

EVALUASI TEGAKAN MANGROVE HASIL REHABILITASI DENGAN TEKNIK GULUDAN

Evaluation of Mangrove Planted for Rehabilitation Using Guludan Technique

Reyna Ashari^{1*}, Cecep Kusmana², dan Budi Kuncahyo³

(Diterima Juli 2018 / Disetujui September 2018)

ABSTRACT

Guludan technique becomes an alternative for mangrove rehabilitation in the disused fishponds. This technique has been implemented since 2005 on the coast of Jakarta. The wider application of this technique requires several studies in advance to see growth of the mangrove in the already planted guludan. This study aims to measure the growth of mangroves planted by guludan techniques, identify environmental factors that affect their mangrove growth, and analyze their relationship. Measurements were performed on 40 guludan samples which planted by Rhizophora mucronata in 2010 - 2013. Rhizophora mucronata grew well in the guludans, followed by Sonneratia caseolaris that grew naturally. Both were dominated by individuals in sapling phase. Meanwhile, environmental factors affecting mangrove growth were N-total, P, Mg, Ca, Na, clay texture, CEC, soil salinity, soil pH, and water level in the guludan.

Key words: guludan technique, mangrove rehabilitation, Rhizophora mucronata, Sonneratia caseolaris

PENDAHULUAN

Luas mangrove Indonesia lebih dari 3.2 juta hektar, ini meliputi 26 persen total luas mangrove dunia (Valiela *et al.* 2001) dan 60 persen total mangrove Asia Tenggara (BAKOSURTANAL 2009). Antara tahun 1980-2000, terjadi penurunan luas area yang sangat signifikan yang menghabiskan lebih dari 1.25 juta hektar (35%) lahan yang dulunya mangrove (Giesen *et al.* 2006; Valiela *et al.* 2001). Konversi mangrove menjadi tambak ditengarai sebagai penyebab terbesar degradasi mangrove, kerusakan bahkan diperkirakan sekitar 50-80% di Jawa, Sulawesi, Sumatera, dan Filipina selama kurun waktu tersebut (Wolanski *et al.* 2000). Di daerah pesisir, sebagian besar tambak dibangun dengan membuka hutan mangrove sebelumnya (Nurkin 1994; Wolanski *et al.* 2000).

Rehabilitasi dan restorasi mangrove dilakukan untuk mencegah degradasi lebih lanjut. Proyek-proyek restorasi mangrove di banyak negara umumnya bertujuan untuk budidaya mangrove, mitigasi lingkungan, pengelolaan sumberdaya perikanan, dan kelestarian fungsi ekosistem (Ellison 2000). Di Indonesia, rehabilitasi lebih banyak dilakukan di lokasi yang terdegradasi karena pemanenan kayu dengan

sistem tebang habis, konversi menjadi tambak, dan tekanan penduduk (Field 1998). Rehabilitasi mangrove di bekas tambak menuai kesulitan tersendiri karena seringkali tanahnya mengandung asam sulfat yang dapat berbahaya ketika teroksidasi (Stevenson *et al.* 1999). Selain itu, air di bekas tambak tergenang cukup dalam yang menyebabkan sulitnya semai untuk tumbuh secara alami di lokasi seperti ini.

Penanaman dengan teknik guludan dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan rehabilitasi mangrove pada lahan-lahan yang tergenang di air dalam. Sejak tahun 2005, Daerah pesisir DKI Jakarta, Angke Kapuk, telah menerapkan teknik guludan untuk merehabilitasi kawasan mangrovenya yang rusak. Hingga saat ini sekitar 95 ha kawasan Angke Kapuk telah direhabilitasi dengan menanam sebanyak 300 ribu bibit mangrove (Kusmana *et al.* 2014). Jenis yang ditanam diantaranya *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* dengan jarak tanam sejauh 0.25 x 0.25 m, 0.5 x 0.5 m, dan 1 x 1 m (Kusmana 2010).

Evaluasi tegakan dalam program rehabilitasi penting untuk dilakukan untuk melihat sejauh mana penanaman yang telah dilakukan berhasil dalam merehabilitasi kawasan yang semula terdegradasi. Karena pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, maka perlu juga melihat keterkaitan antara faktor-faktor lingkungan terhadap pertumbuhan mangrove yang ditanam. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur pertumbuhan mangrove yang ditanam dengan teknik guludan, mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mangrovenya, dan menganalisis hubungan keduanya.

1 Staf Peneliti FORCLIME-FC Module

* Penulis korespondensi:

e-mail : reyna.ashari@gmail.com

2 Staf pengajar Dept. Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB

3 Staf pengajar Dept. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kawasan Hutan Mangrove Angke Kapuk, Tol Sedyatmo (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 - Februari 2017.

