

# Konektivitas Multi-Dimensi Sistem Sosial-Ekologi dalam Pengelolaan Ekosistem Mangrove (Studi Kasus: Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan)

Lorensia Puspita<sup>1\*</sup>, Luky Adrianto<sup>2,3</sup>, Ario Damar<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Jl. Agatis, Babakan, Kecamatan Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat 16680 Indonesia

<sup>3</sup>Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Lembaga Riset Internasional Kemaritiman, Kelautan, dan Perikanan, Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Baranangsiang, Bogor Jawa Barat 16127 Indonesia

Email: lorens21puspita@gmail.com

## Abstract

### **Multi-Dimensional Connectivity of Social-Ecological Systems in Mangrove Ecosystem Management (Case Study: Tanakeke Island, South Sulawesi)**

Characteristically, the mangrove ecosystem on Tanakeke Island, South Sulawesi, is a complex, adaptive system integrated between the ecological system and the social system within it (Social-Ecological System). This study aims to map SES connectivity in mangrove management in Minasa Baji Village using a Social-Ecological Network Analysis (SENA) approach. Data were collected through field observations and in-depth interviews with 55 respondents, including fishers, seaweed farmers, aquaculture farmers, charcoal producers, and other stakeholders. Network analysis identified 46 nodes (actors/components) and 89 edges (relationships), with four key variables: mangrove conditions, commodity prices, fishery yields, and rehabilitation efforts. Results highlight mangroves as the central node (highest degree centrality) in the SES network, strongly linked to economic factors like income and market prices. However, exploitation for livelihoods threatens ecosystem sustainability. The study also reveals governance fragmentation, where policies are poorly integrated with local practices. For sustainable management, a holistic approach integrating ecological, economic, social, and institutional aspects is critical, including community-based monitoring (POKMASWAS) and multi-stakeholder collaboration.

**Keywords:** Social-ecological system, network analysis, Tanakeke Island, sustainable management

## Abstrak

Sesuai karakteristiknya, ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan, sistem yang kompleks, dan adaptif terintegrasi antara sistem ekologi dan sistem sosial di dalamnya (Social-Ecological System; SES). Penelitian ini bertujuan untuk memetakan konektivitas SES dalam pengelolaan mangrove di Desa Minasa Baji menggunakan pendekatan *Social-Ecological Network Analysis* (SENA). Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan 55 responden, termasuk nelayan, pembudidaya rumput laut, petambak, pembuat arang, dan pemangku kepentingan lainnya. Analisis jaringan mengidentifikasi 46 node (aktor/komponen) dan 89 edge (relasi), dengan empat variabel kunci: kondisi mangrove, harga komoditas, hasil tangkapan, dan aktivitas rehabilitasi. Hasil menunjukkan bahwa mangrove berperan sebagai simpul utama (*highest degree centrality*) dalam jaringan SES, dengan keterkaitan kuat terhadap aspek ekonomi seperti pendapatan (*income*) dan harga (*price*). Namun, tekanan eksploitasi untuk kebutuhan ekonomi mengancam kelestarian ekosistem. Studi ini juga mengungkapkan fragmentasi dalam tata kelola (*governance*), di mana kebijakan pemerintah belum terintegrasi secara optimal dengan praktik lokal. Untuk mencapai pengelolaan berkelanjutan, diperlukan pendekatan holistik yang memadukan aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan, termasuk penguatan peran pemantauan berbasis masyarakat (POKMASWAS) dan kolaborasi multi-stakeholder.

**Kata Kunci:** Sistem sosial-ekologi, analisis jaringan, Pulau Tanakeke, pengelolaan berkelanjutan

## PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan, merupakan penyedia jasa lingkungan kritis, terutama *provisioning services* seperti ikan, kayu, dan air bersih. Namun, tekanan populasi, kebutuhan ekonomi, dan perubahan pemanfaatan lahan telah mendorong alih fungsi mangrove menjadi tambak atau bahan arang, mengakibatkan penurunan luas hutan mangrove sebesar 66% sejak 1970-an (Akbar, 2014; Aswin, 2021). Degradasi ini tidak hanya mengurangi manfaat ekologis, tetapi juga mengancam ketahanan sosial-ekonomi masyarakat yang bergantung pada ekosistem tersebut.

Pemanfaatan layanan ekosistem memiliki pengaruh ekologis terhadap kelestarian sumber daya alam. Dalam hal ini, terjadi hubungan timbal balik dan evolusi bersama antara komponen lingkungan dan sistem sosial. Artinya, perubahan pada suatu sistem akan memicu perubahan pada sistem yang lain. Kelestarian ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke memiliki peran penting, dan evaluasi kondisinya dapat dilakukan melalui pendekatan Sistem Sosial-Ekologis (SES) yang memperhitungkan hubungan timbal balik antara manusia dan alam. Tiga prinsip utama dalam pendekatan ini adalah: (1) SES merupakan sistem kompleks yang bersifat adaptif; (2) SES memiliki kemampuan untuk beradaptasi; dan (3) interaksi dinamis antar subsistem dalam SES seringkali tidak proporsional, di mana perubahan kecil bisa menimbulkan efek besar, atau sebaliknya (Adrianto, 2023). Proses lingkungan dan sosial – meliputi aspek kelembagaan, etika, dan budaya – memerlukan kerangka kerja konseptual yang terintegrasi. Perubahan tata Kelola lahan, seperti privatisasi kawasan mangrove, mempercepat kerusakan dan memperumit upaya pelestarian (Auliansyah, 2018). Untuk itu, pendekatan SES diperlukan guna menganalisis interaksi antara sistem sumber daya (*Resources System/RS*), unit sumber daya (*Resources Unit/RU*), aktor (*Resources Actor/RA*), dan tata kelola (*Resources Governance/RG*).

