



## Analisis Status Keberlanjutan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Kabupaten Barru: Metode Modifikasi Rap-Seaweed

(*Sustainability Status Analysis of Seaweed Cultivation (*Eucheuma cottonii*) in Barru Regency: Rap-Seaweed Modification Method*)

Rismawaty Rusdi<sup>1,\*</sup>, Irninthya Nanda Pratami Irwan<sup>2</sup>, Fitri Indah Yani<sup>1</sup>

Received: 21 10 2023 / Accepted: 29 12 2023

### ABSTRAK

Kabupaten Barru merupakan salah satu daerah penghasil rumput laut terbesar di Sulawesi Selatan. Keberlanjutan budidaya rumput laut dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk analisis status keberlanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Metode yang digunakan adalah pendekatan Multidimensional Scalling (MDS) yang dianalisis dengan RAP-SEAWEED. Beberapa parameter dari masing-masing dimensi dianalisis untuk menilai kondisi eksisting usaha budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Hasil penelitian menunjukkan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru tergolong dalam kategori cukup berkelanjutan (quite sustainable) pada dimensi sosial dan dimensi teknologi dan tergolong kategori kurang berkelanjutan (less sustainable) pada dimensi kelembagaan, dimensi ekonomi, dan dimensi ekologi. Analisis parameter menggunakan nilai stress, R-Square, dan monte carlo menunjukkan keakuratan model dan atribut layak untuk digunakan dalam analisis. Hasil analisis status keberlanjutan yang masih tergolong kategori kurang perlu dibenahi dengan memperhatikan beberapa atribut yang memiliki sensitifitas tinggi pada analisis leverage. Evaluasi atribut untuk peningkatan skor keberlanjutan dapat menjadi pertimbangan dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan berkelanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru.

**Kata Kunci:** *Eucheuma cottonii*, keberlanjutan, rap-seaweed, rumput laut.

### ABSTRACT

Barru Regency is one of the largest seaweed producing areas in South Sulawesi. The sustainability of seaweed cultivation is influenced by various factors, including ecological, economic, social, institutional and technological. This study aims to analyze sustainability status of seaweed cultivation in Barru Regency. The method used is Multidimensional Scalling (MDS) approach which is analyzed by RAP SEAWEED. Several parameters from each dimension were analyzed to assess existing condition of seaweed cultivation in Barru Regency. The results showed that seaweed cultivation in Barru Regency was classified as quite sustainable on social and technological dimensions and was classified as less sustainable on institutional, economic and ecological dimensions. Parameter analysis using stress, R-Square, and monte carlo values shows accuracy of model and attributes are feasible for use in analysis. The results of sustainability status analysis which are still classified as lacking need to be addressed by taking into account several attributes that have high sensitivity in leverage analysis. Evaluation of attributes for increasing sustainability score can be a basic consideration in formulating a strategy for sustainable management of seaweed cultivation in Barru Regency.

**Keywords:** *Eucheuma cottonii*, sustainable, rap-seaweed, seaweed.

### PENDAHULUAN

Budidaya rumput laut menyumbang sekitar 51% dari total produksi budidaya rumput laut global dan terus tumbuh setiap tahunnya (Duarte *et al.* 2022). Budidaya rumput laut menyediakan berbagai jasa ekosistem, termasuk sebagai sumber makanan dan bahan alami untuk berbagai industri (Duarte *et al.* 2022; Hasselstrom *et al.* 2018). Rumput laut di Indonesia merupakan salah satu komoditas unggulan yang memiliki nilai ekonomis dan peluang pasar tinggi baik skala nasional atau

ekspor. Kementerian Kelautan dan Perikanan membuat program revitalisasi dimana komoditas rumput laut menjadi salah satu komoditas strategis yang dikembangkan untuk alternatif pemberdayaan masyarakat pesisir (KKP 2018). Sekitar 60% perairan Indonesia merupakan bagian dari *Coral Triangle Initial (CTI)* yang memiliki potensi besar untuk pertumbuhan rumput laut, sehingga identifikasi potensi dan strategi dibutuhkan untuk evaluasi keberlanjutan usaha budidaya rumput laut yang terus meningkat (Kusman 2019). Kabupaten

\*Corresponding author

✉ Rismawaty Rusdi  
[risma.rusdi18@gmail.com](mailto:risma.rusdi18@gmail.com)

<sup>1</sup>Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare.

<sup>2</sup>Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare.

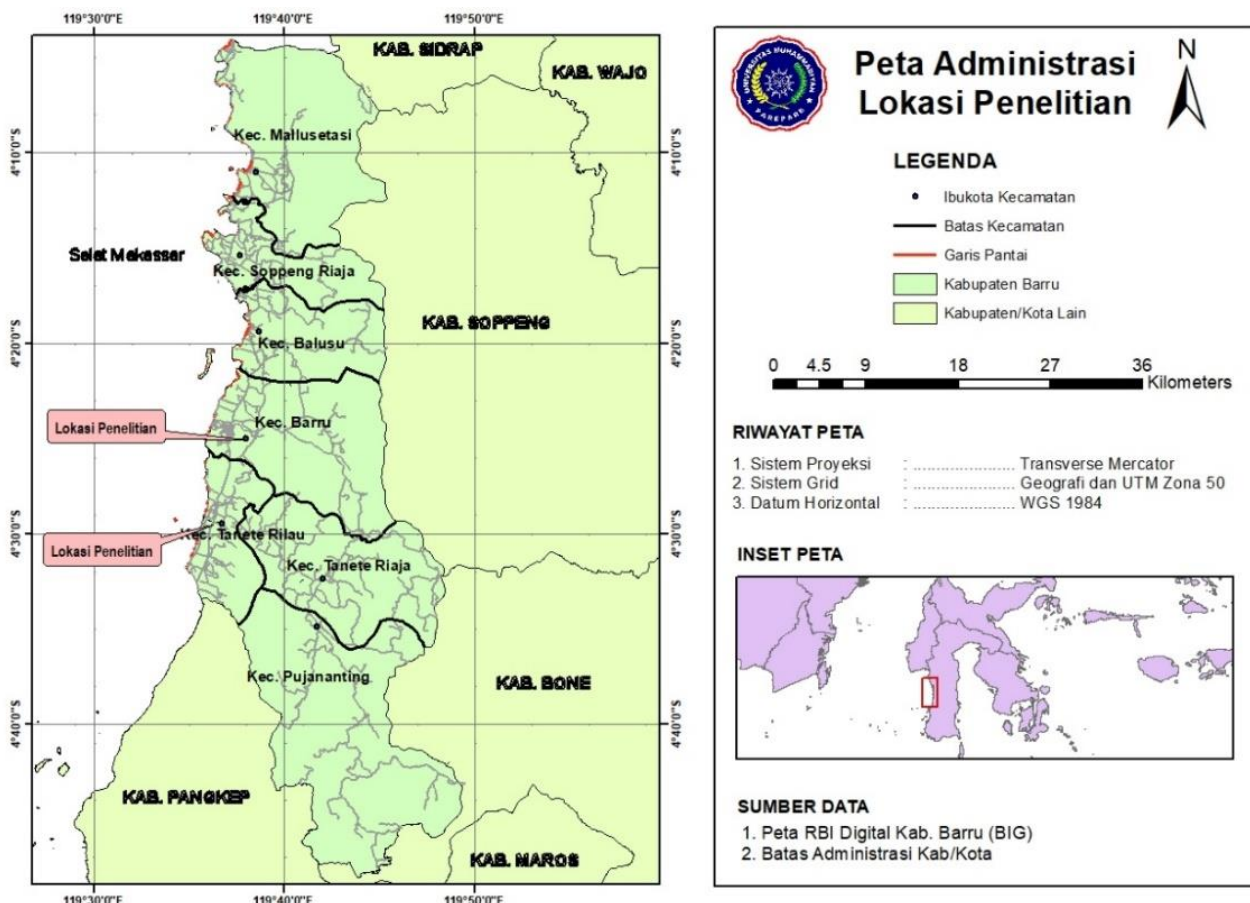
Barru merupakan salah satu kabupaten penghasil rumput laut terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan. Sentra produksi budidaya rumput laut Kabupaten Barru berada di Kecamatan Tanete Rilau dan Kecamatan Barru. Kedua kecamatan tersebut merupakan daerah pesisir yang mayoritas penduduknya memiliki pekerjaan sebagai nelayan tangkap dan pembudidaya rumput laut (Supomo 2008).