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang dibutuhkan untuk pengukuran data di lapangan, yaitu: GPS, *roll meter*, klinometer, refraktometer, pH indikator, plastik, dan sekop. Pengolahan data dan analisis menggunakan perangkat lunak Ms. Excel, IBM SPSS Statistic ver.22, dan Amos Graphic ver.22

Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan pada 40 guludan contoh pada tahun tanam 2010, 2011, 2012, dan 2013. Pengumpulan data di lapangan dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

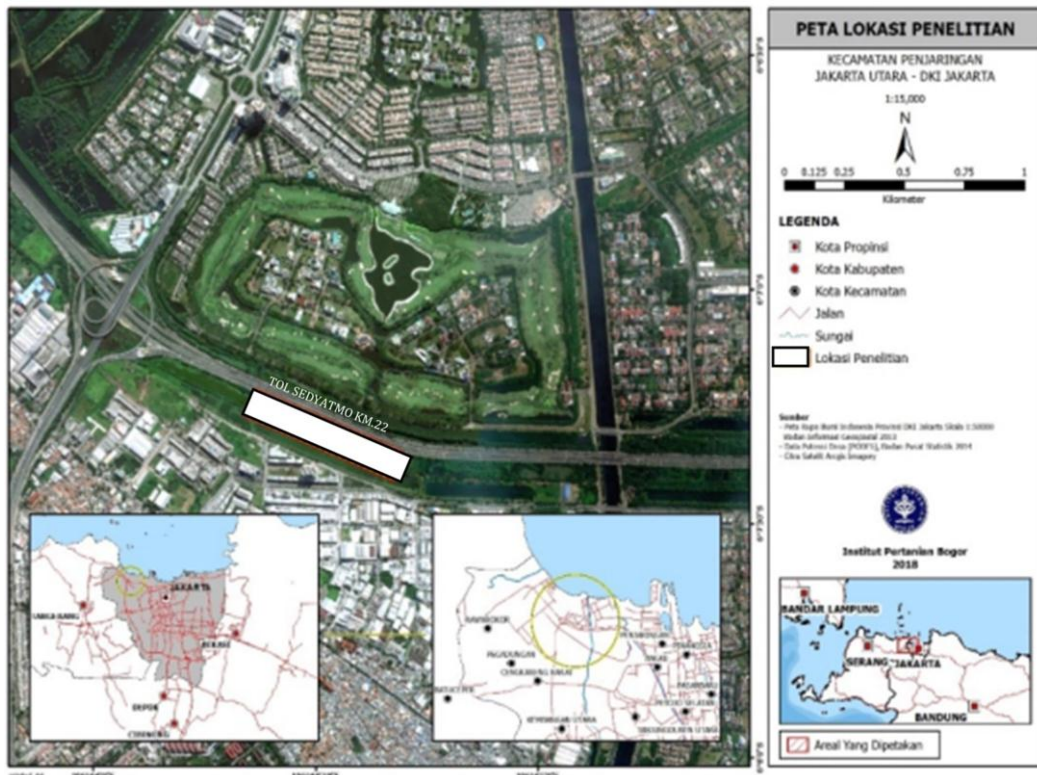
1. Persiapan, yaitu mengecek dan menomori guludan serta menyiapkan alat untuk pengukuran.
2. Penghitungan populasi pohon dan pengukuran tinggi dan diameter batang. Pohon di dalam guludan, baik yang ditanam maupun yang tumbuh secara alami, dihitung jumlahnya, kemudian diukur diameternya pada posisi tinggi 130 cm (DBH) dan tinggi total pohon.
3. Pengukuran faktor lingkungan
 - a. Kedalaman air diukur di setiap sisi guludan sejauh 50 cm dari batas guludan

- b. Contoh tanah diambil pada dua guludan di setiap tahun tanam, pada kedalaman 20 cm. Contoh ini kemudian diambil sebanyak 20 gram untuk diukur pHnya dengan cara tanah dilarutkan menggunakan botol film dengan perbandingan air dan tanah 6:1, dikocok selama 10 menit dan diendapkan hingga warna air agak jernih, lalu pH indikator dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Contoh lainnya dengan berat masing-masing 500 gram dianalisis di laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisik (fraksi liat, pasir, dan lumpur), salinitas, dan kandungan unsur hara makronya (N, P, K, Ca, dan Mg).
- c. Contoh air di sekitar guludan diambil dan diukur salinitasnya menggunakan refraktometer.

Analisis Hubungan Tegakan Mangrove dengan Faktor Lingkungan

Keterkaitan antara tegakan mangrove dengan faktor lingkungan fisik dianalisis dengan analisis regresi. Variabel-variabel yang dibandingkan, yaitu tegakan *R. mucronata* dan *S. caseolaris*, meliputi kerapatan tegakan, diameter rata-rata, tinggi rata-rata, dan basal area; terhadap variabel faktor lingkungan, yaitu unsur hara (N-total, P, K, Mg, Ca, dan Na), tekstur tanah (komposisi tekstur pasir, debu, dan liat), dan faktor-faktor lingkungan lainnya (KTK, pH tanah, suhu udara, kelembaban udara, ketinggian muka air di dalam guludan, dan keberadaan gulma).

