora mucronata* and *Bruguiera gymnorhiza* seedlings. The propagules of these mangroves were planted with different levels of sea water flooding, namely 90 cm, 60 cm, 45 cm and 30 cm. The growth of height and diameter of these mangrove seedlings were measured at early and termination of treatments, while their biochemical adaptations were analyzed in the Laboratory. The relatively growth rate RGR of high and diameter of these seedlings were analyzed, while statistical test was performed by anova. The RGR of high of the two mangrove seedlings were significantly different ($P < 0.05$), though their RGR of diameter did not differ significantly ($P > 0.05$). The growth of height of *R. mucronata* seedlings was fastest at the lower level of inundation (30 cm) and the slowest at the higher level of submergence (90 cm). On the contrary, the height growth of *B. gymnorhiza* seedlings was fastest at submergence of 90 cm, and the slowest at submergence of 30 cm. The flavonoids and vitamin C contents in both mangrove seedlings increased significantly ($P < 0.05$) with increased inundation levels. Thus, although biochemical responses tended to be the same for both mangroves, but *B. gymnorhiza* seedlings indicate more able to grow and develop on rising sea levels than *R. mucronata* seedlings. This study provides important information for revegetation planning of degraded mangrove under a sea level rise scenario.

Keywords: Biochemical adaptation, Sea water level, mangrove seedling growth, mangrove revegetation.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak perbedaan penggenangan air laut terhadap kapasitas pertumbuhan dan adaptasi biokimia mangrove famili Rhizophoraceae dari benih *Rhizophora mucronata* dan *Bruguiera gymnorhiza*. Propagul kedua jenis mangrove di tanam dengan perbedaan level penggenangan air laut yaitu 90 cm, 60 cm, 45 cm dan 30 cm. Pertumbuhan tinggi dan diameter benih kedua jenis mangrove diukur di awal dan akhir eksperimen, sedangkan adaptasi biokimia dianalisis di Laboratorium. Pertumbuhan relatif tinggi dan diameter dianalisis dan uji Anova. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tinggi relatif kedua benih mangrove berbeda signifikan ($P < 0.05$), tetapi pertumbuhan diameter tidak berbeda signifikan ($P > 0.05$). Pertumbuhan tinggi benih *R. mucronata* paling cepat pada level penggenangan 30 cm dan paling lambat

pada penggenangan 90 cm, sebaliknya pertumbuhan tinggi benih *B. gymnorrhiza* paling cepat pada penggenangan 90 cm, dan paling lambat pada penggenangan 30 cm. Kandungan flavonoid dan vitamin C pada kedua benih mangrove meningkat signifikan ($P < 0.05$) dengan peningkatan level penggenangan. Dengan demikian meskipun respon biokimia cenderung sama dari kedua jenis mangrove, namun benih *B. gymnorrhiza* mengindikasikan lebih mampu tumbuh dan berkembang pada kenaikan permukaan air laut dibandingkan benih *R. mucronata*. Hasil penelitian ini memberikan informasi penting untuk perencanaan revegetasi lahan mangrove terdegradasi dengan skenario kenaikan muka air laut.

Kata Kunci: Adaptasi biokimia, Level penggenangan air laut, Pertumbuhan benih mangrove, revegetasi mangrove

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove berperan sangat penting dilindungi pesisir sebagai sumber karbon organik dan nutrisi (Leach and Burgin, 1985; Shunula and Whittick, 1999; Young, et al., 2005; Hogarth, 2007). Produktifitas mangroves sangat tinggi sekitar 5000 gC/m²/tahun (Lugo and Snedaker, 1974) dan menyumbang bahan organik yang penting dalam rantai makanan untuk memelihara kesuburan perairan di sekitarnya (Tomascik, et al., 1997). Meskipun demikian, perubahan lingkungan pesisir karena faktor alam seperti perubahan iklim global maupun pengaruh antropogenik oleh berbagai kegiatan manusia telah mengancam keberlanjutan ekosistem mangrove.

