

Peran *Tasamu Rawanang* dalam Restorasi Hutan Mangrove di Pesisir Kampung Asai Kabupaten Kepulauan Yapen Papua

Orgenes Bleskadir¹, Nurhani Widiastuti^{1*}, Fanny Fransina Carolina Simatauw¹, Ruben Bais Rumbiak², Imam Setiawan³, Emmanuel Manangkalangi¹, Fitriyah Irmawati Elyas Saleh¹

¹Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban Manokwari, Papua Barat 98314 Indonesia

²WWF Indonesia Program Papua
Jl. Pos 7 Atas 99359 Kabupaten Jayapura, Papua, Indonesia

³Perkumpulan Kukuruga

³Dukuh Gunung Gempal, Desa Giri Peni, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, D.I. Yogyakarta 55651, Indonesia
Corresponding author, email: n.widiastuti@unipa.ac.id

ABSTRAK: Sebagai upaya memulihkan kondisi perikanan dan ekosistem pesisir, masyarakat Kampung Asai melaksanakan *tasamu rawanang* (peleh lautan) yang berlangsung sejak Agustus 2022. Penelitian ini dilaksanakan pada April hingga Mei 2023, bertujuan untuk mengetahui apakah restorasi mangrove secara alami dapat terjadi tanpa adanya penanaman mangrove, melalui pengkajian struktur vegetasi mangrove dan indeks ekologi mangrove. Untuk memperoleh data vegetasi digunakan metode transek kuadran di 3 stasiun. Struktur komunitas mangrove yang dianalisis adalah Indeks Nilai Penting (INP) dan indeks ekologi yang dianalisis antara lain indeks keanekaragaman, indeks kemerataan, dan indeks dominansi. Hasil penelitian menginformasikan bahwa terdapat 11 jenis mangrove sejati. INP tingkat pohon tertinggi adalah *R. apiculata* (154,743%) diikuti *B. gymnorhiza* (59,696%) dan *R. mucronata* (26,655%). Pada tingkat anakan dan semai, *R.apiculata* juga memiliki INP tertinggi. Nilai rata-rata keanekaragaman pada tingkat pohon adalah 1,263, tingkat anakan 1,165 dan tingkat semai 1,051, yang masuk dalam kelas keanekaragaman sedang. Indeks kemerataan jenis pada tingkatan pohon berkisar antara 0,595-0,625. Untuk tingkat anakan berkisar antara 0,626-0,786. Sedangkan untuk tingkatan semai berkisar antara 0,768-0,772. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran individu mangrove di lokasi penelitian cenderung merata atau memiliki tingkat kemerataan yang tinggi. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pelaksanaan *tasamu rawanang* selama 9 bulan telah berkontribusi positif terhadap restorasi mangrove secara alami. Meskipun demikian, kondisi ekosistem masih mengalami tekanan sehingga upaya pengelolaan berkelanjutan yang inklusif harus terus diupayakan.

Kata kunci: mangrove; regenerasi; restorasi; sasi, tasamu rawanang.

The role of Tasamu Rawanang in restoring mangrove forests on the coast of Asai village, Yapen Islands Regency, Papua

ABSTRACT: The Asai village community has been conducting *tasamu rawanang* since August 2022 to restore the condition of fisheries and coastal ecosystems. This research was conducted from April to May 2023 to determine whether natural mangrove restoration can occur without mangrove planting by studying mangrove vegetation structure and the mangrove ecological index. To obtain vegetation data, the quadrant transect method was used at three stations. The mangrove community structure analysed was the Important Value Index (INP), and the ecological indices analysed were the Diversity Index, Uniformity Index, and Dominance Index. The study's results indicate that there are 11 true mangrove species. The highest INP at the tree level was *R. apiculata* (154.743%), followed by *B. gymnorhiza* (59.696%) and *R. mucronata* (26.655%). At the sapling and seedling level, *R. apiculata* also had the highest INP. The species uniformity index at the tree level ranged from 0.595 to 0.625. For the sapling level, it ranged from 0.626 to 0.786. At the seedling level, it ranged from 0.768 to 0.772. This shows that the distribution of mangrove individuals in the study area tends to be even, or at least highly uniform. Furthermore, this study's findings demonstrate that, even within a relatively short 9-month implementation period, the *Tasamu* approach has contributed

to natural mangrove restoration. Nevertheless, the ecosystem remains under pressure, and inclusive, sustainable management efforts need to continue.

Keywords: mangrove; regeneration; restoration; sasi; tasamu rawanang.

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu ekosistem paling penting di wilayah pesisir, mangrove mempunyai nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi pula. Ekosistem mangrove dapat berkontribusi positif dalam mengendalikan laju perubahan iklim global dan dinamika ekologi suatu ekosistem, selain itu ekosistem mangrove juga memiliki fungsi sebagai stabilitas ekologi (*ecological stability*) atau keseimbangan ekosistem, sumber nutrisi (*nutrientsources*), sebagai area pembibitan (*nursery ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan tempat pemijahan (*spawning ground*) (Saru, Idrus dan Ilham, 2020). Ekosistem mangrove juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena menghasilkan bahan dasar untuk keperluan rumah tangga dan industri seperti bahan bangunan, kayu bakar, arang kayu, dan bahan baku pembuatan kertas (Kusmana dan Sukristijono, 2016; Bimrah *et al.*, 2022). Karena pentingnya nilai ekologi dan ekonomis tersebut, maka ekosistem mangrove tergolong sebagai ekosistem yang produktif di wilayah pesisir dan sudah selayaknya untuk dipertahankan keberadaan dan kualitasnya (Bengen, 2004).

Indonesia adalah rumah bagi hampir 20% hutan mangrove dunia (Spalding and Leal (editors), 2021), namun di sisi lain deforestasi mangrove (bruto) di Indonesia dari tahun 2009-2019 mencapai 182.091 ha. Terdapat tren peningkatan deforestasi mangrove pada periode 2015 hingga 2019 dimana deforestasi tertinggi terjadi secara signifikan pada hutan mangrove sekunder (Arifanti *et al.*, 2021). Berbagai upaya restorasi mangrove di Indonesia telah dilakukan, namun disebutkan pula bahwa banyak kegagalan restorasi mangrove karena kepentingan masyarakat di akar rumput tidak diintegrasikan dalam proyek restorasi (Dharmawan *et al.*, 2016).

Berbeda dengan ekosistem mangrove di selatan Papua, ekosistem mangrove di pesisir utara Papua umumnya berupa spot-spot dengan luasan yang kecil dan beberapa di antaranya telah terdegradasi, sebagaimana di Kampung Asai. Ekosistem mangrove di kampung ini mengalami kerusakan karena adanya pembukaan lahan untuk perkebunan dan pemukiman, serta pengambilan kayu sebagai bahan bakar maupun bahan bangunan. Dibandingkan dengan ekosistem lamun dan terumbu karang, sumberdaya pada ekosistem mangrove yang paling sering dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat baik untuk memenuhi kebutuhan kayu bakar, bahan bangunan, bahan perahu, maupun nira. Di sisi lain, beberapa tahun terakhir masyarakat telah merasakan dampak negatif dari kenaikan muka air laut dan gelombang pasang di mana beberapa bangunan di pesisir kampung rusak karena abrasi dan sering terpapar air laut saat pasang.

Menyadari kondisi sumberdaya pesisir yang terdegradasi sementara keberadaan ekosistem tersebut penting bagi penghidupan mereka, masyarakat Kampung Asai memberlakukan "Tasamu Rawanang". Luas kawasan yang diberlakukan untuk Tasamu Rawanang lebih kurang 284 Hektar, terdiri dari wilayah ulayat dari empat marga yaitu Kewari, Abubar, Puari, dan Raubia (WWF, 2022). Secara harfiah, tasamu rawanang dapat diartikan sebagai "peleh laut", yakni upaya melindungi dan memulihkan sumberdaya pesisir dan lautan melalui pembatasan akses pada ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang. Aturan yang berlaku selama periode tasamu (peleh) serupa dengan konsep sasi umumnya di wilayah timur Indonesia, yaitu tidak diperbolehkan mengambil sumberdaya di wilayah yang ditentukan selama periode tertentu.

