

- Wirasatriya, A., Pribadi, R., Iryanthony, S. B., Maslukah, L., Sugianto, D. N., Helmi, M., Ananta, R. R., Adi, N. S., Kepel, T. L., Ati, R. N. A., Kusumaningtyas, M. A., Suwa, R., Ray, R., Nakamura, T., & Nadaoka, K. 2022. Mangrove above-ground biomass and carbon stock in the Karimunjawa-Kemuja Islands estimated from unmanned aerial vehicle imagery. *Sustainability*, 14(2), 706. <https://doi.org/10.3390/su14020706>.
- Yoshikai, M., Nakamura, T., Suwa, R., Sharma, S., Rollon, R., Yasuoka, J., Egawa, R., & Nadaoka, K. 2022. Predicting mangrove forest dynamics across a soil salinity gradient using an individual-based vegetation model linked with plant hydraulics. *Biogeosciences*, 19, 1813–1832. <https://doi.org/10.5194/bg-19-1813-2022>.
- Zaman, M. R., Rahman, M. S., Ahmed, S., & Zuidema, P. A. 2023. What drives carbon stocks in a mangrove forest? The role of stand structure, species diversity and functional traits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 295, 108556. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108556>.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena atas kesempatan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan semangat kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini.
3. Bapak Dr. Jumari, S.Si. M.Si., sebagai dosen pembimbing I yang memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Fuad Muhammad, S.Si. M.Si., sebagai dosen pembimbing II yang memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini dengan baik.
5. Ibu Aprilia Nurul Aini, S.Si., M.Si. sebagai dosen penguji yang memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini dengan baik.
6. Ibu Prof. Dr. Dra. Endah Dwi Hastuti, M.Si. sebagai dosen anggota penguji yang memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini dengan baik.
7. Ibu Ni Kadek Dita Cahyani, S.Si., M.Si., Ph.D. sebagai dosen wali yang memberikan saran dan arahan, sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini dengan baik.
8. Vidiawati, Muhammad Radja Abdiel Halim Hibatullah, dan Fitra Ari Aditya sebagai tim penelitian yang membantu selama sampling dan pengambilan data.

9. Adriano Gunawan, Jessica Manda Prianto, Nayyara Rahadini, Aura Dian Pratiwi, Richa Amylia Sahara, Elvina Huwaida, Yaritsha Azzahra Thyola, Nada Ainaya Ramadhani, Lollita Audrey Malika, Ratna Dewi Prihartanti, Zian Arikah, Steven Sianturi, Tabina Shannesha, Velisya Vianda Choirunnisa, Djengar Natasya Ayu, Azzahra Thia Pramana, Danendra Daryl Abhinaya, Galen Kumara Anwar, dan Bidang Edukasi sebagai teman kuliah seperjuangan penulis yang selalu ada dan memberikan semangat kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan penelitian TA ini.
10. Pihak lain yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian Mangrove di Pulau Kemujan

Tabel L.1. Data Hasil Pengamatan

Stasiun	Zona	Jenis Mangrove	DBH (cm)	Basal Area (m ² /ha)	Biomassa (kg)
Stasiun 1	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	4.14	13.44	1.80
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	7.96	49.71	10.06
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	8.91	62.36	13.55
	b	<i>Ceriops tagal</i>	6.37	31.81	13.81
	b	<i>Ceriops tagal</i>	7.32	42.07	19.51
	b	<i>Lumnitzera racemosa</i>	18.78	276.87	228.59
	b	<i>Lumnitzera racemosa</i>	12.41	120.98	82.56
	b	<i>Ceriops tagal</i>	7.96	49.71	23.97
	b	<i>Ceriops tagal</i>	5.09	20.36	7.96
	b	<i>Ceriops tagal</i>	12.41	120.98	71.89
	b	<i>Lumnitzera racemosa</i>	15.60	190.97	144.76
	b	<i>Ceriops tagal</i>	17.19	231.93	160.61
	b	<i>Lumnitzera racemosa</i>	26.10	534.81	513.74
	b	<i>Ceriops tagal</i>	9.55	71.58	37.61
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	11.46	103.08	67.80
	c	<i>Bruguera silindrica</i>	6.37	31.81	17.16
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	17.19	231.93	183.84
	c	<i>Ceriops tagal</i>	2.23	3.90	1.03
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	8.28	53.77	30.45
	c	<i>Sonneratia ovata</i>	20.05	315.68	148.34
	c	<i>Sonneratia ovata</i>	19.42	295.96	137.02
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	8.28	53.77	18.63
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	16.87	223.42	175.58
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	18.46	267.56	219.17
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	10.82	91.94	58.91
	c	<i>Lumnitzera racemosa</i>	7.96	49.71	27.65
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	14.01	153.98	67.98
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	11.14	97.43	38.71
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	14.64	168.30	75.83
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	16.23	206.88	97.74
a	<i>Rhizophora apiculata</i>	30.88	748.36	355.77	
a	<i>Lanea coromandelica</i>	30.24	717.82	665.20	
a	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.01	346.46	184.31	
a	<i>Excoecaria agallocha</i>	11.14	97.43	38.71	
a	<i>Lanea coromandelica</i>	14.64	168.30	99.25	