Mangroves tumbuh subur di lingkungan pasang surut dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan ekstrim serta perubahan permukaan laut dalam rentang waktu yang panjang. Kemampuan mangrove untuk beradaptasi terhadap perubahan permukaan laut bergantung pada laju pertambahan relatif terhadap laju perubahan permukaan laut, meskipun tidak semua mangrove bertambah (Semeniuk, 1994). Beberapa peneliti telah mengkaji efek dari perubahan permukaan laut terhadap mangrove (Ellison dan Farnsworth, 1997; He et al., 2007) dan mereka menemukan bahwa bibit dalam tangki yang mensimulasikan kenaikan permukaan laut pada awalnya tumbuh lebih cepat daripada tanaman di perlakuan lain, tetapi pertumbuhan melambat dengan cepat pada tahap anakan. Sebagai komplikasi lebih lanjut, spesies bakau tampak jelas, beberapa bakau akan bertahan hidup dan mungkin bahkan berkembang dengan perubahan iklim yang diprediksi. McLeod dan Salm (2006) memperkirakan bahwa hutan bakau di sepanjang garis pantai pasang surut makro (> 4 m), di pantai tropis basah adalah yang paling rentan terhadap dampak kenaikan

permukaan laut sehingga hutan bakau dunia kemungkinan akan sangat terpengaruh. Beberapa peneliti lain menyatakan bahwa hutan mangrove yang terdapat di daerah pasang surut antara tingkat pasang surut rata-rata diperkirakan akan mengalami kematian di pinggiran laut akibat genangan (Lovelock et al 2015) dan/atau peningkatan salinitas air (Cohoon et al 2015), namun Woodroffe et al (2016) menyatakan bahwa respon dan ketahanan mangrove terhadap kenaikan permukaan laut cenderung tidak linier dan dipengaruhi oleh serangkaian proses fisik dan biologis serta interaksi mekanisme umpan balik ekologis.

Tingkat pemanasan global saat ini mungkin mengancam kelangsungan hidup seluruh ekosistem, sementara hutan bakau adalah salah satu ekosistem yang paling berisiko karena rentan terhadap kenaikan permukaan laut, meskipun tidak semua garis pantai dengan hutan bakau diproyeksikan mengalami peningkatan relatif permukaan laut. Ekosistem mangrove dengan pasokan sediment dan / atau ruang untuk bergerak ke daratan cenderung bertahan dari skenario kenaikan permukaan laut, sedangkan spesies bakau harus toleran terhadap perubahan permukaan laut, salinitas, dan lain-lain. Dengan memahami tegakan bakau mana yang mampu bertahan di bawah kenaikan permukaan laut dan perubahan lainnya, manajer sumber daya alam dapat mengidentifikasi dan melindungi tempat perlindungan yang menyemai sendiri dan bertindak sebagai sumber untuk penyediaan komunitas bakau di masa depan.

Meskipun beberapa penelitian telah dilakukan tentang mangrove di kawasan segitiga karang Sulawesi Tenggara berkaitan dengan stok karbon biru (Analuddin et al. 2016), sumber nutrisi dan antioksidan (Analuddin dkk., 2018; Analuddin et al., 2019), maupun sebagai bioakumulator polusi logam-logam berat (Analuddin et al. 2017), namun belum ada informasi yang menjelaskan tentang ketahanan

mangrove di kawasan segitiga karang Sulawesi Tenggara di bawah skenario kenaikan permukaan laut karena perubahan iklim global.

