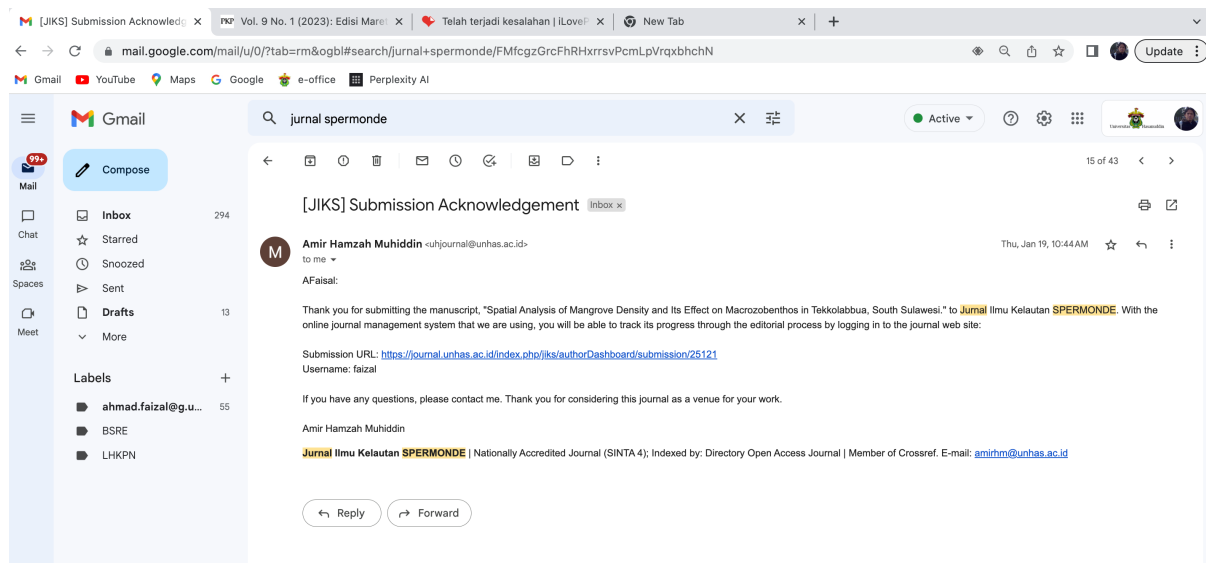


Bukti Korespondensi

Submit Artikel

Submitted Jurnal Spermonde

19 Januari 2023



Artikel Submitted sebagai berikut

Analisis Spasial Kerapatan Mangrove dan Pengaruhnya terhadap Makrozobentos di Tekkolabbua, Sulawesi Selatan.

Razkiyah Ramadhani ¹⁾, Amran Saru²⁾ dan Ahmad Faizal^{2*)}

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Sarjana Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

²⁾Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

*) e-mail : ahmad.faizal@unhas.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos, Metode Penelitian yang digunakan adalah analisis citra satelit dengan transformasi NDVI dintegrasikan dengan survei lapangan, hubungan antara kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos diuji dengan analisis regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan kualitas ekosistem mangrove dengan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha, yang dibarengi dengan peningkatan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

Kata Kunci : Citra Landsat, Transformasi NDVI, Kelimpahan Makrozoobentos dan Tekkolabbua

Latar Belakang

Mangrove adalah salah satu ekosistem yang berada di wilayah pesisir dengan produktivitas yang tinggi, ekosistem ini sangat dipengaruhi aktivitas lautan dan daratan, memiliki sumbangsih dalam perubahan iklim dan proses mitigasi bencana, Secara fisik mangrove berfungsi untuk menjaga kestabilan pantai, melindungi pantai dari bencana alam (abrasi, tsunami dan badai), penyangga dari intrusi air laut (Khan et al., 2010; Marois and Mitsch, 2015, Karimah, 2017), sebagai penyerap dan menyimpan karbon (Alongi, 2012; Donato et al., 2011; Sanderman et al., 2018). Secara biologis mangrove berfungsi sebagai tempat pemijahan, pembesaran dan mencari makan berbagai jenis organisme seperti ikan, crustacea dan berbagai jenis biota darat lainnya. (Field et al., 1988) dan memiliki produktivitas primer yang tinggi (UNEP-WCMC, 2014). Selain itu mangrove juga memiliki biota asosiasi seperti makrozoobentos, organisme ini hidup pada substrat mangrove dan menjadi bioindicator kerusakan ekosistem.(Retnaningdyah, et al., 2022)

Luas ekosistem mangrove di Indonesia adalah 3.489.140 Ha, jumlah ini mewakili 23% dari ekosistem mangrove dunia dimana 47,89% dalam kondisi rapat dan 52,11% dalam kondisi sedang (KLHK, 2015). Demikian pula Provinsi Sulawesi Selatan memiliki hutan mangrove dengan luas 104.030 Ha atau sekitar 2,98% dari keseluruhan luas mangrove di Indonesia, komposisi jenis mangrove di Sulawesi Selatan adalah *Avicennia* spp, *Rhizophora* spp, *Bruguiera* spp, *Sonneratia* spp dan beberapa mangrove asosiasi seperti *Acanthus ilicifolius* dan *Nypa fruticans* (Saru, 2011). Namun keberadaan mangrove di Indonesia dan Sulawesi Selatan pada khususnya tak terhindarkan dari ancaman degradasi dan deforestasi

Degradasi mangrove di dunia dan Indonesia khususnya disebabkan oleh berbagai factor seperti perubahan iklim (misalnya kenaikan suhu permukaan air laut, perubahan arus dan kenaikan muka air, etc), bencana alam (gempa, tsunami, badai, etc) dan dampak aktivitas antropogenik (seperti pencemaran, aktivitas pertambangan, urban development, etc) (Pendleton et al., 2012). Seperti halnya di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan pada rentang waktu 1980-2010 telah terjadi perubahan luasan mangrove dari 248,4 Ha menjadi 49 Ha, perubahan luasan ini disebabkan oleh konversi mangrove menjadi lahan tambak (Tantu, 2012). Perubahan luasan mangrove di Tekkolabbua ini juga memberikan dampak terhadap biota asosiasi mangrove dalam hal ini makrozoobentos, Hasil penelitian Jumiarti, (2009) menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobentos berkisar 57,8 ind/m².

Observasi dengan menggunakan data satelit dan tools geospatial memungkinkan melakukan monitoring perubahan tutupan lahan termasuk tutupan ekosistem mangrove (Wulder et al., 2019). Data temporal citra satelit menjadi solusi yang komprehensif untuk melakukan penilaian luasan mangrove, salah satu citra satelit yang memungkinkan untuk digunakan adalah Landsat dan berbagai algoritma pengolahan citra satelit seperti komposit citra, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) (Faizal et al., 2005) Selain itu dalam studi di hutan bakau penginderaan jauh sering digunakan untuk evaluasi tutupan, dinamika kepadatan dan estimasi biomassa (Mondal et al., 2019; Kauffman and Bhomia, 2017; Giri et al, 2015; Kuenzer et al., 2011, Simard et al., 2006).

Bedasarkan atas kondisi perubahan mangrove di Tekkolabbua dan potensi integrasi antara survei lapangan dan kajian penginderaan jauh maka penelitian Analisis Spasial kerapatan Mangrove dan Pengaruhnya terhadap Makrozoobentos di Tekkolabbua dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos.

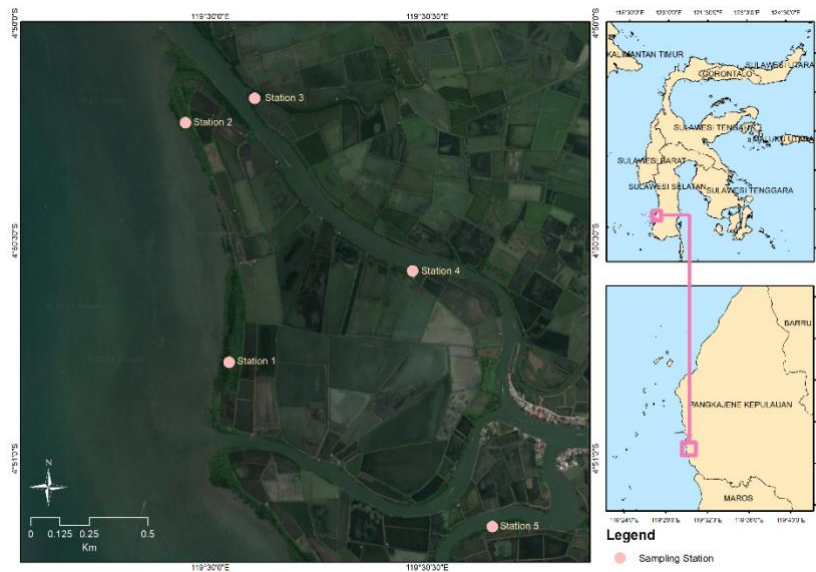
Bahan dan Metode

1. Lokasi Studi

Penelitian di laksanakan di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pankep, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis $4^{\circ}50'53.16''\text{S}$ dan $119^{\circ}30'30.07''\text{E}$ (Gambar 1). Ada 5 titik sampling pada penelitian ini, penentuan titik sampling mengacu pada referensi awal yang telah dilakukan oleh Jumiarti (2009), Stasiun 1 dan 2 berhadapan langsung dengan perairan bebas, Stasiun 3, 4 dan 5 berada di muara sungai. Survei lapangan dilaksanakan pada bulan November- Desember 2021. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat dengan spesifikasi seperti pada Tabel1.

Tabel 1. Spesifikasi citra yang digunakan dalam penelitian

Satellite image sensors	Recording Time	Path/Row
Landsat-7-EM+	November 2, 2009	114/053
Landsat-8-OLI	August 23, 2021	114/053



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kelurahan Tekolabbua, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan.

2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit untuk indentifikasi tutupan dan kerapatan mangrove dengan survei ekologi serta data sekunder yang menjadi referensi (Jumiarti, 2009) untuk menganalisis pengaruh perubahan kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos seperti pada Gambar 2.

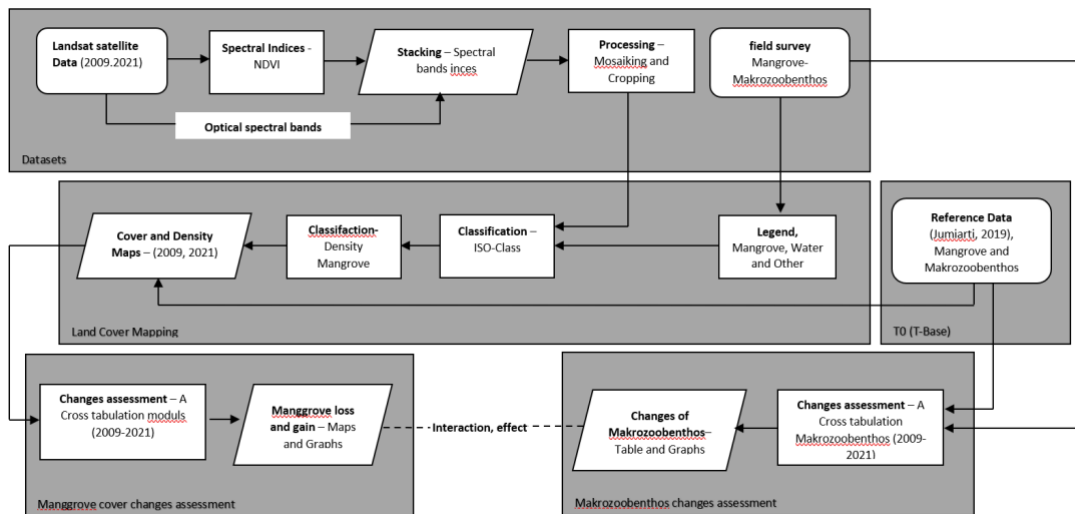
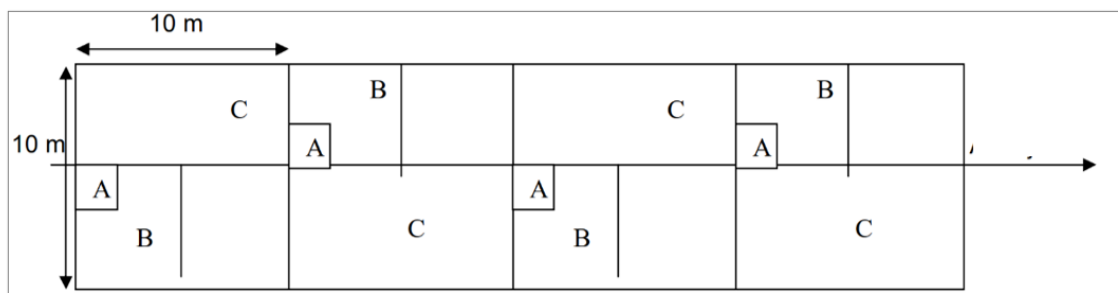


Figure 2. Methodological flow chart assessment (Modification of Gilani et al., 2021)

2.1. Field Survey

Survei lapangan dilakukan untuk menilai kondisi mangrove dan sampling makrozoobentos. Tahapan sampling sebagai berikut:

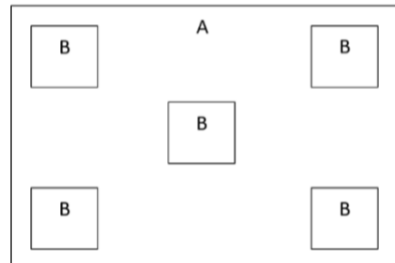
- Sampling mangrove dilakukan dengan mengikuti Standart Nasional Indonesia (SNI) survei dan pemetaan mangrove (2011) untuk masing kategori; semai (Permudaan mulai dari kecambah sampai dengan tinggi < 1,5 m), anakan (permudaan dengan tinggi $\geq 1,5$ m sampai dengan diameter < 10 cm) dan pohon (pohon dengan diameter ≥ 10 cm) seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Desain unit contoh pengamatan mangrove (A=Pengamatan semaian 1 x 1 m; B=Pengamatan anakan 5x5 m; dan C=Pengamatan pohon 10x10 m)

- Pengambilan data makrozoobentos menggunakan plot kuadran 1 m x 1 m (English et al, 1997; Wahab, 2019) yang diletakkan di dalam plot mangrove 10 m x 10 m. Pengambilan sampel di lapangan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Sampel makrozoobentos infauna diambil

menggunakan pipa paralon berdiameter 20 cm yang ditancapkan ke dalam substrat hingga kedalaman ± 20 cm. Sementara untuk sampel makrozoobentos epifauna hanya dihitung jumlah spesies pada transek kuadran masing-masing (Cochran, 1977; Wahab, 2019).



Gambar 4 . Desain unit pengambilan data makrozoobentos (A=Petak pengamatan mangrove; B=petal pengamatan makrozoobentos)

2.2. Identifikasi dan Penilaian Perubahan Kepadatan Mangrove

Identifikasi dan penilaian perubahan kepadatan mangrove dilaksanakan dengan analisis citra satelit, yang meliputi tahapan pengolahan sebagai berikut :

- Identifikasi vegetasi dengan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse *et al*, 1973) , Penerapan transformasi NDVI pada Citra landsat-7-EM+ menggunakan band 4 dan 3 sedangkan untuk citra Landsat-8-OLI menggunakan band 5 dan 4 (Latifah *et al*, 2018).
- Layer stacking dengan menggunakan komposit citra satelit (RGB 564 untuk Landsat 7 EM+ dan RGB 432 untuk Landsat 8 OLI) yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Chavez *et al.*, 1982; Mannopo *et al*, 2015)
- Mozaiking dan Cropping dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Lii *et al.*, 2019)
- Klasifikasi citra dengan menggunakan unsupervised menggunakan metode isodata yang mengacu pada klasterisasi nilai spectral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove, badan air, dan non vegetasi.
- Klasifikasi Kepadatan Mangrove berdasarkan nilai NDVI untuk masing citra dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) dan Selamat *et al.*, (2021) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI

Mangrove Density Category	NDVI value for Landsat-7-EM+	NDVI value for Landsat-8-OLI
Jarang	$0 \leq 0,33$	$0,36 \leq 0,61$
Sedang	$0,34 \leq 0,42$	$0,61 \leq 0,74$
Rapat	$0,43 \leq 1,00$	$> 0,74$

- Merujuk pada Puyravaud (2003), untuk melihat perubahan tutupan mangrove antara tahun 2009 sampai 2021 dilakukan tabulasi silang untum menentukan pengurangan dan penambahan luasan mangrove.

2.3. Analisis Data

Data hasil survei lapangan dan pengolahan data citra satelit dianalisis untuk melihat hubungan antara perubahan luasan tutupan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos dengan tahapan analisis sebagai berikut

- Kerapatan mangrove dihitung untuk mendapatkan jumlah tegakan dalam suatu unit area (Kementrian Lingkungan Hidup, 2004) dengan persamaan

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan: D_i = Kerapatan Mangrove ; n_i = Jumlah pohon; dan A = Luas area

Tabel. 3. Kriteria baku mutu kerusakan mangrove

	Kriteria	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat Padat (Rapat)	> 1500
	Sedang	$> 1000 - < 1500$
Rusak	Jarang	< 1000

Sumber : Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH), 2004

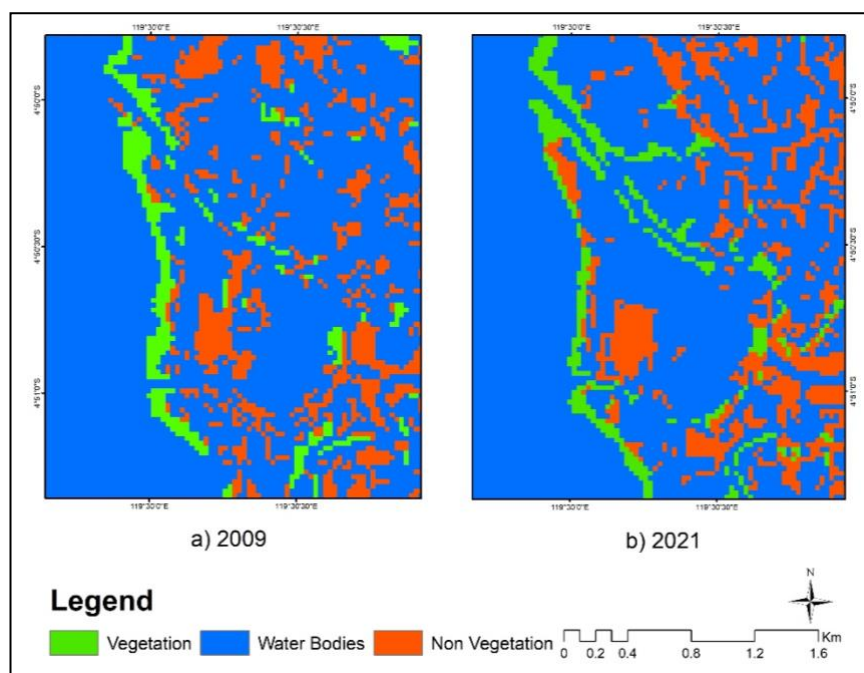
- Kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian dihitung dengan merujuk pada Odum (1971);
- Analisis hubungan antara tutupan lahan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan metode regresi linear.