Berdasarkan uraian latar belakang dan beberapa masalah yang ditemukan di lapangan menunjukkan bahwa produksi rumput laut memperlihatkan trend produksi yang terus meningkat setiap tahunnya, khususnya di Sulawesi Selatan meningkat tajam sejak pertengahan 2020 (Langford *et al.* 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian Hal ini menunjukkan bahwa permintaan terhadap komoditas rumput laut yang terus meningkat dimanfaatkan oleh pembudidaya untuk menambah kapasitas produksinya. Semakin tinggi intensitas kegiatan yang dilakukan, maka semakin banyak aspek/dimensi yang harus diperhatikan. Hal ini berkaitan dengan berbagai kendala dan masalah yang dihadapi pembudidaya seperti keterbatasan bibit unggul karena hanya mengandalkan bibit dari panen sebelumnya, sementara bibit rumput laut dapat berkembang biak dengan baik jika memiliki tingkat pertumbuhan tinggi dan tahan penyakit (Yong *et al.* 2013).

Permasalahan lain adalah harga rumput laut yang berfluktuasi dan rendahnya harga jual rumput laut kering yang disebabkan keterbatasan pengetahuan pembudidaya tentang harga di industri dan tingkat konsumen (Valderrama *et al.* 2015; Arsyad *et al.* 2014). Kendala yang dihadapi oleh pembudidaya dari berbagai dimensi membutuhkan pengelolaan yang terintegrasi agar kebijakan tepat sasaran dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menilai status keberlanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru yang diharapkan bisa menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan arah kebijakan bagi pengembangan rumput laut yang berkelanjutan.

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama bulan Juli-Agustus 2023. Penelitian dilakukan di Kecamatan Tanete Rilau dan Kecamatan Barru. Pemilihan lokasi ditentukan dengan pertimbangan bahwa produksi rumput laut tertinggi di Kabupaten Barru terletak pada dua kecamatan tersebut dimana masing-masing kecamatan memiliki desa sentra rumput laut, yaitu Desa Lasitae, Desa Pancana, Desa Corawali, dan Kelurahan Tanete di Kecamatan Tanete Rilau dan Kelurahan Mangempang serta Kelurahan Coppo di Kecamatan Barru (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian

## Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui wawancara dan diskusi bersama stakeholder dan data sekunder dikumpulkan melalui studi pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya. Penentuan responden dilakukan dengan purposive sampling yang dipilih berdasarkan peran mereka dalam usaha budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Responden (pakar) dalam penelitian ini adalah Dinas Perikanan Kabupaten Barru, Penyuluh Perikanan Barru, Kepala Desa dan Lurah masing-masing lokasi, dan Kelompok Pembudidaya Rumput Laut, Pengisian kuisioner menggunakan beberapa indikator dan skoring yang mengacu pada evaluasi RAPFISH (Pitcher *et al.* 2013) yang dimodifikasi menjadi RAP-SEAWEED.