Wilayah pesisir Sulawesi Tenggara dengan keanekaragaman hayati pesisir yang tinggi termasuk hutan bakau, lamun dan terumbu karang perlu pengelolaan yang berkelanjutan. Beberapa area hutan bakau di Sulawesi Tenggara merupakan area konservasi penting dan didominasi oleh beragam mangrove seperti *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* dan *Lumnitzera racemosa* (Analuddin et al., 2013). Berbagai jenis mangrove tersebut berpotensi sebagai sumber antioksidan (Analuddin dkk. 2018). Berbagai kawasan mangrove yang tidak terlindungi mengalami degradasi akibat konversi lahan bakau menjadi tambak laut, dan sedimentasi dan bersamaan dengan skenario kenaikan permukaan laut diperkirakan akan berdampak buruk pada keberlanjutan ekosistem mangrove di kawasan ini.

Upaya pengelolaan ekosistem mangrove harus dilakukan secara matang dengan pertimbangan informasi ilmiah dari berbagai hasil penelitian mangrove yang sudah dipublikasi. Oleh karena itu, penelitian tentang pertumbuhan dan adaptasi mangrove terhadap skenario kenaikan permukaan air laut sangat penting untuk mendukung rencana pengelolaan kawasan mangrove di Sulawesi Tenggara sebagai bagian kawasan segitiga karang dunia. Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui kapasitas pertumbuhan benih mangrove famili rhizophoraceae pada perbedaan level penggenangan air laut, (2) untuk mengetahui daya adaptasi biokimia benih mangrove famili Rhizophoraceae terhadap variasi penggenangan air laut, dan (3) untuk menjelaskan kerentanan mangrove pada skenario kenaikan permukaan air laut sehingga dapat memberikan informasi ilmiah bagi rencana pengelolaan mangrove berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

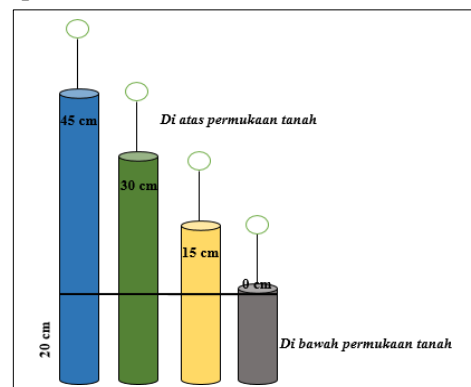
Experimen lapangan dilaksanakan di kawasan mangrove Teluk Kota Kendari yang terletak diantara 3°57' 50" -3° 59' 30" LS dan 122°31'50" - 122°36' 30" BT. Teluk Kendari memiliki garis pantai sepanjang 27 km dan berbentuk tapak kuda. Hutan mangrove di teluk Kendari terdiri atas *Rhizophora mucronata*, *Soneratia* sp, *Bruguiera gymnorrhiza*,

Xylocarpus granatum, *Rhizophora stylosa*, dan lain-lain.

Kondisi lingkungan seperti suhu air, suhu udara dan salinitas pada lingkungan mangrove Teluk Kendari yaitu rerata suhu air adalah 29,95°C dan suhu udara adalah 33,71°C, sedangkan rerata salinitas air laut adalah 19,71‰. Rerata intensitas cahaya adalah 51,38 Cd dan rerata pasang tertinggi 0,95 m.

Eksperimen efek perbedaan penggenangan

Sebanyak 100 propagul mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Bruguiera gymnorrhiza* di seleksi dan dijadikan benih untuk pembibitan. Propagul yang matang diaklimatisasi selama tiga hari untuk menyesuaikan dengan kondisi tempat eksperimen. Tempat penumbuhan propagul dari dua spesies mangrove tersebut adalah pot dari pipa plastik dengan diameter 10 cm dan berbeda posisi dari permukaan tanah, yaitu (1) pipa dengan ketinggian 0 cm di atas tanah, (2) pipa dengan ketinggian 15 cm di atas tanah, (3) pipa dengan ketinggian 30 cm di atas tanah, dan (4) pipa dengan ketinggian 45 cm di atas tanah. Media tanah diambil dari kawasan mangrove tempat eksperimen dan dimasukan pada semua pot. Benih-benih propagul di tanam dimasing-masing kelompok pot yang berbeda ukuran tinggi dengan masing-masing 5 ulangan. Level air laut saat pasang pada masing-masing kelompok pot perlakuan adalah 30 cm, 45 cm, 60 cm dan 90 cm level penggenangan air laut. Eksperimen dipantau setiap dua hari untuk menghilangkan sampah dan ranting-ranting kayu yang mengganggu. Gambar 1 menunjukan skematis desain penelitian.