Hasil dan Pembahasan

3.1 Kerapatan Mangrove

Kerapatan Mangrove merupakan salah satu indikator untuk melihat tingkat kerusakan pada suatu kawasan hutan mangrove. Setiap stasiun memiliki nilai kerapatan berbeda, semakin banyak jumlah mangrove maka semakin padat mangrove tersebut.

Hasil klasifikasi citra tahun 2009 dan tahun 2020 dengan kategori vegetasi mangrove, badan air dan non vegetasi seperti pada Gambar 5, dan perubahan tutupan luasan masing-masing kategori seperti pada Tabel 4.



Gambar 5. Hasil klasifikasi citra Landsat tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

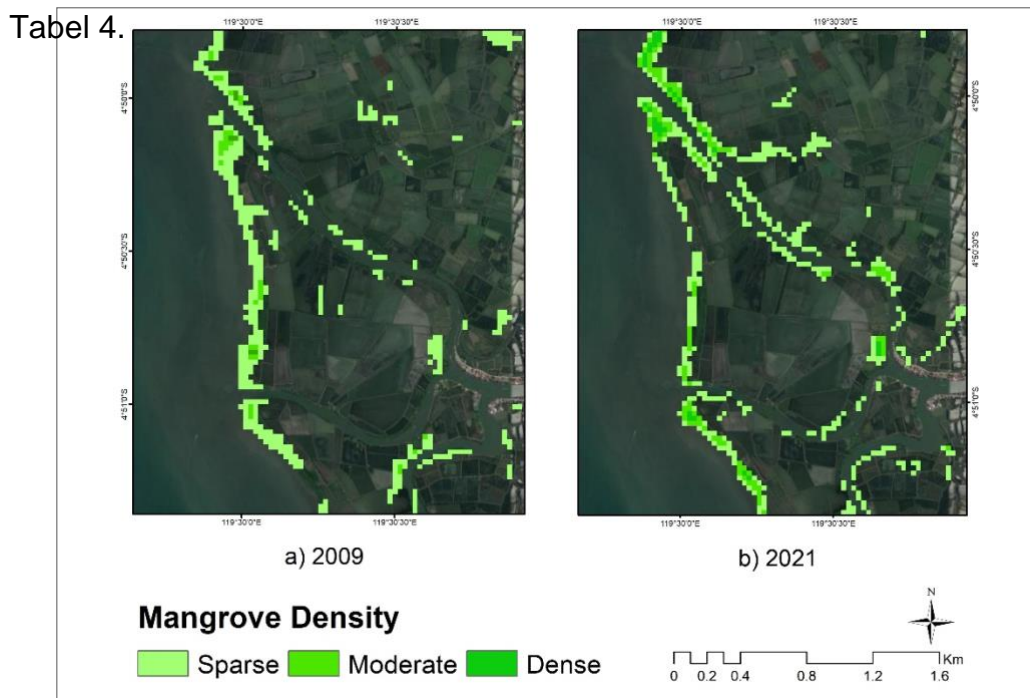
Tabel 4. Perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2021

No	Jenis Tutupan	Luas (m ²)		Keterangan
		2009	2021	
1	Vegetasi Mangrove	445.500	500.400	Gain
2	Badan Air	5.537.700	5.418.800	Loss
3	Non Vegetasi	1.055.700	1.120.500	Gain
Total		7.038.900	7.038.900	

Gambar 5 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa ada kecenderungan penambahan luasan vegetasi mangrove di Tekkolabbua sebesar 54.900 m² atau sekitar 5,49 Ha. Dan juga penambahan luas kelompok non vegetasi sebesar 64.800 m² atau sekitar 6,48Ha. Berdasarkan hasil obsersevasi menunjukkan penambahan luasan mangrove disebabkan telah diadakannya penanaman

mangrove pada tahun 2014. Sedangkan penambahan areal non vegetasi sebagian untuk kegiatan permukiman dan pertambakan. Menurut Eddy et al, (2016), kerusakan ekosistem mangrove yang ada di seluruh dunia sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia. Setyawan dan Kusumo (2006) juga menuliskan alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak dengan hak milik perorangan

Penilaian lebih lanjut kondisi ekosistem mangrove dengan menghitung kerapatan dengan menggunakan transformasi NDVI. Kerapatan mangrove berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit seperti pada Gambar 6. Kemudian untuk luasan setiap kategori kerapatan vegetasi mangrove tahun 2009 dan tahun 2021 disajikan pada tabel 5.



Gambar 6. Hasil Transformasi Nilai NDVI tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

Tabel 1. Luas setiap kategori kerapatan mangrove berdasarkan hasil transformasi NDVI

No.	Kategori Kerapatan Mangrove	Luas (m ²)		Keterangan
		2009	2021	
1	Jarang	399.600	367.200	Loss
2	Sedang	29.700	103.500	Gain
3	Rapat	16.200	29.700	Gain
Total		445.500	500.400	Gain

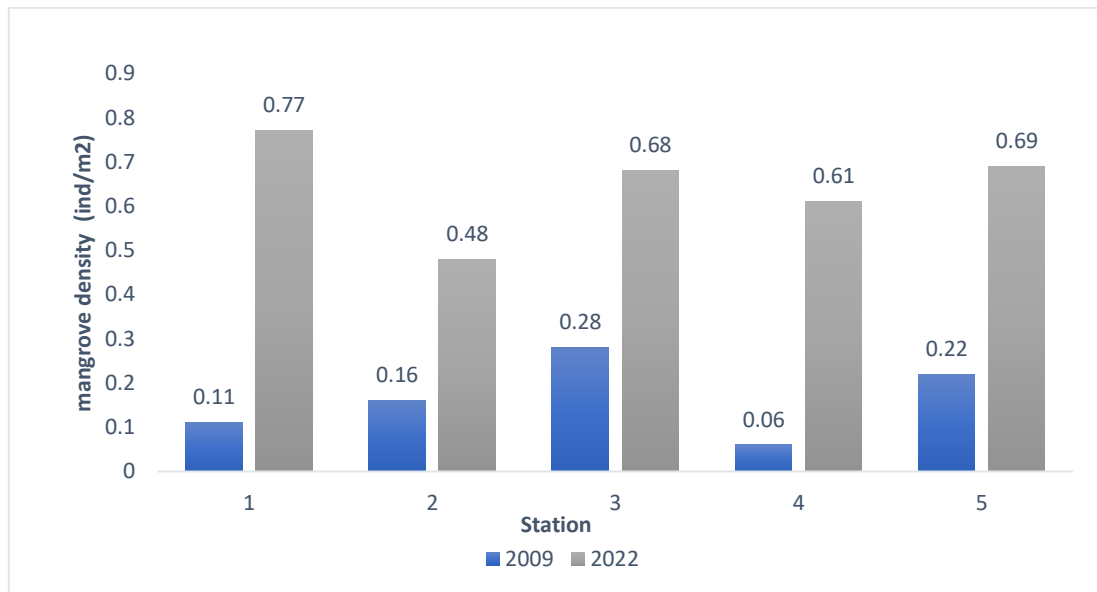
Data pada Gambar 6 dan Tabel 5 memperlihatkan terjadi peningkatan kerapatan mangrove kategori sedang sebesar 73,8 Ha dan Kategori rapat sebesar 13.5 Ha. Dan khusus untuk kategori jarang terjadi penurunan luasan sebesar 32.4 Ha. Kondisi ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan kualitas kondisi mangrove di Tekkolabbua. Peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua sejalan dengan peningkatan luasan tutupan mangrove.

Jika dibandingkan hasil pengukuran langsung di lapangan pada 5 (lima) stasiun yang telah ditetapkan sesuai dengan Jumiarti (2009) didapatkan kriteria kerapatan mangrove berdasar atas kriteria KMNLH (2014) untuk setiap stasiun, seperti di sajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Kerapatan mangrove berdasarkan kriteria baku mutu

Stasiun	Kerapatan (Pohon/ha)	Kriteria kerapatan
1	7700	Sangat padat
2	4800	Sangat padat
3	6800	Sangat padat
4	6100	Sangat padat
5	6900	Sangat padat

Data hasil pengukuran kerapatan mangrove pada setiap stasiun memiliki nilai yang berbeda dengan kriteria kerapatan yang sama berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove KMNLH tahun 2004, Stasiun satu dengan nilai kerapatan sebesar 7700 (pohon/ha), stasiun 2 dengan nilai kerapatan sebesar 4800 (pohon/ha), stasiun 3 dengan nilai kerapatan sebesar 6800 (pohon/ha), stasiun 4 dengan nilai kerapatan sebesar 6100 (pohon/ha), dan stasiun 5 dengan nilai kerapatan sebesar 6900 (pohon/ha). Semua stasiun berada pada kondisi kerapatan sangat padat. Selanjutnya perbandingan hasil pengukuran Kerapatan mangrove hasil survei lapangan tahun 2021 dan Jumiarti 2009 disajikan pada gambar 7.

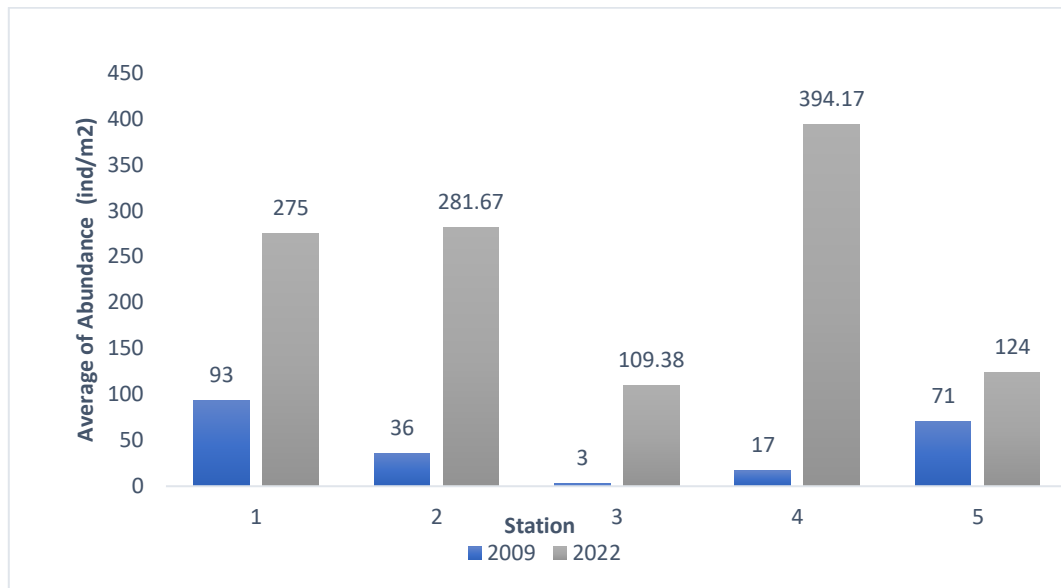


Gambar 7. Kerapatan Mangrove (Di) pada setiap stasiun di lokasi penelitian Tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan Tahun 2021

Bedasarkan atas kerapatan jenis mangrove khususnya pada setiap stasiun menunjukkan bahwa kerapatan jenis mangrove pada tahun 2021 jauh lebih baik dibandingkan dengan kerapatan jenis pada tahun 2009 untuk semua stasiun, hal ini juga membuktikan bahwa secara kualitatif untuk titik yang teramati terjadi perbaikan kualitas mangrove, salah satu penyebabnya adalah telah diadakan penyulaman pada wilayah-wilayah yang memiliki mangrove. Menurut Field (1999) bahwa salah satu cara rehabilitasi hutan mangrove dengan teknik penyulaman pada lokasi-lokasi yang memiliki kerapatan yang jarang dan keberhasilan rehabilitasi juga ditunjang dengan jenis mangrove yang ditanam (Macintosh et al., 2002)

3.2. Makrozoobentos

Kelimpahan makrozoobentos merupakan banyaknya individu dari suatu spesies dalam suatu area. Hasil perhitungan rata-rata kelimpahan makrozoobentos yang ditemukan substrat, akar dan batang hasil survei tahun 2021 dan hasil penelitian Jumiarti (2009) disajikan pada gambar 8.



Gambar 82. Rata-rata kelimpahan makrozoobentos pada setiap stasiun tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan 2021

Rata-rata Kelimpahan Makrozoobentos hasil pengamatan tahun 2021 yang ditemukan pada substrat, akar dan batang tertinggi di stasiun 4, menyusul stasiun 2 dan 1. Sedangkan Jumiarti (2009) menemukan bahwa kelimpahan makrozoobentos tertinggi ditemukan pada stasiun 1 dan 5 dan terendah pada stasiun 3. Jika dibandingkan rata-rata kelimpahan makrozoobentos tahun 2009 dengan 2021 maka kelimpahan rata-rata tahun 2021 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan rata-rata pada tahun 2009. Salah satu faktor yang menyebabkan tinggi kelimpahan makrozoobentos adalah tingginya kandungan bahan organik terlarut pada substrat (Awaluddin, 2018) dan C-Organik (Basyuni, et al., 2018).

Kelimpahan Makrozoobentos yang rendah pada stasiun 3 pada tahun 2021 dan tahun 2019, dimungkinkan oleh tingginya tekanan antropogenik, karena jarak stasiun ini dengan permukiman cukup dekat. Hal ini diperkuat dengan KL et al, (2017) yang menuliskan bahwa habitat mangrove yang terpengaruh dan mendapat tekanan dari kegiatan eksploitasi masyarakat dapat mengakibatkan kerusakan ekologi dan hal tersebut juga berdampak terhadap keberadaan makrozoobentos, juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Marpaung (2013) menuliskan bahwa kelimpahan yang didapatkan tergolong rendah berkisar antara 107 – 1020 ind/m² di stasiun 1 dan stasiun 2 di Pantai Boe yang lokasinya berdekatan dengan area pemukiman.

3.3. Hubungan Perubahan Kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos

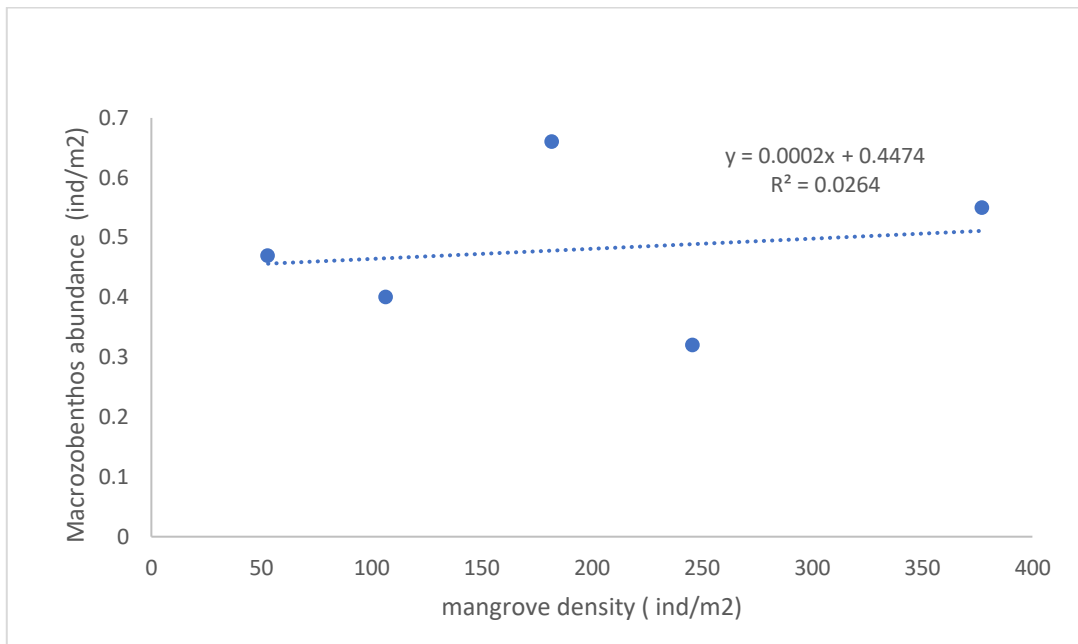
Hubungan antara Perubahan kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos dijelaskan dengan metode regresi linear. Perubahan nilai kerapatan untuk stasiun 1 hingga stasiun 5 serta nilai kelimpahan rata-rata makrozoobentos per stasiun disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perubahan Nilai Kelimpahan rata-rata makrozoobentos (ind/m²) dan nilai luas tutupan lahan tahun 2009 dan 2021.

Stasiun	Kelimpahan Rata-Rata Makrozoobentos (ind/m ²)		Perubahan Kelimpahan (ind/m ²)	Ket	Kerapatan Mangrove (ind/m ²)		Perubahan Kerapatan (ind/m ²)	Ket
	2009	2021			2009	2021		
	1	93			275	182		
2	36	281.67	245.67	Gain	0.16	0.48	0.32	Gain
3	3	109.38	106.38	Gain	0.28	0.68	0.4	Gain
4	17	394.17	377.17	Gain	0.06	0.61	0.55	Gain
5	71	124	53	Gain	0.22	0.69	0.47	Gain

Hasil kompilasi data antara tahun 2009 dan 2021 menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobentos pada setiap stasiun mengalami penambahan, begitupula dengan kerapatan mangrove juga mengalami penambahan kerapatan untuk semua stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya perbakaan kualitas mangrove selama satu dekade di Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep. Selanjutnya untuk melihat bagaimana pengaruh kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos maka dilakukan ujia regresi seperti pada Gambar 9.