Untuk melihat pengaruh faktor lingkungan terhadap keseluruhan variabel tegakan, maka dilakukan analisis *structural equation modeling* (SEM) menggunakan *software AMOS 18.0*. Variabel-variabel tegakan dibangun kembali menjadi suatu variabel laten



Gambar 1 Lokasi penelitian di Kawasan Hutan Mangrove Angke Kapuk, Tol Sedyatmo

(konstruk), yaitu variabel yang tidak dapat diukur secara langsung kecuali dengan menggunakan satu atau lebih variabel lain yang terukur. Variabel-variabel kerapatan tegakan, diameter, tinggi, dan basal area *R. mucronata* digunakan untuk membangun variabel laten tegakan *R. mucronata*. Begitu juga halnya dengan variabel laten untuk *S. caseolaris*.

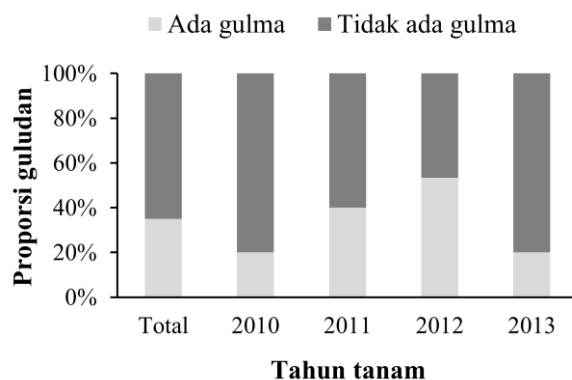
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tegakan Mangrove

Penanaman mangrove dengan teknik guludan mensyaratkan penanaman dengan jarak tanam yang cukup rapat, yaitu di bawah 1 m x 1 m (Kusmana 2010). Pada lokasi penelitian, jarak tanam yang digunakan adalah 0.5 m x 0.5 m. Jumlah bibit yang ditanam sebanyak 200 bibit/guludan dengan menggunakan jenis *R. mucronata*. Hingga penelitian dilakukan, persentase bibit yang bertahan hidup kurang dari 50% (Tabel 1).

Tegakan di lokasi penelitian termasuk dalam kategori pancang (Tabel 1). Dari segi basal area, nilai terbesar ditunjukkan oleh guludan tahun 2010 dan 2013. Guludan tahun 2011 dan 2012 memiliki basal area kurang dari 10 m²/ha. Tumbuhnya jenis *S. caseolaris* secara alami dan mengokupasi ruang tumbuh *R. mucronata* di kedua guludan tersebut adalah penyebabnya. Basal area *S. caseolaris* (Tabel 1) pada guludan di kedua tahun tersebut bahkan lebih besar dibandingkan *R. mucronata* yang ditanam.

Tumbuhan lain yang tidak masuk dalam kategori



Gambar 2 Proporsi guludan yang diserang gulma pada setiap kelompok tahun tanam

tumbuhan mangrove ditemukan hidup di dalam guludan dan dikategorikan sebagai gulma sebab mengganggu pertumbuhan mangrove di dalam guludan. Jenis-jenis tersebut antara lain *Breynia coronata*, *Calopogonium mucunoides*, *Cayratia trifolia*, *Imperata cylindrica*, *Leucaena leucocephala*, *Passiflora foetida* dan *Asystasia gangetica* yang berhabitus liana tak berkayu (non-woody liana). Jenis lain seperti *Ipomoea aquatica* dan *Eichhornia crassipes* umum dijumpai pada guludan yang sudah terendam. Proporsi guludan yang diserang gulma mencapai 35% dari keseluruhan guludan yang ada (Gambar 2). Guludan tahun 2012 dan 2011 menempati posisi teratas dengan proporsi masing-masing 53.33% dan 40%.

Karakteristik Lingkungan Fisik Mangrove

Salinitas

Lokasi penelitian letaknya cukup jauh dari laut dan terkepung oleh pemukiman. Lokasi berbatasan dengan Cengkareng drain yang menjadi sumber air bagi ekosistem mangrove di lokasi tersebut. Dengan kondisi yang demikian, salinitas air juga turut terpengaruh. Hasil pengukuran menunjukkan salinitas air di semua titik pengukuran sebesar 0 ppm. Ini juga turut dipengaruhi oleh kondisi cuaca saat pengukuran yang hujannya fluktuatif.

Suhu dan kelembaban udara

Guludan masih berada pada satu lokasi yang sama dan letaknya berdekatan sehingga hasil pengukuran iklim mikro menunjukkan hasil yang cenderung sama (Tabel 2). Secara keseluruhan, rata-rata suhu udara selama pengukuran berlangsung sebesar 27.63 ± 0.38 °C. Sementara itu kelembaban udaranya rata-rata sebesar 68.08 ± 1.74 %.