Studi tentang integrasi konektivitas dalam Sistem Sosial-Ekologi (SES) pada ekosistem mangrove menjadi penting untuk diteliti guna memahami hubungan timbal balik antara aspek ekologi dan sosial masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan interaksi dan konektivitas sistem sosial-ekologi ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke.

## MATERI DAN METODE

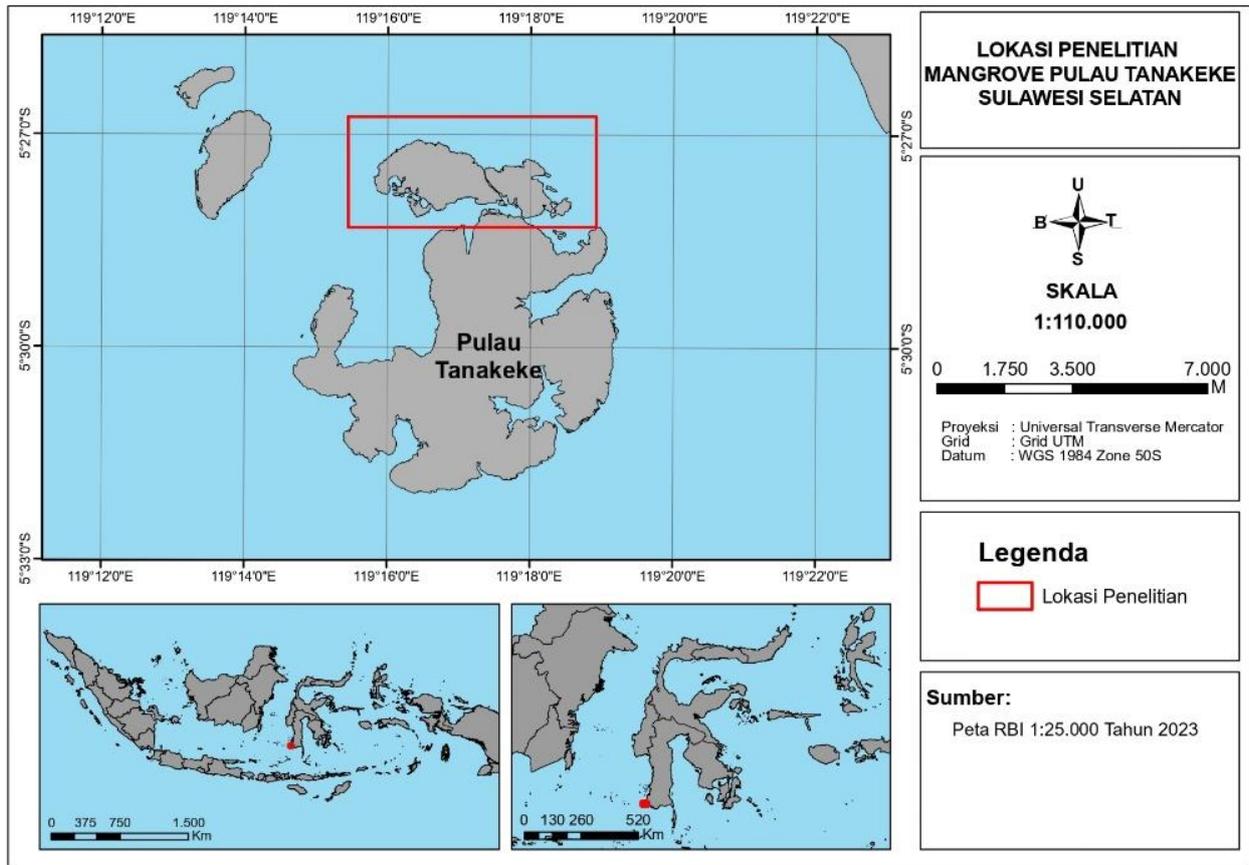
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - November 2024 yang berlokasi di Desa Minasa Baji, Pulau Tanakeke, Provinsi Sulawesi Selatan. Penentuan lokasi pengamatan selama pengambilan data penelitian menggunakan survei lapangan di seluruh kawasan Desa Minasa Baji yang pemanfaatannya sebagai jasa penyedia ekosistem mangrove. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Pemilihan lokasi untuk pengumpulan data didasarkan pada adanya kawasan *Bangko Tappampang* sebagai daerah lindung hutan mangrove di kawasan tersebut. Pada kawasan tersebut terdapat peraturan desa yang mengatur tentang pemanfaatan dan sanksi dalam pengelolaan hutan mangrove.

Penelitian ini mengumpulkan data primer dan sekunder untuk memetakan sistem sosial-ekologi mangrove di Desa Minasa Baji. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan berbagai pihak yang memanfaatkan ekosistem mangrove, termasuk nelayan, petambak, pembudidaya rumput laut, pengusaha arang, serta pemangku kepentingan terkait. Pemilihan responden dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*) untuk memastikan keterwakilan sesuai tujuan penelitian (Sukmawati et al., 2014). Secara total, terdapat 55 responden yang terdiri dari 28 orang di Dusun Lantangpeo dan 27 orang dari Dusun Labbotalua. Data sekunder diperoleh dari kajian literatur dan dokumen pendukung yang relevan. Seluruh data ini kemudian dianalisis untuk memahami keterkaitan antar komponen dalam sistem sosial-ekologi setempat.