Gambar 1. Skematik desain eksperimen dengan perbedaan posisi pot dari permukaan tanah (0 cm, 15,

30 cm dan 45 cm) dan level penggenangan air laut saat pasang (90 cm, 60 cm, 45 cm dan 30 cm).

Pengukuran parameter pertumbuhan

Parameter pertumbuhan termasuk tinggi dan diameter batang benih mangrove diukur setelah 1 bulan penanaman, dimana propagul telah memiliki daun. Pengukuran tinggi dilakukan setiap seminggu yang diukur dari permukaan tanah hingga pucuk teratas dengan menggunakan alat mistar, sedangkan diameter batang diukur pada posisi tinggi 10 cm dari permukaan tanah yang diukur dengan bantuan meteran kain. Data-data menunjang penelitian lain adalah pengukuran data suhu air, suhu udara, salinitas air dan pasang tertinggi air laut. Salinitas air dapat diukur dengan menggunakan *handrefractometer*, serta pasang tertinggi air laut yang diukur selama penelitian berlangsung.

Pengamatan adaptasi biokimia benih mangrove

Adaptasi biokimia benih mangrove meliputi analisis kadar senyawa-senyawa kimia seperti flavonoid, alkohol dehidrogenase dan vitamin C. Sementara itu, kandungan karbon organik dan nitrogen dianalisis setelah pemanenan pada semai di seluruh perlakuan. Kandungan senyawa-senyawa tersebut dianalisis di Laboratorium Forensik dan Molekuler FMIPA, UHO.

Analisis pertumbuhan benih mangrove

Laju pertumbuhan relatif (relative growth rate RGR) tinggi (RGR_H) dan diameter (RGR_D) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RGR_H = \frac{\ln(H_2) - \ln(H_1)}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$RGR_D = \frac{\ln(D_2) - \ln(D_1)}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

dimana H_1 dan H_2 adalah tinggi awal dan tinggi pengamatan akhir benih mangrove, sedangkan t_1 dan t_2 adalah awal dan akhir waktu pengamatan. Simbol D_1 dan D_2 adalah diameter benih mangrove pada awal dan akhir pengamatan.

Analisis statistika

Rerata dan standar error dari RGR_H dan RGR_D benih mangrove dihitung dengan excell, sedangkan uji ANOVA-oneway dan uji lanjut LSD (Least

significant different) dianalisis dengan software Kaleidagraph 4.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil penelitian

Laju pertumbuhan relatif tinggi dan diameter

Hasil analisis laju pertumbuhan relatif tinggi dan diameter benih mangrove pada perbedaan level penggenangan air laut ditampilkan pada Tabel 1. Laju pertumbuhan relatif tinggi benih *R. mucronata* dan *B. gymnorrhiza* berbeda signifikan ($P < 0.05$) dengan perbedaan level penggenangan air laut. Pertumbuhan tinggi benih *R. mucronata* paling cepat pada perendaman air laut sedalam 30 cm yaitu sebesar 0,13 cm/hari, sedangkan pertumbuhan tinggi paling lambat adalah perendaman sedalam 90 cm yaitu sebesar 0,06 cm/hari. Sebaliknya pertumbuhan tinggi benih *B. gymnorrhiza* paling cepat pada level penggenangan sedalam 90 cm yaitu sebesar 0,40 cm/hari, dan paling lambat pada level penggenangan sedalam 30 cm yaitu sebesar 0,13 cm/hari.