Terkait dengan restorasi ekosistem mangrove, upaya pemulihan dapat dilakukan dengan penanaman, maupun melalui restorasi mangrove alami (EMR- *Ecological Mangrove Restoration*). Konsep EMR berkembang dengan kesadaran bahwa suksesi mangrove alami dimulai dengan spesies pionir yang memfasilitasi kolonisasi oleh banyak spesies lain. Ketika kondisi biofisik dan sosial-ekonomi yang mendukung dikembalikan ke tempatnya selama restorasi, alam akan melakukan sisanya. Mangrove akan tumbuh kembali secara alami, tanpa penanaman, karena tunas dan buah tersapu oleh pasang surut. Jika hal ini terjadi, kesesuaian spesies dengan lokasi akan

optimal, sehingga menghasilkan keberhasilan restorasi mangrove (Wetlands International, 2016). Selama pelaksanaan tasamu rawanang pada ekosistem mangrove, masyarakat tempatan secara tidak langsung menerapkan konsep EMR dengan memberi kesempatan kepada alam untuk memulihkan diri dengan mengurangi tekanan antropogenik, tanpa adanya upaya penanaman.

Kajian terkait restorasi alami umumnya dilakukan pada proyek-proyek EMR dengan pengelolaan professional dan melibatkan para ahli. Tidak banyak kajian yang melihat bagaimana upaya sederhana oleh masyarakat adat melalui sasi berdampak pada restorasi alami hutan mangrove. Oleh karena itu, struktur vegetasi mangrove dan indeks ekologi mangrove dikaji melalui penelitian ini, sehingga dapat diketahui apakah restorasi mangrove secara alami melalui keputusan 'peleh' atau menutup akses dapat terjadi tanpa adanya kegiatan penanaman oleh manusia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pengelolaan ekosistem mangrove berbasis masyarakat yang berkelanjutan, terutama terkait dengan pelaksanaan *Tasamu Rawanang* atau pendekatan serupa yang dilakukan oleh banyak masyarakat adat di Indonesia Timur.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kampung Asai, Distrik Windesi, Kabupaten Kepulauan Yapen, Provinsi Papua pada bulan Mei tahun 2023. Pengambilan data difokuskan pada wilayah mangrove yang berada di dalam wilayah tasamu yang telah ditutup akses pemanfaatannya selama 9 bulan yaitu sejak 29 Agustus 2022. Penentuan lokasi stasiun pengamatan vegetasi mangrove dilakukan menggunakan *purposive sampling* yang mewakili wilayah yang menghadap barat dan timur serta bersinggungan dengan sungai. Berdasarkan informasi dari masyarakat setempat, sebelum tasamu diterapkan, di lokasi tersebut masyarakat sering menebang pohon mangrove baik untuk kebutuhan kayu maupun untuk pembukaan lahan.

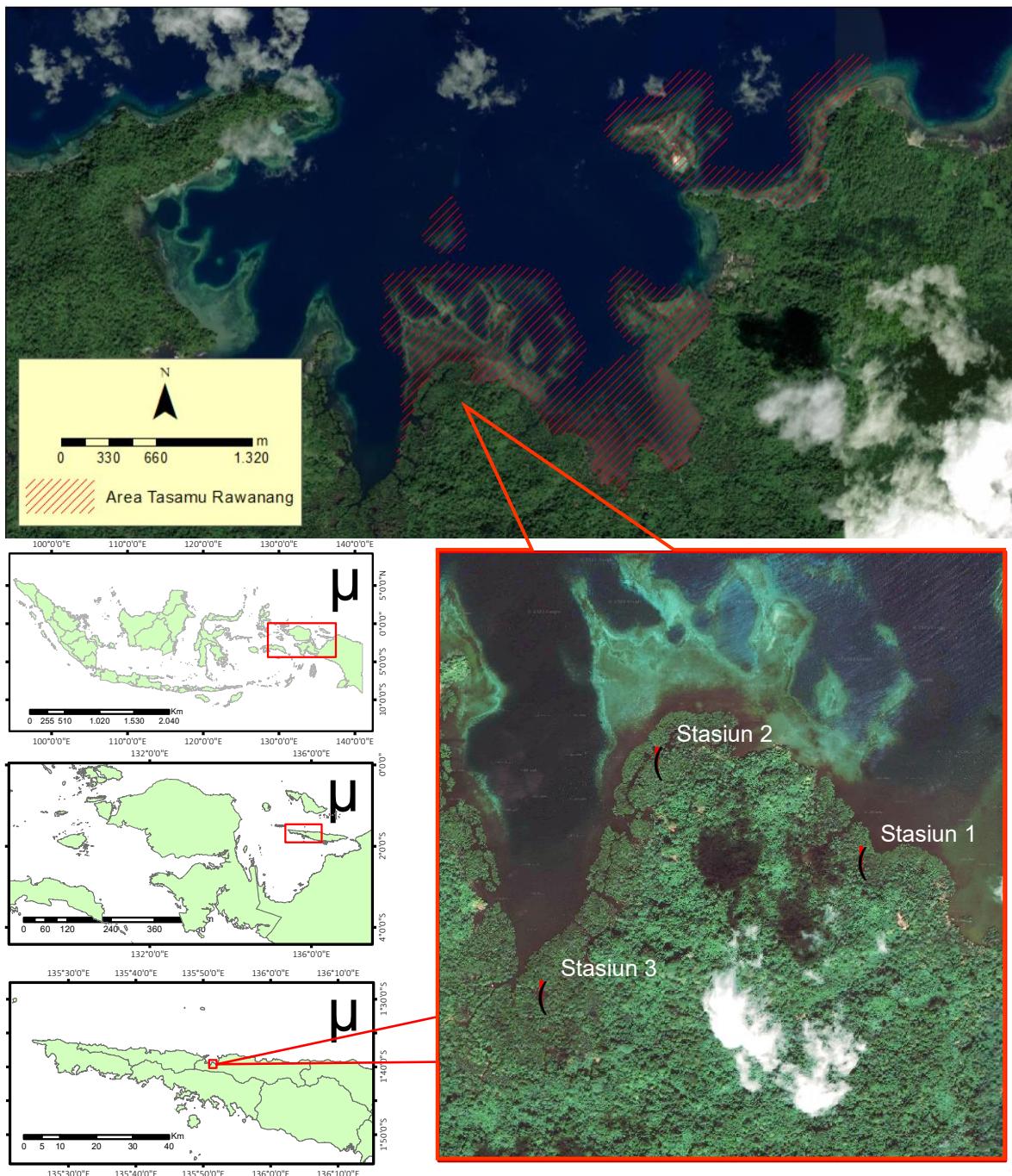
Stasiun I terletak di Ambenhinyoap atau Kampung lama, paling dekat dengan pemukiman Kampung Asai, terdapat buaan lahan kebun dan satu aliran sungai kecil yang terhubung langsung ke arah laut. Stasiun II terletak di tanjung Uyabometang. Pada stasiun II terdapat pembukaan lahan untuk rumah kebun dan jalur perahu yang sering digunakan pada saat musim angin. Stasiun III terletak di Duwir yang dimana wilayah daratannya merupakan areal buaan lahan untuk berkebun, berbatasan langsung dengan Kampung Munggui. Pada stasiun 3 terdapat tiga aliran sungai dan mata air, yang langsung bermuara ke laut (**Gambar 1**).

Selama periode tasamu, aktivitas untuk jalur masuk dan keluar perahu dibolehkan tetapi seluruh aktivitas pengambilan sumberdaya di ekosistem mangrove dilarang, baik hewan maupun tumbuhan. Tasamu awalnya digunakan untuk membatasi pengambilan sumberdaya alam tertentu di hutan, seperti tasamu pinang, tasamu kelapa, tasamu mangga. Tujuan tasamu adalah agar ada simpanan di alam yang dapat dimanfaatkan di kemudian hari (WWF, 2022). Meskipun tidak ada ketentuan sanksi berupa denda uang maupun sanksi sosial, masyarakat setempat memegang teguh aturan ini. Mereka meyakini bahwa jika ada pelanggaran yang dilakukan maka pelaku atau keluarganya akan mendapat sanksi dari alam atau Tuhan. Kuatnya keyakinan masyarakat menyebabkan selama periode tasamu, aktivitas antropogenik khususnya di ekosistem mangrove sangat minim, bahkan aktivitas lalu lintas perahu menuju lahan kebun yang terletak di belakang areal mangrove.