Konektivitas sistem sosial-ekologi ekosistem mangrove di Desa Minasa Baji dianalisis menggunakan pendekatan jejaring sosial-ekologi (SENA). Metode ini mengadaptasi model konseptual Ostrom (2007) yang kemudian dimodifikasi menjadi *Russian-doll Framework* (Adrianto, 2023). Tahap pertama analisis meliputi identifikasi dan pengelompokan aspek-aspek sistem sosial-ekologi, terutama yang terkait dengan *resources governance* (RG), *resources systems* (RS), *resources units* (RU), dan *resources actors* (RA). Melalui SENA, hubungan, interaksi, dan konektivitas antar-aktor serta pemangku kepentingan dideskripsikan dan dianalisis.

Dalam penelitian ini, nilai hubungan dihitung menggunakan metode seperti *centrality degree*, *centrality betweenness*, dan *centrality cluster* atau *community detection* (Setatama & Trichayono,



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2017). Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak R Studio dengan bantuan *igraph* (Csardi & Nepusz, 2009). *Centrality degree* ( $C_d$ ) diestimasi dengan rumus yang telah dikembangkan sebelumnya (Biggs et al., 2021; Munawar et al., 2020):

$$C_d(n_i) = \frac{\sum_1^j e_{ij}}{N-1}$$

Dimana  $j$  adalah jumlah node yang berhubungan dalam jaringan  $n_i$ ,  $e_{ij}$  adalah tepi antara simpul node ke- $i$  dan simpul ke- $j$ , dan  $N$  adalah jumlah total node dalam sistem.

Nilai *centrality betweenness* ( $C_b$ ) diestimasi menggunakan rumus berikut:

$$C_b(n_i) = \sum g_{jk(n_i)} / g_{jk}$$

Dimana  $\sum g_{jk(n_i)}$  adalah jumlah jalur terpendek yang melalui node  $n_i$  dan  $\sum g_{jk}$  adalah jumlah total jalur terpendek antara simpul ke- $j$  dan simpul ke- $k$ .

Nilai *centrality cluster* ( $C_c$ ) atau *community detection* :

$$C_c(n_i) = \frac{N-1}{\sum_{j \neq i}^n d(n_i, n_j)}$$

Dimana  $d(n_i, n_j)$  adalah jarak antara node  $n_i$  dan  $n_j$ , serta  $N$  adalah jumlah node yang terdapat di dalam jaringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Model konseptual dari interaksi subsistem Sistem Sosial-Ekologi (SES) ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke, khususnya Desa Minasa Baji, menunjukkan hubungan yang sangat kompleks antara masyarakat dan sumber daya alam. Kompleksitas ini terjadi karena sistem sosial dan ekologi saling bergantung erat. Jaringan SES di Dusun Labbotalua dan Dusun Lantangpeo dipetakan berdasarkan subsistem SES desa Minasa Baji. *Resources Systems* (RS) meliputi wilayah ekosistem yang berisi beragam komponen biotik (mahluk hidup) dan abiotik (fisik-kimia) yang saling berinteraksi. RS meliputi bagian ekologis dalam SES yang menyediakan sumber daya alam untuk kebutuhan manusia, baik langsung maupun tidak. Di sini, nelayan mencari penghidupan dengan memanfaatkan sumber daya tersebut. *Resources Unit* (RU) adalah bagian dari ekosistem yang bisa dimanfaatkan, seperti ikan dan kayu mangrove. *Resources Actors* (RA) adalah individu atau kelompok yang memanfaatkan sumber daya untuk keuntungan ekonomi. Sementara itu, *Resources Governance* (RG) melibatkan pemerintah atau swasta yang mengatur pengelolaan sumber daya agar tetap lestari.

Jenis mangrove yang terdapat di Pulau Tanakeke terdiri dari 11 jenis vegetasi mangrove yaitu: *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Excoecaria agallocha*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba*, *Heritiera littoralis*, *Gymnanthera paludosa*, *Pemphis acidula* (Jaya et al., 2022). *Rhizophora stylosa* adalah jenis mangrove yang paling banyak ditemukan di Desa Minasa Baji. Jenis *Rhizophora stylosa* mendominasi kawasan ini karena menjadi pilihan utama masyarakat dalam kegiatan penanaman. Dominasi ini terjadi karena dua alasan utama: (1) kemudahan dalam proses penanaman, dan (2) bibit yang relative terjangkau dibandingkan jenis mangrove lainnya. Hal ini selaras dengan penelitian Mutmainnah (2014), yang menyatakan bahwa mangrove di Kepulauan Tanakeke didominasi *Rhizophora sp.*, dengan kepadatan rata-rata 2.200 – 2.700 pohon per hektar. Sebagian besar lahan mangrove di daerah ini telah dibagi dan dimiliki secara pribadi oleh masyarakat. Penelitian Setiawan & Mursidin (2018), menunjukkan sekitar 90% mangrove di Pulau Tanakeke merupakan hutan sekunder hasil pemulihan, sementara sisanya tumbuh secara alami.

Ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke memegang peran penting dalam mempertahankan keseimbangan lingkungan setempat. Kawasan hutan mangrove yang membentang di sepanjang pesisir pulau ini berperan sebagai sumber penghidupan yang signifikan bagi masyarakat Desa Minasa Baji, turut menompang perekonomian lokal. Bagi masyarakat Pulau Tanakeke, hutan mangrove tidak hanya berfungsi sebagai aset ekonomi rumah tangga, tetapi juga memiliki nilai adat yang dapat dimanfaatkan sebagai mahar dalam proses pernikahan, dikonversi menjadi lahan tambak, serta diolah menjadi arang, tiang rumput laut, tiang jaring jermal/sero, dan alat tangkap paropo. Penggunaan tiang rumput laut mencapai volume yang signifikan karena sebagian besar penduduk di Desa Minasa Baji menggantungkan penghidupan utamanya – maupun sebagai pekerjaan sampingan – pada budidaya rumput laut, dimana bahan tiang rumput laut yang dipakai terutama bersumber dari kayu mangrove. Pemanfaatan mangrove sebagai bahan baku pembuatan arang kayu dan kayu bakar turut menjadi mata pencaharian warga. Namun, aktivitas ini turut berkontribusi terhadap kerusakan luas yang terjadi pada hutan mangrove setempat (Hermawan & Setiawan, 2018). Purwanti (2020) menyatakan bahwa tingginya nilai jual dan permintaan pasar mendorong eksploitasi besar-besaran, dimana mangrove banyak ditebang untuk kayu bakar dan arang.

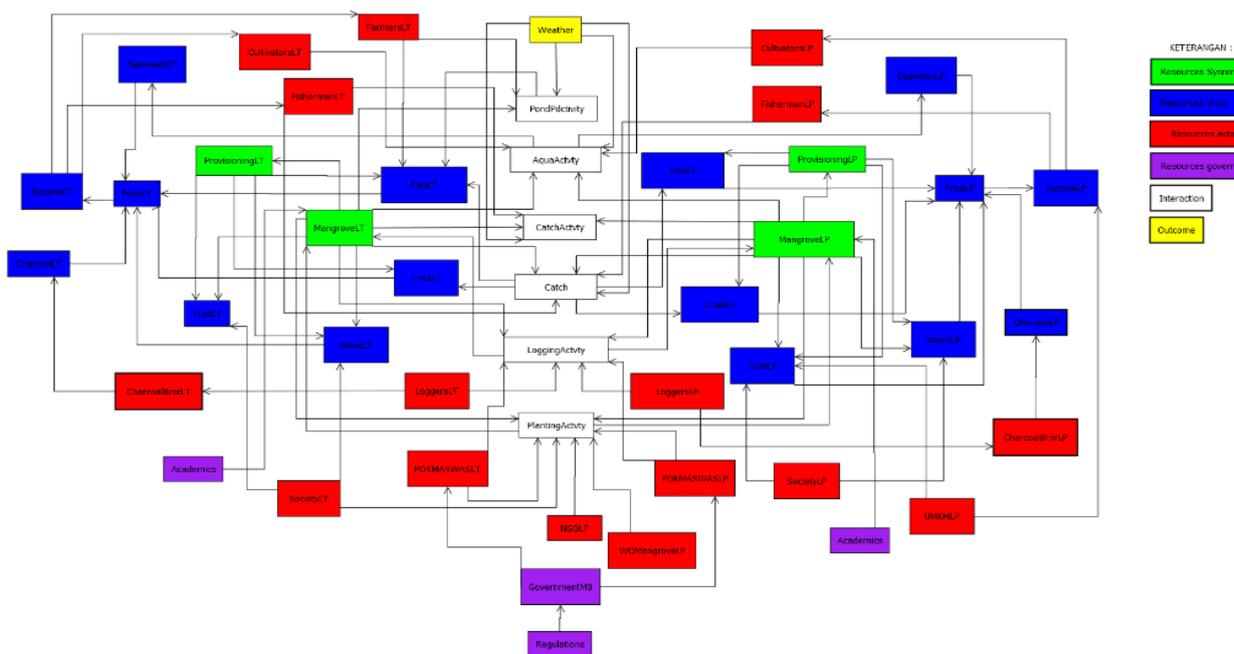
Masyarakat mendapatkan banyak manfaat tidak langsung dari ekosistem mangrove. Pertama, mangrove menjadi habitat alami ikan, udang, dan kepiting yang menjadi sumber mata pencaharian nelayan. Kedua, mangrove berfungsi sebagai pelindung alami tambak dari abrasi gelombang laut dan angin kencang. Selain itu, masyarakat juga mendapat pendapatan tambahan dari penyewaan rumah dan perahu bagi wisatawan atau peneliti yang berkunjung. Keberadaan hutan mangrove sangat penting, menciptakan hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungan. Pentingnya pemetaan hubungan sosial-ekologi di Desa Minasa Baji didasarkan

pada kompleksitas dan dampaknya yang luas. Studi ini menggunakan pendekatan kerangka Ostrom (2007) yang telah dimodifikasi menjadi *Russiandoll Framework* (Adrianto, 2023) untuk menganalisis sistem sosial-ekologi mangrove di desa tersebut. Temuan penelitian ini juga memperhitungkan pengaruh eksternal, khususnya kondisi cuaca.