Tabel 2 Rata-rata suhu dan kelembaban udara harian di lokasi pengamatan

Tahun tanam	Suhu udara (°C)	Kelembaban (%)
2010	25.50 ± 1.08	73.00 ± 3.48
2011	27.80 ± 0.92	69.80 ± 5.24
2012	29.25 ± 0.38	62.73 ± 1.58
2013	26.43 ± 0.78	72.00 ± 3.41

Tabel 1 Parameter struktur tegakan mangrove di guludan

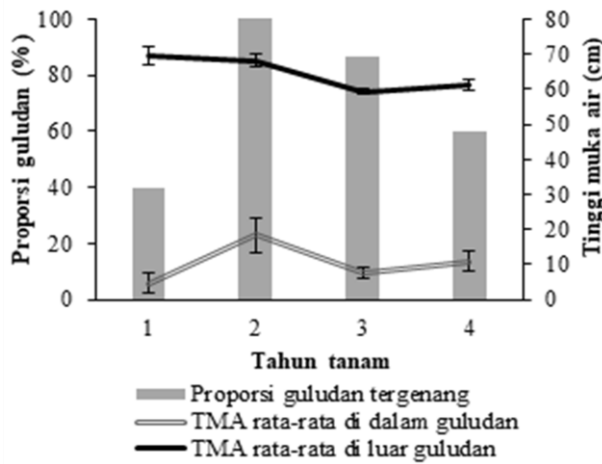
Jenis	Tahun tanam	Kerapatan (Ind/guludan)	% hidup	Diameter rata-rata (cm)	Tinggi rata-rata (m)	Basal area rata-rata (m ² /ha)
<i>R. mucronata</i>	2010	93	46.70	3.91	4.59	28.87
	2011	44	22.00	2.59	2.51	6.03
	2012	73	36.67	2.44	2.46	8.81
	2013	113	56.53	2.53	2.61	14.67
<i>S. caseolaris</i>	2010	1		12.10	5.96	2.88
	2011	12		7.28	4.50	17.23
	2012	15		9.38	5.29	24.79
	2013	1		9.09	3.78	1.43

Tinggi muka air (TMA)

Guludan di lokasi penelitian dibangun di dalam bekas tambak yang kedalamannya lebih dari 50 cm. Kondisi ini menyebabkan beberapa guludan memiliki genangan atau terendam. Genangan di dalam guludan berada pada kisaran 1.4 cm – 30.4 cm. Kelompok guludan tahun 2011 semuanya dalam kondisi tergenang dan rata-rata TMA di dalam guludannya pun paling tinggi dibandingkan dengan kelompok guludan yang lain, yaitu 18.32 cm. Proporsi guludan tergenang tertinggi berikutnya ditempati oleh kelompok guludan tahun 2012, sebesar 86.67%. Meskipun demikian, TMA di dalam guludan tahun 2012 rata-rata hanya 7.41 cm, lebih rendah dibandingkan guludan tahun 2013 dengan rata-rata 10.84 cm. Proporsi guludan tergenang dan rata-rata TMA dalam guludan terendah yaitu pada kelompok guludan tahun 2010, masing-masing sebesar 20% dan 4.68 cm.

Sifat fisik tanah

Tanah yang digunakan sebagai media tumbuh bagi tanaman di guludan adalah campuran dari lumpur dan tanah mineral dengan perbandingan 7:3. Media tumbuh



Gambar 3 Proporsi guludan tergenang dan TMA rata-rata di dalam dan luar guludan

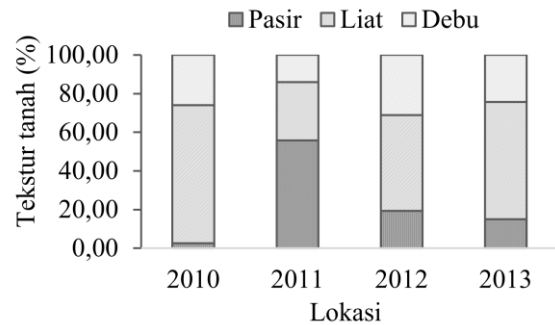
berupa lumpur dan tanah mineral meniru kondisi substrat tumbuh alami mangrove yang cenderung didominasi oleh fraksi liat. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa fraksi liat mendominasi di tiga kelompok guludan, yaitu guludan tahun 2013, 2012, dan 2010 (Gambar 4). Berbeda dengan ketiga kelompok tersebut, guludan 2011 justru didominasi fraksi pasir. Kelas tekstur tanah di lokasi penelitian juga sebagian besar adalah liat, hanya guludan tahun 2011 yang termasuk lempung liat berpasir.

Sifat kimia tanah

Sifat kimia tanah di lokasi penelitian dijelaskan oleh hasil analisis pH, daya hantar listrik tanah, KTK tanah, dan kandungan unsur hara. Sifat kimia tanah ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, terutama unsur hara yang digunakan oleh tumbuhan dalam proses pertumbuhannya. Masing-masing unsur memiliki peranan masing-masing yang tidak bisa digantikan oleh unsur lainnya. Komponen sifat kimia tanah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3.