Metode pengumpulan data sampling vegetasi mangrove dilakukan dengan menggunakan metode plot sampling seperti yang diterapkan Mueller-Dombois dan Ellenberg (Kuchler *et al.*, 1976) dengan ukuran plot berukuran 10 x 10 m untuk mangrove tingkat pohon (Diameter > 4 cm). Di dalam plot tersebut terdapat subplot dengan ukuran 5 x 5 m untuk tingkat anakan (tinggi \geq 1,5 m dan diameter \leq 4 cm) dan subplot ukuran 1 x 1 m untuk tingkat semai (tinggi $<$ 1,5 m) (English *et al.*, 1997). Setiap stasiun terdiri dari 3 transek dimana setiap transek tegak lurus dengan garis pantai dari arah pantai menuju ke darat dan setiap transek terdiri dari 10 plot contoh. Sehubungan dengan keterbatasan waktu dan sumberdaya, 10 plot contoh pada setiap transek dinilai cukup representatif untuk mewakili lokasi penelitian dalam menjawab tujuan kajian ini, di mana lebar hutan mangrove dari garis pantai ke batas terdalam berkisar antara 90 – 300 meter. Untuk menentukan diameter pohon digunakan ketentuan yang dikeluarkan oleh pemerintah melalui Keputusan Menteri

Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 ("Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove," 2004).

Identifikasi jenis-jenis mangrove yang ditemui pada plot-plot contoh menggunakan buku identifikasi mangrove (Noor *et al.*, 2006). Apabila ditemui jenis mangrove yang belum teridentifikasi *in-situ*, maka dilakukan pengambilan gambar pada setiap bagian jenis mangrove mulai dari akar, batang, daun, buah dan bunga atau pengambilan sampel bagian tubuh tegakan untuk diidentifikasi lebih lanjut (Prinasti *et al.*, 2020).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Setiap plot dilakukan pengambilan data vegetasi mulai dari jenis mangrove, jumlah individu, dan diameter pohon. Selain itu diambil juga data kualitas air secara *in situ*, yang meliputi pengukuran salinitas dengan refraktometer, pH air dengan pHmeter, serta suhu air dan oksigen terlarut/DO (*Dissolved Oxygen*) dengan DOmeter. Pengambilan data kualitas air dilakukan bersamaan dengan pengambilan data vegetasi. Pada masing-masing transek, dilakukan 3 kali ulangan pengambilan data kualitas air, yaitu pada bagian depan, tengah, dan belakang transek. Selanjutnya, data kualitas air ini dibandingkan dengan standard baku mutu yang tertuang dalam Lampiran VIII Peraturan Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (“Lampiran I Peraturan Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” 2021).

Untuk mengetahui indeks ekologi suatu tempat maka dibutuhkan aspek struktur komunitas seperti keanekaragaman, kemerataan dan dominansi yang merupakan dasar untuk menganalisis dan membandingkan komposisi dan distribusi jenis mangrove yang ada di lokasi penelitian. Hasil yang diperoleh menjadi dasar penentuan kesehatan suatu lingkungan dan kestabilan ekologi yang ada di tempat penelitian.

Data lapangan yang diperoleh selanjutnya dianalisa untuk mengetahui struktur komunitas mangrove yang meliputi kerapatan mutlak (KM), kerapatan relatif (KR), dominansi mutlak (DM), dominan relatif (DR), indeks kemerataan (H'), Luas basal area (LBA), dan Indeks Nilai Penting (INP) yang dikutip dari Bengen (Bengen *et al.*, 2022). Indeks ekologi seperti keanekaragaman, keseragaman dan dominansi juga dianalisa.

$$Di = ni / A$$

Keterangan: Di = Kerapatan jenis i ; ni = Jumlah total tegakan dari jenis i ; A = Luas total area petak contoh/plot

Dengan kriteria:

≥ 1500 : Baik, sangat padat; ≥ 1000 : < 1500 : Baik, sedang; < 1000 : Rusak, jarang

$$RDi (\%) = (\Sigma ni / n)$$

Keterangan: RDi = Kerapatan relatif jenis i (%); Σni = Jumlah total tegakan seluruh jenis; n = Jumlah tegakan jenis i

$$Fi = pi / \Sigma p$$

Keterangan: Fi = Frekuensi Jenis i ; pi = jumlah petak contoh/plot di mana ditemukan jenis i ; Σp = jumlah total petak contoh/plot yang diamati.

$$RFi = (Fi / \Sigma F) \times 100$$

Keterangan: RFi = Frekuensi relatif jenis i (%); Fi = Frekuensi jenis i ; ΣF = Total frekuensi seluruh jenis

$$Ci = \Sigma BA / A$$

Keterangan: Ci = Penutupan jenis i ; BA = $\pi dbh^2 / 4$; A = Luas total petak contoh

$$RCi = (Ci / \Sigma C) \times 100$$

Keterangan: RCi = Penutupan relatif jenis i (%); Ci = Luas area penutupan jenis; ΣC = Luas total area penutupan untuk seluruh jenis

$$INP (\%) = RD_i + RF_i + RC_i$$

Keterangan: INP = Nilai penting jenis i (%)

Untuk menentukan keanekaragaman jenis mangrove maka digunakan persamaan Indeks Shannon-Wiener (H') (English *et al.*, 1997)

$$H' = \sum P_i \ln P_i$$

$$P_i = n_i / N$$

Keterangan: H' = Indeks Shannon-Wiener; P_i = Jumlah individu masing-masing jenis; n_i = Jumlah individu tiap jenis; N = Jumlah total individu, Dengan kriteria (Odum, 1993) jika $H' > 3$ maka keanekaragaman tinggi; jika $1 \geq H' \geq 3$ maka Keanekaragaman sedang; dan jika $H' < 1$ maka keanekaragaman rendah

Selanjutnya, indeks kemerataan spesies Pielou (J) dihitung untuk menunjukkan tingkat distribusi individu dari setiap spesies (Rahim *et al.*, 2023). Nilai $J < 0,3$ menunjukkan kemerataan spesies yang rendah, $0,3 < J < 0,6$ menunjukkan kemerataan spesies sedang dan $J > 0,6$ menunjukkan kemerataan spesies yang relatif tinggi (Magurran, 1988; Muli *et al.*, 2021).

$$J = H' / H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \ln (s)$$

Keterangan: J = Indeks kemerataan jenis; H' = Indeks keanekaragaman jenis; S = Jumlah jenis Kriteria J : $0 < J \leq 0,4$: Kemerataan kecil, komunitas tertekan; $0,4 < J \leq 0,6$: Kemerataan sedang, komunitas labil; $0,6 < J \leq 1$: Kemerataan tinggi, komunitas stabil

Semakin kecil nilai J , semakin kecil pula kemerataan populasinya. Artinya penyebaran individu tiap jenis tidak merata atau ada kecenderungan satu jenis mendominasi. Sebaliknya, apabila nilai J mendekati 1 maka penyebaran individu tiap jenis cenderung merata atau memiliki tingkat kemerataan yang tinggi (Hasan *et al.*, 2017).

Indeks dominansi merupakan parameter yang digunakan dalam suatu komunitas untuk menyatakan tingkat terpusatnya dominansi suatu spesies (Prastomo *et al.*, 2017). Untuk menghitungnya digunakan rumus indeks dominansi Simson (Odum, 1993) sebagai berikut:

$$C = \sum (p_i)^2$$

Keterangan: C = Indeks dominansi jenis; p_i = proporsi jumlah individu jenis ke- i dengan jumlah total individu. Sedangkan untuk kriterianya jika $0 < C \leq 0,5$ maka dominansi rendah; jika dominansi antara $0,5 < C \leq 0,75$ maka dominansi sedang dan jika antara $0,75 < C \leq 1$ maka dominansi tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data pada 3 stasiun pengamatan yang terdiri dari 90 plot contoh dengan total luasan contoh 9.000 m², ditemukan 11 species mangrove sejati dari 7 genus, dan 5 Famili mangrove. Seluruh jenis masih termasuk dalam kategori *Least Concern* (Tabel 1). Jumlah jenis yang ditemui di seluruh stasiun hampir sama, namun terdapat beberapa jenis yang tidak ditemui di semua stasiun seperti halnya *A. corniculatum* yang hanya ditemukan di stasiun 3. Diketahui bahwa pada stasiun 3 terdapat aliran sungai dan *A. corniculatum* atau yang dikenal dengan *river mangrove* umumnya hidup di tepi daratan daerah mangrove yang tergenang oleh pasang naik dan jalur air payau, berbeda dengan *A. alba* yang cenderung hidup di sepanjang garis pantai yang terlindung dengan perairan yang lebih asin (Noor *et al.*, 2006).