Hasil regresi nilai kelimpahan makrozoobentos hubungannya dengan Luas tutupan lahan mangrove disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan perubahan tutupan lahan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos

Berdasarkan analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan regresinya $Y = 0.0002x + 0.4474$ dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.0264. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua menyebabkan peningkatan kelimpahan makrozoobentos, meskipun dari nilai determinasi dari persamaan ini menjelaskan kemungkinan banyaknya factor lain berpengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian selain factor kerapatan mangrove. Hasil penelitian Octaviana et al., (2018) di Aceh Singkil menunjukkan bahwa pada kerapatan mangrove 0.8-1.1 ind/m² ditemukan kelimpahan makrozoobentos sebesar 48-75 ind/m².

Kecilnya pengaruh langsung kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobenthos ini didukung dari beberapa hasil penelitian lainnya, Wardianto et al (2015) menemukan bahwa beberapa spesies makrozoobentos bahwa sedimen atau kondisi substrat menjadi sumber utama kehidupan makrozoobentos di ekosistem mangrove. Begitupula hasil penelitian Marten et al., (2015) bahwa tingkat kekasaran sedimen sangat menentukan kelimpahan makrozoobenthos.

Simpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan kualitas ekosistem mangrove di Tekkolbbua, Kabupaten Pangkep,

dimana ditemukan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha. Peningkatan tutupan juga dibarengi dengan perbaikan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

Daftar Pustaka

- Alongi, D.M., 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* 3, 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>.
- Awaluddin. 2018. Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Mangrove Alami di Pelabuhan Siwa Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B and Bunting, P. 2018. Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(1), 311-317.
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. 1982. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8, 23-30
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York
- Departemen Kehutanan 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* 4, 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>.
- Eddy, S., M.R. Ridho, I. Iskandar, & A. Mulyana. 2016. Community-Based Mangrove Forests Conservation for Sustainable Fisheries. *J. Silvikultur Tropika*. Vol. 7, No. 3, Hal: 42 – 47.
- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science (AIMS). Townsville. Australia.

- Faizal, A., dan Amran M.A., 2005. "Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mukronata". Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Field, C., Osborn, J., Hoffman, I., Polsenberg, J., Ackerly, D., Berry, J., ... and Mooney, H. (1998). Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Global Ecology & Biogeography Letters*, 7(1), 3-14.
- Field, C.D., 1999. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Mar. Pollut. Bull.* 37, 383-392
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>
- Giri, C., Long, J., Abbas, S., Murali, R.M., Qamer, F.M., Pengra, B., Thau, D., 2015. Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *J. Environ. Manag.* 148, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.01.020>.
- Jumiarti. 2009. Struktur Komunitas Makrozoobentos pada Daerah Perlindungan Mangrove di Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.
- Karimah. 2017. Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. 7, No. 2. p-ISSN: 1411-9587 e-ISSN:2549-7863 51.
- Kauffman, J.B., Bhomia, R.K., 2017. Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: global and regional comparisons. *PLoS One* 12, e0187749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187749>
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KLMN), 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Indonesia
- Khan, Z.M., Babar, H., Ghalib, S.A., Zehra, A., Nazia, M., 2010. Distribution, population status and environmental impacts on reptiles in Manora, Sandspit, Hawkesbay and Cape Monze areas of Karachi coast. *Can. J. Pure Appl. Sci.* 4, 1053–1071.

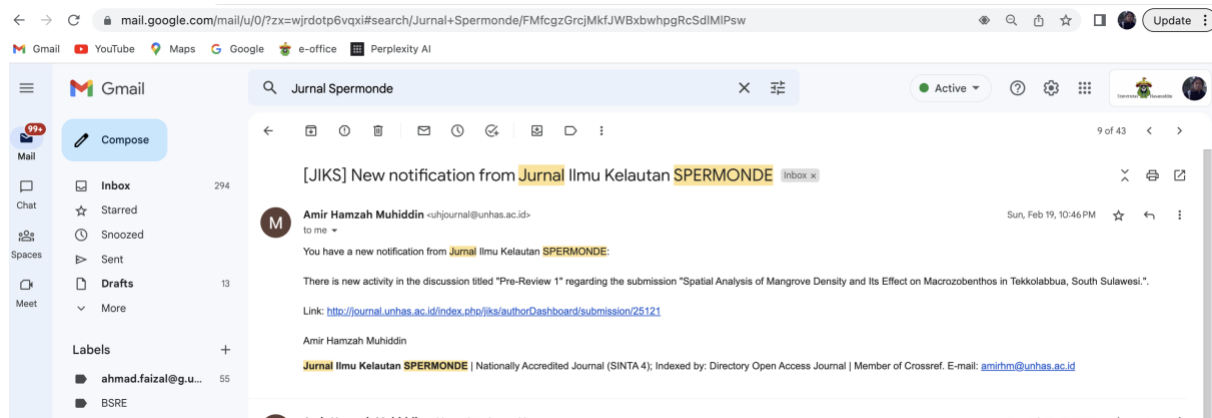
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Nomor: SP. 58/HUMAS/PP/HMS.3/03/2017.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V., Dech, S., 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Rem. Sens.* 3, 878–928. <https://doi.org/10.3390/rs3050878>
- Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., Zainur, M. 2018. Pemetaan Klasifikasi dan Analisa Perubahan Ekosistem Mangrove Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Karimunjawa, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. 21, No.2, Hal:97–102. ISSN 0853-7291.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(4), 8-22.
- Macintosh, D.J., E.C. Ashton, S. Havanon 2002. Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. , 55(3), 331–345. doi:10.1006/ecss.2001.0896 \
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. 2015. Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Marpaung, A., A. 2013. Keanekaragaman Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Marois, D.E., Mitsch, W.J., 2015. Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands - a review. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.997292>.
- Maarten F. de Jong, Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra, Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 72, Issue 8, September/October 2015, Pages 2409–2422, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv060>
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T.E., Lagomasino, D., 2019. Evaluating combinations of Sentinel-2 data and machine-learning algorithms for mangrove mapping in West Africa. *Rem. Sens.* 11, 2928. <https://doi.org/10.3390/rs11242928>

- Octavina, C., Purnawan, S., & Manik, A. S. 2018. Study of the macrozoobenthos community structure in the mangrove ecosystem gampong Gosong Telaga, Aceh Singkil district. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 216, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Odum, P.E. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemahan Ir. Thahjono Samingan, M.Sc. Cet.2. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marb` a, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., Baldera, A., 2012. Estimating Global “Blue Carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One* 7, e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>.
- Puyravaud, J.P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *For. Ecol. Manage.* 177, 593–596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- Retnaningdyah, C., Febriansyah, S. C., & Hakim, L. (2022). Evaluation of the quality of mangrove ecosystems using macrozoobenthos as bioindicators in the Southern Coast of East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(12).
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M.F., Benson, L., Bukoski, J.J., Carnell, P., Cifuentes-Jara, M., Donato, D., Duncan, C., Eid, E.M., Ermgassen, P.Z., Lewis, C.J.E., Macreadie, P.I., Glass, L., Gress, S., Jardine, S.L., Jones, T.G., Nsombo, E.N., Rahman, M.M., Sanders, C.J., Spalding, M., Landis, E., 2018. A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environ. Res. Lett.* 13, 055002 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabe1c>.
- Saru, A., Fitrah, M.N., Faizal, A. 2011. Analisis Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Fisheries and Marine Science*. Vol.1, No.1: 1-14.
- Selamat, M.B., Mashoreng, K., Amri K., Susetiono, Rappe, R.A and Jompa, J. 2021. Mangrove Condition at Selayar Island Based on Field Data and NDVI. *IOP Publishing*. 1755-1315.

- Setyawan, A.D. & W. Kusumo. 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *J. Biodiversitas*. Vol. 7, NO.2:159-163.
- Simard, M., Zhang, K., Rivera-Monroy, V.H., Ross, M.S., Ruiz, P.L., Castaneda-Moya, E., Twilley, R.R., Rodriguez, E., 2006. Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* 72, 299–311. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.3.299>.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Survei dan Pemetaan Mangrove. SNI 7727: 2011.
- Tantu AG. 2012. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Pemanfaatan Sumberdaya Alam Pesisir Berkelanjutan. *Disertasi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.\
- UNEP-WCMC, 2014. *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action*. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEPWCMC), Cambridge, UK. Vo, Q.T., Oppelt, N., Leinenkugel
- Wardiatno Y, Mardiansyah, Prartono T, Tsuchiya M 2015. Possible food sources of macrozoobenthos in the manko mangrove ecosystem, okinawa (Japan): a stable isotope analysis approach. *Trop Life Sci Res.* 26(1):53-65.
- Wahab. I., Madduppa. H., Kawaroe., M., Nurafni. 2019. Analisis Kepadatan Makrozoobentos pada Fase Bulan Berbeda di Lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. Vol. 10, No. 1. ISSN 2087-4871.
- Wulder, M.A., Loveland, T.R., Roy, D.P., Crawford, C.J., Masek, J.G., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Belward, A.S., Cohen, W.B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J.D., Hostert, P., Hughes, M.J., Huntington, J., Johnson, D.M., Kennedy, R., Kilic, A., Li, Z., Lyburner, L., McCorkel, J., Pahlevan, N., Scambos, T.A., Schaaf, C., Schott, J.R., Sheng, Y., Storey, J., Vermote, E., Vogelmann, J., White, J.C., Wynne, R.H., Zhu, Z., 2019. Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sens. Environ.* 225, 127–147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>.

Pre Review

08 Februari 2023



Artikel Pre review Sesuai format sebagai berikut

**ANALISIS SPASIAL KERAPATAN MANGROVE DAN PENGARUHNYA TERHADAP
MAKROZOBENTOS DI TEKKOLABBUA, SULAWESI SELATAN.****ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos, Metode Penelitian yang digunakan adalah analisis citra satelit dengan transformasi NDVI diintegrasikan dengan survei lapangan, hubungan antara kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos diuji dengan analisis regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan kualitas ekosistem mangrove dengan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha, yang dibarengi dengan peningkatan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

Kata Kunci : Citra Landsat, Transformasi NDVI, Kelimpahan Makrozoobentos dan Tekkolabbua

PENDAHULUAN

Mangrove adalah salah satu ekosistem yang berada di wilayah pesisir dengan produktivitas yang tinggi, ekosistem ini sangat dipengaruhi aktivitas lautan dan daratan, memiliki sumbangsih dalam perubahan iklim dan proses mitigasi bencana. Secara fisik mangrove berfungsi untuk menjaga kestabilan pantai, melindungi pantai dari bencana alam (abrasi, tsunami dan badai), penyangga dari intrusi air laut (Khan et al., 2010; Marois and Mitsch, 2015, Karimah, 2017), sebagai penyerap dan menyimpan karbon (Alongi, 2012; Donato et al., 2011; Sanderman et al., 2018). Secara biologis mangrove berfungsi sebagai tempat pemijahan, pembesaran dan mencari makan berbagai jenis organisme seperti ikan, crustacea dan berbagai jenis biota darat lainnya. (Field et al., 1988) dan memiliki produktivitas primer yang tinggi (UNEP-WCMC, 2014). Selain itu mangrove juga memiliki biota asosiasi seperti makrozoobentos, organisme ini hidup pada substrat mangrove dan menjadi bioindicator kerusakan ekosistem. (Retnaningdyah, et al., 2022)

Luas ekosistem mangrove di Indonesia adalah 3.489.140 Ha, jumlah ini mewakili 23% dari ekosistem mangrove dunia dimana 47,89% dalam kondisi rapat dan 52,11% dalam kondisi sedang (KLHK, 2015). Demikian pula Provinsi Sulawesi Selatan memiliki hutan mangrove dengan luas 104.030 Ha atau sekitar 2,98% dari keseluruhan luas mangrove di Indonesia, komposisi jenis mangrove di Sulawesi Selatan adalah *Avicennia* spp., *Rhizophora* spp., *Bruguiera* spp., *Sonneratia* spp. dan beberapa mangrove asosiasi seperti *Acanthus ilicifolius* dan *Nypa fruticans* (Saru, 2011). Namun keberadaan mangrove di Indonesia dan Sulawesi Selatan pada khususnya tak terhindarkan dari ancaman degradasi dan deforestasi

Degradasi mangrove di dunia dan Indonesia khususnya disebabkan oleh berbagai factor seperti perubahan iklim (misalnya kenaikan suhu permukaan air laut, perubahan arus dan kenaikan muka air, etc), bencana alam (gempa, tsunami, badai, etc) dan dampak aktivitas antropogenik (seperti pencemaran, aktivitas pertambangan, urban development, etc) (Pendleton et al., 2012). Seperti halnya di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan pada rentang waktu 1980-2010 telah terjadi perubahan luasan mangrove dari 248,4 Ha menjadi 49 Ha, perubahan luasan ini disebabkan oleh konversi mangrove menjadi lahan tambak (Tantu, 2012). Perubahan luasan mangrove di Tekkolabbua ini juga memberikan dampak terhadap biota asosiasi mangrove dalam hal ini makrozoobentos, Hasil penelitian Jumiarti, (2009) menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobentos berkisar 57,8 ind/m².

Observasi dengan menggunakan data satelit dan tools geospasial memungkinkan melakukan monitoring perubahan tutupan lahan termasuk tutupan ekosistem mangrove (Wulder et al., 2019). Data temporal citra satelit menjadi solusi yang komprehensif untuk melakukan penilaian luasan mangrove, salah satu citra satelit yang memungkinkan untuk digunakan adalah Landsat dan berbagai algoritma pengolahan citra satelit seperti komposit citra, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) (Faizal et al., 2005) Selain itu dalam studi di hutan bakau penginderaan jauh sering digunakan untuk evaluasi tutupan, dinamika kepadatan dan estimasi biomassa (Mondal et al., 2019; Kauffman and Bhomia, 2017; Giri et al, 2015; Kuenzer et al., 2011, Simard et al., 2006).

Bedasarkan atas kondisi perubahan mangrove di Tekkolabbua dan potensi integrasi antara survei lapangan dan kajian penginderaan jauh maka penelitian Analisis Spasial kerapatan Mangrove dan Pengaruhnya terhadap Makrozobentos di Tekkolabbua dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos

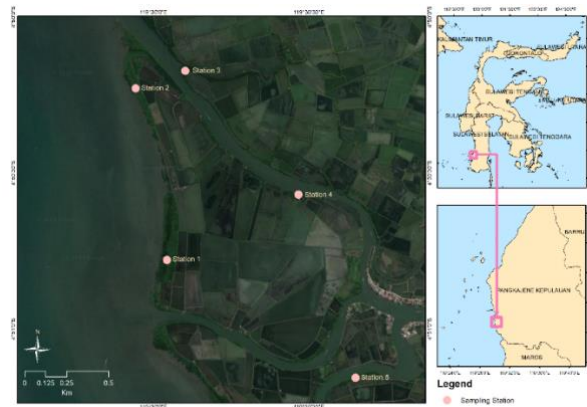
BAHAN DAN METODE

Lokasi Studi

Penelitian di laksanakan di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pankep, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis $4^{\circ}50'53.16''S$ dan $119^{\circ}30'30.07''E$ (Gambar 1). Ada 5 titik sampling pada penelitian ini, penentuan titik sampling mengacu pada referensi awal yang telah dilakukan oleh Jumiarti (2009), Stasiun 1 dan 2 berhadapan langsung dengan perairan bebas, Stasiun 3, 4 dan 5 berada di muara sungai. Survei lapangan dilaksanakan pada bulan November- Desember 2021. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi citra yang digunakan dalam penelitian

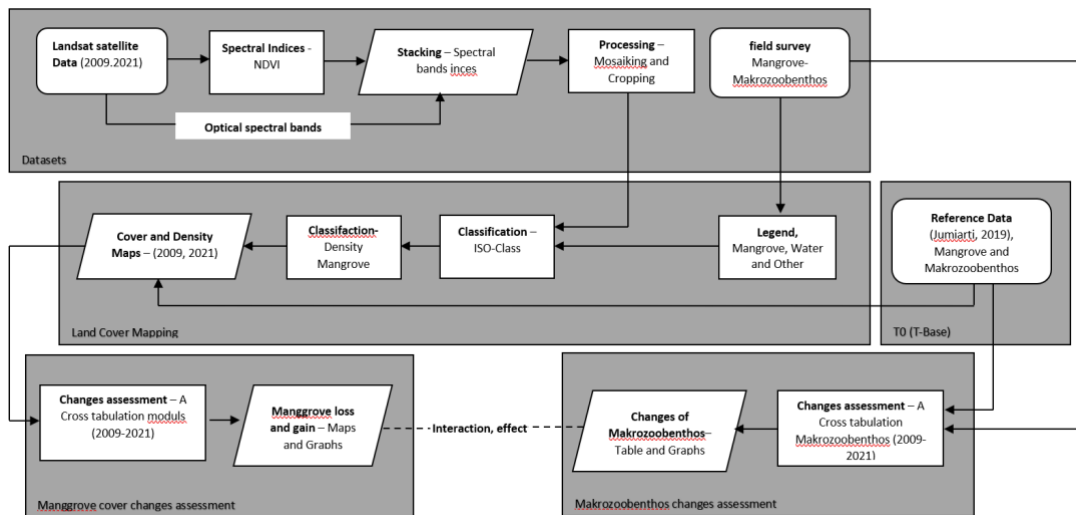
Satellite Image Sensor	Recording Time	Path/Row
Landsat-7-EM+	November 2, 2009	114/053
Landsat-8-OLI	August 23, 2021	114/053



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kelurahan Tekolabbua, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan.

Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit untuk indentifikasi tutupan dan kerapatan mangrove dengan survei ekologi serta data sekunder yang menjadi referensi (Jumiarti, 2009) untuk menganalisis pengaruh perubahan kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos seperti pada Gambar 2.