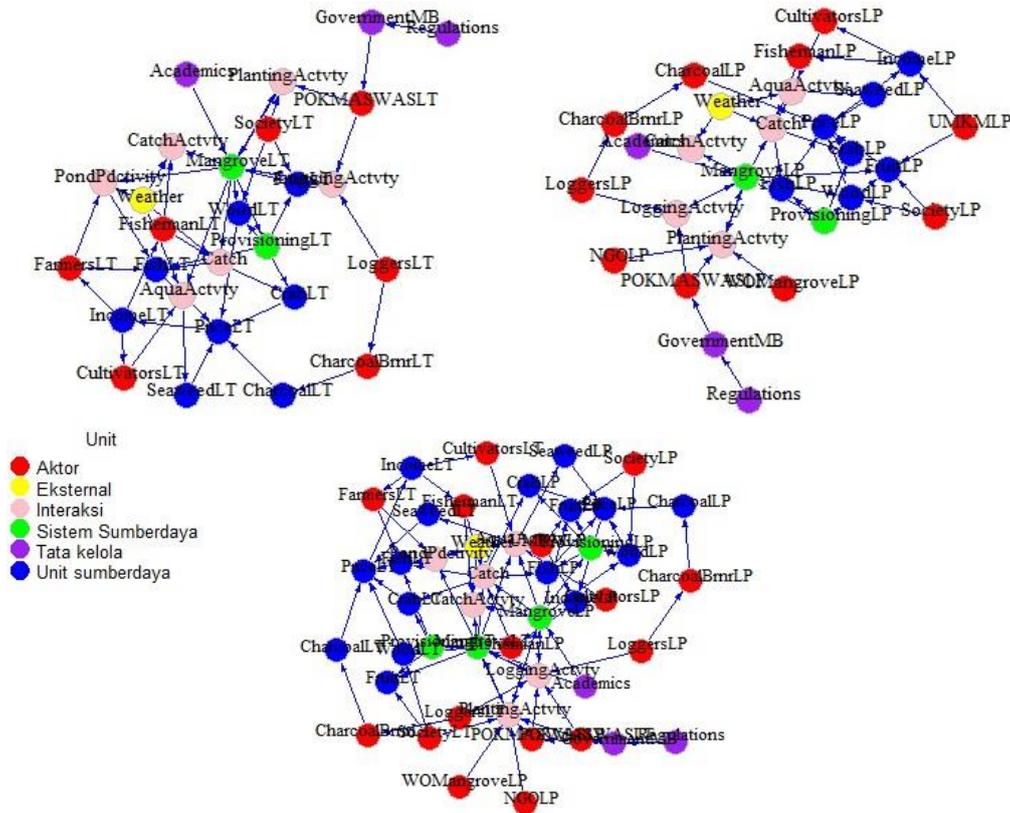
Sistem Sosial-Ekologi (SES) terbentuk dari hubungan timbal balik antar komponen penyusunnya. Menurut Ostrom (2009), cara kerja suatu sistem sangat ditentukan oleh interaksi antar subsistemnya. Di Desa Minasa Baji, Pulau Tanakeke, terlihat jelas keterkaitan ruang dan waktu dalam sistem ini (Gambar 2). Meskipun Dusun Labbotalua dan Dusun Lantangpeo memiliki pola aktivitas SES yang mirip, terdapat perbedaan spesifik: Labbotalua terdapat budidaya tambak, sementara Lantangpeo memanfaatkan mangrove untuk usaha kecil menengah. Faktor seperti berkurangnya lahan tambak, kesulitan finansial pembudidaya, serta tingkat kesadaran masyarakat dalam pengelolaan mangrove menciptakan perbedaan pola pemanfaatan antara kedua dusun tersebut.

Analisis *degree centrality* menunjukkan bahwa di Dusun Labbotalua terdapat 27 nodes dan 48 edges, sementara Dusun Lantangpeo memiliki 28 nodes dan 45 edges. Secara keseluruhan, Desa Minasa Baji terdiri dari 46 nodes dan 89 edges (Gambar 4). Jaringan ini memiliki densitas rata-rata 0,05 (kurang padat) dan modularitas 0,39. Node utama dalam jejaring ekosistem mangrove di ketiga lokasi adalah Mangrove sebagai sumber daya inti. Di Dusun Labbotalua, *MangroveLT* memiliki *degree* 12, sedangkan di Dusun Lantangpeo, *MangroveLP* memiliki *degree* 11. Node dengan *degree* tertinggi berikutnya adalah *PriceLT* (6) di Labbotalua dan *PriceLP* (7) di Lantangpeo, mencerminkan nilai ekonomi mangrove yang tinggi. Menurut Purwanti (2020), ketergantungan masyarakat pada mangrove tidak hanya sebagai pelindung alam, tetapi juga sebagai sumber komoditas seperti arang, kayu bakar, dan bahan budidaya rumput laut. Tingginya permintaan pasar turut mendorong eksploitasi mangrove yang semakin masif.

Hasil analisis di Dusun Labbotalua menunjukkan bahwa variabel *PriceLT* memiliki nilai *betweenness* sebesar 160,00, sementara *IncomeLT* mencapai 147,00, yang merupakan nilai tertinggi dalam jejaring ekosistem mangrove. Pola yang sama juga ditemukan di Dusun Lantangpeo dan secara keseluruhan di Desa Minasa Baji, menunjukkan konsistensi hubungan antar variabel dalam sistem ini (Gambar 5).