Rerata laju pertumbuhan relatif diameter benih *R. mucronata* maupun *B. gymnorrhiza* (Tabel 1) tidak berbeda signifikan ($P > 0.05$), meskipun demikian pertumbuhan diameter benih *R. mucronata* nampak cenderung lebih cepat sebesar 0,037 cm/hari pada level penggenangan 45 cm, dibandingkan 0,014 cm/hari pada level penggenangan 90 cm. Sebaliknya, pertumbuhan diameter benih *B. gymnorrhiza* pada perbedaan level penggenangan air laut tidak memperlihatkan pola yang jelas.

Tabel 1. Laju pertumbuhan relatif tinggi RGR_H dan diameter RGR_D (Rerata $\pm$ standar error) benih mangrove famili Rhizophiraceae.

Benih mangrove	Penggenangan (cm)	RGR_H (cm/hari)	RGR_D (cm/hari)
<i>Rhizophora mucronata</i>	30	0.13 $\pm$ 0.007 ^a	0.034 $\pm$ 0.011 ^a
	45	0.09 $\pm$ 0.009 ^b	0.037 $\pm$ 0.014 ^a
	60	0.08 $\pm$ 0.010 ^b	0.036 $\pm$ 0.005 ^a
	90	0.06 $\pm$ 0.007 ^b	0.014 $\pm$ 0.005 ^b
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	30	0.13 $\pm$ 0.034 ^a	0.007 $\pm$ 0.003 ^a
	45	0.35 $\pm$ 0.046 ^b	0.015 $\pm$ 0.003 ^a
	60	0.35 $\pm$ 0.039 ^b	0.025 $\pm$ 0.009 ^a
	90	0.40 $\pm$ 0.030 ^b	0.006 $\pm$ 0.002 ^a

Catatan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan pada taraf uji 5%

Adaptasi biokimia benih mangrove

Hasil analisis kandungan senyawa kimia sebagai adaptasi biokimia benih mangrove famili Rhizophoraceae di tampilkan pada Tabel 2. Rerata kandungan senyawa flavonoid, Vitamin C dan alkohol dehidrogenase maupun rasio C/N pada benih mangrove *R. mucronata* maupun *B. gymnorrhiza* berbeda signifikan ($P < 0.05$). Kisaran kadar flavonoid, vitamin C, alkohol dehidrogenase dan rasio C/N pada benih *R. mucronata* masing-masing berturut-turut adalah 0.20-0,53 ppm, 0,10-0,16 ppm, 0,61-0,99 dan 28,3-32,3% dimana paling tinggi pada level penggenangan 90 cm untuk flavonoid dan vitamin C maupun rasio C/N, sedangkan alkohol dehidrogenase paling tinggi pada penggenangan 60 cm. Namun demikian kadar ketiga senyawa tersebut dan rasio C/N paling rendah pada level penggenangan 30 cm. Nampaknya benih *R. mucronata* meningkatkan produksi senyawa flavonoid dan Vitamin C untuk merespon tingginya level penggenangan air laut, meskipun pertumbuhannya tidak optimal dibandingkan level penggenangan air laut yang dangkal.

Kadar flavonoid, vitamin C, alkohol dehidrogenase dan rasio C/N pada benih *B. gymnorrhiza* masing-masing berturut-turut berkisar adalah 0.35-0,68 ppm, 0,10-0,15 ppm, 0,35-0,96 dan 33,9-47,9% dimana paling tinggi pada level penggenangan 60 cm untuk flavonoid dan alkohol dehidrogenase, sedangkan kadar vitamin C paling tinggi pada level penggenangan 90cm. Namun rasio C/N paling tinggi pada level penggenangan 30cm. Namun demikian kadar ketiga senyawa tersebut paling rendah pada level penggenangan 30 cm, sedangkan rasio C/N paling rendah pada level penggenangan 45 cm. Nampaknya benih *B. gymnorrhiza* meningkatkan produksi senyawa Vitamin C untuk merespon tingginya level penggenangan air laut sehingga bisa tumbuh paling bagus pada penggenangan air laut dengan kedalaman 90 cm saat air pasang.