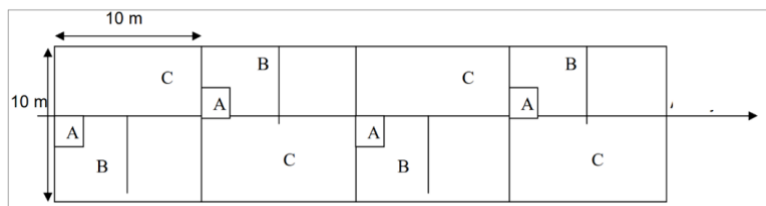


Gambar 2. Diagram alir penelitian (Modifikasi dari Gilani et al., 2021)

Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk menilai kondisi mangrove dan sampling makrozoobentos. Tahapan sampling sebagai berikut:

- Sampling mangrove dilakukan dengan mengikuti Standart Nasional Indonesia (SNI) survei dan pemetaan mangrove (2011) untuk masing kategori; semai (Permudaan mulai dari kecambah sampai dengan tinggi < 1,5 m), anakan (permudaan dengan tinggi ≥ 1,5 m sampai dengan diameter < 10 cm) dan pohon (pohon dengan diameter ≥ 10 cm) seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Desain unit contoh pengamatan mangrove (A=Pengamatan semai 1 x 1 m; B=Pengamatan anakan 5x5 m; dan C=Pengamatan pohon 10x10 m)

- Pengambilan data makrozoobentos menggunakan plot kuadran 1 m x 1 m (English et al, 1997; Wahab, 2019) yang diletakkan di dalam plot mangrove 10 m x 10 m. Pengambilan sampel di lapangan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Sampel makrozoobentos infauna diambil menggunakan pipa paralon berdiameter 20 cm yang ditancapkan ke dalam substrat hingga kedalaman ±20 cm. Sementara untuk sampel makrozoobentos epifauna hanya dihitung jumlah spesies pada transek kuadran masing-masing (Cochran, 1977; Wahab, 2019).

Identifikasi dan Penilaian Perubahan Kepadatan Mangrove

Indetifikasi dan penilaian perubahan kepadatan mangrove dilaksanakan dengan analisis citra satelit, yang meliputi tahapan pengolahan sebagai berikut :

- Identifikasi vegetasi dengan transpormasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al, 1973) , Penerapan transformasi NDVI pada Citra landsat-7-EM+ menggunakan band 4 dan 3 sedangkan untuk citra Landsat-8-OLI menggunakan band 5 dan 4 (Latifah et al, 2018).
- Layer stacking dengan menggunakan komposit citra satelit (RGB 564 untuk Landsat 7 EM+ dan RGB 432 untuk Landsat 8 OLI) yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Chavez et al., 1982; Mannopo et al, 2015)
- Mozaiking dan Cropping dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Lii et al., 2019)

- Klasifikasi citra dengan menggunakan unsupervised menggunakan metode isodata yang mengacu pada klasterisasi nilai spectral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove, badan air, dan non vegetasi.
- Klasifikasi Kerapatan Mangrove berdasarkan nilai NDVI untuk masing citra dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) dan Selamat et al., (2021) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI

Mangrove Density Category	NDVI value for Landsat-7-EM+	NDVI value for Landsat-8-OLI
Sparse	$0 \leq 0,33$	$0,36 \leq 0,61$
Moderate	$0,34 \leq 0,42$	$0,61 \leq 0,74$
Dense	$0,43 \leq 1,00$	$> 0,74$

- Merujuk pada Puyravaud (2003), untuk melihat perubahan tutupan mangrove antara tahun 2009 sampai 2021 dilakukan tabulasi silang untum menentukan pengurangan dan penambahan luasan mangrove.

Analisis Data

Data hasil survei lapangan dan pengolahan data citra satelit dianalisis untuk melihat hubungan antara perubahan luasan tutupan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos dengan tahapan analisis sebagai berikut

- Kerapatan mangrove dihitung untuk mendapatkan jumlah tegakan dalam suatu unit area (Kementrian Lingkungan Hidup, 2004) dengan persamaan

$$Di = \frac{ni}{A}$$

Keterangan: Di = Kerapatan Mangrove jenis i; ni = Jumlah pohon jenis i; dan A = Luas area

Tabel 3. Kriteria baku mutu kerusakan mangrove

Criteria	Density (trees/ha)
Good Dense	> 1500
Moderate	$> 1000 - < 1500$
Damaged Sparse	< 1000

Sumber : Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH), 2004

- Kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian dihitung dengan merujuk pada Odum (1971);
- Analisis hubungan antara tutupan lahan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan metode regresi linear.

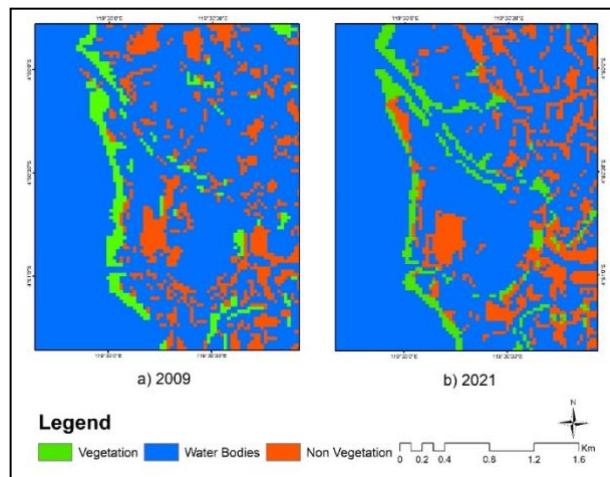
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Mangrove

Kerapatan Mangrove merupakan salah satu indikator untuk melihat tingkat kerusakan pada suatu kawasan hutan mangrove. Setiap stasiun memiliki nilai kerapatan berbeda, semakin banyak jumlah mangrove maka semakin padat mangrove tersebut. Hasil klasifikasi citra tahun 2009 dan tahun 2020 dengan kategori vegetasi mangrove, badan air dan non vegetasi seperti pada Gambar 4, dan perubahan tutupan luasan masing-masing kategori seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2021

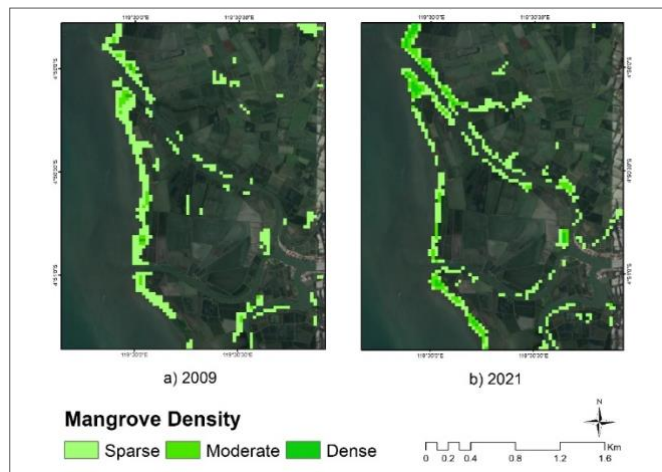
No	Type of Cover	land area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	
1	Vegetation	445.500	500.400	Gain
2	Water Bodies	5.537.700	5.418.800	Loss
3	Non Vegetation	1.055.700	1.120.500	Gain
Total		7.038.900	7.038.900	



Gambar 4. Hasil klasifikasi citra Landsat tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

Gambar 4 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa ada kecenderungan penambahan luasan vegetasi mangrove di Tekkolabbua sebesar 54.900 m² atau sekitar 5,49 Ha. Dan juga penambahan luas kelompok non vegetasi sebesar 64.800 m² atau sekitar 6,48Ha. Berdasarkan hasil obserseasi menunjukkan penambahan luasan mangrove disebabkan telah diadakannya penanaman mangrove pada tahun 2014. Sedangkan penambahan areal non vegetasi sebagian untuk kegiatan permukiman dan pertambakan. Menurut Eddy et al, (2016), kerusakan ekosistem mangrove yang ada di seluruh dunia sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia. Setyawan dan Kusumo (2006) juga menuliskan alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak dengan hak milik perorangan

Penilaian lebih lanjut kondisi ekosistem mangrove dengan menghitung kerapatan dengan menggunakan transpormasi NDVI. Kerapatan mangrove berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit seperti pada Gambar 5. Kemudian untuk luasan setiap kategori kerapatan vegetasi mangrove tahun 2009 dan tahun 2021 disajikan pada tabel 5.



Gambar 5. Hasil Transformasi Nilai NDVI tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

Tabel 1. Luas setiap kategori kerapatan mangrove bedasarkan hasil transpormasi NDVI

No.	Mangrove Density Category	Land Area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	
1	Sparse	399.600	367.200	Loss
2	Moderate	29.700	103.500	Gain
3	Dense	16.200	29.700	Gain
Total		445.500	500.400	Gain

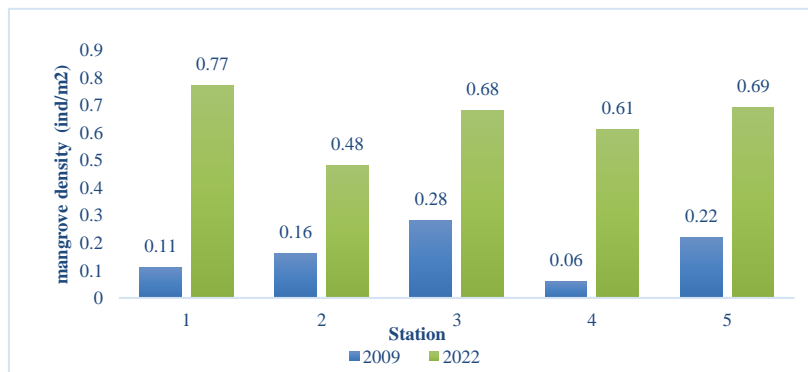
Data pada Gambar 5 dan Tabel 5 memperlihatkan terjadi peningkatan kerapatan mangrove kategori sedang sebesar 73,8 Ha dan Kategori rapat sebesar 13.5 Ha. Dan khusus untuk kategori jarang terjadi penurunan luasan sebesar 32.4 Ha. Kondisi ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan kualitas kondisi mangrove di Tekkolabbua. Peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua sejalan dengan peningkatan luasan tutupan mangrove.

Jika dibandingkan hasil pengukuran langsung di lapangan pada 5 (lima) stasiun yang telah ditetapkan sesuai dengan Jumiarti (2009) didapatkan kriteria kerapatan mangrove berdasar atas kriteria KMNLH (2014) untuk setiap stasiun, seperti di sajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Kerapatan mangrove berdasarkan kriteria baku mutu

Station	Density (Trees/ha)	Density criteria
1	7700	Dense
2	4800	Dense
3	6800	Dense
4	6100	Dense
5	6900	Dense

Data hasil pengukuran kerapatan mangrove pada setiap stasiun memiliki nilai yang berbeda dengan kriteria kerapatan yang sama berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove KMNLH tahun 2004, Stasiun satu dengan nilai kerapatan sebesar 7700 (pohon/ha), stasiun 2 dengan nilai kerapatan sebesar 4800 (pohon/ha), stasiun 3 dengan nilai kerapatan sebesar 6800 (pohon/ha), stasiun 4 dengan nilai kerapatan sebesar 6100 (pohon/ha), dan stasiun 5 dengan nilai kerapatan sebesar 6900 (pohon/ha). Semua stasiun berada pada kondisi kerapatan sangat padat. Selanjutnya perbandingan hasil pengukuran Kerapatan mangrove hasil survei lapangan tahun 2021 dan Jumiarti 2009 disajikan pada gambar 6.

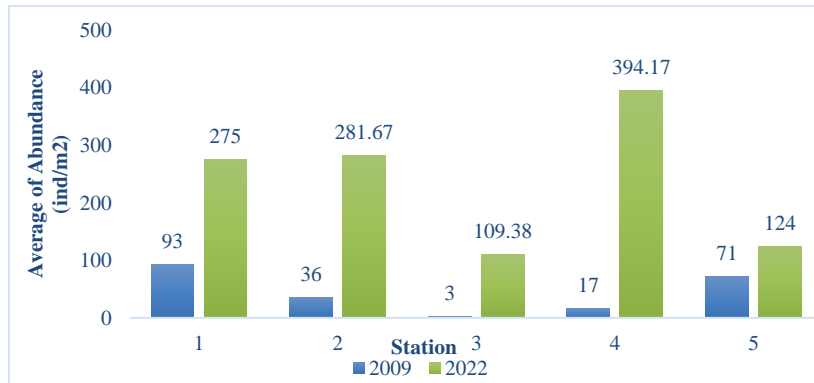


Gambar 6. Kerapatan Mangrove (Di) pada setiap stasiun di lokasi penelitian Tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan Tahun 2021

Berdasarkan atas kerapatan jenis mangrove khususnya pada setiap stasiun menunjukkan bahwa kerapatan jenis mangrove pada tahun 2021 jauh lebih baik dibandingkan dengan kerapatan jenis pada tahun 2009 untuk semua stasiun, hal ini juga membuktikan bahwa secara kualitatif untuk titik yang teramati terjadi perbaikan kualitas mangrove, salah satu penyebabnya adalah telah diadakan penyulaman pada wilayah-wilayah yang memiliki mangrove. Menurut Field (1999) bahwa salah satu cara rehabilitasi hutan mangrove dengan teknik penyulaman pada lokasi-lokasi yang memiliki kerapatan yang jarang dan keberhasilan rehabilitasi juga ditunjang dengan jenis mangrove yang ditanam (Macintosh et al., 2002)

Makrozoobentos

Kelimpahan makrozoobentos merupakan banyaknya individu dari suatu spesies dalam suatu area. Hasil perhitungan rata-rata kelimpahan makrozoobentos yang ditemukan substrat, akar dan batang hasil survei tahun 2021 dan hasil penelitian Jumiarti (2009) disajikan pada gambar 7.



Gambar 72. Rata-rata kelimpahan makrozoobentos pada setiap stasiun tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan 2021

Rata-rata Kelimpahan Makrozoobentos hasil pengamatan tahun 2021 yang ditemukan pada substrat, akar dan batang tertinggi di stasiun 4, menyusul stasiun 2 dan 1. Sedangkan Jumiarti (2009) menemukan bahwa kelimpahan makrozoobentos tertinggi ditemukan pada stasiun 1 dan 5 dan terendah pada stasiun 3. Jika dibandingkan rata-rata kelimpahan makrozoobentos tahun 2009 dengan 2021 maka kelimpahan rata-rata tahun 2021 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan rata-rata pada tahun 2009. Salah satu faktor yang menyebabkan tinggi kelimpahan makrozoobentos adalah tingginya kandungan bahan organik terlarut pada substrat (Awaluddin, 2018) dan C-Organik (Basyuni, et al., 2018).

Kelimpahan Makrozoobentos yang rendah pada stasiun 3 pada tahun 2021 dan tahun 2009, dimungkinkan oleh tingginya tekanan antropogenik, karena jarak stasiun ini dengan permukiman cukup dekat. Hal ini diperkuat dengan KL et al, (2017) yang menuliskan bahwa habitat mangrove yang terpengaruh dan mendapat tekanan dari kegiatan eksploitasi masyarakat dapat mengakibatkan kerusakan ekologi dan hal tersebut juga berdampak terhadap keberadaan makrozoobentos, juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Marpaung (2013) menuliskan bahwa kelimpahan yang didapatkan tergolong rendah berkisar antara 107 – 1020 ind/m² di stasiun 1 dan stasiun 2 di Pantai Boe yang lokasinya berdekatan dengan area pemukiman.

Hubungan Perubahan Kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos

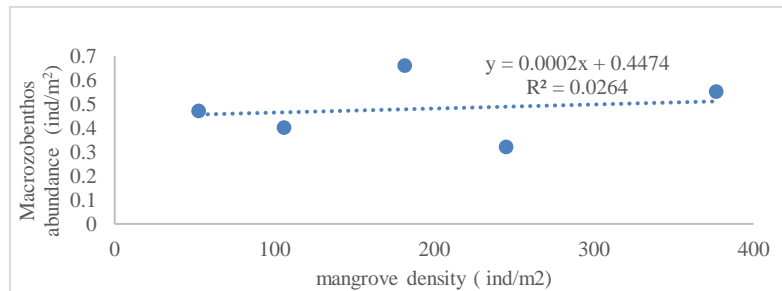
Hubungan antara Perubahan kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos dijelaskan dengan metode regresi linear. Perubahan nilai kerapatan untuk stasiun 1 hingga stasiun 5 serta nilai kelimpahan rata-rata makrozoobentos per stasiun disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perubahan Nilai Kelimpahan rata-rata makrozoobentos (ind/m²) dan nilai luas tutupan lahan tahun 2009 dan 2021.

Station	Macrozoobenthos Average Abundance (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info	Mangrove Density (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info.
	2009	2021			2009	2021		
1	93	275	182	Gain	0.11	0.77	0.66	Gain
2	36	281.67	245.67	Gain	0.16	0.48	0.32	Gain
3	3	109.38	106.38	Gain	0.28	0.68	0.4	Gain
4	17	394.17	377.17	Gain	0.06	0.61	0.55	Gain
5	71	124	53	Gain	0.22	0.69	0.47	Gain

Hasil kompilasi data antara tahun 2009 dan 2021 menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobenthos pada setiap stasiun mengalami penambahan, begitupula dengan kerapatan mangrove juga mengalami penambahan kerapatan untuk semua stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya perbaikan kualitas mangrove selama satu dekade di Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep. Selanjutnya untuk melihat bagaimana pengaruh kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos maka dilakukan uji regresi seperti pada Gambar 8.

Hasil regresi nilai kelimpahan makrozoobentos hubungannya dengan Luas tutupan lahan mangrove disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan perubahan tutupan lahan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos

Berdasarkan analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan regresinya $Y = 0.0002x + 0.4474$ dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.0264. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua menyebabkan peningkatan kelimpahan makrozoobentos, meskipun dari nilai determinasi dari persamaan ini menjelaskan kemungkinan banyaknya factor lain berpengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian selain factor kerapatan mangrove. Hasil penelitian Octaviana et al., (2018) di Aceh Singkil menunjukkan bahwa pada kerapatan mangrove 0.8-1.1 ind/m² ditemukan kelimpahan makrozoobentos sebesar 48-75 ind/m².