**Gambar 2.** Model Jejaring Dasar SES Ekosistem Mangrove Desa Minasa Baji



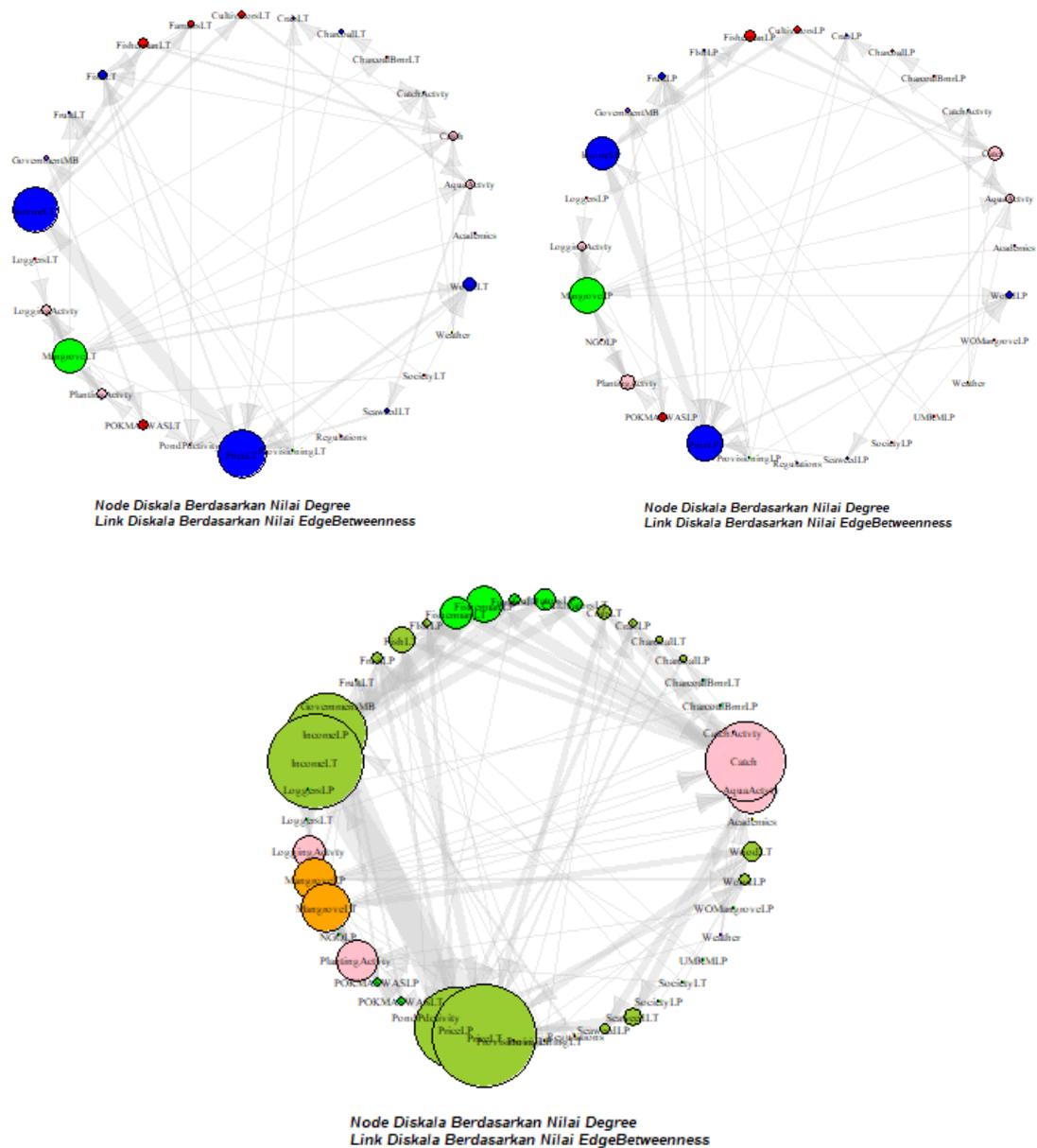
**Gambar 3.** Model Dasar Ekosistem Mangrove di Dusun Labbotalua (Kiri Atas), Dusun Lantangpeo (Kanan Atas), Desa Minasa Baji (Tengah Bawah)

Keterangan: Mangrove Labbotalua (MangroveLT), Mangrove Lantangpeo (MangroveLP), Provisioning Labbotalua (ProvisioningLT), Provisioning Lantangpeo (ProvisioningLP), Fish Labbotalua (FishLT), Fish Lantangpeo (FishLP), Crab Labbotalua (CrabLT), Crab Lantangpeo (CrabLP), Wood Labbotalua (WoodLT), Wood Lantangpeo (WoodLP), Fruit Labbotalua (FruitLT), Fruit Lantangpeo (FruitLP), Seaweed Labbotalua (SeaweedLT), Seaweed Lantangpeo (SeaweedLP), Charcoal Labbotalua (CharcoalLT), Charcoal Lantangpeo (CharcoalLP), Price Labbotalua (PriceLT), Price Lantangpeo (PriceLP), Income Labbotalua (incomelt), Income Lantangpeo (IncomeLP), Farmers Labbotalua (FarmersLT), Cultivators Labbotalua (CultivatorsLT), Cultivators Lantangpeo (CultivatorsLP), Fisherman Labbotalua (FishermanLT), Fisherman Lantangpeo (FishermanLP), Loggers Labbotalua (LoggersLT), Loggers Lantangpeo (LoggersLP), Society Labbotalua (SocietyLT), Society Lantangpeo (SocietyLP), Charcoal burner Labbotalua (CharcoalBmrLT), Charcoal burner Lantangpeo (CharcoalBmrLP), POKMASWAS Labbotalua (POKMASWASLT), POKMASWAS Lantangpeo (POKMASWASLP), NGO Lantangpeo (NGOLP), WO Mangrove Lantangpeo (WOMangroveLP), UMKM Labbotalua (UMKMMLP), Pond Productivity (PondPdctivity), Aquaculture Activity (AquaActvty), Catch Activity (CatchActvty), Catch (Catch), Logging Activity (LoggingActvty), Planting Activity (PlantingActvty), Academics (Academics), Government Minasa Baji (GovernmentMB), Regulations (Regulations), Academics (Academics).