Stasiun	Zona	Jenis Mangrove	DBH (cm)	Basal Area (m ² /ha)	Biomassa (kg)
	a	<i>Lanea coromandelica</i>	16.87	223.42	144.44
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.24	423.85	168.46
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	20.37	325.78	119.18
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	21.33	357.04	134.44
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	80.85	5131.39	5074.08
	b	<i>Ceriops tagal</i>	24.83	483.90	398.33
	b	<i>Ceriops tagal</i>	7.32	42.07	19.51
	b	<i>Ceriops tagal</i>	10.82	91.94	51.23
	b	<i>Ceriops tagal</i>	25.15	496.39	411.06
	b	<i>Ceriops tagal</i>	27.37	588.25	506.96
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	39.47	1222.96	678.67
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	41.38	1344.17	768.48
	b	<i>Ceriops tagal</i>	8.28	53.77	26.41
	b	<i>Ceriops tagal</i>	9.23	66.89	34.59
	b	<i>Thespesia populnea</i>	20.69	336.04	238.26
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.83	483.90	277.98
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.65	367.78	198.35
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	27.37	588.25	275.08
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	23.87	447.39	203.29
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	24.83	483.90	221.69
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	29.28	673.20	319.30
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	27.69	602.01	282.20
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	23.55	435.54	197.34
	c	<i>Sonneratia ovata</i>	25.15	496.39	279.44
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	17.19	231.93	208.37
	c	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.55	435.54	174.60
	c	<i>Sonneratia ovata</i>	21.33	357.04	172.60
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	10.19	81.45	30.95
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	7.00	38.50	13.52
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	11.14	97.43	37.72
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	13.37	140.30	56.44
	c	<i>Ceriops tagal</i>	7.32	42.07	19.51
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	10.82	91.94	35.38
	c	<i>Xylocarpus granatum</i>	9.23	66.89	24.90
	a	<i>Xylocarpus granatum</i>	14.64	168.30	69.01
	a	<i>Xylocarpus granatum</i>	10.82	91.94	35.38
Stasiun 3	a	<i>Xylocarpus granatum</i>	10.19	81.45	30.95
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	24.19	459.40	187.28
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.33	630.01	283.70

Stasiun	Zona	Jenis Mangrove	DBH (cm)	Basal Area (m ² /ha)	Biomassa (kg)
	a	<i>Ceriops tagal</i>	10.82	91.94	51.23
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.33	357.04	191.25
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.83	483.90	277.98
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.01	346.46	184.31
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	30.88	748.36	355.77
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	30.56	733.01	346.21
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.01	615.93	275.39
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	27.06	574.65	251.38
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	27.06	574.65	251.38
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.87	447.39	180.87
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	10.50	86.62	33.50
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	14.32	161.06	71.84
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.33	357.04	191.25
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.83	483.90	277.98
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	26.74	561.21	333.57
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.19	459.40	260.78
	a	<i>Ceriops tagal</i>	14.64	168.30	108.09
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	33.10	860.27	427.33
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	27.69	602.01	267.24
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.97	658.64	300.77
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.33	630.01	283.70
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	33.42	876.89	577.55
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.83	483.90	277.98
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	13.69	147.06	64.24
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	10.19	81.45	31.06
	a	<i>Excoecaria agallocha</i>	11.78	108.89	44.39
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.01	615.93	275.39
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	20.69	336.04	177.51
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	27.69	602.01	363.65
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	30.56	733.01	346.21
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	27.06	574.65	343.43
	b	<i>Ceriops tagal</i>	25.15	496.39	411.06
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	25.78	521.84	221.45
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.87	447.39	180.87
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.55	435.54	174.60
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	22.92	412.32	228.30
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	26.74	561.21	243.68
	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	27.69	602.01	267.24
	b	<i>Ceriops tagal</i>	28.01	615.93	536.58