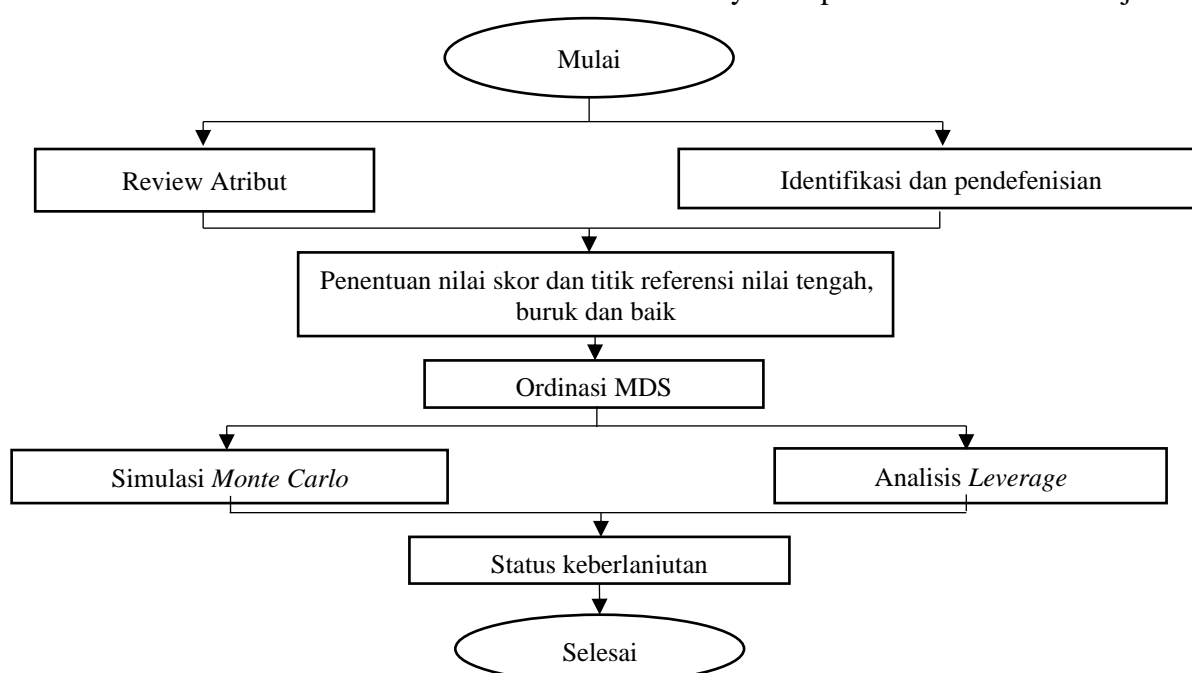
## Analisis Data

Analisis status keberlanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru dilakukan dengan modifikasi perangkat lunak *Rapid Appraisal for Fisheries (RAPFISH)* dengan pendekatan metode *multidimensional scalling (MDS)* (Kavanagh dan Pitcher 2004; Pitcher dan Preikshot 2001). Lima dimensi yang terkait dengan keberlanjutan budidaya rumput laut yang dinilai yaitu: ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan, dan teknologi. Metode MDS memungkinkan kita untuk memproses jutaan titik data dengan perhitungan sederhana melalui proses menentukan koordinat posisi tiap obyek dalam suatu peta multi dimensi sehingga jarak antar obyek pemetaan akan sesuai dengan nilai kedekatan dalam input datanya.

Ukuran kedekatan antar pasangan obyek berupa nilai kemiripan (*similarity*) atau nilai ketidakmiripan (*disssimilarity*) (Bae *at al.* 2012).

Analisis status keberlanjutan budidaya rumput laut menggunakan *RAP-SEAWEED* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) penentuan sistem pengembangan kawasan berkelanjutan yang mencakup lima dimensi (ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan teknologi); (2) penilaian setiap parameter dalam skala ordinal berdasarkan kriteria keberlanjutan setiap dimensi; (3) analisis ordinasi indeks keberlanjutan dilakukan dengan menggunakan metode multivariabel non parametrik yang disebut *multidimensional scalling*; (4) analisis *Monte Carlo* untuk menentukan aspek anomali dari indikator yang dianalisis dan analisis *leverage* untuk mengukur sensitivitas yang telah dipadukan menjadi satu dalam perangkat lunak (Fauzi dan Anna 2005). Tahapan metode *RAP-SEAWEED* disajikan pada Gambar 2.

Analisis dilakukan dengan menentukan parameter dari masing-masing dimensi yang dipilih berdasarkan parameter yang dapat merepresentasikan keberlanjutan pengelolaan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Setiap parameter akan diberi nilai sesuai dengan kriteria nilai yang telah ditentukan. Rentang nilai skor antara 0-10 tergantung pada keadaan masing-masing parameter yang didefinisikan sebagai nilai “buruk” dan “baik”. Nilai buruk diartikan sebagai kondisi yang paling tidak menguntungkan untuk pengelolaan budidaya rumput laut berkelanjutan. Sedangkan nilai baik diartikan sebagai kondisi yang paling menguntungkan bagi pengelolaan budidaya rumput laut secara berkelanjutan.



**Gambar 2.** Tahapan metode RAP-SEAWEED (Alder *et al.* 2000)

Data yang diperoleh dari masing-masing parameter kemudian dianalisis menggunakan *software RAPFISH* untuk mengetahui status keberlanjutan dari sumberdaya tersebut. Hasil statusnya menggambarkan keberlanjutan setiap dimensi yang dikaji dalam skala 0 – 100 (Pitcher dan Preikshot, 2001) (Tabel 1). Pada tahap selanjutnya dilakukan simulasi *Monte Carlo* dan analisis *Leverage*. Simulasi *Monte Carlo* menguji tingkat kepercayaan nilai indeks total maupun masing-masing dimensi (Pitcher dan Preikshot, 2001). Kavanagh dan Pitcher (2004) mengemukakan bahwa analisis ini sangat membantu dalam analisis indeks keberlanjutan untuk melihat pengaruh kesalahan pembuatan skor pada setiap parameter pada masing-masing dimensi yang disebabkan kesalahan prosedur atau pemahaman terhadap parameter, variasi pemberian skor karena perbedaan opini atau penilaian oleh peneliti yang berbeda, stabilitas proses analisis MDS, tingginya nilai *stress*, kesalahan memasukkan data atau ada data yang hilang. Analisis *Leverage* bertujuan melihat parameter sensitif yang berkontribusi terhadap nilai indeks keberlanjutan masing-masing dimensi dan dianalisis berdasarkan perbedaan antara skor dengan parameter (Baeta *et al.* 2005).

Parameter paling sensitif akan memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan dalam bentuk perubahan *Root Mean Square (RMS)*. Menurut Hasyim dan Paembonan (2017), jika nilai RMS

berubah karena kehilangan satu parameter, hal ini menunjukkan parameter tersebut berkontribusi besar terhadap pembentukan nilai indeks keberlanjutan atau semakin sensitif parameter tersebut dalam menentukan keberlanjutan pengelolaan budidaya rumput laut di lokasi penelitian, sebaliknya jika satu parameter dihapus dari analisis tetapi hasilnya tidak berubah secara signifikan, maka sensitivitas parameter ini tidak berpengaruh.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Analisis status keberlanjutan budidaya rumput laut di enam Desa menggunakan masing-masing 23 atribut yang dianalisis menggunakan *software RAPFISH* berdasarkan hasil wawancara dan studi pustaka. Hasil status keberlanjutan masing-masing desa disajikan dalam bentuk diagram dan grafik.