Hubungan Tegakan Mangrove dengan Faktor Lingkungan Fisik

Hubungan parameter tegakan mangrove dengan faktor-faktor lingkungan fisik guludan diungkapkan melalui analisis regresi. Parameter tegakan mangrove terdiri dari jumlah rata-rata individu *R. mucronata* dan



Gambar 4 Persentase komposisi tekstur tanah di setiap kelompok guludan

Tabel 3 Komponen sifat kimia tanah pada masing-masing kelompok tahun tanam

Tahun Tanam	Kjeldhal	Bray I	N NH ₄ OAc pH 7.0				KTK	KB	DHL	pH
	N (%)	P (ppm)	Ca	Mg	K	Na				
2010	0.00 SR	7.55 SR	23.45 ST	11.41 ST	2.55 ST	5.14 ST	23.75 SD	100 ST	747 R	6.07 AM
2011	0.38 R	8.95 SR	35.90 ST	8.79 ST	1.36 ST	2.81 ST	20.75 SD	100 ST	740 R	6.90 N
2012	0.28 R	10.95 R	36.01 ST	8.47 ST	2.12 ST	3.59 ST	39.27 ST	99.35 ST	640 R	6.77 N
2013	0.22 R	10.58 R	29.80 ST	8.81 ST	2.00 ST	3.77 ST	36.65 ST	100 ST	881.50 R	6.58 N

Keterangan : SR = sangat rendah ; R = rendah ; SD = sedang ; T = tinggi ; ST = sangat tinggi; AM = agak masam; N = netral (Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah LPT (1983) dalam Hardjowigeno (2010))

S. caseolaris di guludan, diameter rata-rata, tinggi rata-rata, dan basal area. Selain menganalisis masing-masing parameter tegakan, dibangun pula suatu variabel laten untuk menggambarkan kondisi tegakan secara keseluruhan berdasarkan parameter-parameter tegakan yang dimiliki. Sementara itu, faktor lingkungan yang dianalisis yaitu unsur hara (N-total, P, K, Mg, Ca, dan Na), tekstur tanah (komposisi tekstur pasir, debu, dan liat), dan faktor-faktor lingkungan lainnya (KTK, pH tanah, suhu udara, kelembaban udara, ketinggian muka air di dalam guludan, dan keberadaan gulma). Hasil analisis regresi mengungkapkan bahwa beberapa parameter lingkungan memiliki korelasi dengan parameter tegakan (Tabel 4).

Interaksi antara parameter lingkungan dengan parameter tegakan mangrove di guludan menunjukkan terdapat beberapa hubungan yang signifikan. Secara umum, parameter-parameter lingkungan yang signifikan dengan parameter-parameter tegakan (nilai $p < 0.001$) yaitu unsur hara N-total, P, Mg, Ca, Na, komposisi tekstur liat, KTK, salinitas tanah, pH tanah, dan tinggi muka air di dalam guludan. Variabel laten tegakan *R. mucronata* paling dipengaruhi oleh N-total, NA, tekstur liat, dan KTK, sedangkan tegakan *S. caseolaris* oleh N-total dan salinitas tanah.

Penerapan teknik guludan di pesisir Jakarta Utara menjadi salah satu usaha untuk merehabilitasi kawasan mangrove yang rusak pasca dikonversi menjadi tambak. Teknik yang diinisiasi sejak tahun 2008 ini telah menunjukkan hasil yang baik. Di Blok Elang Laut, tempat penelitian berlangsung, tegakan mangrove yang ditanam dengan teknik ini nampak tumbuh tinggi dan rapat.

Pada awal penanaman, tanah di guludan dibuat lebih tinggi 20 cm dari muka air dengan tujuan untuk memperpendek genangan air sampai pada zona perakaran bibit mangrove (Kusmana 2010). Tanah

lapisan atas di beberapa guludan kemudian terkikis karena kejadian banjir di tahun 2013 (Purwanegara 2016), hingga akhirnya beberapa guludan tergenang (terutama guludan tahun 2011 dan 2012). Jenis *S. caseolaris* umumnya tumbuh secara alami di guludan tergenang seperti ini. Benihnya berasal dari pohon induk yang tumbuh di tanggul-tanggul pembatas bekas tambak.