Stasiun	Zona	Jenis Mangrove	DBH (cm)	Basal Area (m ² /ha)	Biomassa (kg)
	b	<i>Bruguera silindrica</i>	17.19	231.93	197.56
	a	<i>Rhizophora mucronata</i>	25.46	509.04	578.96
	a	<i>Rhizophora mucronata</i>	25.46	509.04	578.96
	a	<i>Rhizophora mucronata</i>	27.06	574.65	677.81
	a	<i>Rhizophora mucronata</i>	31.19	763.87	981.31
	a	<i>Rhizophora mucronata</i>	30.88	748.36	955.49
	a	<i>Ceriops tagal</i>	10.50	86.62	47.59
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	28.33	630.01	283.70
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	24.19	459.40	187.28
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	23.87	447.39	180.87
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	24.83	483.90	200.53
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	27.37	588.25	259.23
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	30.88	748.36	355.77
	a	<i>Rhizophora apiculata</i>	18.14	258.41	87.88
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	4.77	17.90	4.82
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	5.41	22.99	6.55
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	4.46	15.59	4.06
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	5.09	20.36	5.64
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	5.41	22.99	6.55
Stasiun 4	b	<i>Rhizophora apiculata</i>	31.19	763.87	365.50
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	7.32	42.07	13.78
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	14.32	161.06	71.84
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	5.73	25.77	7.54
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	7.00	38.50	12.35
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	7.32	42.07	13.78
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	6.37	31.81	9.77
	b	<i>Excoecaria agallocha</i>	6.05	28.71	8.61
	b	<i>Pandanus tectorius</i>	14.01	153.98	53.91
	c	<i>Sonneratia alba</i>	15.92	198.84	60.47
	c	<i>Pongamia pinata</i>	4.77	17.90	5.26
	c	<i>Pongamia pinata</i>	6.37	31.81	11.14
	c	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	4.77	17.90	5.80
	c	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	6.37	31.81	10.95
	c	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	7.00	38.50	13.52
	c	<i>Heritiera littoralis</i>	17.51	240.60	241.13
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	14.01	153.98	67.98
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	10.50	86.62	33.50
	c	<i>Pandanus tectorius</i>	21.01	346.46	157.39
	c	<i>Pongamia pinata</i>	7.00	38.50	14.31

Stasiun	Zona	Jenis Mangrove	DBH (cm)	Basal Area (m²/ha)	Biomassa (kg)
	c	<i>Pongamia pinata</i>	10.82	91.94	45.31
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	23.87	447.39	252.42
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	24.51	471.57	269.30
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	21.33	357.04	191.25
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	17.51	240.60	117.70
	c	<i>Excoecaria agallocha</i>	15.60	190.97	88.58

Lampiran 2. Jenis Mangrove di Pulau Kemujan

No.	Jenis Mangrove	Karakteristik	Referensi
1.	<i>Bruguera silindrica</i>	Memiliki akar lutut untuk membantu respirasi pada substrat anaerob. Daun berbentuk elips sempit dengan ujung meruncing. Propagul silindris membantu penyebaran melalui air pasang. Tumbuh baik pada lumpur halus di zona tengah mangrove.	Noor <i>et al.</i> , 2006
2.	<i>Ceriops tagal</i>	Memiliki akar tunjang kecil dan lentisel yang membantu pertukaran gas. Toleran terhadap salinitas tinggi dan kekeringan periodik. Kayunya keras dan sering mendominasi area mangrove bagian darat.	Tomlinson, 1986
3.	<i>Excoecaria agallocha</i>	Menghasilkan getah toksik yang dapat mengiritasi kulit dan mata. Daun mengandung senyawa alelopati untuk mengurangi kompetisi tumbuhan lain. Umum ditemukan pada zona transisi mangrove.	Duke, 2006
4.	<i>Heritiera littoralis</i>	Memiliki akar papan besar untuk menopang batang pada substrat lunak. Permukaan bawah daun berwarna keperakan untuk mengurangi kehilangan air. Tahan terhadap genangan air payau.	Giesen <i>et al.</i> , 2007
5.	<i>Lanea coromandelica</i>	Termasuk vegetasi asosiasi mangrove. Memiliki sistem perakaran dalam untuk adaptasi pada tanah kering dekat pesisir. Daun majemuk membantu efisiensi transpirasi di lingkungan panas.	Kitamura <i>et al.</i> , 1997
6.	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Memiliki daun sukulen untuk menyimpan air dan mengurangi stres salinitas. Bunga kecil berwarna putih tersusun terminal. Umum tumbuh pada substrat berpasir hingga lumpur keras.	Noor <i>et al.</i> , 2006
7.	<i>Pandanus tectorius</i>	Memiliki akar tunjang besar sebagai penopang terhadap angin pantai. Daun panjang berduri membantu mengurangi herbivori. Adaptif terhadap substrat pasir dan semprotan garam laut.	Giesen <i>et al.</i> , 2007
8.	<i>Pongamia pinata</i>	Memiliki kemampuan fiksasi nitrogen melalui simbiosis bakteri akar. Toleran terhadap tanah salin dan sering ditemukan di area pesisir terbuka. Bijinya mengandung minyak biofuel.	Tomlinson, 1986