Jumlah jenis yang ditemukan ini tidak berbeda jauh dengan temuan jenis mangrove sejati di beberapa kampung di pesisir utara Papua seperti di Bonkawir Raja Ampat (Sanadi *et al.*, 2023), Isenebuai Teluk Wondama (Auri *et al.*, 2008), dan Warambui Oransbari (Samori *et al.*, 2021), bahkan lebih banyak dari yang ditemukan di Pulau Yenanas Raja Ampat (Suhardjono, 2014), Pulau Jeflio Sorong (Yanti *et al.*, 2021), Pulau Middleburg-Mirossu (Nurdiansah dan Dharmawan, 2021) dan beberapa pulau kecil di Biak (Dharmawan dan Pramudji, 2020; Manan *et al.*, 2023).

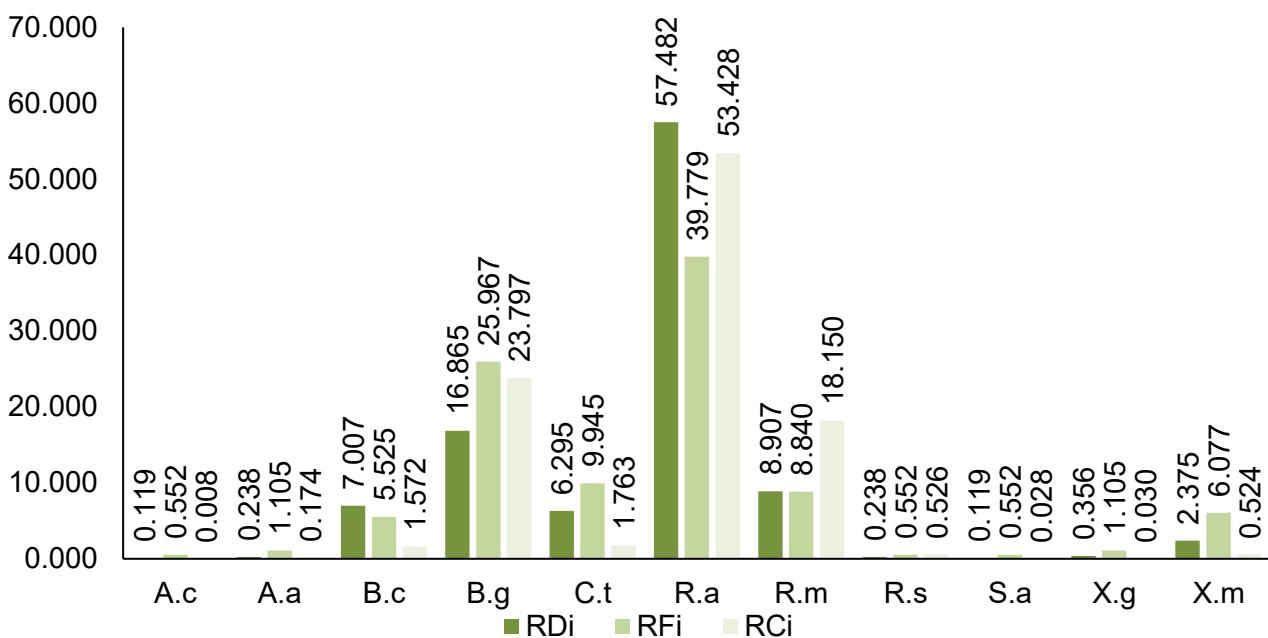
Jenis individu mangrove terbanyak yang ditemui pada plot contoh adalah jenis *R. apiculata* yang berkontribusi 54,55% dari total individu pada seluruh tingkatan pohon anakan maupun semai, diikuti *B. gymnorhiza* sebanyak 21,41% sedangkan jenis yang paling sedikit dijumpai adalah *S. alba* 0,03%, diikuti *A. corniculatum* dan *R. stylosa* sama-sama 0,13%. Tingginya jenis *R. apiculata* di lokasi penelitian disebabkan oleh kemampuan untuk beradaptasi yang tinggi, memiliki perkembangbiakan yang cepat dengan substrat berlumpur dan terkadang lumpur berpasir serta kurang dimanfaatkan oleh masyarakat di Kampung Asai. Hal ini sejalan dengan apa yang dikemukakan oleh Tuwo (Tuwo, 2011) dimana Rhizophora memiliki kemampuan adaptasi yang khas untuk hidup pada substrat berlumpur, asam dan selalu tergenang air, kadar garam air yang tinggi hingga terendah, tanah yang kurang stabil dan adanya fluktuasi pasang surut. Selain itu jenis-jenis yang masuk dalam famili Rhizophora juga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap kondisi ekstrim maupun non-ekstrim (Tomlinson, 1986).

Berdasarkan pengambilan data di lapangan, diketahui bahwa kerapatan tingkat anakan dan semai lebih tinggi dibandingkan pada tingkat pohon. Salah satu penyebabnya adalah pemanfaatan langsung pohon untuk kebutuhan masyarakat seperti untuk pembangunan rumah, kayu bakar dan kebutuhan lainnya. Pelaksanaan tasamu memberi kesempatan kepada mangrove pada tingkat semai dan anakan untuk tumbuh menggantikan pohon-pohon yang telah ditebang. Nilai kerapatan dapat digunakan sebagai indikator keberadaan mangrove di suatu tempat dan besarnya gangguan terhadap suatu habitat (Fachrul, 2007). Jika nilai kerapatan jenis tumbuhan pada suatu habitat rendah/kecil maka pada habitat tersebut telah mengalami kerusakan, sebaliknya jika nilai kerapatan jenis tumbuhan tersebut besar/tinggi maka pada habitat tersebut belum mengalami kerusakan.

Hasil pengolahan data yang dilakukan menunjukkan bahwa kerapatan relatif (RDi) tertinggi untuk kategori pohon diperoleh oleh jenis *R. apiculata* diikuti *B. gymnorhiza* dan *R. mucronata*. Untuk kerapatan relatif terendah ditempati oleh mangrove jenis *A. corniculatum* dan *S. alba*. Kerapatan relatif tingkat anakan menempatkan *R. apiculata* dengan kerapatan relatif tertinggi, diikuti *B. gymnorhiza*, dan *R. mucronata*. Kerapatan relatif terendah tingkat semai terdapat jenis *A. corniculatum*, *R. stylosa*, *S. alba*, *X. granatum* dan *X. moluccensis* (Gambar 2).

Tabel 1. Jenis mangrove sejati yang ditemukan di lokasi penelitian

Family	Species	Jumlah individu	Nisbah (%)	Stasiun		
				I	II	III
Primulaceae	<i>Aegiceras corniculatum</i>	2	0,13	-	-	+
Acanthaceae	<i>Avicennia alba</i>	20	1,35	+	-	-
Rhizophoraceae	<i>Bruguiera cylindrica</i>	83	5,59	+	+	+
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	318	21,41	-	+	+
	<i>Ceriops tagal</i>	95	6,40	+	+	+
	<i>Rhizophora apiculata</i>	810	54,55	+	+	+
	<i>Rhizophora mucronata</i>	126	8,48	+	+	+
	<i>Rhizophora stylosa</i>	2	0,13	-	+	-
Lythraceae	<i>Sonneratia alba</i>	1	0,07	-	-	+
Meliaceae	<i>Xylocarpus granatum</i>	3	0,20	+	+	-
	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	25	1,68	+	+	+
5	11	1485	100	7	8	8