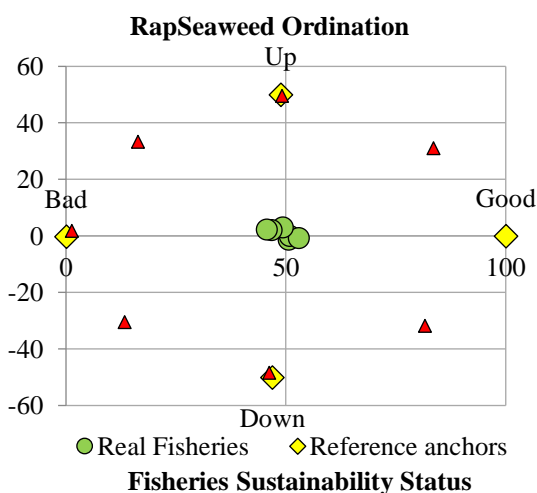
### Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi

Hasil analisis *multidimensional scalling* (Gambar 3) menunjukkan nilai indeks keberlanjutan dari empat atribut yang digunakan untuk ke enam lokasi bervariasi namun memiliki jarak yang dekat yaitu berkisar 45,67 – 52,89. Lokasi dengan kategori cukup berkelanjutan pada Desa Lasitae, Desa Pancana, dan Desa Corawali. Lokasi dengan kategori kurang berkelanjutan pada Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang, dan Kelurahan Coppo.

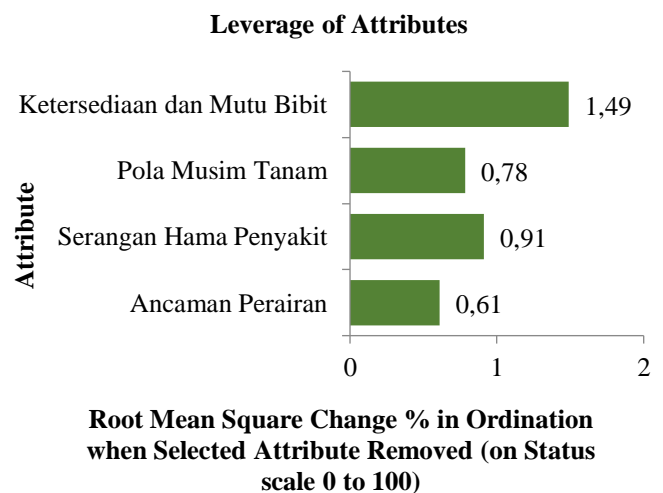
**Tabel 1.** Kategori status keberlanjutan usaha budidaya rumput laut berdasarkan nilai indeks analisis *RAP-SEAWEED*

Nilai Indeks	Kategori Keberlanjutan
0 - 24,99	Buruk ( <i>unsustainable</i> )
25 - 49,99	Kurang ( <i>less sustainable</i> )
50 - 74,99	Cukup ( <i>quite sustainable</i> )
75 - 100	Baik ( <i>very sustainable</i> )

Sumber: Susilo (2003)



**Gambar 3.** Ordinasi Dimensi Ekologi



**Gambar 4.** Analisis *Leverage* Dimensi Ekologi

Hasil analisis *leverage* (Gambar 4) pada dimensi ekologi menunjukkan bahwa atribut ketersediaan dan kualitas mutu bibit paling sensitif dari ketiga atribut lainnya dengan skor 1,49. Hal ini menunjukkan jika atribut ketersediaan dan kualitas mutu bibit dihilangkan maka perbedaan posisi ordinasi keberlanjutan akan berubah sebesar 1,49%.

**Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi**

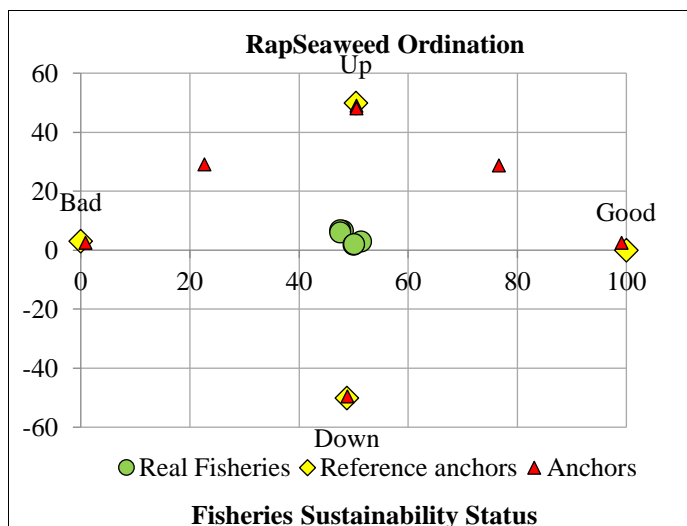
Hasil analisis indeks keberlanjutan budidaya rumput laut pada dimensi ekonomi (Gambar 5) menunjukkan keragaman dengan skor berkisar 47,59 – 51,44. Desa Lasitae, Desa Pancana, dan Desa Corawali berada pada posisi ordinasi kurang (*less sustainable*), sedangkan Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang, dan Kelurahan Coppo pada posisi ordinasi cukup (*quite sustainable*).

Hasil analisis *leverage* (Gambar 6) menunjukkan atribut yang sensitif terhadap indeks

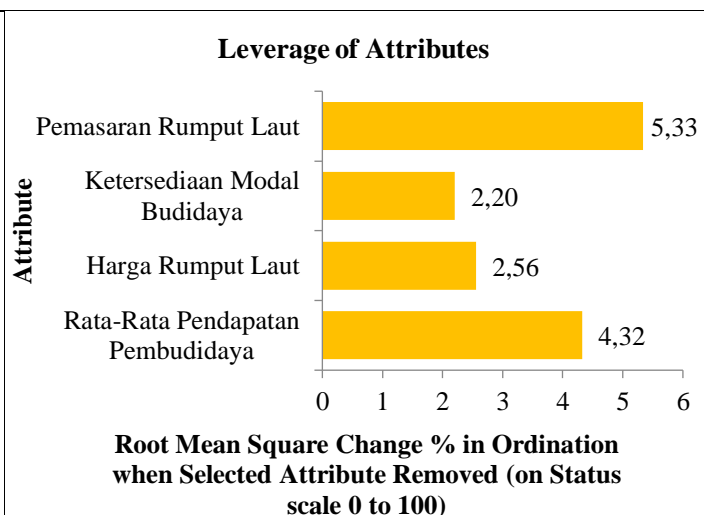
keberlanjutan yaitu pemasaran rumput laut, rata-rata pendapatan pembudidaya, harga rumput laut dan ketersediaan modal budidaya. Atribut pemasaran rumput laut adalah atribut yang paling berpengaruh pada ordinasi keberlanjutan sebesar 5,33. Hal ini menunjukkan bahwa hilangnya atribut pemasaran rumput laut pada analisis keberlanjutan akan mempengaruhi posisi ordinasi keberlanjutan sebesar 5,33%.