Tabel 2. Rerata $\pm$ standar error kandungan senyawa kimia sebagai adaptasi biokimia benih mangrove famili Rhizophiraceae.

Man grove	Senyawa kimia	Level penggenangan air laut (cm)			
		30	45	60	90

S					
<i>R. mucronata</i>	Flavonoid (ppm)	0.20± 0.03 ^a	0.33± 0.03 ^b	0.3± 0.07 ^a	0.53 ± 0.11 ^b
	Vit. C (ppm)	0.10± 0.01 ^a	0.10± 0.01 ^d	0.14 ±0.00 ^c	0.16 ± 0.00 ^b
	Alkohol dehidrogenase (ppm)	0.61 ± 0.05 ^a	0.74± 0.09 ^b	0.99 ± 0.07 ^b	0.74 ± 0.08 ^c
	Rasio C/N (%)	28.3 ^a	31.85 ^a	31.1 ^a	32.3 ^b
	<i>B. gymnorrhiza</i>	Flavonoid (ppm)	0,35± 0,03 ^a	0,68± 0,06 ^b	0,68± 0,05 ^b
Vit. C (ppm)	0,10± 0,007 ^a	0,14 ± 0,003 ^b	0,14± 0,012 ^b	0,15± 0,009 ^b	
Alkohol dehidrogenase (ppm)	0,35 ± 0,05 ^a	0,86 ± 0,05 ^b	0,96 ± 0,098 ^b	0,38± 0,061 ^a	
Rasio C/N (%)	47,95 ^a	33,9 ^b	43,7 ^a	44,61 ^{ac}	

Catatan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan pada taraf uji 5%.

2. Pembahasan

Laju pertumbuhan relatif tinggi benih mangrove *R. mucronata* dan *B. gymnorrhiza* berbeda signifikan berdasarkan berdasarkan level penggenangan air laut, namun pertumbuhan diameter tidak berbeda signifikan (Tabel 1). Meskipun demikian karakter pertumbuhan tinggi benih kedua jenis mangrove tersebut nampak berbeda sebagai respon terhadap perbedaan level penggenangan air laut. Benih *R. mucronata* nampak masih toleran dengan dalamnya level penggenangan, namun pertumbuhan tingginya cenderung lambat. Hal yang berbeda ditunjukan oleh benih *B. gymnorrhiza* dimana pertumbuhan tinggi cenderung lebih cepat pada tingkat penggenangan air laut sedalam 90 cm, tetapi tumbuh melambat pada level penggenangan 30 cm. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa benih mangrove *R. mucronata* lebih tertekan dengan kenaikan permukaan air laut, sedangkan benih mangrove *B. gymnorrhiza* lebih terpacu pertumbuhannya. Hasil tersebut sejalan dengan yang dilaporkan oleh Purnama dkk (2012) bahwa pertumbuhan benih mangrove *R. mucronata* dipengaruhi oleh level penggenangan air laut.

Kemampuan adaptasi biokimia benih *R. mucronata* dengan peningkatan kadar senyawa flavonoid dan Vitamin C terindikasi hanya untuk membantunya bertahan hidup pada tingkat

penggenangan air laut, tetapi bukan untuk mempercepat pertumbuhannya. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh benih *B. gymnorrhiza* dimana terjadi peningkatan kadar vitamin C dengan meningkatnya level penggenangan air laut, sehingga lebih baik pertumbuhannya dibandingkan pada level penggenangan lainnya. Hasil penelitian ini berbeda dengan semai *R. apiculata* yang tumbuh lebih baik pada kondisi terus tergenang air laut (Jumiati dkk 2008), bahkan Umroh (2015) menyatakan bahwa benih *R. apiculata* masih dapat tumbuh pada pasang air laut sedalam 2,54 m. Dengan demikian strategi adaptasi benih mangrove terhadap level penggenangan mungkin berbeda-beda tiap jenis, meskipun ada indikasi kebanyakan benih mangrove famili Rhizophoraceae mungkin masih toleran terhadap dalamnya level penggenangan air laut namun beberapa jenis memperlambat pertumbuhannya sebagai respon yang menguntungkan untuk bertahan hidup pada level penggenangan air.