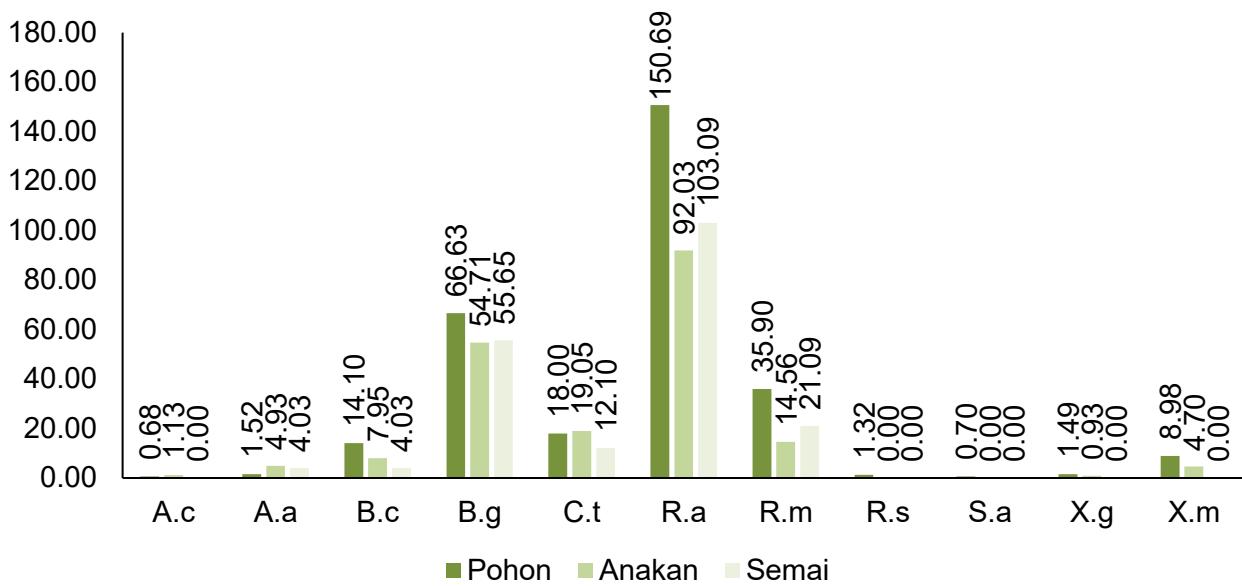
Gambar 2. Kerapatan Jenis Relatif (RDi), Frekuensi Jenis Relatif (RFi), Penutupan Jenis Relatif (RCi)
 Keterangan: A.c= *Aegiceras corniculatum*; A.a= *Avicennia alba*; B.c= *Bruguiera cylindrica*; B.g= *Bruguiera gymnorhiza*; C.t= *Ceriops tagal*; R.a= *Rhizophora apiculata*; R.m= *Rhizophora mucronata*; R.s= *Rhizophora stylosa*; S.a= *Sonneratia alba*; X.g= *Xylocarpus granatum*; X.m= *Xylocarpus moluccensis*

Nilai kerapatan jenis *Rhizophora apiculata* pada seluruh stasiun mempunyai nilai tertinggi pada kategori pohon. Tingginya kerapatan relatif dari jenis *R. apiculata* dikarenakan mangrove dari jenis *Rhizophora* sp. memiliki kawasan yang luas untuk hidup sehingga mampu berkembang dengan baik sampai ke daerah pedalaman selama masih mendapatkan suplai air asin dengan baik (Kusmana, 2010). Pasang surut air laut mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas mangrove antara lain, pasang surut menentukan pangangkutan oksigen ke sistem akar, pembasahan air pasang memengaruhi erosi dan kandungan garam pada air tanah (Purnobasuki, 2005). Faktor kondisi lingkungan dengan tipe substrat pada lokasi yaitu pasir berlumpur sangat baik untuk pertumbuhan jenis *R. apiculata*.

Frekuensi jenis relatif (RFi) pada tingkatan pohon ditempati oleh *R. apiculata*, *B. gymnorhiza*, dan *C. tagal* sedangkan terendah ditempati oleh *R. stylosa*, *A. corniculatum* dan *S. alba*. Untuk RFi anakan seperti apa yang diperoleh pada tingkatan pohon menempatkan *R. apiculata*, *B. gymnorhiza*, dan *C. tagal* sebagai tiga jenis mangrove teratas. Untuk RFi tertinggi di tingkat semai adalah *R. apiculata*, *B. gymnorhiza* dan *R. mucronata*.

Dominansi relatif digunakan untuk mengetahui pemasaran dan penyebaran jenis-jenis dominan. Jika dominasi lebih terkonsentrasi pada satu jenis, nilai indeks dominansi meningkat dan sebaliknya jika beberapa jenis mendominasi secara bersama-sama maka nilai indeks dominasi rendah (Indriyanto, 2006). Pada komunitas mangrove di Kampung Asai, diketahui bahwa *R. apiculata* adalah jenis yang sangat dominan, dengan nilai dominansi relatif mencapai 53,428% diikuti dengan jenis *B. gymnorhiza* sebesar 23,797% dan *R. mucronata* 18,150%.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai relatif baik untuk kerapatan, frekuensi dan penutupan maka diperoleh Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi untuk tingkat pohon adalah *R. apiculata* (150,689%) diikuti *B. gymnorhiza* (66,629%) dan *R. mucronata* (35,898%). Seperti juga pada tingkatan pohon, INP untuk tingkat semai dan anakan menempatkan *R. apiculata* sebagai jenis tertinggi dengan INP 92,033% untuk tingkatan anakan dan 103,089% untuk tingkat semai (Gambar 3).



Gambar 3. INP (Indeks Nilai Penting) pada tingkat pohon, anakan, semai



Gambar 4. Keberadaan mangrove kategori semai pada Stasiun 2

Tingginya nilai INP *R.apiculata* khususnya pada tingkat anakan dan semai, sesuai dengan kajian fekunditas pada jenis *R. apiculata* yang menemukan bahwa jenis ini memiliki kemampuan fekunditas tinggi baik pada bunga, buah dan sampai pada pembentukan propagule (Amu *et al.*, 2023). Pada Gambar 4. terlihat kerapatan individu jenis ini pada tingkat semai di lokasi kajian secara visual .

Penelitian tentang laju pertumbuhan bibit *R. apiculata* di Kabupaten Luwuk menunjukkan bahwa bibit *R. apiculata* memiliki pertumbuhan lebih tinggi di Desa Senga dengan suhu rata-rata 29°C dan salinitas 31 ppt dibandingkan perairan Desa Paonne yang memiliki suhu rata-rata 26°C dengan salinitas 27,30 ppt (Genaro *et al.*, 2024). Hal ini sesuai dengan temuan di lokasi kajian, di mana pada kondisi suhu dan salinitas di stasiun 2 yang lebih tinggi dari stasiun lainnya, ditemukan jumlah semai *R. apiculata* terbanyak (Gambar (5). Walaupun demikian tingkat salinitas yang tinggi

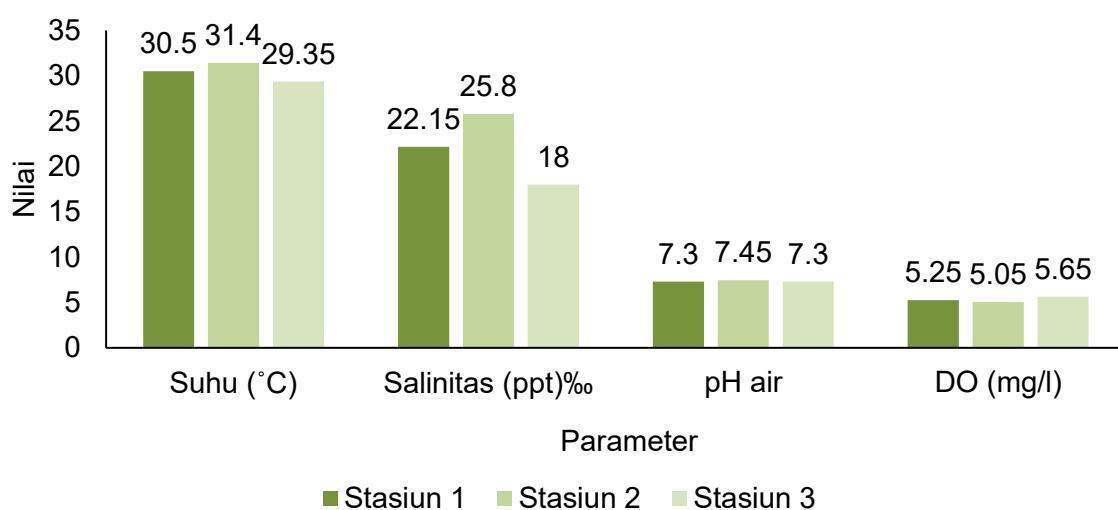
melebihi salinitas laut pada umumnya (± 35 ppt) dapat memberikan dampak buruk terhadap vegetasi mangrove, karena mempengaruhi tekanan osmosis (Schaduw, 2018; Bengen *et al.*, 2022).

Hasil pengukuran pH air dari tiga stasiun tidak menunjukkan perbedaan yang besar. pH terendah berada di stasiun 1 dan 3 dengan nilai di lokasi penelitian berkisar antara 7,3 sampai dengan 7,45. Nilai pH yang baik untuk pertumbuhan mangrove adalah sekitar 6-8,5 yang akan berpengaruh terhadap organisme perairan dan aktivitas dekomposer (Prihastanti *et al.*, 2021). Besaran oksigen terlarut yang ditemui di lokasi penelitian berkisar antara 5,05-5,65 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa oksigen terlarut masih sesuai dengan standar hidup mangrove ideal di ekosistem mangrove yang antara 3-7 mg/l (Muttaqin *et al.*, 2024).