**Status Keberlanjutan Dimensi Sosial**

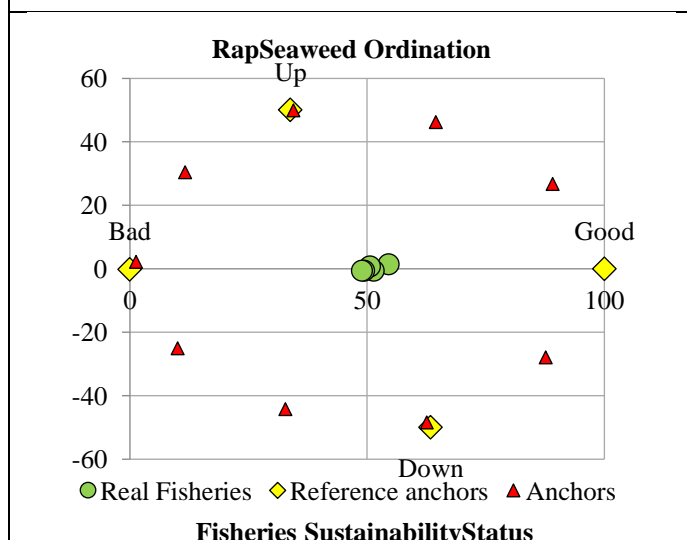
Analisis ordinasi pada dimensi sosial menunjukkan status keberlanjutan berkisar 48,99 – 54,59. Hasil analisis (Gambar 7) memperlihatkan 4 lokasi pada status cukup (*quite sustainable*) yaitu Desa Lasitae, Desa Pancana, Desa Corawali dan Kelurahan Tanete. Sedangkan 2 lokasi lainnya yaitu Kelurahan Mangempang dan Kelurahan Coppo menunjukkan status kurang (*less sustainable*).



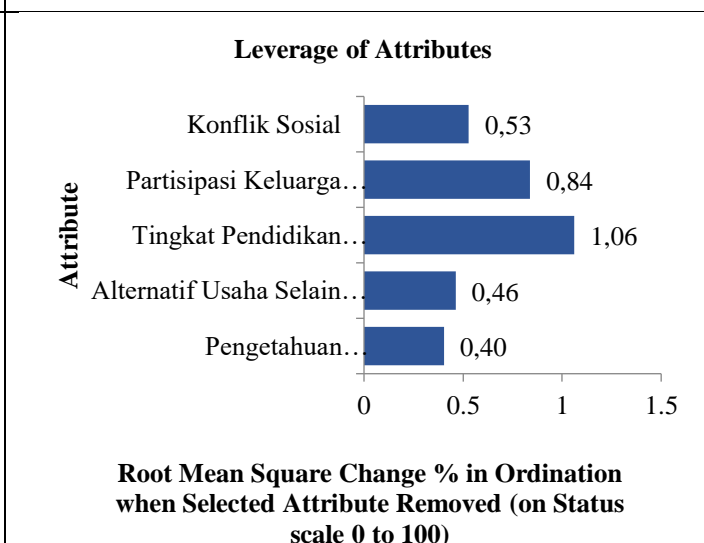
**Gambar 5.** Ordinasi Dimensi Ekonomi



**Gambar 6.** Analisis *Leverage* Dimensi Ekonomi



**Gambar 7.** Ordinasi Dimensi Sosial



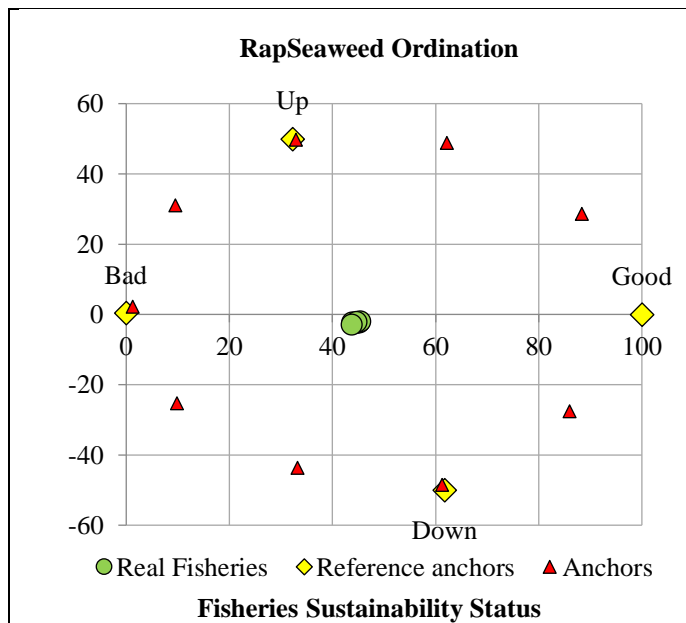
**Gambar 8.** Analisis *Leverage* Dimensi Sosial



Pada dimensi sosial (Gambar 8) menunjukkan hasil analisis *leverage* pada atribu tingkat pendidikan formal pembudidaya merupakan atribut yang berpengaruh paling besar diantara empat atribut lainnya. Skor yang ditunjukkan sebesar 1,06. Hal ini berarti jika tingkat pendidikan formal pembudidaya dihilangkan maka perbedaan posisi ordinasi keberlanjutan akan berubah sebesar 1,06%.

**Status Keberlanjutan Kelembagaan**

Pada dimensi kelembagaan (Gambar 9) menunjukkan nilai indeks keberlanjutan yang hampir sama di 6 lokasi. Nilai indeks keberlanjutan berkisar 44,57 – 45,37. Semua lokasi menunjukkan status kurang (*less sustainable*).