Analisis menunjukkan hubungan erat antara harga (*price*) dan pendapatan (*income*), membuktikan bahwa harga sangat mempengaruhi penghasilan warga Desa Minasa Baji. Hal ini menjadikan harga sebagai komponen penting dalam sistem perekonomian desa. Temuan ini didukung penelitian Anhar et al. (2019), yang menyatakan mangrove memberi manfaat ekonomi besar bagi masyarakat Tanakeke, jauh melebihi potensi kerugiannya. Namun, kondisi ini bisa memicu eksploitasi berlebihan terhadap mangrove. Seperti diungkap Rauf (2008), faktor kemiskinan turut mempercepat kerusakan mangrove di wilayah tersebut.

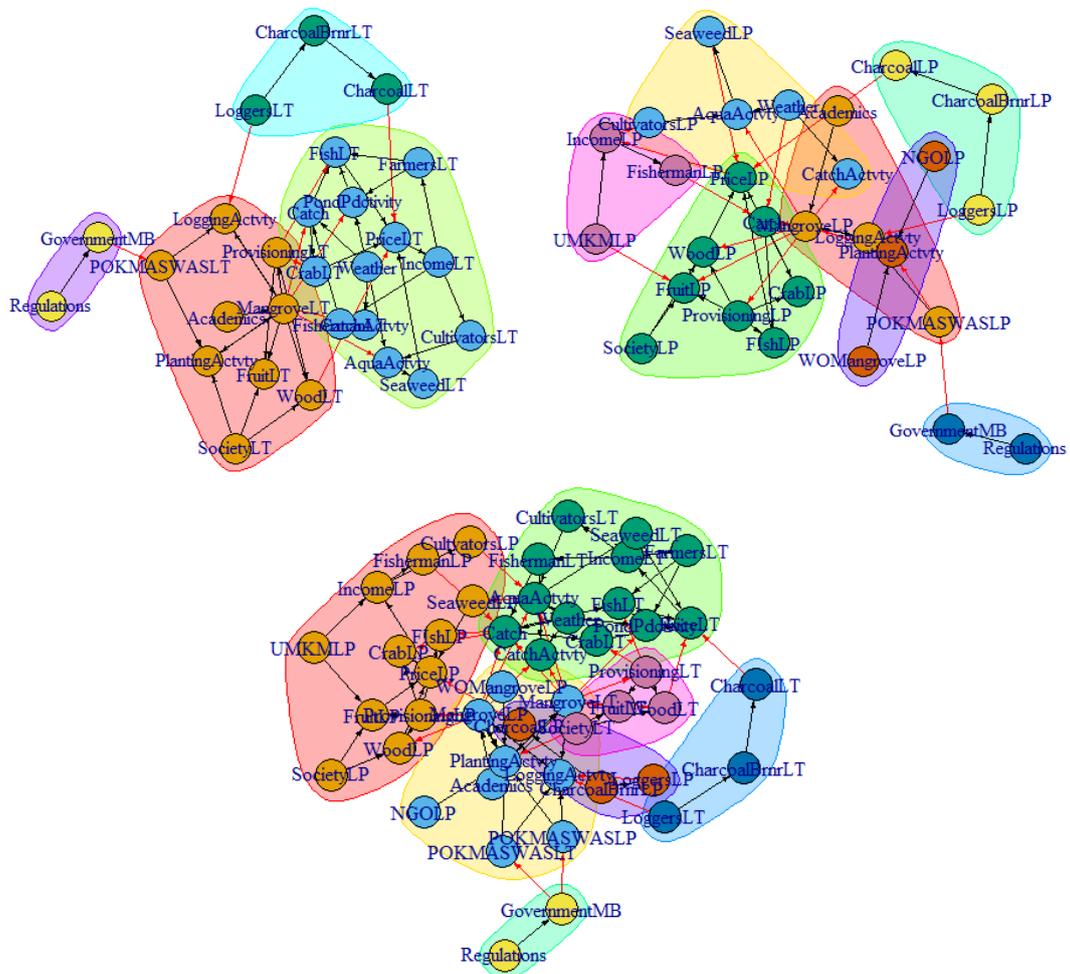
Hasil analisis kluster menunjukkan ada empat kelompok utama dalam sistem sosial-ekologi (SES) di Dusun Labbotalua. Jaringan terlihat tersebar, dengan kluster yang relatif terpisah (Gambar 6). Salah satu kelompok utama mencakup aktivitas arang, penebangan kayu, dan pengolahan arang, menunjukkan spesialisasi dalam pemanfaatan sumber daya. Pemerintah dan regulasi (*GovernmentMB* dan *Regulations*) berada di bagian terpisah, menandakan bahwa





**Gambar 5.** Konektivitas SES Berdasarkan Skor Betweenness di Dusun Labbotalua (Kiri Atas), Dusun Lantangpeo (Kanan Atas) dan Desa Minasa Baji (Tengah Bawah)