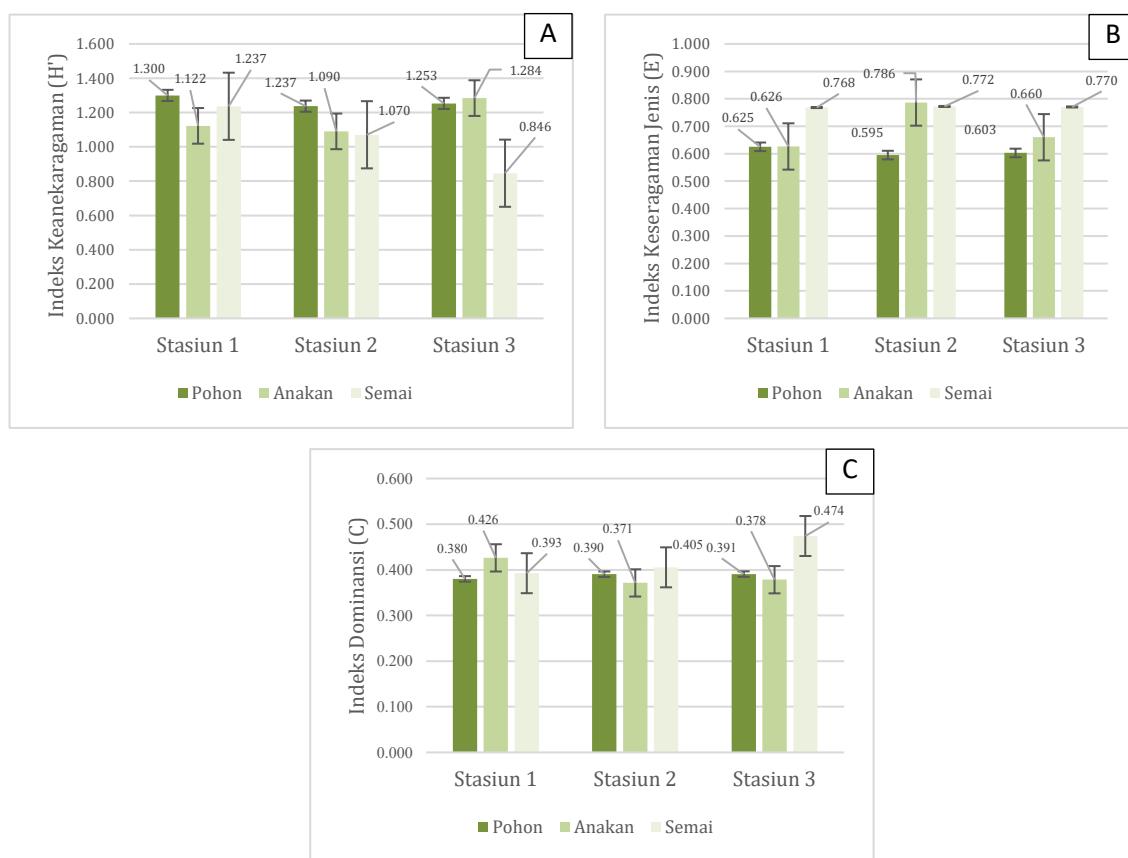
Keanekaragaman untuk tingkat pohon tertinggi terdapat di Stasiun 1 (1,3) disusul stasiun 3 (1,253) dan stasiun 2 (1,237) dapat dilihat pada Gambar 6A. Pada tingkatan anakan nilai tertinggi diperoleh stasiun 3 dengan nilai 1,284, diikuti stasiun stasiun 1 dengan nilai 1,122, dan Stasiun 2 dengan nilai 1,090. Untuk tingkat semai, stasiun 1 memperoleh nilai 1,237, diikuti stasiun 2 dengan nilai 1,070, dan stasiun 3 dengan nilai terendah yaitu 0,846. Diketahui bahwa pada stasiun 3 terdapat banyak bukaan lahan dan jalan setapak untuk areal kebun dimana beberapa jenis mangrove yang preferensi habitatnya di areal darat telah ditebang. Berdasarkan kriteria keanekaragaman jenis yang dikemukakan oleh Odum (Odum, 1993) maka rata-rata keanekaragaman jenis mangrove dari lokasi contoh masuk dalam kelas keanekaragaman sedang ($1 \geq H' \geq 3$). Hal ini menunjukkan bahwa mangrove di Kampung Asai kemungkinan berada pada kondisi tertekan atau labil, sehingga diperlukan usaha pengelolaan berkelanjutan dan konservasi (Goloran *et al.*, 2020).

Indeks kemerataan jenis tertinggi untuk tingkat pohon terdapat di stasiun 1 (0,625) (Gambar 6B). Indeks kemerataan pada tingkatan pohon masuk dalam kategori tinggi kecuali pada stasiun 2 yang masuk dalam kemerataan sedang. Adapun kemerataan jenis mangrove tingkat anakan tertinggi terdapat di stasiun 2 (0,786). Untuk tingkat semai memiliki kesamaan dimana kemerataan tertinggi terdapat di stasiun 2 (0,772) kemudian stasiun 3 (0,770) dan diikuti stasiun 1 (0,768). Nilai dari kemerataan jenis mangrove mulai dari tingkat semai sampai pohon menunjukkan bahwa penyebaran individu mangrove di lokasi penelitian cenderung merata atau memiliki tingkat kemerataan yang tinggi atau tidak ada jenis yang benar-benar mendominansi.

Nilai indeks dominansi untuk tingkatan pohon dari ketiga stasiun berkisar antara 0,380-0,391 (Gambar 6C). Untuk tingkat anakan berkisar antara 0,371-0,426. Sedangkan untuk tingkat semai berkisar antara 0,392-0,474. Semua tingkatan mulai dari semai sampai pohon memiliki nilai indeks dominansi di bawah 0,5 yang berarti masuk dalam golongan dominansi rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Odum dimana nilai indeks dominansi yang tinggi menunjukkan konsentrasi dominan yang tinggi (ada individu yang mendominansi), sebaliknya jika indeks dominansi rendah maka konsentrasi rendah (tidak ada yang mendominansi) (Odum, 1993).



Gambar 5. Kisaran Suhu, salinitas, pH air, dan DO di lokasi pengamatan



Gambar 6. (A) Indeks keanekaragaman (H'); (B) Indeks kemerataan; (C) Indeks dominansi pada setiap stasiun pertumbuhan pada komunitas mangrove

Tasamu yang berarti 'peleh', awalnya digunakan untuk membatasi pengambilan sumberdaya alam tertentu di hutan, seperti tasamu pinang, tasamu kelapa, tasamu mangga. Tujuan tasamu adalah agar ada simpanan di alam yang dapat dimanfaatkan di kemudian hari (WWF, 2022). Pada tradisi ini, pemilik sumberdaya biasanya meletakkan sesuatu sebagai penanda bahwa sumberdaya tersebut tidak boleh diambil sampai batas waktu tertentu. Adapun 'rawanang' berarti lautan. Jadi tasamu rawanang bermakna 'peleh laut', yang secara kontekstual dapat dipahami sebagai upaya membatasi perairan laut tertentu dari pemanfaatan secara langsung selama periode tertentu.

Konsep tasamu serupa dengan sasi yang dikenal luas sebagai praktik kearifan lokal masyarakat di wilayah timur Indonesia dalam pemulihan ekosistem atau sumberdaya tertentu tetapi memiliki istilah yang berbeda-beda di Papua, seperti *Kadup*, *Egek*, *Sawora*, *Nggama*, *Kabus*, dan lain sebagainya (Tebaiy dan Widiastuti, 2024). Tasamu rawanang bertujuan untuk melindungi sumber daya perikanan serta lingkungan pesisir dan lautan agar dapat kembali pulih sehingga penghidupan masyarakat dapat terpenuhi secara berkelanjutan. Alasan tasamu diberlakukan karena masyarakat menyadari bahwa sumberdaya perairan mereka semakin berkurang akibat pemanfaatan yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, pada tanggal 29 Agustus 2022 Pemerintah Kampung, pihak Gereja serta Masyarakat Kampung Asai sepakat untuk memberlakukan sasi laut di kawasan perairan sekitar Kampung Asai, termasuk di ekosistem mangrove. Kurun waktu yang disepakati untuk periode tasamu adalah satu tahun. Selama periode tasamu, kegiatan yang diperbolehkan adalah perahu melintas tanpa berhenti kecuali dalam keadaan darurat, dan penelitian ilmiah tetapi tidak boleh mengambil sumber daya di wilayah tasamu. Adapun kegiatan yang tidak diperbolehkan adalah mengambil semua jenis biota, baik hewan maupun

tumbuhan, dengan menggunakan peralatan apapun. Meskipun tidak ada ketentuan sanksi berupa denda uang maupun sanksi sosial, masyarakat setempat memegang teguh aturan ini. Mereka meyakini bahwa jika ada pelanggaran yang dilakukan maka pelaku atau keluarganya akan mendapat sanksi dari alam atau Tuhan. Kuatnya keyakinan masyarakat setempat terkait hukuman Tuhan terhadap pelaku pelanggaran menyebabkan selama periode tasamu, aktivitas antropogenik khususnya di ekosistem mangrove sangat minim, termasuk aktivitas lalu lintas perahu menuju lahan kebun yang terletak di belakang areal mangrove. Kondisi ini memungkinkan ekosistem mangrove untuk beradaptasi, pulih dari gangguan, dan mempertahankan stabilitas seiring waktu sesuai mekanisme resiliensi inheren yang dimilikinya.