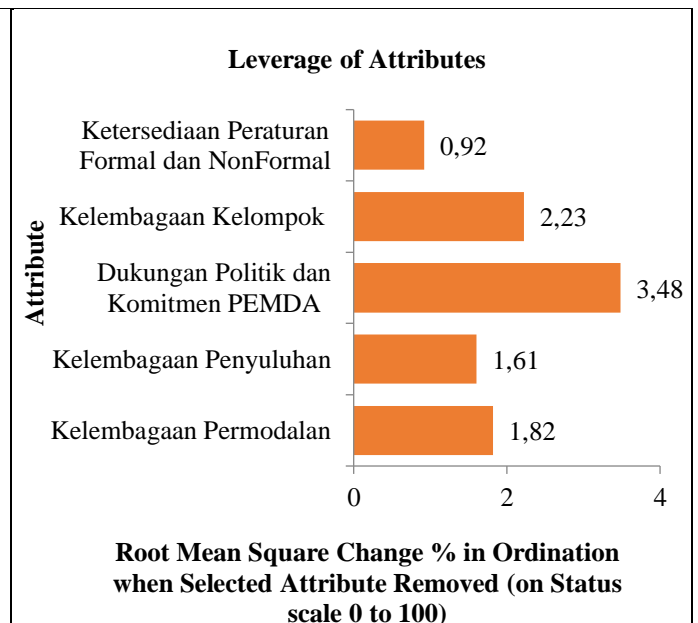


**Gambar 9.** Ordinasi Dimensi Kelembagaan

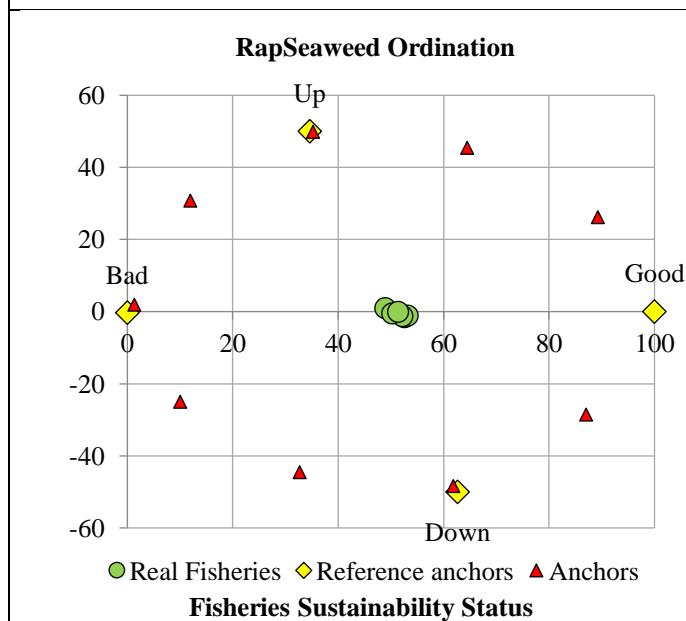
Hasil analisis *leverage* (Gambar 10) dimensi kelembagaan menunjukkan atribut dukungan politik dan komitmen pemerintah daerah paling berpengaruh diantara empat atribut lainnya. Skor atribut dukungan politik dan komitmen pemerintah daerah mempengaruhi posisi ordinasi sebesar 3,48% ketika atribut tersebut dihilangkan dalam analisis.

**Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi**

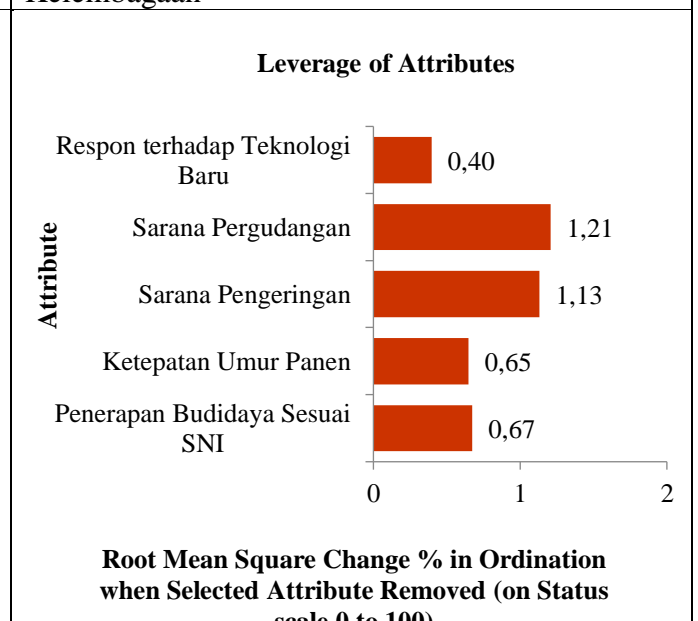
Hasil analisis ordinasi pada dimensi teknologi (Gambar 11) diperoleh bahwa 5 lokasi pada status cukup (*quite sustainable*) yaitu Desa Lasitae, Desa Pancana, Desa Corawali, Kelurahan Mangempang, dan Kelurahan Coppo. Sedangkan 1 lokasi pada status kurang (*less sustainable*) yaitu Kelurahan Tanete.



**Gambar 10.** Analisis *Leverage* Dimensi Kelembagaan



**Gambar 11.** Ordinasi dimensi teknologi



**Gambar 12.** Analisis *leverage* dimensi teknologi

Analisis *leverage* (Gambar 12) menunjukkan sarana pergudangan adalah atribut yang paling sensitif dibandingkan empat atribut lainnya. Skor atribut sarana pergudangan sebesar 1,21 yang menunjukkan bahwa atribut ini akan mempengaruhi posisi ordinasi keberlanjutan sebesar 1,21% jika dihilangkan dalam analisis.

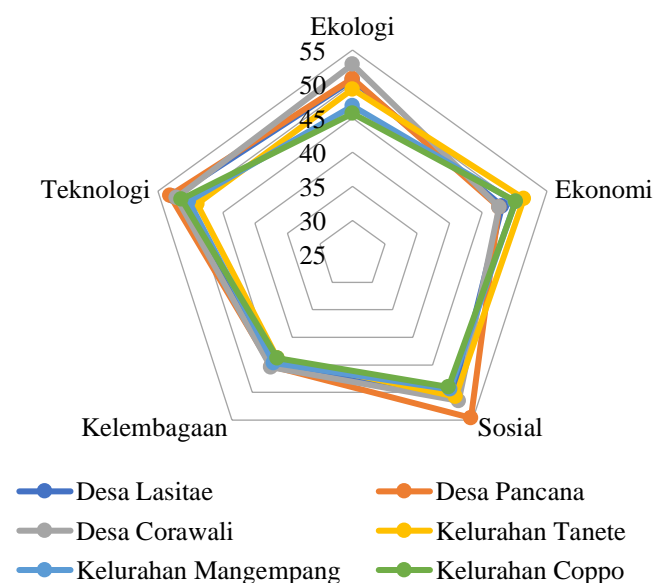
### Status dan Parameter Keberlanjutan Budidaya Rumput Laut Kabupaten Barru