Informasi hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa berbagai jenis mangrove memberikan respon yang berbeda terhadap level penggenangan air laut dan kemungkinan pada skenario kenaikan permukaan air laut hanya beberapa jenis tertentu yang mampu tumbuh dengan baik. Meskipun kenaikan permukaan air laut bukan faktor tunggal namun berkaitan dengan perubahan lingkungan lain seperti salinitas, lama waktu penggenangan dan lain-lain mungkin berpengaruh terhadap ekosistem mangrove. Nhan (2016) menyatakan bahwa kondisi pasang surut di perairan dangkal dapat meningkatkan kisaran genangan pasang dan mempengaruhi ekosistem bakau di daerah intertidal Mekong, Thailand. Beberapa peneliti menemukan bahwa mangrove mendapatkan respons yang sangat kompleks terhadap kenaikan permukaan laut dan proses pendangkalan dangkal, laju penambahan sedimen, pengembangan pantai, dan topografi, secara bersama-sama memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan mangrove.

Beragamnya faktor lingkungan yang menentukan keberhasilan hidup dan keberlanjutan mangrove pada lingkungan pesisir, maka pemahaman tentang jenis-jenis yang mampu beradaptasi mangrove terhadap level penggenangan air laut menjadi sangat penting khususnya berkaitan dengan rencana revegetasi mangrove. Dengan demikian hasil penelitian ini memberikan informasi tentang pentingnya pemilihan jenis mangrove yang sesuai

untuk rencana kegiatan revegetasi pada area mangrove terdegradasi dan rentan terhadap perubahan iklim global khususnya kenaikan permukaan air laut sehingga akan menjamin keberhasilan revegetasi dan keberlanjutan ekosistem mangrove yang mendukung kehidupan masyarakat pesisir di kawasan segitiga karang Sulawesi Tenggara.

KESIMPULAN

Benih-benih mangrove memberikan repons yang berbeda terhadap level penggenangan air laut meskipun termasuk dalam satu famili. Benih *B. gymnorrhiza* tumbuh lebih baik dibandingkan benih *R. mucronata* perbedaan level penggenangan air laut. Adaptasi biokimia mangrove nampak berbeda dalam merespon level penggenangan air laut, meskipun menghasilkan senyawa kimia yang sama namun tidak selalu linier dengan tingkat penggenangan air laut. Penelitian juga menunjukkan bahwa hanya sebagian jenis mangrove yang tumbuh baik pada dalamnya level penggenangan air laut sehingga untuk revegetasi kawasan mangrove terdegradasi perlu mempertingkan kemampuan dan daya adaptasi mangrove yang tumbuh baik pada kemungkinan skenario kenaikan permukaan air laut.

Ucapan Terima Kasih: Penelitian ini dibiayai oleh Kemenristekdikti dengan surat keputusan nomor: 0045/E3/LL/2018 dan juga didukung oleh Tokyo Institute of Technology melalui skim Penelitian Kerjasama Luar Negeri. Kami juga mengucapkan terima yang sebesar-besarnya kepada Tim peneliti, mahasiswa dan pembantu lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Analuddin K, Andi S, Nasaruddin, Yusuf Sabilu and Sahadev S. (2019). Mangrove Fruit Bioprospecting: Nutritional and Antioxidant Potential as a Food Source for Coastal Communities in the Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. International journal of Fruits Science, 19(4):423-436.
- Analuddin K, Andi S dan Wd Harlis. (2018). Kandungan Antioksidan Teh Hijau Daun Mangrove dan Uji Efektifitasnya Sebagai Antikolesterol Pada Mencit. Jurnal Ilmu dan Peternakan Tropis, 5(3): 60-66.
- Analuddin K, Jamili, Andi S, Sahidin I, Usman R,