Pada guludan tahun 2011 dan 2012, nampak bahwa *S. caseolaris* lebih dominan dibandingkan dengan *R. mucronata* jika dilihat dari basal areanya. Pertumbuhan *S. caseolaris* lebih cepat dibandingkan dengan *R. mucronata* karena jenis tersebut termasuk jenis pionir di ekosistem mangrove yang pertumbuhannya pesat sekali, terlihat dari diameter dan tinggi rata-rata yang lebih besar. Sayangnya, pertumbuhan *S. caseolaris* yang pesat tidak diikuti dengan kemampuan mengikat tanah dengan kuat. Struktur akar *S. caseolaris* berupa akar pasak (*pneumatophores*) yang tidak terlalu menghunjam ke dalam tanah, berbeda dengan akar tunjang (*stilt roots*) *R. mucronata* yang mampu mengikat tanah yang menjadi pijakannya. Sementara itu, substrat tumbuh mangrove di dalam guludan berupa tumpukan karung berisi campuran lumpur dan mineral yang tidak begitu kokoh. Hal ini membuat pohon-pohon *S. caseolaris* cenderung tumbuh miring, bahkan beberapa diantaranya rentan tumbang saat diterpa angin kencang. Pohon yang tumbang ini menimpa pancang dan semai *R. mucronata* di sekitarnya serta membuat tumpukan karung terangkat dan terburai.

Lumpur dan tanah mineral sebagai media tanam mengikat satu sama lain dengan cukup baik. Penggunaan karung dimaksudkan agar tanah tidak mudah terbawa oleh air. Karung yang digunakan berupa karung berbahan plastik yang tidak begitu tebal. Akar *R. mucronata* dengan gampang menyusup ke sela-sela karung ini dan mengaitkan akarnya. Seiring dengan

Tabel 4 Nilai p-value berdasarkan analisis regresi antara parameter tegakan *R. mucronata* dan *S. caseolaris* dengan faktor-faktor lingkungan fisiknya

Faktor Lingkungan Fisik	<i>R. mucronata</i>					<i>S. caseolaris</i>				
	Te	N	D	T	BA	Te	N	D	T	BA
<i>Kandungan unsur hara primer</i>										
N-total	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P	0.073	***	***	0.019	0.173	0.00	0.012	0.017	0.005	0.001
K	0.039	0.058	0.210	0.024	0.403	0.066	0.130	0.179	0.080	0.017
Mg	0.688	0.051	0.903	0.905	0.211	0.107	***	0.618	0.088	***
Ca	0.612	0.142	0.089	0.566	0.895	0.248	***	0.382	0.233	***
Na	***	0.018	***	***	0.117	0.022	0.071	0.052	0.031	0.018
<i>Tekstur tanah</i>										
Pasir	0.891	0.336	0.015	0.711	0.764	0.586	0.036	0.410	0.604	0.092
Debu	0.597	0.096	0.730	0.979	0.288	0.299	0.043	0.594	0.294	0.044
Liat	***	0.007	0.002	***	***	0.260	0.968	0.074	0.371	0.801
<i>Faktor lingkungan fisik lainnya</i>										
KTK	***	0.018	***	***	***	0.039	***	0.186	0.056	***
Salinitas tanah	0.003	***	***	***	0.070	***	***	***	***	***
pH tanah	0.206	0.034	***	0.222	0.957	0.624	0.139	0.612	0.641	0.101
Suhu udara	0.166	0.251	0.050	0.279	0.041	0.159	0.006	0.310	0.090	0.003
Kelembaban udara (RH)	0.046	0.064	0.248	0.050	0.038	0.852	0.010	0.913	0.677	0.003
TMA di dalam guludan	0.021	***	***	0.003	0.460	0.088	***	***	0.112	0.016
Gulma	0.747	0.559	0.087	0.922	0.536	0.003	0.611	0.004	0.003	0.060

Keterangan: Tingkat signifikansi: *** $p < 0.001$; N = jumlah rata-rata individu/guludan; Te = variabel laten tegakan; D = diameter rata-rata (cm); T = tinggi rata-rata (cm); BA = basal area (m^2/ha)

waktu, karung tersebut menjadi tua dan rusak, kemudian hanya menyisakan tanah yang menumpuk. Begitu juga dengan bambu yang menjadi pembatasnya, akan tua dan lapuk. Kemampuan akar *R. mucronata* mengikat tanah sangat berguna dalam mencegah tanah tersebut terbawa oleh air.

Jika dilihat dari tekstur tanah, nampak bahwa fraksi liat mendominasi di hampir semua tahun tanam. Pengecualian pada guludan tahun tanam 2011 yang lebih didominasi dengan pasir. Hal ini terjadi karena tanah yang dimasukkan ke dalam karung sebagian diisi dengan pasir. Sebenarnya hutan mangrove tropis di dunia umumnya tidak terspesialisasi tumbuh pada tanah dengan komposisi fraksi tertentu saja, namun pola yang terlihat menunjukkan bahwa tekstur tanah di mangrove cenderung mengandung liat (Hossain & Nuruddin 2016). Hal yang mengkhawatirkan dari tanah dengan fraksi pasir yang lebih dominan adalah tanah tersebut lebih mudah buyar dan terangkut bersama air.