Sebagian besar upaya rehabilitasi mangrove di seluruh dunia gagal membangun kembali hutan mangrove, selain ketidakpahaman aspek ekologi, sebab lainnya adalah masalah kepemilikan dan penguasaan lahan dan aspek sosial ekonomi politik lainnya yang tidak dipertimbangkan oleh pengelola proyek (Lewis III dan Brown, 2014). Selain itu, studi literatur terkait restorasi mangrove di Asia Tenggara melaporkan bahwa sebanyak 74% penanaman mangrove di kawasan ini merupakan penanaman langsung monogenetik dengan bibit dari genus *Rhizophora* (Gerona-Daga dan Salmo, 2022), meskipun diketahui bahwa pemulihan ekosistem mangrove sebaiknya dilakukan dengan pendekatan ekologi sebagaimana EMR (*Ecological Mangrove Restoration*) (Van Bijsterveldt *et al.*, 2022). Umumnya dalam penanaman mangrove, bibit yang digunakan berasal dari genus *Rhizophora* karena kemudahan dalam pengumpulan bibit dan praktis dalam penanaman (Vanderklift, 2020). Beberapa kajian menunjukkan bahwa penanaman mangrove monokultur tidak dapat disebut pemulihan ekosistem dan hanya tergolong dalam kegiatan penghijauan (Ellison, 2000).

Berdasarkan hasil analisis struktur vegetasi mangrove di Kampung Asai, diketahui bahwa dengan diterapkannya "Tasamu Rawanang" telah terjadi regenerasi dan pemulihan ekosistem mangrove secara alami. Artinya bahwa selama kondisi lingkungan dan faktor-faktor pembatas masih mendukung pertumbuhan dan regenerasi mangrove, maka menutup akses pemanfaatan selama periode tertentu akan mengurangi tekanan antropogenik sehingga restorasi alami dapat berlangsung. Keberadaan mangrove pada tingkatan semai dan anakan dengan kerapatan tinggi membuktikan hal tersebut. Sebagaimana ditemui pada kajian ini, empat jenis mangrove yang paling banyak ditemukan baik dari kelompok semai maupun anakan adalah *R. apiculata*, *R. mucronata*, *B. gymnorhiza*, dan *C. tagal* dari kelompok *Rhizophoraceae*. Adapun jenis lain meskipun dalam jumlah terbatas adalah *A. corniculatum*, *A. alba*, dan *X. molluccensis*. Demikian pula hasil analisis indeks kemerataan dan dominansi menunjukkan bahwa tingkat kemerataan tinggi atau tidak ada jenis yang benar-benar mendominansi. Kondisi ini menunjukkan bahwa melaksanakan tasamu, peleh tempat, atau memberi kesempatan kepada alam untuk pulih secara alami dapat mendukung keanekaragaman jenis dibandingkan proyek-proyek penanaman mangrove umumnya yang melakukan penanaman monokultur. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa proyek restorasi mangrove yang berhasil tidak selalu mencakup fase penanaman. Jika pemicu stres disingkirkan dan kondisi lingkungan yang sesuai, proses regenerasi alami dapat memulihkan mangrove dari degradasi (Kamali dan Hashim, 2011). Meskipun demikian, mengklaim bahwa pemulihan ini telah sepenuhnya berhasil belum tepat karena berdasarkan indeks keanekaragaman yang berada pada kategori sedang, diduga bahwa ada kemungkinan ekosistem masih berada pada kondisi tertekan atau labil. Penanaman atau larangan pemanfaatan jenis mangrove non-*Rhizophora* selama periode tertentu mungkin diperlukan untuk meningkatkan indeks keanekaragaman dan mencegah kehilangan jenis-jenis ini dari Kampung Asai. Pemantauan dan pengelolaan mangrove berkelanjutan, partisipatif, dan inklusif masih harus terus diupayakan paska periode tasamu.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan di Kampung Asai menginformasikan bahwa terdapat 11 jenis mangrove sejati yang berasal dari 5 famili, yaitu *A. corniculatum*, *A. alba*, *B. cylindrica*, *B. gymnorhiza*, *C. tagal*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *S. alba*, *X. granatum*, dan *X. molluccensis*. Kerapatan jenis tinggi terdapat pada kategori semai yang menunjukkan adanya

regenerasi dan bahwa tasamu rawanang yang berlangsung selama 9 bulan telah memberi perubahan positif dalam pemulihian ekosistem mangrove di Kampung Asai, dengan jenis anakan dan semai didominasi kelompok *Rhizophora*. Hasil analisis indeks ekologi menunjukkan bahwa penyebaran individu mangrove di lokasi penelitian cenderung merata atau memiliki tingkat kemerataan yang tinggi atau tidak ada satu jenis yang benar-benar mendominasi. Tetapi nilai keanekaragaman yang sedang mengindikasikan bahwa ekosistem mangrove di Kampung Asai masih berada pada kondisi tertekan atau labil sehingga masih diperlukan pengelolaan berkelanjutan. Keterbatasan dari penelitian ini adalah durasi tasamu baru berlangsung 9 bulan dan kesuksesan rekrutmen baru tampak pada kelompok sapihan anakan. Selain itu, metode penelitian yang digunakan terbatas pada kajian struktur komunitas mangrove sejati. Oleh karena itu, kami merekomendasikan adanya kajian sejenis pada penerapan konsep restorasi mangrove seperti sasi dengan durasi yang lebih lama di wilayah yang sama atau wilayah lainnya. Selain itu, kajian terkait perubahan tutupan dengan pendekatan penginderaan jauh serta indeks ekologi biota asosiasi sebelum dan sesudah periode sasi juga sangat direkomendasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AmuBlegur, W., Binsasi, R. & Bere, R. 2023. Struktur vegetasi mangrove dan fekunditas *Rhizophora apiculata* di pesisir Atapupu Kabupaten Belu. *Jurnal Biologi Indonesia*, 19(1): 25–34. DOI:10.47349/jbi/19012023/25.
- Arifanti, V.B., Novita, N., Subarno, S. & Tosiani, A. 2021. Mangrove deforestation and CO₂ emissions in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1): 012006. DOI:10.1088/1755-1315/874/1/012006.
- Auri, Y.F.A., Nunaki, J.H. & Sadsoeitoeboen, M.J. 2008. Analisis vegetasi mangrove dan pemanfaatannya oleh masyarakat Kampung Isenebuai Distrik Rumberpon Kabupaten Teluk Wondama. *Jurnal Natural*, 7(1). DOI:10.30862/jn.v7i1.674.
- Bengen, D., Yonvither, Y. & Rahman, R. 2022. *Pedoman teknis pengenalan dan pengelolaan mangrove*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Bengen, D.G. 2004. *Sinopsis ekosistem dan sumberdaya alam pesisir dan laut serta prinsip pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, ITB.
- Bimrah, K., Dasgupta, R., Hashimoto, S., Saizen, I. & Dhyani, S. 2022. Ecosystem services of mangroves: A systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability*, 14(19): 12051. DOI:10.3390/su141912051.
- Dharmawan, B., Böcher, M. & Krott, M. 2016. The failure of the mangrove conservation plan in Indonesia: Weak research and an ignorance of grassroots politics. *Ocean and Coastal Management*, 130: 250–259. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2016.06.019.
- Dharmawan, I.W.E. & Pramudji. 2020. Mangrove community structure in Papuan small islands: Case study in Biak Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 550(1): 012002. DOI:10.1088/1755-1315/550/1/012002.
- Ellison, A. 2000. Mangrove restoration: Do we know enough? *Restoration Ecology*, 8: 219–229. DOI:10.1046/j.1526-100x.2000.80033.x.
- English, S.A., Wilkinson, C.R. & Baker, V.J. 1997. *Survey manual for tropical marine resources*, 2nd ed. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Fachrul, M.F. 2007. *Metode sampling bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Genaro, G., Cambaba, S. & Sohriati, E. 2024. Perbandingan laju pertumbuhan bibit mangrove jenis *Rhizophora apiculata* di Desa Paconne dan Desa Senga Selatan. *Jurnal Biologi Babasal*, 6. DOI:10.32529/jbb.v2i2.2906.
- Gerona-Daga, M.E.B. & Salmo, S.G. 2022. A systematic review of mangrove restoration studies in Southeast Asia: Challenges and opportunities for the United Nation's decade on ecosystem restoration. *Frontiers in Marine Science*, 9: 987737. DOI:10.3389/fmars.2022.987737.
- Goloran, A.B., Demetillo, M.T. & Betco, G.L. 2020. Mangroves assessment and diversity in coastal area of Barangay Cagdianao, Claver, Surigao Del Norte, Philippines. *International Journal of Environmental Sciences*, 26(3): 82–90. DOI:10.19080/IJESNR.2020.26.556188.