Kecilnya pengaruh langsung kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobenthos ini didukung dari beberapa hasil penelitian lainnya, Wardianto et al (2015) menemukan bahwa beberapa spesies makrozoobentos bahwa sedimen atau kondisi substrat menjadi sumber utama kehidupan makrozoobentos di ekosistem mangrove. Begitupula hasil penelitian Marten et al., (2015) bahwa tingkat kekasaran sedimen sangat menentukan kelimpahan makrozoobenthos

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan kualitas ekosistem mangrove di Tekkolbbua, Kabupaten Pangkep, dimana ditemukan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha. Peningkatan tutupan juga dibarengi dengan perbaikan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

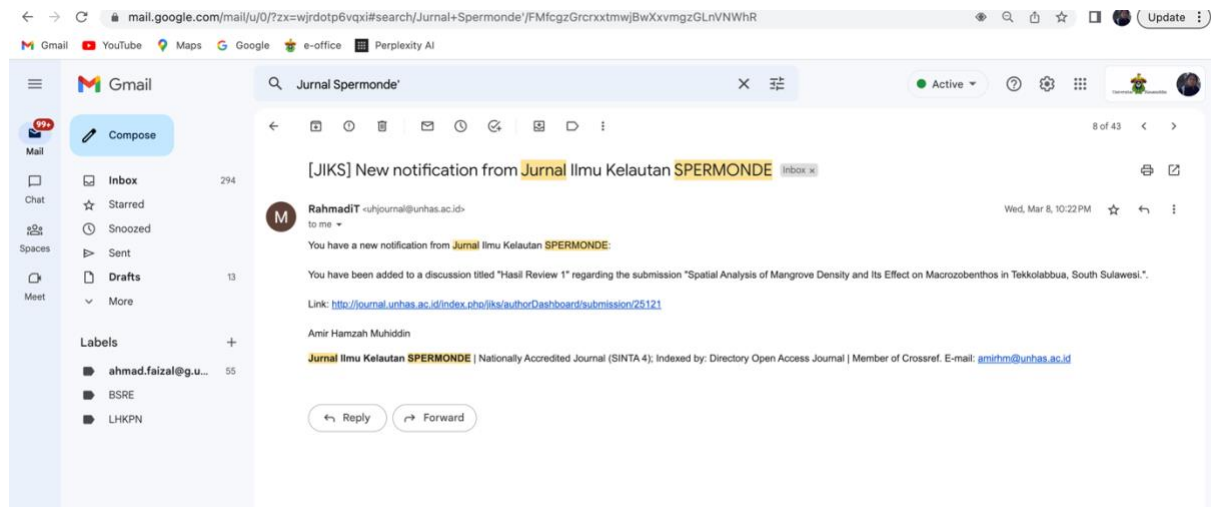
- Alongi, D.M., 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* Vol. III, 313–322.
- Awaluddin. 2018. Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Mangrove Alami di Pelabuhan Siwa Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B and Bunting, P. 2018. Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, Vol. XIX No 1 , 311-317.
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. 1982. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, Vol VIII, 23-30
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York
- Departemen Kehutanan 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* Vol IV, 293–297.
- Eddy, S., M.R. Ridho, I. Iskandar, & A. Mulyana. 2016. Community-Based Mangrove Forests Conservation for Sustainable Fisheries. *J. Silviculture Tropika*. Vol. VII, No. 3, Hal: 42 – 47.
- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science (AIMS). Townsville. Australia.

- Faizal, A., dan Amran M.A., 2005. "Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mukronata". Dalam Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Field, C., Osborn, J., Hoffman, I., Polsenberg, J., Ackerly, D., Berry, J., ... and Mooney, H. (1998). Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Global Ecology & Biogeography Letters*, Vol VII No 1, 3-14.
- Field, C.D., 1999. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Mar. Pollut. Bull.* Vol XXXVII, 383-392
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol CCXLIX, 107128.
- Giri, C., Long, J., Abbas, S., Murali, R.M., Qamer, F.M., Pengra, B., Thau, D., 2015. Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *J. Environ. Manag.* Vol CXLVIII, 101–111.
- Jumiarti. 2009. Struktur Komunitas Makrozoobentos pada Daerah Perlindungan Mangrove di Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.
- Karimah. 2017. Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. VII No. 2. 51-58
- Kauffman, J.B., Bhomia, R.K., 2017. Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: global and regional comparisons. *PLoS One* Vol XII, e0187749.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KLMN), 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Indonesia
- Khan, Z.M., Babar, H., Ghalib, S.A., Zehra, A., Nazia, M., 2010. Distribution, population status and environmental impacts on reptiles in Manora, Sandspit, Hawkesbay and Cape Monze areas of Karachi coast. *Can. J. Pure Appl. Sci.* Vol IV, 1053–1071.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Nomor: SP. 58/HUMAS/PP/HMS.3/03/2017.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V., Dech, S., 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Rem. Sens.* Vol III, 878–928.
- Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., Zainur, M. 2018. Pemetaan Klasifikasi dan Analisa Perubahan Ekosistem Mangrove Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Karimunjawa, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. XX1, No.2, 97–102.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, Vol VII No 4, 8-22.
- Macintosh, D.J., E.C. Ashton, S. Havanon 2002. Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. , Vol LV No 3 331–345.
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. 2015. Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Marpaung, A., A. 2013. Keanekaragaman Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Silvo-fishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Marois, D.E., Mitsch, W.J., 2015. Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands - a review. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* Vol XI, 71-83
- Maarten F. de Jong, Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra 2015, Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone, *ICES Journal of Marine Science*, Vol LXXII, No 8, 2409–2422,
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T.E., Lagomasino, D., 2019. Evaluating combinations of Sentinel-2 data and machine-learning algorithms for mangrove mapping in West Africa. *Rem. Sens.* Vol. XI No 24, 2928.
- Octavina, C., Purnawan, S., & Manik, A. S. 2018. Study of the macrozoobenthos community structure in the mangrove ecosystem gampong Gosong Telaga, Aceh Singkil district. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. CCXVI, No. 1, 012030.
- Odum, P.E. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemahan Ir. Thahjono Samingan, M.Sc. Cet.2. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marb` a, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., Baldera, A.,

2012. Estimating Global “Blue Carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One* Vol VII, e43542.
- Puyravaud, J.P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *For. Ecol. Manage.* Vol CLXXVII, 593–596.
- Retnaningdyah, C., Febriansyah, S. C., & Hakim, L. 2022. Evaluation of the quality of mangrove ecosystems using macrozoobenthos as bioindicators in the Southern Coast of East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, Vol XXIII No 12. 6480-6491
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.*
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M.F., Benson, L., Bukoski, J.J., Carnell, P., Cifuentes-Jara, M., Donato, D., Duncan, C., Eid, E.M., Ermgassen, P.Z., Lewis, C.J.E., Macreadie, P.I., Glass, L., Gress, S., Jardine, S.L., Jones, T.G., Nsombo, E.N., Rahman, M.M., Sanders, C.J., Spalding, M., Landis, E., 2018. A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environ. Res. Lett.* Vol XIII, 055002.
- Saru, A., Fitrah, M.N., Faizal, A. 2011. Analisis Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Fisheries and Marine Science.* Vol.I, No.1: 1-14.
- Selamat, M.B., Mashoreng, K., Amri K., Susetiono, Rappe, R.A and Jompa, J. 2021. Mangrove Condition at Selayar Island Based on Field Data and NDVI. *IOP Publishing.* 1755-1315.
- Setyawan, A.D. & W. Kusumo. 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *J. Biodiversitas.* Vol. VII, No.2, 159-163.
- Simard, M., Zhang, K., Rivera-Monroy, V.H., Ross, M.S., Ruiz, P.L., Castaneda-Moya, E., Twilley, R.R., Rodriguez, E., 2006. Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* Vol LXXII, 299–311.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Survei dan Pemetaan Mangrove. SNI 7727: 2011.
- Tantu AG. 2012. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Pemanfaatan Sumberdaya Alam Pesisir Berkelanjutan. *Disertasi.* Universitas Hasanuddin. Makassar.
- UNEP-WCMC, 2014. *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action.* United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEPWCMC), Cambridge, UK. Vo, Q.T., Oppelt, N., Leinenkugel
- Wardiatno Y, Mardiansyah, Prartono T, Tsuchiya M 2015. Possible food sources of macrozoobenthos in the manko mangrove ecosystem, okinawa (Japan): a stable isotope analysis approach. *Trop Life Sci Res.* Vol XXVI No. 1, 53-65.
- Wahab. I., Madduppa. H., Kawaroe., M., Nurafni. 2019. Analisis Kepadatan Makrozoobentos pada Fase Bulan Berbeda di Lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan.* Vol. X , No. 1. 93-107
- Wulder, M.A., Loveland, T.R., Roy, D.P., Crawford, C.J., Masek, J.G., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Belward, A.S., Cohen, W.B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J.D., Hostert, P., Hughes, M.J., Huntington, J., Johnson, D.M., Kennedy, R., Kilic, A., Li, Z., Lyburner, L., McCorkel, J., Pahlevan, N., Scambos, T.A., Schaaf, C., Schott, J.R., Sheng, Y., Storey, J., Vermote, E., Vogelmann, J., White, J.C., Wynne, R.H., Zhu, Z., 2019. Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sens. Environ.* Vol CCXXV, 127–147.

Hasil Review 1

08 Maret 2023



Artikel Hasil Review 1

ANALISIS SPASIAL KERAPATAN MANGROVE DAN PENGARUHNYA TERHADAP
MAKROZOBENTOS DI TEKKOLABBUA, SULAWESI SELATAN.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos, Metode Penelitian yang digunakan adalah analisis citra satelit dengan transformasi NDVI diintegrasikan dengan survei lapangan, hubungan antara kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos diuji dengan analisis regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan ~~kelelahan~~ ekosistem mangrove dengan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha, yang dibarengi dengan peningkatan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

Kata Kunci : Citra Landsat, Transpormasi NDVI, Kelimpahan Makrozoobentos dan Tekkolabbua

PENDAHULUAN

Mangrove adalah salah satu ekosistem yang berada di wilayah pesisir dengan produktivitas yang tinggi, ekosistem ini sangat dipengaruhi aktivitas lautan dan daratan, memiliki sumbangsih dalam perubahan iklim dan proses mitigasi bencana. Secara fisik mangrove berfungsi untuk menjaga kestabilan pantai, melindungi pantai dari bencana alam (abrasi, tsunami dan badai), penyangga dari intrusi air laut (Khan et al., 2010; Marois and Mitsch, 2015, Karimah, 2017), sebagai penyerap dan menyimpan karbon (Alongi, 2012; Donato et al., 2011; Sanderman et al., 2018). Secara biologis mangrove berfungsi sebagai tempat pemijahan, pembesaran dan mencari makan berbagai jenis organisme seperti ikan, crustacea dan bebergai jenis biota darat lainnya. (Field et al., 1988) dan memiliki produktivitas primer yang tinggi (UNEP-WCMC, 2014). Selain itu mangrove juga memiliki biota asosiasi seperti makrozoobentos, organisme ini hidup pada substrat mangrove dan menjadi bioindicator kerusakan ekosistem. (Retnaningdyah, et al., 2022)

Luas eksositem mangrove di Indonesia adalah 3.489.140 Ha, jumlah ini mewakili 23% dari ekosistem mangrove dunia dimana 47,89% dalam kondisi rapat dan 52,11% dalam kondisi sedang (KLHK, 2015). Demikian pula Provinsi Sulawesi Selatan memiliki hutan mangrove dengan luas 104.030 Ha atau sekitar 2,98% dari keseluruhan luas mangrove di Indonesia, komposisi jenis mangrove di Sulawesi Selatan adalah *Avicennia* spp., *Rhizophora* spp., *Bruguiera* spp., *Sonneratia* spp. dan beberapa mangrove asosiasi seperti *Acanthus ilicifolius* dan *Nypa fruticans* (Saru, 2011). Namun keberadaan mangrove di Indonesia dan Sulawesi Selatan pada khususnya tak terhindarkan dari ancaman degradasi dan deforestasi

Degradasi mangrove di dunia dan Indonesia khususnya disebabkan oleh berbagai factor seperti perubahan iklim (misalnya kenaikan suhu permukaan air laut, perubahan arus dan kenaikan muka air, etc), bencana alam (gempa, tsunami, badai, etc) dan dampak aktivitas antropogenik (seperti pencemaran, aktivitas pertambangan, urban development, etc) (Pendleton et al., 2012). Seperti halnya di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan pada rentang waktu 1980-2010 telah terjadi perubahan luasan mangrove dari 248,4 Ha menjadi 49 Ha, perubahan luasan ini disebabkan oleh konversi mangrove menjadi lahan tambak (Tantu, 2012). Perubahan luasan mangrove di Tekkolabbua ini juga memberikan dampak terhadap biota asosiasi mangrove dalam hal ini makrozoobentos. Hasil penelitian Jumiarti, (2009) menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobentos berkisar $57,8 \text{ ind/m}^2$.

Observasi dengan menggunakan data satelit dan tools geospasial memungkinkan melakukan monitoring perubahan tutupan lahan termasuk tutupan eksositem mangrove (Wulder et al., 2019). Data temporal citra satelit menjadi solusi yang komprehensif untuk melakukan penilaian luasan mangrove, salah satu citra satelit yang memungkinkan untuk digunakan adalah Landsat dan berbagai algoritma pengolahan citra satelit seperti komposit citra, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) (Faizal et al., 2005) Selain itu dalam studi di hutan bakau penginderaan jauh sering digunakan untuk evaluasi tutupan, dinamika kepadatan dan estimasi biomassa (Mondal et al., 2019; Kauffman and Bhomia, 2017; Giri et al, 2015; Kuenzer et al., 2011, Simard et al., 2006).

Deleted: kelelahan

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Superscript

Bedasarkan atas kondisi perubahan mangrove di Tekkolabbua dan potensi integrasi antara survei lapangan dan kajian penginderaan jauh maka penelitian Analisis Spasial kerapatan Mangrove dan Pengaruhnya terhadap Makrozoobentos di Tekkolabbua dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove dengan menggunakan citra Landsat Resolusi 30 meter tahun 2019 dan 2021 dan analisis perubahan kerapatan kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos

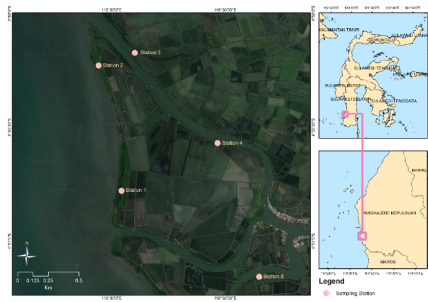
BAHAN DAN METODE

Lokasi Studi

Penelitian di laksanakan di Kelurahan Tekkolabbua, Kabupaten Pankep, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis $4^{\circ}50'53.16''S$ dan $119^{\circ}30'30.07''E$ (Gambar 1). Ada 5 titik sampling pada penelitian ini, penentuan titik sampling mengacu pada referensi awal yang telah dilakukan oleh Jumiarti (2009), Stasiun 1 dan 2 berhadapan langsung dengan perairan bebas, Stasiun 3, 4 dan 5 berada di muara sungai. Survei lapangan dilaksanakan pada bulan November- Desember 2021. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi citra yang digunakan dalam penelitian

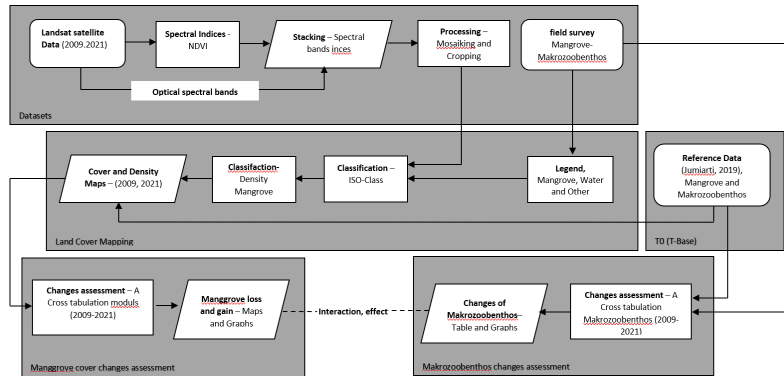
Satellite Image Sensor	Recording Time	Path/Row
Landsat-7-EM+	November 2, 2009	114/053
Landsat-8-OLI	August 23, 2021	114/053



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kelurahan Tekolabbua, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan.

Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit untuk indentifikasi tutupan dan kerapatan mangrove dengan survei ekologi serta data sekunder yang menjadi referensi (Jumiarti, 2009) untuk menganalisis pengaruh perubahan kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos seperti pada Gambar 2.

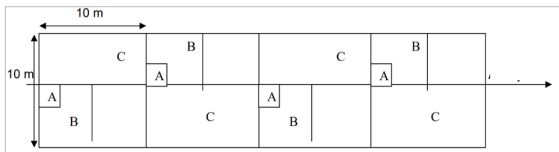


Gambar 2. Diagram alir penelitian (Modifikasi dari Gilani et al., 2021)

Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk menilai kondisi mangrove dan sampling makrozoobentos. Tahapan sampling sebagai berikut:

- Sampling mangrove dilakukan dengan mengikuti Standart Nasional Indonesia (SNI) survei dan pemetaan mangrove (2011) untuk masing kategori; semai (Permudaan mulai dari kecambah sampai dengan tinggi < 1,5 m), anakan (permudaan dengan tinggi ≥ 1,5 m sampai dengan diameter < 10 cm) dan pohon (pohon dengan diameter ≥ 10 cm) seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Desain unit contoh pengamatan mangrove (A=Pengamatan semaian 1 x 1 m; B=Pengamatan anakan 5x5 m; dan C=Pengamatan pohon 10x10 m)

- Pengambilan data makrozoobentos menggunakan plot kuadran 1 m x 1 m (English et al, 1997; Wahab, 2019) yang diletakkan di dalam plot mangrove 10 m x 10 m. Pengambilan sampel di lapangan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Sampel makrozoobentos infauna diambil menggunakan pipa paralon berdiameter 20 cm yang ditancapkan ke dalam substrat hingga kedalaman ±20 cm. Sementara untuk sampel makrozoobentos epifauna hanya dihitung jumlah spesies pada transek kuadran masing-masing (Cochran, 1977; Wahab, 2019).