- Saban R, Sahadev S and Nadaoka K. (2017). Heavy metals bioaccumulation in mangrove ecosystem at the Coral Triangle Ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 125: 472-480.
- Analuddin K, Jamili, Andi S, Sahidin I, Usman R, Saban R, Sahadev S and Nadaoka K. (2016). Blue carbon stock and green tea potential uses of mangroves in Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Environmental Science*. 1:125-132.
- Analuddin K., Jamili, Andi S, Raya, R., and Saban R (2013). The spatial trends in the structural characteristics of mangrove forest at the Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Plant Science*, 4(8), 214–221.
- Cahoon DR. (2015). Estimating relative sea-level rise and submergence potential at a coastal wetland. *Estuarine & Coasts*, 38:1077–1084.
- Ellison AM and Farnsworth EJ. (1997). Simulated Sea Level Change Alters Anatomy, Physiology, Growth, and Reproduction of Red Mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Oecologia*. 112 (4), 435-446.
- He B, Lai T, Fan H, Wang W and Zheng H. (2007). Comparison of Flooding-Tolerance in four Mangrove Species in a Diurnal Tidal Zone in the Beibu Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74(1-2): 254-262.
- Hogarth PJ. (2007). *The Biology of Mangroves and Seagrasses Second Edition*, Oxford University Press Inc, New York.
- Leach GJ and Burgin S. (1985). Litter production and seasonality of mangroves in Papua New Guinea. *Aquatic Botany*, 23:215–224.
- Lovelock CE, Cahoon DR, Friess DA, Guntenspergen GR, Krauss KW, Reef R, Rogers K, Saunders ML, Sidik F, Swales A, Saintilan N, Thuyen le X and Triet T. (2015). The vulnerability of Indo-Pacific mangrove forests to sea-level rise. *Nature*, 526: 559–63.
- Lugo AE and Snedaker SC. (1974). The Ecological of Mangrove, *Journal of Annual Review Ecology and Systematics*, 5 (1): 39-64.
- McLeod E and Salm R. (2006). Managing Mangroves for Resilience to Climate Change, IUCN, ISBN-10: 2-8317-0953-9, Gland, Switzerland.
- Nhan NN. (2016). Tidal regime deformation by sea level rise along the coast of the Mekong Delta. *Estuarine & Coastal Shelf Science*, 183: 382–391.
- Purnama Y, Hilwan I and Kusmana C. (2012). Pengaruh Tingkat Penggenangan terhadap Pertumbuhan Semai Pedada (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engler) di Kawasan Mangrove Tol Sedyatmo Angke Kapuk, Jakarta Utara, *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(1): 1-7.
- Semeniuk V. (1994). Predicting the Effect of Sea-level Rise on Mangroves in Northwestern Australia. *Journal of Coastal Research*, 10(4): 1050-1076.
- Shunula JP and Whittick A. (1999). Aspects of litter production in mangroves from Unguja Island, Zanzibar, Tanzania. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, 49:51–54
- Tomascik T, Mah AJ, Nontji A and Moosa MK. (1997). *The Ecology of The Indonesian Seas Part Two, The Ecology of Indonesian Series Volume VIII*, Periplus Edition (HK) Ltd
- Umroh (2015). Penyemaian dan Penanaman *Rhizophora apiculata* Di Daerah Pasca Penambangan Timah Inkovesional (TI) Di Muara Kudai Kabupaten Bangka, 8(1): 19-25.
- Woodroffe CD, Rogers K, Mckee KL, Lovelock CE, Mendelssohn IA and Saintilan N. (2016). Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise. *Annual Review in Marine Science*, 8: 243–66.
- Young M, Gonneea ME., Silveira JH and Paytan A. (2005). Export of Dissolved and Particulate Carbon and Nitrogen from a Mangrove-Dominated Lagoon, Yucatan Peninsula, Mexico, *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 31 (3): 189-202.