9.	<i>Rhizophora apiculata</i>	Memiliki akar tunjang kompleks untuk stabilitas dan respirasi. Propagul vivipar berkembang saat masih menempel pada induk. Dominan pada substrat lumpur dalam dengan pasang surut tinggi.	Noor <i>et al.</i> , 2006
10.	<i>Rhizophora mucronata</i>	Memiliki akar tunjang besar dan rapat untuk menahan abrasi pantai. Daun lebih lebar dengan ujung mukronata. Adaptif terhadap salinitas tinggi dan genangan lama.	Duke, 2006
11.	<i>Sonneratia alba</i>	Memiliki pneumatofor tegak berbentuk pensil untuk pertukaran oksigen. Toleran terhadap ombak kuat dan salinitas tinggi. Berperan sebagai spesies pionir pada zona depan mangrove.	Giesen <i>et al.</i> , 2007
12.	<i>Sonneratia ovata</i>	Memiliki sistem akar napas berkembang baik pada tanah anaerob. Daun berbentuk bulat telur dan bunga besar dengan banyak benang sari. Umum ditemukan di estuari berlumpur.	Tomlinson, 1986
13.	<i>Thespesia populnea</i>	Memiliki daun berbentuk hati dengan kutikula tebal untuk mengurangi penguapan. Toleran terhadap semprotan garam dan angin pesisir. Bunga berubah warna dari kuning menjadi merah keunguan saat tua.	Kitamura <i>et al.</i> , 1997
14.	<i>Xylocarpus granatum</i>	Memiliki buah besar berbentuk bulat seperti delima. Kulit batang beralur dan mengelupas. Sistem akar berkembang baik pada lumpur dalam dan membantu stabilisasi substrat.	Noor <i>et al.</i> , 2006
15.	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	Memiliki batang lebih halus dibanding <i>Xylocarpus granatum</i> . Buah lebih kecil dan akar papan berkembang sedang. Umum tumbuh pada area lumpur berpasir dengan salinitas sedang.	Duke, 2006

Lampiran 3. Data Uji Statistika

1. Normalitas Biomassa

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Biomassa Zona A	0.219	4		0.955	4	0.748
Biomassa Zona B	0.236	4		0.884	4	0.358
Biomassa Zona C	0.168	4		0.997	4	0.990

a. Lilliefors Significance Correction

2. Normalitas Nekromassa

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nekromassa Zona A	0.370	4		0.725	4	0.022
Nekromassa Zona B	0.260	4		0.827	4	0.161
Nekromassa Zona C	0.268	4		0.949	4	0.707

a. Lilliefors Significance Correction

3. Homogenitas Biomassa Stasiun

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Cadangan Karbon Biomassa	Based on Mean	1.961	3	8	0.198
	Based on Median	0.429	3	8	0.738
	Based on Median and with adjusted df	0.429	3	4.664	0.742
	Based on trimmed mean	1.789	3	8	0.227

4. Homogenitas Biomassa Zona

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Cadangan Karbon Biomassa	Based on Mean	2.260	2	9	0.160
	Based on Median	1.773	2	9	0.224
	Based on Median and with adjusted df	1.773	2	4.585	0.269
	Based on trimmed mean	2.252	2	9	0.161

5. Friedman Biomassa Stasiun

Test Statistics^a

N	3
Chi-Square	2.600
df	3
Asymp. Sig.	0.457

a. Friedman Test

6. Friedman Biomassa Zona

Test Statistics^a

N	4
Chi-Square	0.500
df	2
Asymp. Sig.	0.779

a. Friedman Test

7. Friedman Nekromassa Stasiun

Test Statistics^a

N	3
Chi-Square	2.036
df	3
Asymp. Sig.	0.565

a. Friedman Test

8. Friedman Nekromassa Zona

Test Statistics^a

N	4
Chi-Square	1.286
df	2
Asymp. Sig.	0.526

a. Friedman Test

Lampiran 4. Data Parameter Lingkungan

1. Parameter Lingkungan Stasiun 1

Zona	DO (mg/L)	Salinitas	pH	Suhu (°C)
A	7,27	29	7,6	30,5
B	7,43	31	7,7	30,6
C	7,54	33	7,7	30,3

2. Parameter Lingkungan Stasiun 2

Zona	DO (mg/L)	Salinitas	pH	Suhu (°C)
A	4,86	31	7,7	30,1
B	4,46	30	7,5	29,8
C	4,51	32	7,7	29,8

3. Parameter Lingkungan Stasiun 3

Zona	DO (mg/L)	Salinitas	pH	Suhu (°C)
A	6,38	30	7,7	31,8
B	6,29	32	7,7	31,3
C	6,36	30	7,8	31,2

4. Parameter Lingkungan Stasiun 4

Zona	DO (mg/L)	Salinitas	pH	Suhu (°C)
A	4,52	30	8,4	30,1
B	4,54	30	8,4	30,2
C	4,43	32	8,1	30,1