Identifikasi dan Penilaian Perubahan Kepadatan Mangrove

Indetifikasi dan penilaian perubahan kepadatan mangrove dilaksanakan dengan analisis citra satelit, yang meliputi tahapan pengolahan sebagai berikut :

- Identifikasi vegetasi dengan transpormasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al, 1973) , Penerapan transformasi NDVI pada Citra landsat-7-EM+ menggunakan band 4 dan 3 sedangkan untuk citra Landsat-8-OLI menggunakan band 5 dan 4 (Latifah et al, 2018).
- Layer stacking dengan menggunakan komposit citra satelit (RGB 564 untuk Landsat 7 EM+ dan RGB 432 untuk Landsat 8 OLI) yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Chavez et al., 1982; Mannopo et al, 2015)
- Mozaiking dan Cropping dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Lii et al., 2019)

- Klasifikasi citra dengan menggunakan unsupervised menggunakan metode isodata yang mengacu pada klusterisasi nilai spectral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove, badan air, dan non vegetasi.
- Klasifikasi Kerapatan Mangrove berdasarkan nilai NDVI untuk masing citra dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) dan Selamat et al., (2021) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI

Mangrove Density Category	NDVI value for Landsat-7-EM+	NDVI value for Landsat-8-OLI
Sparse	$0 \leq 0,33$	$0,36 \leq 0,61$
Moderate	$0,34 \leq 0,42$	$0,61 \leq 0,74$
Dense	$0,43 \leq 1,00$	$> 0,74$

- Merujuk pada Puyravaud (2003), untuk melihat perubahan tutupan mangrove antara tahun 2009 sampai 2021 dilakukan tabulasi silang untuk menentukan pengurangan dan penambahan luasan mangrove.

Analisis Data

Data hasil survei lapangan dan pengolahan data citra satelit dianalisis untuk melihat hubungan antara perubahan luasan tutupan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos dengan tahapan analisis sebagai berikut

- Kerapatan mangrove dihitung untuk mendapatkan jumlah tegakan dalam suatu unit area (Kementrian Lingkungan Hidup, 2004) dengan persamaan

$$Di = \frac{ni}{A}$$

Keterangan: Di = Kerapatan Mangrove jenis i; ni = Jumlah pohon jenis i; dan A = Luas area

Tabel 3. Kriteria baku mutu kerusakan mangrove

Criteria	Density (trees/ha)
Good Dense	> 1500
Moderate	$> 1000 - < 1500$
Damaged Sparse	< 1000

Sumber : Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH), 2004

- Kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian dihitung dengan merujuk pada Odum (1971);
- Analisis hubungan antara tutupan lahan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan metode regresi linear.

HASIL DAN PEMBAHASAN

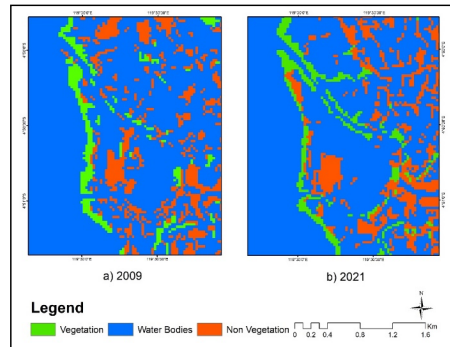
Kerapatan Mangrove

Kerapatan Mangrove merupakan salah satu indikator untuk melihat tingkat kerusakan pada suatu kawasan hutan mangrove. Setiap stasiun memiliki nilai kerapatan berbeda, semakin banyak jumlah mangrove maka semakin padat mangrove tersebut. Hasil klasifikasi citra tahun 2009 dan tahun 2020 dengan kategori vegetasi mangrove, badan air dan non vegetasi seperti pada Gambar 4, dan perubahan tutupan luasan masing-masing kategori seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2021

No	Type of Cover	land area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	
1	Vegetation	445.500	500.400	Gain
2	Water Bodies	5.537.700	5.418.800	Loss
3	Non Vegetation	1.055.700	1.120.500	Gain
Total		7.038.900	7.038.900	

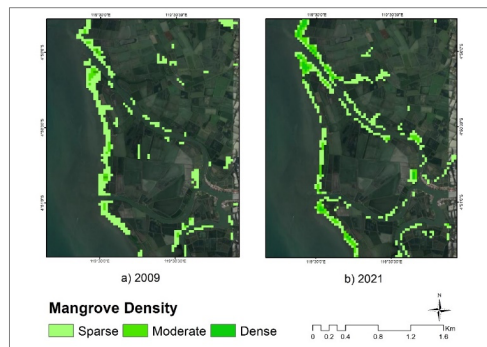
Deleted: g



Gambar 4. Hasil klasifikasi citra Landsat tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

Gambar 4 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa ada kecenderungan penambahan luasan vegetasi mangrove di Tekkolabbua sebesar 54.900 m² atau sekitar 5,49 Ha. Dan juga penambahan luas kelompok non vegetasi sebesar 64.800 m² atau sekitar 6,48Ha. Berdasarkan hasil obserseasi menunjukkan penambahan luasan mangrove disebabkan telah diadakannya penanaman mangrove pada tahun 2014. Sedangkan penambahan areal non vegetasi sebagian untuk kegiatan permukiman dan pertambakan. Menurut Eddy et al, (2016), kerusakan ekosistem mangrove yang ada di seluruh dunia sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia. Setyawan dan Kusumo (2006) juga menuliskan alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak dengan hak milik perorangan

Penilaian lebih lanjut kondisi ekosistem mangrove dengan menghitung kerapatan dengan menggunakan transpormasi NDVI. Kerapatan mangrove berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit seperti pada Gambar 5. Kemudian untuk luasan setiap kategori kerapatan vegetasi mangrove tahun 2009 dan tahun 2021 disajikan pada tabel 5.



Gambar 5. Hasil Transformasi Nilai NDVI tahun 2009 (a) dan tahun 2021 (b)

Tabel 5. Luas setiap kategori kerapatan mangrove bedasarkan hasil transpormasi NDVI

No.	Mangrove Density Category	Land Area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	
1	Sparse	399.600	367.200	Loss
2	Moderate	29.700	103.500	Gain
3	Dense	16.200	29.700	Gain
Total		445.500	500.400	Gain

Deleted: 5

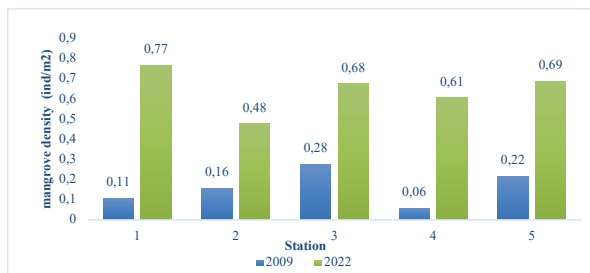
Data pada Gambar 5 dan Tabel 5 memperlihatkan terjadi peningkatan kerapatan mangrove kategori sedang sebesar 73,8 Ha dan Kategori rapat sebesar 13.5 Ha. Dan khusus untuk kategori jarang terjadi penurunan luasan sebesar 32.4 Ha. Kondisi ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan kualitas kondisi mangrove di Tekkolabbua. Peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua sejalan dengan peningkatan luasan tutupan mangrove.

Jika dibandingkan hasil pengukuran langsung di lapangan pada 5 (lima) stasiun yang telah ditetapkan sesuai dengan Jumiarti (2009) didapatkan kriteria kerapatan mangrove berdasar atas kriteria KMNLH (2014) untuk setiap stasiun, seperti di sajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Kerapatan mangrove berdasarkan kriteria baku mutu

Station	Density (Trees/ha)	Density criteria
1	7700	Dense
2	4800	Dense
3	6800	Dense
4	6100	Dense
5	6900	Dense

Data hasil pengukuran kerapatan mangrove pada setiap stasiun memiliki nilai yang berbeda dengan kriteria kerapatan yang sama berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove KMNLH tahun 2004, Stasiun satu dengan nilai kerapatan sebesar 7700 (pohon/ha), stasiun 2 dengan nilai kerapatan sebesar 4800 (pohon/ha), stasiun 3 dengan nilai kerapatan sebesar 6800 (pohon/ha), stasiun 4 dengan nilai kerapatan sebesar 6100 (pohon/ha), dan stasiun 5 dengan nilai kerapatan sebesar 6900 (pohon/ha). Semua stasiun berada pada kondisi kerapatan sangat padat. Selanjutnya perbandingan hasil pengukuran Kerapatan mangrove hasil survei lapangan tahun 2021 dan Jumiarti 2009 disajikan pada gambar 6.



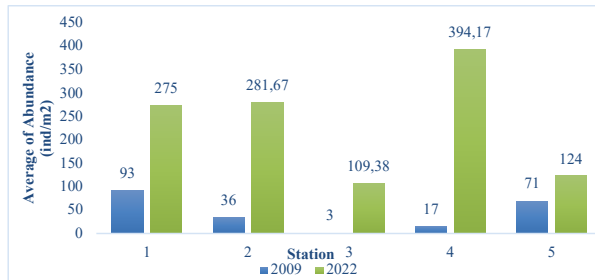
Gambar 6. Kerapatan Mangrove (Di) pada setiap stasiun di lokasi penelitian Tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan Tahun 2021

Bedasarkan atas kerapatan jenis mangrove khususnya pada setiap stasiun menunjukkan bahwa kerapatan jenis mangrove pada tahun 2021 jauh lebih baik dibandingkan dengan kerapatan jenis pada tahun 2009 untuk semua stasiun, hal ini juga membuktikan bahwa secara kualitatif untuk titik yang teramat terjadi perbaikan kualitas mangrove, salah satu penyebabnya adalah telah diadakan penyulaman pada wilayah-wilayah yang memiliki mangrove. Menurut Field (1999) bahwa salah satu cara rehabilitasi hutan mangrove dengan teknik penyulaman pada lokasi-lokasi yang memiliki kerapatan yang jarang dan keberhasilan rehabilitasi juga ditunjang dengan jenis mangrove yang ditanam (Macintosh et al., 2002)

Makrozoobentos

Kelimpahan makrozoobentos merupakan banyaknya individu dari suatu spesies dalam suatu area. Hasil perhitungan rata-rata kelimpahan makrozoobentos yang ditemukan substrat, akar dan batang hasil survei tahun 2021 dan hasil penelitian Jumiarti (2009) disajikan pada gambar 7.

Commented [SM1]: Sebaiknya satuan kerapatan mangrove dikonversi menjadi pohon/ha sehingga konsisten dengan narasinya



Gambar 72. Rata-rata kelimpahan makrozoobentos pada setiap stasiun tahun 2009 (Jumiarti, 2009) dan 2021

Rata-rata Kelimpahan Makrozoobentos hasil pengamatan tahun 2021 yang ditemukan pada substrat, akar dan batang tertinggi di stasiun 4, menyusul stasiun 2 dan 1. Sedangkan Jumiarti (2009) menemukan bahwa kelimpahan makrozoobentos tertinggi ditemukan pada stasiun 1 dan 5 dan terendah pada stasiun 3. Jika dibandingkan rata-rata kelimpahan makrozoobentos tahun 2009 dengan 2021 maka kelimpahan rata-rata tahun 2021 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan rata-rata pada tahun 2009. Salah satu faktor yang menyebabkan tinggi kelimpahan makrozoobentos adalah tingginya kandungan bahan organik terlarut pada substrat (Awaluddin, 2018) dan C-Organik (Basyuni, et al., 2018).

Kelimpahan Makrozoobentos yang rendah pada stasiun 3 pada tahun 2021 dan tahun 2009, dimungkinkan oleh tingginya tekanan antropogenik, karena jarak stasiun ini dengan permukiman cukup dekat. Hal ini diperkuat dengan KL et al, (2017) yang menuliskan bahwa habitat mangrove yang terpengaruh dan mendapat tekanan dari kegiatan eksploitasi masyarakat dapat mengakibatkan kerusakan ekologi dan hal tersebut juga berdampak terhadap keberadaan makrozoobentos, juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Marpaung (2013) menuliskan bahwa kelimpahan yang didapatkan tergolong rendah berkisar antara 107 – 1020 ind/m² di stasiun 1 dan stasiun 2 di Pantai Boe yang lokasinya berdekatan dengan area pemukiman.

Hubungan Perubahan Kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hubungan antara Perubahan kerapatan Mangrove dengan Kelimpahan Makrozoobentos dijelaskan dengan metode regresi linear. Perubahan nilai kerapatan untuk stasiun 1 hingga stasiun 5 serta nilai kelimpahan rata-rata makrozoobentos per stasiun disajikan pada Tabel 7.

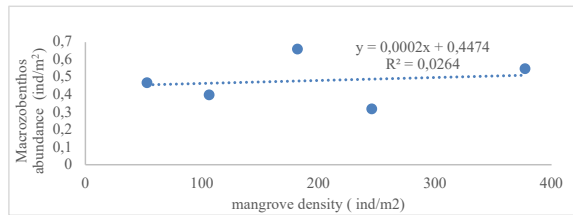
Tabel 7. Perubahan Nilai Kelimpahan rata-rata makrozoobentos (ind/m²) dan nilai luas tutupan lahan tahun 2009 dan 2021.

Station	Macrozoobenthos Average Abundance (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info	Mangrove Density (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info.
	2009	2021			2009	2021		
1	93	275	182	Gain	0.11	0.77	0.66	Gain
2	36	281.67	245.67	Gain	0.16	0.48	0.32	Gain
3	3	109.38	106.38	Gain	0.28	0.68	0.4	Gain
4	17	394.17	377.17	Gain	0.06	0.61	0.55	Gain
5	71	124	53	Gain	0.22	0.69	0.47	Gain

Formatted: Superscript
Formatted: Superscript
Formatted: Superscript

Hasil kompilasi data antara tahun 2009 dan 2021 menunjukkan bahwa kelimpahan rata-rata makrozoobenthos pada setiap stasiun mengalami penambahan, begitupula dengan kerapatan mangrove juga mengalami penambahan kerapatan untuk semua stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya perbaikan kualitas mangrove selama satu dekade di Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep. Selanjutnya untuk melihat bagaimana pengaruh kerapatan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos maka dilakukan uji regresi seperti pada Gambar 8.

Hasil regresi nilai kelimpahan makrozoobentos hubungannya dengan Luas tutupan lahan mangrove disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan perubahan tutupan lahan mangrove dengan kelimpahan makrozoobentos

Berdasarkan analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan regresinya $Y = 0.0002x + 0.4474$ dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.0264. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan mangrove di Tekkolabbua menyebabkan peningkatan kelimpahan makrozoobentos, meskipun dari nilai determinasi dari persamaan ini menjelaskan kemungkinan banyaknya factor lain berpengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian selain factor kerapatan mangrove. Hasil penelitian Octaviana et al., (2018) di Aceh Singkil menunjukkan bahwa pada kerapatan mangrove 0.8-1.1 ind/m² ditemukan kelimpahan makrozoobentos sebesar 48-75 ind/m².

Kecilnya pengaruh langsung kerapatan mangrove terhadap kelimpahan makrozoobenthos ini didukung dari beberapa hasil penelitian lainnya, Wardianto et al (2015) menemukan bahwa beberapa spesies makrozoobentos bahwa sedimen atau kondisi substrat menjad sumber utama kehidupan makrozoobentos di ekosistem mangrove. Begitupula hasil penelitian Marten et al., (2015) bahwa tingkat kekasaran sedimen sangat menentukan kelimpahan makrozoobenthos

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam 1 dekade (2009-2021) terjadi perbaikan kulaitas ekosistem mangrove di Tekkolabbua, Kabupaten Pangkep, dimana ditemukan peningkatan tutupan ekosistem mangrove sebesar 5,49 Ha. Peningkatan tutupan juga dibarengi dengan perbaikan kerapatan mangrove. Perbaikan kondisi ekosistem juga mempengaruhi peningkatan kelimpahan makrozoobentos pada substrat, akar dan batang di ekosistem mangrove meskipun dengan koefisien determinasi yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D.M., 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* Vol. III, 313–322.
- Awaluddin. 2018. Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Mangrove Alami di Pelabuhan Siwa Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B and Bunting, P. 2018. Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, Vol. XIX No 1, 311-317.
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. 1982. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, Vol VIII, 23-30
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York
- Departemen Kehutanan 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* Vol IV, 293–297.
- Eddy, S., M.R. Ridho, I. Iskandar, & A. Mulyana. 2016. Community-Based Mangrove Forests Conservation for Sustainable Fisheries. *J. Silvikultur Tropika*. Vol. VII, No. 3, Hal: 42 – 47.
- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science (AIMS). Townsville. Australia.