Status dan parameter keberlanjutan masing-masing dimensi pada seluruh lokasi memperlihatkan skor dengan selisih yang tidak berbeda jauh dengan kategori kurang dan cukup berkelanjutan. Beberapa parameter yang mendukung hasil analisis keberlanjutan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan rata-rata indeks keberlanjutan di enam lokasi untuk masing-masing dimensi. Dimana pada dimensi sosial dan teknologi menunjukkan kategori yang cukup berkelanjutan, sedangkan ekologi, ekonomi dan sosial pada kategori kurang berkelanjutan. Nilai *R-Square* berada pada kisaran 88 – 90%. Hasil ini akan menunjukkan nilai kelayakan atribut pada kelima dimensi yang digunakan dalam analisis status keberlanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Nilai *stress* berkisar antara 0,24 – 0,29. Hal ini menunjukkan bahwa semua atribut yang dikaji dari kelima dimensi keberlanjutan dapat dikatakan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Hasil dari nilai *stress* ini dapat menjadi pertimbangan dalam mengevaluasi hasil analisis keberlanjutan. Nilai *stress* yang baik yaitu kurang dari 0,25, meskipun demikian, menurut Alder *et al.* (2000) dalam kajiannya tentang evaluasi terhadap penilaian keberlanjutan status perikanan mengemukakan bahwa nilai *stress* dengan  $r > 0,25$  tergolong tinggi namun dianggap dapat diterima mengingat tingginya tingkat kesalahan pengukuran atau pengambilan sampel (*skoring*) yang terkait dengan studi kasus di lapangan. Analisis *monte carlo* menggunakan tipe *uniform distribution* dengan pengulangan sebanyak 25 kali. Selisih antara indeks keberlanjutan dan *monte carlo* menunjukkan nilai yang relatif kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat kesalahan skoring

kecil, proses analisis stabil dan meminimalisir data-data yang bias.

Pada Gambar 13 disajikan diagram layang sebagai gambaran nilai indeks keberlanjutan pada masing-masing lokasi untuk kelima dimensi yang digunakan. Hasil analisis dalam diagram layang menunjukkan masing-masing lokasi memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Hal ini terlihat pada garis yang saling berhimpit pada setiap dimensi. Pada dimensi sosial dan dimensi teknologi di Desa Pancana terlihat titik yang menjauh keluar dibandingkan lokasi lainnya. Hal ini berarti bahwa dimensi sosial dan dimensi teknologi pada Desa Pancana termasuk status berkelanjutan yang cukup (*quite sustainable*) dibandingkan lokasi lainnya. Pada dimensi ekologi terlihat bahwa Desa Corawali memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan kelima lokasi lainnya. Pada dimensi ekonomi terlihat Kelurahan Tanete memiliki garis yang lebih menjurus keluar sehingga dapat dikatakan bahwa pada dimensi ekonomi Kelurahan tanete memiliki nilai yang cukup (*quite sustainable*) dibandingkan lokasi lainnya. Sedangkan pada dimensi kelembagaan semua lokasi dalam kategori kurang (*less sustainable*).



**Gambar 13.** Diagram layang status keberlanjutan budidaya rumput laut di kabupaten barru

**Tabel 2.** Status Keberlanjutan Budidaya Rumput Laut di Kabupaten Barru

Dimensi	Rata-Rata Indeks Keberlanjutan	Kategori	Stress	R-Square (%)	Monte Carlo	Selisih (Monte Carlo dan Indeks Keberlanjutan)
Ekologi	49,35	Kurang	0,27	88,40	49,25	0,10
Ekonomi	49,18	Kurang	0,29	88,23	48,97	0,21
Sosial	50,98	Cukup	0,25	89,58	51,01	0,02
Kelembagaan	44,55	Kurang	0,24	90,73	44,37	0,18
Teknologi	51,41	Cukup	0,25	89,57	51,37	0,04

## Pembahasan

### *Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi*

Berdasarkan hasil analisis ketiga lokasi dapat dinilai cukup berkelanjutan dan tiga lokasi lainnya kurang berkelanjutan. Desa Lasitae, Desa Pancana dan Desa Corawali minim dari ancaman terhadap perairan dikarenakan kondisi di lingkungan sekitar yang masih tergolong terjaga dari kegiatan industri dan antropogenik, berbeda dengan Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang dan Kelurahan Coppo, dimana ketiga lokasi ini berdekatan dengan pusat kota sehingga banyak menampung beban pencemaran dari aktifitas industri dan antropogenik. Selain itu, ketersediaan dan kualitas mutu bibit juga memiliki perbedaan. Desa Lasitae, Desa Pancana dan Desa Corawali memiliki pembudidaya rumput laut yang lebih banyak dibandingkan ketiga desa lainnya, sehingga bibit rumput laut juga lebih mudah ditemukan dan kualitas tetap terjaga meskipun kualitas tidak sesuai standar operasional prosedur mutu bibit. Hal ini berkaitan dengan analisis sensitifitas dimana atribut ketersediaan dan kualitas mutu benih memiliki nilai *Root Mean Square* (RMS) tertinggi, sehingga perlu perbaikan ketersediaan dan kualitas mutu benih.

Berdasarkan informasi dari hasil survei di lapangan bahwa pembudidaya menggunakan bibit hasil dari panen sebelumnya sehingga kualitas bibit kurang baik dan mudah terserang penyakit, berbeda jika yang digunakan adalah bibit hasil kultur jaringan atau produksi dari kebun bibit rumput laut. Zamroni (2021) mengemukakan bahwa bibit unggul rumput laut berasal dari kultur jaringan. Keuntungan menggunakan bibit dari kultur jaringan antara lain lebih tangguh dari segi ketahanan terhadap penyakit, tidak mudah rusak terkena gelombang besar dan memiliki talus lebih banyak serta terlihat lebih sehat dibandingkan bibit konvensional dari hasil panen yang selama ini digunakan. Namun, penyediaan bibit sesuai standar ini masih cukup terbatas, oleh karena itu perlu dikembangkan strategi teknologi penyediaan bibit sesuai standard dan berkualitas unggul dengan kultur jaringan atau kebun bibit rumput laut sebagai solusi untuk mengatasi penurunan mutu bibit.

### *Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi*

Pada dimensi ekonomi status keberlanjutan di Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang dan Kelurahan Coppo lebih baik dibandingkan ketiga lokasi lainnya. Perbedaan ini terlihat dari beberapa atribut yang digunakan seperti rata-rata pendapatan dan ketersediaan modal. Pembudidaya di Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang dan

Kelurahan Coppo memiliki rata-rata pendapatan yang lebih baik dibandingkan lokasi lainnya dimana modal yang digunakan adalah modal sendiri, berbeda dengan Desa Lasitae, Desa Pancana dan Desa Corawali. Umumnya pembudidaya di ketiga desa tersebut melakukan pinjaman untuk modal usaha dan dikembalikan setelah panen. Hal ini mempengaruhi skoring dan indek keberlanjutan dimensi ekonomi dari keenam lokasi.