Kandungan unsur hara di guludan menunjukkan bahwa tanah di guludan tersebut memiliki hara tersedia yang dapat digunakan oleh tumbuhan untuk bertumbuh dan berkembang. Unsur hara yang paling mempengaruhi pertumbuhan tegakan mangrove di guludan adalah kandungan N dalam tanah, seperti halnya ekosistem perairan lainnya yang pertumbuhannya dibatasi oleh kandungan hara N (Reef *et al.* 2010). Hanya saja nilai N di guludan berada dalam kategori rendah dan sangat rendah, dipengaruhi oleh cukup banyak guludan yang terendam air. Meskipun demikian, tegakan mangrove dapat tumbuh dengan baik walaupun kondisi tanahnya miskin hara, sebab mangrove memiliki strategi mengelola hara dengan baik yang berasal dari strategi siklus hara dan konservasi hara yang efisien (Krauss *et al.* 2008; Reef *et al.* 2010).

Kandungan fosfor (P) dalam tanah di guludan berpengaruh pada pertumbuhan *R. mucronata*, namun kandungannya di dalam tanah tergolong sangat rendah. P dalam tanah mangrove sering kali tidak tersedia untuk digunakan oleh tanaman sehingga membutuhkan bantuan dari asosiasi mikoriza (Reef *et al.* 2010). Kalium (K) nampaknya tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tegakan mangrove, meskipun kandungan K di lokasi penelitian tergolong sangat tinggi (Tabel 3). Ketersediaan K berperan dalam perkembangan akar, mempertinggi daya tahan tumbuhan terhadap kekeringan (Hardjowigeno 2010). Selain itu, tumbuhan membutuhkan K dalam regulasi osmosis, aktivasi enzim, sintesis protein dan metabolisme fotosintesis. Kekurangan K^+ mempengaruhi fungsi klorofil dan fotosintesis. Dalam kondisi salin, kation Na^+ dapat mengganggu penyerapan K^+ sehingga mengurangi efisiensi serapannya dari tanah (Reef *et al.* 2010). Dari Tabel 4, terlihat bahwa Natrium (Na) berpengaruh pada pertumbuhan *R. mucronata*. Unsur Na esensial bagi tanaman tumbuhan yang hidup pada daerah dengan salinitas tinggi karena unsur ini terlibat dalam pergerakan air (osmosis) dan keseimbangan ion di dalam tanah. Na^+ berpengaruh baik pada tumbuhan yang hidup di daerah miskin K karena unsur hara ini dapat menggantikan sebagian fungsi K (Munawar 2011).

Unsur hara kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) juga turut berpengaruh terhadap pertumbuhan mangrove, terutama *S. caseolaris*. Kandungan keduanya berada dalam kategori sangat tinggi. Kehadiran Ca yang merupakan kation yang cukup penting dalam tanah sebab dapat mengurangi efek kemasaman (Hakim *et al.* 1986). Selain itu, peran Ca dalam pertumbuhan vegetasi yaitu sebagai penyusun dinding sel dan berperan dalam pembelahan sel (Hardjowigeno 2010). Unsur hara Mg dalam tanah berperan dalam pembentukan klorofil pada tumbuhan, gejala kekurangan Mg yaitu daun menguning (Hardjowigeno 2010).

Salinitas di lokasi penelitian tergolong agak salin dan diketahui berpengaruh pada pertumbuhan tegakan di dalam guludan, begitu juga dengan genangan air di dalam guludan. Mangrove telah membangun mekanisme adaptasi untuk mengatasi kedua permasalahan ini. Mangrove dapat mengakumulasi dan mensekresi garam yang terserap ke dalam tubuhnya serta memiliki akar napas yang membantu dalam menyerap oksigen pada tanah yang terendam (Lovelock *et al.* 2016; Saenger 2002).

Gulma terlihat tidak memberikan pengaruh pada pertumbuhan tegakan di dalam guludan contoh yang saat ini berada pada fase pancang, namun kehadiran gulma sebenarnya menjadi ancaman serius di awal periode penanaman. Gulma tumbuh pada tanah yang cukup kering dan merambat batang-batang *R. mucronata* hingga menutupi tajuknya. Dalam kondisi demikian, banyak *R. mucronata* yang mati karena patah akibat tidak mampu menahan beban gulma di tajuknya dan kesulitan memperoleh cahaya matahari. Protokol rehabilitasi dengan teknik guludan mensyaratkan adanya kegiatan pemeliharaan. Perawatan ini seharusnya berlangsung hingga *R. mucronata* berumur tiga tahun, waktu-waktu cukup rentan bagi pertumbuhan awal *R. mucronata* sebab masih dalam fase semai. Setelah umur tiga tahun, semai *R. mucronata* sudah masuk ke dalam fase pancang dan dinilai sudah cukup kuat untuk tumbuh tanpa kegiatan perawatan. Pada kenyataannya, tidak ada kegiatan pemeliharaan sama sekali pada guludan yang dibangun. Meskipun hasilnya menunjukkan banyak guludan yang tegakannya masih mampu bertahan hidup, namun ada juga yang tegakannya mati. Gulma bahkan ditemukan pula pada tegakan yang sudah didominasi pohon, seperti pada guludan tahun 2010 yang tajuknya masih dirambati liana. Namun adanya liana di guludan ini tidak terlalu berpengaruh pada tegakan *R. mucronata* yang sudah masuk fase pohon mengingat tajuk dan batangnya sudah lebih kuat.