- Faizal, A., dan Amran M.A., 2005. "Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mukronata". Dalam Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Field, C., Osborn, J., Hoffman, I., Polsenberg, J., Ackerly, D., Berry, J., ... and Mooney, H. (1998). Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Global Ecology & Biogeography Letters*, Vol VII No 1, 3-14.
- Field, C.D., 1999. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Mar. Pollut. Bull.* Vol XXXVII, 383-392
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol CCXLIX, 107128.
- Giri, C., Long, J., Abbas, S., Murali, R.M., Qamer, F.M., Pengra, B., Thau, D., 2015. Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *J. Environ. Manag.* Vol CXLVIII, 101–111.
- Jumiarti. 2009. Struktur Komunitas Makrozoobentos pada Daerah Perlindungan Mangrove di Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.
- Karimah. 2017. Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. VII No. 2. 51-58
- Kauffman, J.B., Bhomia, R.K., 2017. Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: global and regional comparisons. *PLoS One* Vol XII. e0187749.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLMN), 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Indonesia
- Khan, Z.M., Babar, H., Ghalib, S.A., Zehra, A., Nazia, M., 2010. Distribution, population status and environmental impacts on reptiles in Manora, Sandspit, Hawkesbay and Cape Monze areas of Karachi coast. *Can. J. Pure Appl. Sci.* Vol IV, 1053–1071.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Nomor: SP. 58/HUMAS/PP/HMS.3/03/2017.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V., Dech, S., 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Rem. Sens.* Vol III, 878–928.
- Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., Zainur, M. 2018. Pemetaan Klasifikasi dan Analisa Perubahan Ekosistem Mangrove Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Karimunjawa, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. XXI, No.2, 97–102.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, Vol VII No 4, 8-22.
- Macintosh, D.J., E.C. Ashton, S. Havanon 2002. Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. , Vol LV No 3 331–345.
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. 2015. Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Marpaung, A., A. 2013. Keanekaragaman Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Marois, D.E., Mitsch, W.J., 2015. Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands - a review. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* Vol XI, 71-83
- Maarten F. de Jong, Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra 2015, Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone, *ICES Journal of Marine Science*, Vol LXXII, No 8, 2409–2422,
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T.E., Lagomasino, D., 2019. Evaluating combinations of Sentinel-2 data and machine-learning algorithms for mangrove mapping in West Africa. *Rem. Sens.* Vol. XI No 24, 2928.
- Octavina, C., Purnawan, S., & Manik, A. S. 2018. Study of the macrozoobenthos community structure in the mangrove ecosystem gampong Gosong Telaga, Aceh Singkil district. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. CCXVI, No. 1, 012030.
- Odum, P.E. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemahan Ir. Thahjono Samingan, M.Sc. Cet.2. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marb` a, N., Megoñigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., Baldera, A.,

2012. Estimating Global “Blue Carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One* Vol VII, e43542.
- Puyravaud, J.P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *For. Ecol. Manage.* Vol CLXXVII, 593–596.
- Retnaningdyah, C., Febriansyah, S. C., & Hakim, L. 2022. Evaluation of the quality of mangrove ecosystems using macrozoobenthos as bioindicators in the Southern Coast of East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, Vol XXIII No 12. 6480-6491
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium, Greenbelt, 10-14 December, SP-351*, 309-317.
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M.F., Benson, L., Bukoski, J.J., Carnell, P., Cifuentes-Jara, M., Donato, D., Duncan, C., Eid, E.M., Ermgassen, P.Z., Lewis, C.J.E., Macreadie, P.I., Glass, L., Gress, S., Jardine, S.L., Jones, T.G., Nsombo, E.N., Rahman, M.M., Sanders, C.J., Spalding, M., Landis, E., 2018. A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environ. Res. Lett.* Vol XIII, 055002.
- Saru, A., Fitrah, M.N., Faizal, A. 2011. Analisis Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Fisheries and Marine Science.* Vol.I, No.1: 1-14.
- Selamat, M.B., Mashoreng, K., Amri K., Susetiono, Rappe, R.A and Jompa, J. 2021. Mangrove Condition at Selayar Island Based on Field Data and NDVI. *IOP Publishing.* 1755-1315.
- Setyawan, A.D. & W. Kusumo. 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *J. Biodiversitas.* Vol. VII, No.2, 159-163.
- Simard, M., Zhang, K., Rivera-Monroy, V.H., Ross, M.S., Ruiz, P.L., Castaneda-Moya, E., Twilley, R.R., Rodriguez, E., 2006. Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* Vol LXXII, 299–311.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Survei dan Pemetaan Mangrove. *SNI 7727: 2011.*
- Tantu AG. 2012. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Pemanfaatan Sumberdaya Alam Pesisir Berkelanjutan. *Disertasi.* Universitas Hasanuddin. Makassar.
- UNEP-WCMC, 2014. *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action.* United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEPWCMC), Cambridge, UK.
- Vo, Q.T., Oppelt, N., Leinenkugel
- Wardiatno Y, Mardiansyah, Prariono T, Tsuchiya M 2015. Possible food sources of macrozoobenthos in the manko mangrove ecosystem, okinawa (Japan): a stable isotope analysis approach. *Trop Life Sci Res.* Vol XXVI No. 1, 53-65.
- Wahab, I., Madduppa, H., Kawaroe., M., Nurafni. 2019. Analisis Kepadatan Makrozoobentos pada Fase Bulan Berbeda di Lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan.* Vol. X , No. 1. 93-107
- Wulder, M.A., Loveland, T.R., Roy, D.P., Crawford, C.J., Masek, J.G., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Belward, A.S., Cohen, W.B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J.D., Hostert, P., Hughes, M.J., Huntington, J., Johnson, D.M., Kennedy, R., Kilic, A., Li, Z., Lyburner, L., McCorkel, J., Pahlevan, N., Scambos, T.A., Schaaf, C., Schott, J.R., Sheng, Y., Storey, J., Vermote, E., Vogelmann, J., White, J.C., Wynne, R.H., Zhu, Z., 2019. Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sens. Environ.* Vol CCXXV, 127–147.

Hasil perbaikan artikel sekaligus terjemahan atas perbaikan artikel sbb

**SPATIAL ANALYSIS OF MANGROVE DENSITY AND ITS EFFECT ON
MACROZOOBENTHOS IN TEKKOLABBUA, SOUTH SULAWESI.**Razkiyah Ramadhani¹, Amran Saru² and Ahmad Faizal^{2*},¹Student at Marine Science Department, Faculty of Marine Science and Fisheries, Universitas Hasanuddin² Department of Marine Science, Faculty of Marine Science and Fisheries, Universitas Hasanuddin

* e-mail : ahmad.faizal@unhas.ac.id

Submitted: Accepted:

ABSTRACT

This study was aimed to detect changes in mangrove cover using 30-meter resolution Landsat imagery for 2019 and 2021 and analysis of changes in density in relation to macrozoobenthos abundance. The research method used is analysis of satellite imagery with NDVI transformation integrated with field surveys, the relationship between mangrove density and abundance macrozoobenthos was tested by regression analysis. The results showed that in 1 decade (2009-2021) there was an improvement in the quality of the mangrove ecosystem with an increase in the cover of the mangrove ecosystem by 5.49 Ha, which was accompanied by an increase in mangrove density. Improvement of ecosystem conditions also affects the increase in the abundance of macrozoobenthos in substrates, roots and stems in mangrove ecosystems even though with a small coefficient of determination.

Keywords : Landsat Image, NDVI Transformation, Macrozoobenthos dan Tekkolabbua

INTRODUCTION

Mangrove is one ecosystem in coastal areas with high productivity. These ecosystems are strongly influenced by ocean and land activities, have a contribution to climate change and disaster mitigation processes. Physically, mangrove has function to maintain beach stability, protect beaches from natural disasters (abrasion, tsunamis and storms), buffer against sea water intrusion (Khan et al., 2010; Marois and Mitsch, 2015, Karimah, 2017), as a carbon sink and store (Alongi, 2012; Donato et al., 2011; Sanderman et al., 2018). Biologically, mangroves function as spawning grounds, enlargement and forage for various types of organisms such as fish, crustaceans and various other types of land biota. (Field et al., 1988) and has high primary productivity (UNEP-WCMC, 2014). In addition, mangroves also have associated biota such as macrozoobenthos, these organisms live on mangrove substrates and become bioindicators of ecosystem damage. (Retnaningdyah, et al., 2022)

The area of the mangrove ecosystem in Indonesia is 3,489,140 Ha, this number represents 23% of the world's mangrove ecosystems where 47.89% are in dense conditions and 52.11% are in moderate conditions (KLHK, 2015). Likewise, South Sulawesi Province has mangrove forests with an area of 104,030 hectares or around 2.98% of the total area of mangroves in Indonesia, the composition of mangrove species in South Sulawesi is *Avicennia* spp, *Rhizophora* spp, *Bruguiera* spp, *Sonneratia* spp and several associated mangroves such as *Acanthus ilicifolius* and *Nypa fruticans* (Saru, 2011). However, the existence of mangroves in Indonesia and South Sulawesi in particular cannot be avoided from the threat of degradation and deforestation

Mangrove degradation in the world and in Indonesia in particular is caused by various factors such as climate change (e.g. rising sea surface temperatures, changes in currents and rising water levels, etc.), natural disasters (earthquakes, tsunamis, storms, etc.) and the impact of anthropogenic activities (such as pollution, aquaculture activities, urban development, etc.) (Pendleton et al., 2012). In Tekkolabbua Village, Pangkep Regency, South Sulawesi, during the period 1980-2010, there was a change in the area of mangroves from 248.4 Ha to 49 Ha, this change in area was caused by the conversion of mangroves into ponds (Tantu, 2012). This change in mangrove area in Tekkolabbua also had an impact on the mangrove associated biota, in this case macrozoobenthos. The results of Jumiarti's research (2009) showed that the average abundance of macrozobenthos was around 57.8 ind/m².

Observations using satellite data and geospatial tools make it possible to monitor land cover changes including mangrove ecosystem cover (Wulder et al., 2019). Satellite imagery temporal data is a comprehensive solution for assessing mangrove area, one of the possible satellite images to be used is

Landsat and various satellite image processing algorithms such as image composites, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) (Faizal et al., 2005) In addition, in studies of mangrove forests remote sensing is often used for cover evaluation, density dynamics and biomass estimation (Mondal et al., 2019; Kauffman and Bhomia, 2017; Giri et al., 2015; Kuenzer et al., 2011, Simard et al., 2006).

Based on the changing conditions of mangroves in Tekkolabbua and the potential for integration between field surveys and remote sensing studies, the Spatial Analysis of Mangrove Density and Its Effect on Macrozoobenthos in Tekkolabbua can be carried out. This study aims to detect changes in mangrove cover using 30-meter resolution Landsat imagery in 2019 and 2021 and analysis of changes in density in relation to the abundance of macrozoobenthos.

MATERIALS AND METHODS

Study Location

The research was carried out in Tekkolabbua Village, Pangkep Regency, South Sulawesi Province at a geographical position of 4o50'53.16"S and 119o30'30.07"E (Figure 1). There are 5 sampling points in this study, the determination of sampling points refers to initial references that have been made by Jumiarti (2009), Stations 1 and 2 are directly opposite open waters, Stations 3, 4 and 5 are at the mouth of the river. The field survey was carried out in November-December 2021. The materials used in this study were Landsat images with the specifications as in Table 1.

Table 1. Image specifications used in the study

Satellite Image Sensor	Recording Time	Path/Row
Landsat-7-EM+	November 2, 2009	114/053
Landsat-8-OLI	August 23, 2021	114/053

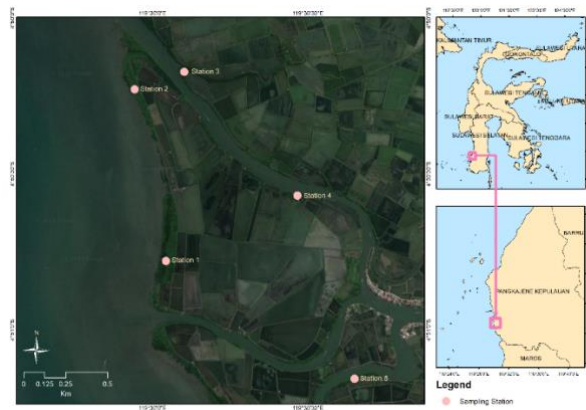


Figure 1. Map of the research location, Tekolabbua Village, Pangkep Regency, South Sulawesi.

Research Methods

The research was carried out by integrating satellite image processing to identify mangrove cover and density with ecological surveys and secondary data as a reference (Jumiarti, 2009) to analyze the effect of changes in mangrove density on the abundance of macrozoobenthos as shown in Figure 2.

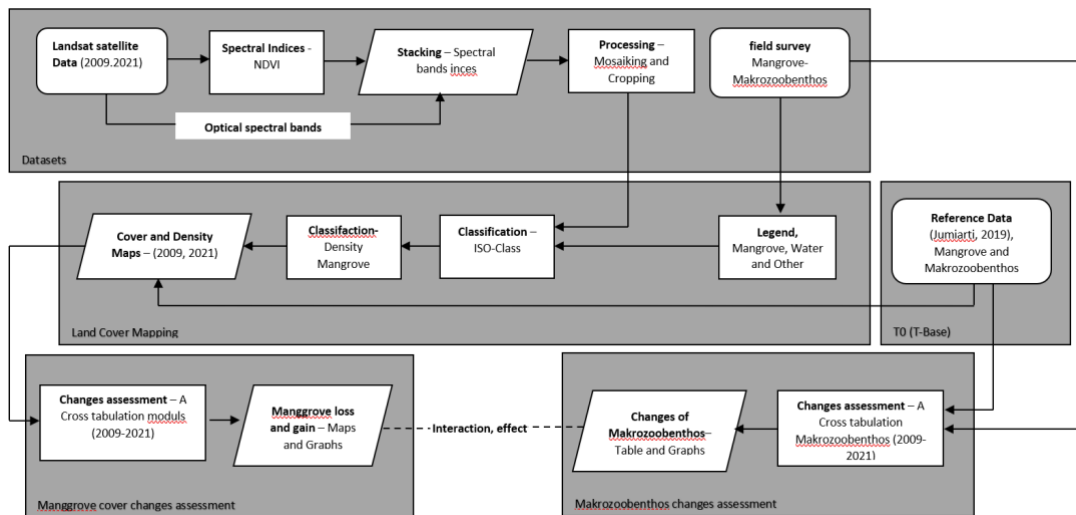


Figure 2. Research Flow Chart (Modified from Gilani et al., 2021)

Field Survey

Field surveys were conducted to assess the condition of the mangroves and macrozoobenthos sampling. The sampling stages are as follows:

- Mangrove sampling was carried out following the Indonesian National Standard (SNI) mangrove survey and mapping (2011) for each category; seedlings (rejuvenation from sprouts up to <1.5 m in height), tillers (rejuvenation with a height of ≥ 1.5 m to <10 cm in diameter) and trees (trees with a diameter of ≥ 10 cm) as shown in Figure 3

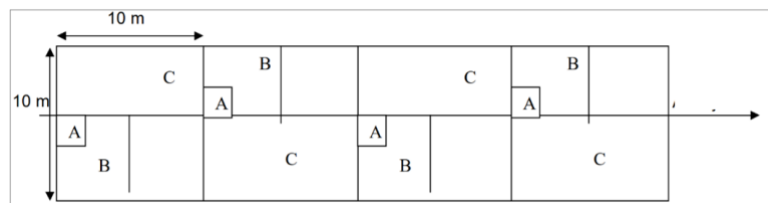


Figure 3. Design of sample mangrove observation unit (A=Observation of 1 x 1 m seedlings; B=Observation of 5x5 m seedlings; and C=Observation of 10x10 m trees)

- Macrozoobenthic data were collected using a 1 m x 1 m quadrant plot (English et al, 1997; Wahab, 2019) placed in a 10 m x 10 m mangrove plot. Sampling in the field was carried out 5 repetitions. Macrozoobenthos infauna samples were taken using a 20 cm diameter PVC pipe that was inserted into the substrate to a depth of ± 20 cm. Meanwhile, for epifauna macrozoobenthic samples, only the number of species in each quadrant transect was counted (Cochran, 1977; Wahab, 2019).

Identification and Assessment of Mangrove Density Change

Identification and assessment of changes in mangrove density is carried out by analyzing satellite imagery, which includes the following processing stages:

- Identification of vegetation by Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) transformation (Rouse et al, 1973). Application of NDVI transformation on Landsat-7-EM+ imagery uses bands 4 and 3 while for Landsat-8-OLI imagery uses bands 5 and 4 (Latifah et al, 2018).
- Layer stacking using composite satellite imagery (RGB 564 for Landsat 7 EM+ and RGB 432 for Landsat 8 OLI) which refers to the Optimum index Factor (OIF) value (Chavez et al., 1982; Mannopo et al, 2015)
 - Mozaiking and cropping are carried out to cut and clarify areas of research work that refer to spectral values (Lii et al., 2019)

- Classification of images using unsupervised using the isodata method which refers to clustering of spectral values based on average values. The results of image classification produce land cover classes in the form of mangroves, water bodies, and non-vegetation.
- Classification of Mangrove Density based on the NDVI value for each image with reference to the Ministry of Forestry (2003) and Selamat et al., (2021) as in Table 2.

Table 2. The standard criteria for mangrove density are based on the NDVI value

Mangrove Density Category	NDVI value for Landsat-7-EM+	NDVI value for Landsat-8-OLI
Sparse	$0 \leq 0,33$	$0,36 \leq 0,61$
Moderate	$0,34 \leq 0,42$	$0,61 \leq 0,74$
Dense	$0,43 \leq 1,00$	$> 0,74$

- Referring to Puyravaud (2003), to see changes in mangrove cover between 2009 and 2021 a cross tabulation was carried out to determine the reduction and increase in mangrove area.

Data Analysis

Data from field surveys and processing of satellite image data were analyzed to see the relationship between changes in mangrove cover area and macrozoobenthos abundance with the following analysis steps

- Mangrove density is calculated to obtain the number of stands in a unit area (Ministry of Environment, 2004) with the equation

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Where: D_i = Mangrove density ; n_i = Numbers of trees; and A = Area

Table 3. Quality standard criteria for mangrove damage

Criteria		Density (trees/ha)
Good	Dense	> 1500
	Moderate	$> 1000 - < 1500$
Damaged	Sparse	< 1000

Source : State Ministry of Environment (KMNLH), 2004

- The abundance of macrozoobenthos at study sites was calculated with reference to Odum (1971);
- Analysis of the relationship between mangrove land cover and the abundance of macrozoobenthos using the linear regression method.

RESULTS AND DISCUSSION

Mangrove Density

Mangrove density is an indicator to see the level of damage to a mangrove forest area. Each station has a different density value, the more the number of mangroves, the denser the mangroves will be. The results of image classification for 2009 and 2020 with the categories of mangrove vegetation, water bodies and non-vegetation as shown in Figure 4, and changes in the area cover of each category as shown in Table 4.

Table 4. Land Cover Change Year 2009 and 2021

No	Type of Cover	land area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	
1	Vegetation	445.500	500.400	Gain
2	Water Bodies	5.537.700	5.418.800	Loss
3	Non Vegetation	1.055.700	1.120.500	Gain
Total		7.038.900	7.038.900	

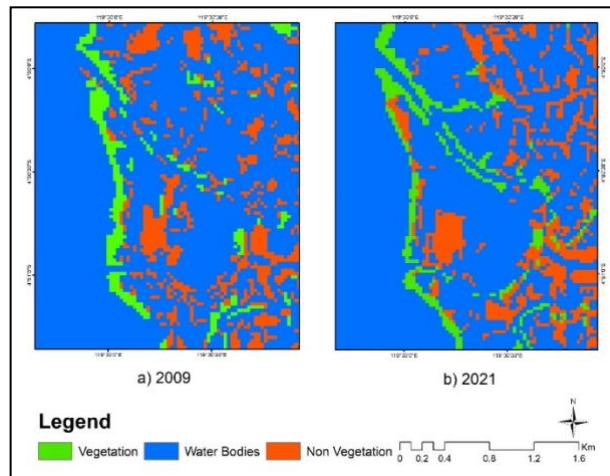


Figure 4. Landsat image classification results in 2009 (a) and year 2021 (b)

Figure 4 and Table 4 show that there is a tendency to increase the area of mangrove vegetation in Tekkolabbua by 54,900 m² or around 5.49 Ha, and also the addition of an area of non-vegetation groups of 64,800 m² or around 6.48 Ha. Based on the results of observations, the increase in mangrove area was due to the planting of mangroves in 2014. Meanwhile, the addition of non-vegetation areas was partly for settlement and aquaculture activities. According to Eddy et al, (2016), damage to mangrove ecosystems around the world is mostly caused by human activities. Setyawan and Kusumo (2006) also wrote about the conversion of mangrove forests into ponds with individual property rights.