Klaster dalam cakupan secara menyeluruh yaitu Desa Minasa Baji menunjukkan terdapat tujuh kelompok utama dalam sistem sosial-ekologi (SES) (Gambar 6). Analisis jaringan di Desa Minasa Baji menunjukkan hubungan erat antara masyarakat yang memanfaatkan mangrove (seperti penebang kayu dan pembuat arang) dengan hasil yang diperoleh dari ekosistem tersebut, seperti kayu, buah dan hasil laut. Hal ini mencerminkan ketergantungan warga pada jasa ekosistem mangrove untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Di sisi lain, terdapat kelompok terpisah yang mewakili peran pemerintah dalam mengatur pemanfaatan sumber daya, serta keterlibatan LSM dan akademisi dalam upaya pelestarian, seperti rehabilitasi mangrove dan program edukasi. Ini menunjukkan pergeseran dari pola pemanfaatan yang bersifat mengambil sumber daya menuju pengelolaan yang berkelanjutan. Temuan ini menggambarkan kerumitan pengelolaan mangrove yang membutuhkan kerjasama berbagai pihak untuk menyeimbangkan aspek ekologi dan kesejahteraan masyarakat.



**Gambar 6.** Komunitas Kluster di Dusun Labbotalua (Kiri Atas), Dusun Lantangpeo (Kanan Atas), Desa Minasa Baji (Kiri Bawah)

**KESIMPULAN**

Berdasarkan konektivitas *Social-Ecological System* (SES) di Desa Minasa Baji, penelitian ini mengidentifikasi 46 *node* (aktor/komponen) dan 89 *edge* (relasi interaksi) dalam jaringan pemanfaatan mangrove. Analisis menunjukkan empat variabel krusial yang dominan mempengaruhi dinamika sistem: kondisi mangrove, fluktuasi harga, volume hasil tangkapan, dan intensitas kegiatan rehabilitasi. Untuk mencapai pengelolaan berkelanjutan, diperlukan integrasi holistik antara: (1) sistem sumber daya (RS), (2) unit sumber daya (RU), (3) aktor sumber daya (RA), dan (4) tata Kelola sumber daya (RG), khususnya melalui penguatan fungsi pemantauan dan evaluasi lintas sektor untuk mengoptimalkan keseimbangan ekologi-sosial.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adrianto, L. (2023). Dekonstruksi Teoretik dan Empirik Pengelolaan Sumberdaya Perikanan di Indonesia: Sebuah Pendekatan *Social-Ecological System* (SES). Orasi Ilmiah Guru Besar IPB University, Bogor, 18 Maret 2023.

Akbar, M.A. (2014). Geospatial Modeling of Vegetation Cover Changes On A Small Island, Case Study: Tanakeke Island, Takalar District, South Sulawesi. Bogor Agricultural University (1-49).

Anhar, F.P., Hidayat, A., & Ekayani, M. (2019). Analisis Nilai Manfaat Dan Kerugian Dari Pemanfaatan Ekosistem Mangrove Di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan*

- Perikanan, 14(1), 1–12. doi: 10.15578/jsekp.v14i1.6773
- Auliansyah. (2018). Analisis Ekonomi Pengelolaan Kawasan Ekosistem Mangrove di Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. Institut Pertanian Bogor (1-123).
- Biggs, R., de Vos, A., Preiser, R., Clements, H., Maciejewski, K., & Schlüter, M. (2021). The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems. The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems (1-494). doi: 10.4324/9781003021339
- Csardi, G., & Nepusz, T. (2009). The Igraph Software Package for Complex Network Research. *Journal of Computer Applications*, 29(8), 2191–2193. doi: 10.3724/sp.j.1087.2009.02191
- Hermawan, A., & Setiawan, H. (2018). Kearifan Lokal Masyarakat Pulau Tanakeke Dalam Mengelola Ekosistem Mangrove. *Info Teknis Eboni*, 15(1), 53–64.
- Jaya, Laitte, M.H., Daris, L., & Irwansyah. (2022). Studi Perubahan Tutupan dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Satelit. *Jurnal Airaha*, 11(02), 333–346.
- Munawar, Adrianto, L., Boer, M., Imran, Z., & Zulfikar, A. (2020). Socio-Ecological Network Analysis of Bima Bay, West Nusa Tenggara Province, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 13(4), 2290–2301.
- Mutmainnah. (2014). Pengembangan Pemanfaatan Sumberdaya Kepulauan Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Bisnis Perikanan*, 1(1), 29–38.
- Ostrom, E. (2007). A diagnostic Approach for Going Beyond Panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(39), 15181–15187. doi: 10.1073/pnas.0702288104
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419–422. doi: 10.1126/science.1172133
- Purwanti, R. (2020). Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove di Pulau Tanakeke, Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Buletin Eboni*, 2(1), 25–34.
- Rauf, A. (2008). Pengembangan Terpadu Pemanfaatan Ruang Kepulauan Tanakeke Berbasis Daya Dukung. IPB University.
- Setatama, M. S., & Tricahyono, D. (2017). Implementasi Social Network Analysis dalam Penyebaran Country Branding “Wonderful Indonesia.” *Indonesian Journal on Computing*, 2(2), 91. doi: 10.21108/indojc.2017.2.2.183
- Setiawan, H., & Mursidin. (2018). Karakteristik Ekologi dan Kesehatan Hutan Mangrove di Pulau Tanakeke Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 7(1), 47–58.
- Sukmawati, S., Kusmuriyanto, & Agustina, L. (2014). Pengaruh Struktur Modal, Ukuran Perusahaan, Likuiditas dan Return On Asset Terhadap Kualitas Laba. *Accounting Analysis Journal*, 3(1), 26–33.