Gulma tidak hanya menyerang *R. mucronata* saja, namun juga *S. caseolaris* di dalam guludan. Pada guludan yang tergenang dan terdapat *S. caseolaris* di dalamnya, gulma umumnya tumbuh di dekat batang *S. caseolaris*. Hal ini disebabkan akar *S. caseolaris* yang berupa akar pasak tumbuh dan mengangkat sejumlah tanah yang menjadi pijakannya. Selain itu, akar pasak ini sangat efektif dalam memerangkap dedaunan yang jatuh sehingga cukup banyak humus yang memicu pertumbuhan gulma. Adanya *S. caseolaris* dalam guludan juga menguntungkan bagi pertumbuhan *R. mucronata* sebab gulma akan memanjat pohon yang

lebih tinggi untuk memperoleh cahaya matahari yang lebih banyak. Dengan demikian, *R. mucronata* dapat terbebas dari cengkeraman gulma.

SIMPULAN

R. mucronata tumbuh dengan baik di guludan, diikuti dengan pertumbuhan *S. caseolaris* secara alami. Keduanya didominasi oleh individu pada fase pancang. Persaingan antar jenis maupun sesama jenis tidak dapat dihindarkan dan hal ini mempengaruhi pertumbuhan tegakan di dalam guludan. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove di dalam guludan adalah unsur hara N-total, P, Mg, Ca, Na, komposisi tekstur liat, KTK, salinitas tanah, pH tanah, dan tinggi muka air di dalam guludan.

DAFTAR PUSTAKA

- [BAKOSURTANAL] Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. 2009. *Peta Mangroves Indonesia*. Jakarta (ID): Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut, BAKOSURTANAL.
- Ellison AM. 2000. Mangrove restoration: do we know enough?. *Restor ecol* 3: 219-229.
- Field CD. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Marine Pollution Bulletin* 37: 8-12.
- Giesen W, Wulffrat S, Zieren M, Scholten L. 2006. *Mangrove guidebook for Southeast Asia*. Bangkok (TH): FAO and Wetlands International.
- Hakim N, Nyakpa Y, Lubis AM, Nugroho SG, Diha A, Go BH, Bailey HH. 1986. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Lampung (ID): Universitas Lampung Pr.
- Hardjowigeno S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Hossain MD, Nuruddin AA. 2016. Soil and mangrove: a review. *J Environ Sci Technol* 9(2): 198-207. doi: 10.3923/jest.2016.198.207.
- Krauss KW, CE Lovelock, KL McKee, L López-Hoffman, SML Ewe, WP Sousa. 2008. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. *Aquabot* 89:106-127.
- Kusmana C. 2010. The Growth of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia* seedlings planted using guludan technique in coastal area of Jakarta. Di dalam: 5th Kyoto University Southeast Asia Forum, Conference of the earth and space sciences; Bandung, 7-8 Januari 2010. Bandung (ID): Bandung Technology Institute.
- Kusmana, Istomo, T Purwanegara. 2014. Teknik guludan sebagai solusi metode penanaman mangrove pada lahan yang tergenang air yang dalam. *JRKPL* 1(3): 165-171.
- Lovelock CE, Krauss KW, Osland MJ, Reef R, Ball MC. 2016. The Physiology of Mangrove Trees with Changing Climate. Di dalam: Goldstein G & Santiago LS, editor. *Tropical Tree Physiology: Adaptations and Responses in a Changing Environment*. Switzerland: Springer International Pub.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor (ID): PT. Penerbit IPB Press.
- Nurkin B. 1994. Degradation of mangrove forests in South Sulawesi, Indonesia. *Hydrobiologia* 285: 271-276.
- Purwanegara T. 2016. Mangrove. Laporan kegiatan rehabilitasi. Tidak dipublikasikan.
- Reef R, IC Feller, CE Lovelock. 2010. Nutrition of mangroves. *Tree Physiology* 30: 1148-1160.
- Saenger P. 2002. *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Dordrecht (NL): Kluwer Academic Publisher.
- Stevenson NJ, RR Lewis, PR Burbridge. 1999. Disused shrimp ponds and mangrove rehabilitation. Di dalam: Streever W, editor. *An International Perspective on Wetland Rehabilitation*. Dordrecht (NL): Springer Netherland.
- Valiela I, Bowen JL, York JK. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51(10): 808-815.
- Wolanski E, S Spagnol, S Thomas, K Moore, DM Alongi, L Trott, A Davidson. 2000. Modelling and visualizing the fate of shrimp pond effluent in a mangrove-fringes tidal creek. *J ECSS* 50: 85-9.