Further assessment of the condition of the mangrove ecosystem by calculating the density using the NDVI transformation. Mangrove density based on the results of satellite image classification as shown in Figure 5. The area for each category of mangrove vegetation density in 2009 and 2021 is presented in table 5.

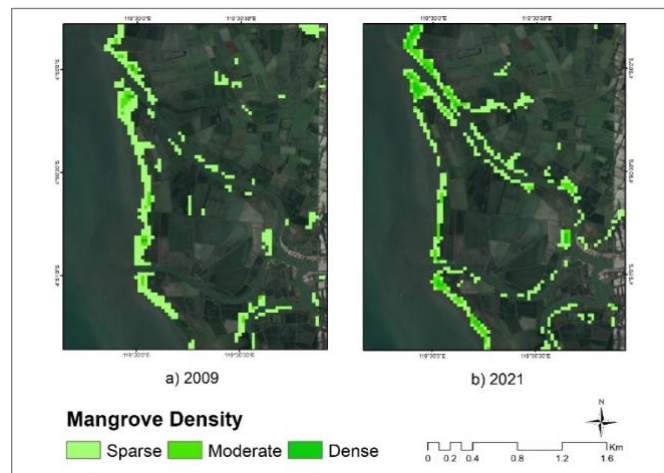


Figure 5. NDVI Value Transformation Results for 2009 (a) and 2021 (b)

Table 1. The area of each mangrove density category is based on the results of the NDVI transformation

No.	Mangrove Density Category	Land Area (m ²)		Tyoe of Area change
		2009	2021	

1	Sparse	399.600	367.200	Loss
2	Moderate	29.700	103.500	Gain
3	Dense	16.200	29.700	Gain
Total		445.500	500.400	Gain

The data in Figure 5 and Table 5 shows an increase in the density of medium category mangroves of 73.8 Ha and dense categories of 13.5 Ha. And specifically for the rare category, the area decreases by 32.4 Ha. This condition proves that there has been an increase in the quality of mangrove conditions in Tekkolabbua. The increase in mangrove density in Tekkolabbua is in line with the increase in mangrove cover area.

When compared to the results of direct measurements in the field at 5 (five) stations that have been determined according to Jumiarti (2009), the mangrove density criteria are obtained based on KMNLH criteria (2014) for each station, *as presented in Table 6*

Table 6. Mangrove density based on quality standard criteria

Station	Density (Trees/ha)	Density criteria
1	7700	Dense
2	4800	Dense
3	6800	Dense
4	6100	Dense
5	6900	Dense

Data from mangrove density measurements at each station have different values with the same density criteria based on KMNLH standard mangrove damage criteria in 2004, Station one with a density value of 7700 (trees/ha), station 2 with a density value of 4800 (trees/ha), station 3 with a density value of 6800 (trees/ha), station 4 with a density value of 6100 (trees/ha), and station 5 with a density value of 6900 (trees/ha). All stations are in very dense density conditions. Furthermore, a comparison of the results of measuring mangrove density from field surveys in 2021 and Jumiarti 2009 is presented in Figure 6.

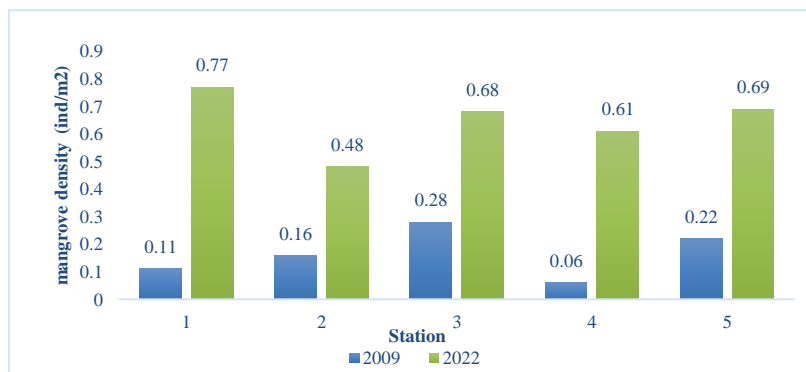


Figure 6. Mangrove Density (Di) at each station in the research location in 2009 (Jumiarti, 2009) and 2021

Based on the density of mangrove species, especially at each station, it shows that the density of mangrove species in 2021 is much better compared to the density of species in 2009 for all stations. replanting has been carried out in areas that have mangroves. According to Field (1999) that one way to rehabilitate mangrove forests is by embroidering techniques in locations that have sparse densities and successful rehabilitation is also supported by the type of mangrove planted (Macintosh et al., 2002)

Macrozoobenthos

Macrozoobenthos abundance is the number of individuals of a species in an area. The results of calculating the average abundance of macrozoobenthos found in substrate, roots and stems from the 2021 survey and the results of Jumiarti's research (2009) are presented in Figure 7.

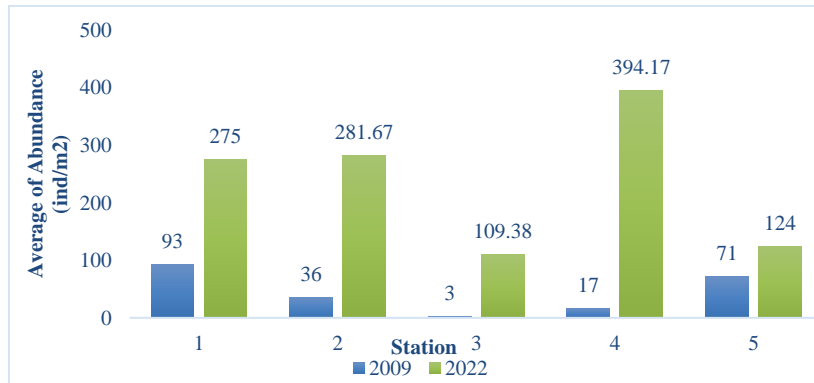


Figure 72. The average abundance of macrozoobenthos at each station in 2009 (Jumiarti, 2009) and 2021

The average macrozoobenthos abundance observed in 2021 was found in the highest substrate, roots and stems at station 4, following stations 2 and 1. Meanwhile, Jumiarti (2009) found that the highest abundance of macrozoobenthos was found at stations 1 and 5 and the lowest at station 3. If compared to the average abundance of macrozoobenthos in 2009 and 2021, the average abundance in 2021 is much higher than the average abundance in 2009. One of the factors causing the high abundance of macrozoobenthos is the high content of dissolved organic matter in the substrate (Awaluddin, 2018) and C-Organic (Basyuni, et al., 2018).

The low abundance of Macrozoobenthos at station 3 in 2021 and 2019, is made possible by high anthropogenic pressure, because the distance between these stations and settlements is quite close. This was reinforced by KL et al, (2017) who wrote that mangrove habitat that is affected and under pressure from community exploitation activities can cause ecological damage and this also has an impact on the existence of macrozoobenthos, also reinforced by research conducted by Marpaung (2013) writing that The abundance obtained was relatively low, ranging from 107 – 1020 ind/m² at stations 1 and 2 at Boe Beach, which are located close to residential areas.

Relationship between Mangrove Density Change and Macrozoobenthos Abundance

The relationship between Mangrove Density Changes and Macrozoobenthos Abundance is explained by the linear regression method. Changes in density values for stations 1 to 5 and the average macrozobenthos abundance per station are presented in Table 7.

Table 7. Changes in the average abundance value of macrozoobenthos (ind/m²) and land cover area values in 2009 and 2021.

Station	Macrozoobenthos Average Abundance (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info	Mangrove Density (ind/m ²)		Change of Abundance (ind/m ²)	Info.
	2009	2021			2009	2021		
1	93	275	182	Gain	0.11	0.77	0.66	Gain
2	36	281.67	245.67	Gain	0.16	0.48	0.32	Gain
3	3	109.38	106.38	Gain	0.28	0.68	0.4	Gain
4	17	394.17	377.17	Gain	0.06	0.61	0.55	Gain
5	71	124	53	Gain	0.22	0.69	0.47	Gain

The results of data compilation between 2009 and 2021 show that the average abundance of macrozoobenthos at each station has increased, as well as the density of mangroves has also increased for all stations. This shows that there has been a decade-long improvement in mangrove quality in

Tekkolabbua, Pangkep Regency. Furthermore, to see how the effect of mangrove density on the abundance of macrozoobenthos, a regression test was carried out as shown in Figure 8.

The regression results for the abundance of macrozoobenthos in relation to the area of mangrove land cover are presented in Figure 9.

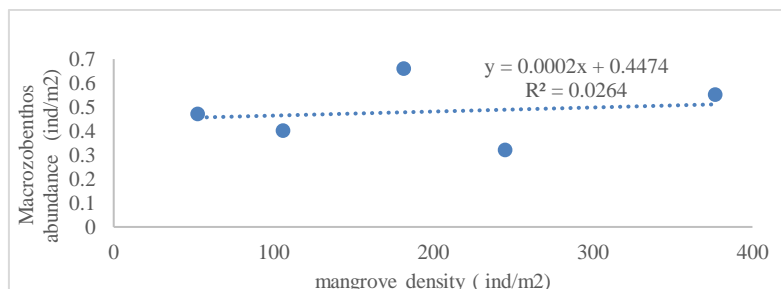


Figure 9. Graph of the relationship between changes in mangrove land cover and the abundance of macrozoobenthos

Based on simple linear regression analysis, the regression equation is $Y = 0.0002x + 0.4474$ with a coefficient of determination of 0.0264. This shows that the increase in mangrove density in Tekkolabbua causes an increase in macrozoobenthos abundance, although the determination value of this equation explains the possibility that many other factors influence macrozoobenthic abundance at the study site besides the mangrove density factor. The results of research by Octaviana et al., (2018) in Aceh Singkil showed that at a mangrove density of 0.8-1.1 ind/m², an abundance of macrozoobenthos of 48-75 ind/m² was found.

The small direct effect of mangrove density on the abundance of macrozoobenthos is supported by various other research results. Wardianto et al (2015) found that for some macrozoobenthos species, sediment or substrate conditions are the main source of life for macrozoobenthos in mangrove ecosystems. Likewise the results of research by Marten et al., (2015) that the level of sediment roughness greatly determines the abundance of macrozoobenthos.

CONCLUSION

The results of the study concluded that in 1 decade (2009-2021) there was an improvement in the quality of mangrove ecosystem in Tekkolabbua, Pangkep Regency, where an increase in mangrove ecosystem cover was found of 5.49 Ha. The increase in cover was also accompanied by an increase in mangrove density. Improvement of ecosystem conditions also affects the increase in the abundance of macrozoobenthos in substrates, roots and stems in mangrove ecosystems even though with a small coefficient of determination.

REFERENCES

- Alongi, D.M., 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* Vol. III, 313–322.
- Awaluddin. 2018. Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Mangrove Alami di Pelabuhan Siwa Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B and Bunting, P. 2018. Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, Vol. XIX No 1 , 311-317.
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. 1982. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, Vol VIII, 23-30
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York
- Departemen Kehutanan 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* Vol IV, 293–297.
- Eddy, S., M.R. Ridho, I. Iskandar, & A. Mulyana. 2016. Community-Based Mangrove Forests Conservation for Sustainable Fisheries. *J. Silvikultur Tropika*. Vol. VII, No. 3, Hal: 42 – 47.

- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science (AIMS). Townsville. Australia.
- Faizal, A., dan Amran M.A., 2005. "Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizopora Mukronata". Dalam Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Field, C., Osborn, J., Hoffman, I., Polsenberg, J., Ackerly, D., Berry, J., ... and Mooney, H. (1998). Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Global Ecology & Biogeography Letters*, Vol VII No 1, 3-14.
- Field, C.D., 1999. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Mar. Pollut. Bull.* Vol XXXVII, 383-392
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol CCXLIX, 107128.
- Giri, C., Long, J., Abbas, S., Murali, R.M., Qamer, F.M., Pengra, B., Thau, D., 2015. Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *J. Environ. Manag.* Vol CXLVIII, 101–111.
- Jumiarti. 2009. Struktur Komunitas Makrozoobentos pada Daerah Perlindungan Mangrove di Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.
- Karimah. 2017. Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. VII No. 2. 51-58
- Kauffman, J.B., Bhomia, R.K., 2017. Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: global and regional comparisons. *PLoS One* Vol XII, e0187749.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KLMN), 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Indonesia
- Khan, Z.M., Babar, H., Ghalib, S.A., Zehra, A., Nazia, M., 2010. Distribution, population status and environmental impacts on reptiles in Manora, Sandspit, Hawkesbay and Cape Monze areas of Karachi coast. *Can. J. Pure Appl. Sci.* Vol IV, 1053–1071.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Nomor: SP. 58/HUMAS/PP/HMS.3/03/2017.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V., Dech, S., 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Rem. Sens.* Vol III, 878–928.
- Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., Zainur, M. 2018. Pemetaan Klasifikasi dan Analisa Perubahan Ekosistem Mangrove Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Karimunjawa, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. XXI, No.2, 97–102.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, Vol VII No 4, 8-22.
- Macintosh, D.J., E.C. Ashton, S. Havanon 2002. Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. , Vol LV No 3 331–345.
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. 2015. Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Marpaung, A., A. 2013. Keanekaragaman Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Silvo-fishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Marois, D.E., Mitsch, W.J., 2015. Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands - a review. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* Vol XI, 71-83
- Maarten F. de Jong, Martin J. Baptist, Han J. Lindeboom, Piet Hoekstra 2015, Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone, *ICES Journal of Marine Science*, Vol LXXII, No 8, 2409–2422,
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T.E., Lagomasino, D., 2019. Evaluating combinations of Sentinel-2 data and machine-learning algorithms for mangrove mapping in West Africa. *Rem. Sens.* Vol. XI No 24, 2928.
- Octavina, C., Purnawan, S., & Manik, A. S. 2018. Study of the macrozoobenthos community structure in the mangrove ecosystem gampong Gosong Telaga, Aceh Singkil district. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. CCXVI, No. 1, 012030.
- Odum, P.E. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemahan Ir. Thahjono Samingan, M.Sc. Cet.2. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press.

- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marb` a, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., Baldera, A., 2012. Estimating Global “Blue Carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One* Vol VII, e43542.
- Puyravaud, J.P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *For. Ecol. Manage.* Vol CLXXVII, 593–596.
- Retnaningdyah, C., Febriansyah, S. C., & Hakim, L. 2022. Evaluation of the quality of mangrove ecosystems using macrozoobenthos as bioindicators in the Southern Coast of East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, Vol XXIII No 12. 6480-6491
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.*
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M.F., Benson, L., Bukoski, J.J., Carnell, P., Cifuentes-Jara, M., Donato, D., Duncan, C., Eid, E.M., Ermgassen, P.Z., Lewis, C.J.E., Macreadie, P.I., Glass, L., Gress, S., Jardine, S.L., Jones, T.G., Nsombo, E.N., Rahman, M.M., Sanders, C.J., Spalding, M., Landis, E., 2018. A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environ. Res. Lett.* Vol XIII, 055002.
- Saru, A., Fitrah, M.N., Faizal, A. 2011. Analisis Kesesuaian Lahan Rehabilitasi Mangrove di Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Fisheries and Marine Science.* Vol.I, No.1: 1-14.
- Selamat, M.B., Mashoreng, K., Amri K., Susetiono, Rappe, R.A and Jompa, J. 2021. Mangrove Condition at Selayar Island Based on Field Data and NDVI. *IOP Publishing.* 1755-1315.
- Setyawan, A.D. & W. Kusumo. 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *J. Biodiversitas.* Vol. VII, No.2, 159-163.
- Simard, M., Zhang, K., Rivera-Monroy, V.H., Ross, M.S., Ruiz, P.L., Castaneda-Moya, ~ E., Twilley, R.R., Rodriguez, E., 2006. Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* Vol LXXII, 299–311.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Survei dan Pemetaan Mangrove. SNI 7727: 2011.
- Tantu AG. 2012. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Pemanfaatan Sumberdaya Alam Pesisir Berkelanjutan. *Disertasi.* Universitas Hasanuddin. Makassar.\
- UNEP-WCMC, 2014. *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action.* United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEPWCMC), Cambridge, UK.
- Vo, Q.T., Oppelt, N., Leinenkugel
- Wardiatno Y, Mardiansyah, Prartono T, Tsuchiya M 2015. Possible food sources of macrozoobenthos in the manko mangrove ecosystem, okinawa (Japan): a stable isotope analysis approach. *Trop Life Sci Res.* Vol XXVI No. 1, 53-65.
- Wahab. I., Madduppa. H., Kawaroe., M., Nurafni. 2019. Analisis Kepadatan Makrozoobentos pada Fase Bulan Berbeda di Lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan.* Vol. X , No. 1. 93-107
- Wulder, M.A., Loveland, T.R., Roy, D.P., Crawford, C.J., Masek, J.G., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Belward, A.S., Cohen, W.B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J.D., Hostert, P., Hughes, M.J., Huntington, J., Johnson, D.M., Kennedy, R., Kilic, A., Li, Z., Lyburner, L., McCorkel, J., Pahlevan, N., Scambos, T.A., Schaaf, C., Schott, J.R., Sheng, Y., Storey, J., Vermote, E., Vogelmann, J., White, J.C., Wynne, R.H., Zhu, Z., 2019. Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sens. Environ.* Vol CCXXV, 127–147.

Email penyampaian publish

01 Mei 2023