- Hasan, O.D.S., Sudinno, D., Danapraja, S., Suhaedy, E. & Djunaidah, I.S. 2017. Diversitas plankton dan kualitas perairan Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 11(3): 144–159. DOI:10.33378/jppik.v11i3.92.
- Indriyanto, I. 2006. *Ekologi hutan*. Edisi ke-1. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kamali, B. & Hashim, R. 2011. Mangrove restoration without planting. *Ecological Engineering*, 37(2): 387–391. DOI:10.1016/j.ecoleng.2010.11.025.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove. 2004. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kuchler, A.W., Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1976. Aims and methods of vegetation ecology. *Geographical Review*, 66(1): 114. DOI:10.2307/213332.
- Kusmana, C. 2010. Respon mangrove terhadap perubahan iklim global: Aspek biologi dan ekologi mangrove. Makalah pada Lokakarya Nasional Peran Mangrove dalam Mitigasi Bencana dan Perubahan Iklim, KKP, Jakarta, pp. 14–15.
- Kusmana, C. & Sukristijono, S. 2016. Mangrove resource uses by local community in Indonesia. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 6(2): 217–224. DOI:10.19081/jpsl.2016.6.2.217.
- Lampiran I Peraturan Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. 2021.
- Lewis III, R.R. & Brown, B. 2014. *Ecological mangrove rehabilitation: A field manual for practitioners*. Mangrove Action Project, Canadian International Development Agency, dan OXFAM.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Netherlands: Springer.
- Manan, J., Manumpil, A.W., Asaribab, P.Y. & Saleky, D. 2023. Keanekaragaman hayati dan struktur ekologi mangrove dewasa di perairan pesisir Kampung Dafi Kabupaten Biak Numfor. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 11(1): 244–252. DOI:10.35800/jip.v11i1.46431
- Muli, E., Sulistyorini, I.S., Poedjirahajoe, E., Faida, L.R.W., Purwanto, R.H. & Imanuddin 2021. Structure and dominance of species in mangrove forest on Kutai National Park, East Kalimantan, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 27(1): 59–68. DOI:10.7226/jtfm.27.1.59
- Muttaqin, A.D., Soemarno, S., Purnomo, M. & Zakiyah, U. 2024. Analysis of the mangrove ecosystem due to the influence of Mount Bromo's cold lava material on Permata Pilang Beach, Probolinggo. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(4): 272–281. DOI:10.12912/27197050/183918
- Noor, Y.R., Khazali, M. & Suryadiputra, I.N.N. 2006. *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*. Bogor: Ditjen PHKA: Wetlands International Indonesia Programme.
- Nurdiansah, D. & Dharmawan, I.W.E. 2021. Struktur dan kondisi kesehatan komunitas mangrove di Pulau Middleburg-Miossu, Papua Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1): 81–96. DOI:10.29244/jitkt.v13i1.34484.
- Odum, E.P. 1993. *Dasar-dasar ekologi* (Edisi ketiga). Yogyakarta: University Gadjah Mada Press.
- Prastomo, R.H., Herawatiningsih, R. & Latifah, S. 2017. Keanekaragaman vegetasi di kawasan hutan mangrove Desa Nusapati Kabupaten Mempawah. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2): 556–562. DOI:10.26418/jhl.v5i2.20543.
- Prihastanti, E., Utami, S., Gunawan, G. & Putra, T.W. 2021. The anatomic response of the mangrove vegetation due to the changing in land functions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1): 012061. DOI:10.1088/1742-6596/1943/1/012061.
- Prinasti, N.K.D., Dharma, I.G.B.S. & Suteja, Y. 2020. Struktur komunitas vegetasi mangrove berdasarkan karakteristik substrat di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 90. DOI:10.24843/jmas.2020.v06.i01.p11.
- Purnobasuki, H. 2005. *Tinjauan perspektif hutan mangrove*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Rahim, A., Soeprobawati, T.R. & Putranto, T.T. 2023. Assessment of mangrove biodiversity and community structure as a basis for sustainable conservation and management plan in Tambakbulusan, Demak, Central Java. *AACL Bioflux*, 16(2): 753–767.
- Samori, F., Bawole, R. & Tebay, S. 2021. Struktur dan vegetasi mangrove di Warambui Distrik Oransbari Manokwari Selatan Provinsi Papua Barat. *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, 3(2): 347–357.

- Sanadi, S., Sudirman, H., Sukmawati, E. & Setiawan, A. 2023. Analisis vegetasi mangrove di Kelurahan Bonkawir Kota Waisai Kabupaten Raja Ampat. *Jurnal Sains Akuatik dan Perikanan*, 7(2). DOI:10.46252/jsai-fpik-unipa.2023.Vol.7.No.2.256.
- Saru, A., Idrus, R. & Ilham, M. 2020. The mangrove ecosystem potential for educational tour development around Pond Education of Hasanuddin University (UNHAS) in Mallusetasi District, Barru Regency. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 5(2): 70. DOI:10.20956/jiks.v5i2.8934.
- Schaduw, J.N.W. 2018. Struktur komunitas dan keberlanjutan pengelolaan ekosistem mangrove pulau-pulau kecil: Kasus pada Pulau Nain Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2): 120–129. DOI:10.14710/jil.16.2.120-129.
- Spalding, M.D. & Leal, M. (eds.) 2021. The state of the world's mangroves 2021. Global Mangrove Alliance [Preprint].
- Suhardjono, A. 2014. Hutan mangrove di Yenanas, Pulau Batanta, Kabupaten Raja Ampat, Propinsi Papua Barat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(1): 129–138.
- Tebaiy, S. & Widiastuti, N. 2024. *Pengelolaan sumberdaya perikanan oleh masyarakat adat di Bentang Laut Kepala Burung Papua* (suatu telaah dan proses pembelajaran). Yogyakarta: Deepublish.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The botany of mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tuwo, A. 2011. *Pengelolaan ekowisata pesisir dan laut: pendekatan ekologi, sosial-ekonomi, kelembagaan, dan sarana wilayah*. Surabaya: Brillia Internasional.
- Van Bijsterveldt, C.E.J., Debrot, A.O., Bouma, T.J., Maulana, M.B., Pribadi, R., Schop, J., Tonneijck, F.H. & van Wesenbeeck, B.K. 2022. To plant or not to plant: When can planting facilitate mangrove restoration? *Frontiers in Environmental Science*, 9: 690011. DOI: 10.3389/fenvs.2021.690011.
- Vanderklift, M.A. 2020. Using propagules to restore coastal marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 7: 724. DOI:10.3389/fmars.2020.00724.
- Wetlands International. 2016. *Mangrove restoration: to plant or not to plant?* Wageningen: Wetlands International.
- WWF. 2022. Masyarakat adat Kampung Asai, Yapen, Papua sepakat lakukan Tasamu Rawanang di kawasan perairan. *World Wide Fund for Nature*. Tersedia pada: <http://www.wwf.id/id/blog/masyarakat-adat-kampung-asai-yapen-papua-sepakat-lakukan-tasamu-rawanang-di-kawasan-perairan>.
- Yanti, D.I.W., Paruntu, C.P., Kepel, R.C., Mandagi, S.V. & Tabalessy, R.R. 2021. Community structure of mangrove in Jeflio Island, Sorong Regency, West Papua, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14(4): 2181–2191.