Atribut sensitif yaitu pemasaran rumput laut menunjukkan *Root Mean Square* mencapai 5.33% sehingga untuk merubah status keberlanjutan dimensi ekonomi, perlu untuk perbaikan sistem pemasaran rumput laut. Hasil menunjukkan pemasaran umumnya dilakukan di pasar lokal. Penelitian Larson *et al.* (2021) tentang rantai pasok rumput laut di Sulawesi Selatan menemukan bahwa pasar lokal juga menjual rumput laut jenis *Eucheuma* untuk digunakan sebagai bahan masakan dan di beberapa pasar daerah menjual berbagai produk makanan ringan berbahan dasar rumput laut. Zamroni dan Yamao (2012) mengemukakan bahwa di Sulawesi Selatan terdapat sistem punggawa-sawi tradisional, dimana perantara (punggawa) memberikan dukungan dana sehingga pembudidaya (sawi) membuat bentangan dan membeli bibit, hasil panen tersebut akan dijual ke punggawa yang kemudian akan diteruskan ke pedagang pengepul yang lebih besar atau ke agen perusahaan. Sistem pemasaran yang masih bergantung dan memiliki kontrak ini akan mempengaruhi beberapa atribut lainnya seperti pendapatan pembudidaya dan harga rumput laut itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan perbaikan pada atribut sistem pemasaran agar atribut lainnya juga dapat mengalami peningkatan.

### *Status Keberlanjutan Dimensi Sosial*

Dimensi sosial menunjukkan nilai keberlanjutan yang cukup pada empat lokasi yaitu Desa Lasitae, Desa Pancana, Desa Corawali dan Kelurahan Tanete, sedangkan dua lokasi lainnya termasuk kategori kurang. Perbedaan nilai ini terlihat dari atribut tingkat pendidikan pembudidaya rumput laut. Penelitian Wijayanto *et al.* (2022); Aslan *et al.* (2022) mengemukakan hasil bahwa tingkat pendidikan berpengaruh terhadap produksi dan pendapatan pembudidaya rumput laut. Hasil analisis atribut sensitif juga menunjukkan bahwa tingkat pendidikan paling sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan. Umumnya pembudidaya memiliki pendidikan rendah akan mempengaruhi cara berpikir mereka dan keterampilan yang terbatas sehingga tidak mudah untuk beralih ke profesi lain ataupun



menerapkan teknologi budidaya yang terbaru. Rata-rata pembudidaya adalah generasi 50 tahun ke atas dan minim regenerasi. Generasi muda lebih memilih bekerja pada sektor formal dibandingkan nelayan atau pembudidaya rumput laut dengan pekerjaan yang beresiko.

### **Status Keberlanjutan Kelembagaan**

Pada dimensi kelembagaan, indeks nilai keberlanjutan untuk seluruh lokasi tergolong dalam kategori kurang. Hal ini menunjukkan bahwa kelembagaan permodalan, kelembagaan penyuluhan, kelembagaan kelompok, ketersediaan peraturan formal dan non formal serta dukungan politik dan komitmen pemerintah daerah dalam budidaya rumput laut masih tergolong kurang berkelanjutan. Hasil analisis *leverage* memperlihatkan bahwa atribut dukungan politik dan komitmen pemerintah daerah merupakan atribut yang memiliki sensitifitas tinggi sehingga dapat mempengaruhi atribut lainnya bahkan seluruh atribut dari setiap dimensi yang dianalisis.

Kambey *et al.* (2020) memberikan gambaran tentang pentingnya industri rumput laut bagi ekspor budidaya nasional dan dibutuhkan dukungan berkelanjutan dari pemerintah pusat dan daerah untuk menumbuhkan industri rumput laut di Indonesia dan memperbaiki kerangka kerja yang ada sebagai kunci untuk mempertahankan pertumbuhan industri ini di masa depan. Salah satu rekomendasi utama yang dikemukakan adalah klarifikasi tentang siapa otoritas yang berwenang untuk mengatur dan mendukung industri rumput laut Indonesia.

### **Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi**

Pada dimensi teknologi, indeks nilai keberlanjutan menunjukkan status cukup berkelanjutan di lima lokasi dan 1 lokasi lainnya tergolong kurang berkelanjutan. Perbedaan ini terlihat dari skoring atribut pada sarana pergudangan. Hal ini juga terkait dengan analisis *leverage* dimana atribut sarana pergudangan dan sarana pengeringan masih tergolong kurang memadai. Terdapat fasilitas pergudangan dan pengeringan akan tetapi tidak sesuai standar yang ada. Kedua atribut ini paling berpengaruh terhadap kualitas rumput laut yang dihasilkan yang nantinya juga akan mempengaruhi dimensi lainnya seperti ekonomi dan sosial. Menurut Purnomo *et al.* (2020), tahap penanganan pascapanen teridentifikasi tiga faktor kritis yang mempengaruhi kualitas rumput laut yaitu pengeringan, pembersihan dan penyimpanan. Pembudidaya melakukan penjemuran langsung di pinggir pantai ataupun di depan rumah mereka tanpa ada alas penutup. Hal ini menyebabkan

tingginya kandungan lain yang menjadi kotoran dan kadar air juga tinggi sekitar 25-30% jauh dari standar yang ditetapkan kurang dari 16%. Selain itu, sarana pengeringan yang kurang memadai dan tidak sesuai standar juga akan meningkatkan resiko kerusakan oleh aktivitas bakteri dan jamur. Tahap pascapanen kritis lainnya yaitu sarana pergudangan. Pada tahap ini, penurunan kualitas rumput laut disebabkan penyimpanan dalam gudang tidak dilengkapi pelindung cahaya dan hujan serta kelembaba rata-rata yang tinggi. Masa penyimpanan dalam gudang sering diperpanjang jika pada kasus dimana pengepul sudah memiliki stok yang cukup sehingga hasil panen akan tetap tersimpan dalam gudang. Oleh karena itu, dibutuhkan desain dan manajemen operasional yang baik (Shah dan Khandoze 2017).

### **Status dan Parameter Keberlanjutan Budidaya Rumput Laut Kabupaten Barru**

Rata-rata nilai indeks keberlanjutan untuk dimensi ekologi, ekonomi, dan kelembagaan masih tergolong kurang (*less sustainable*), sedangkan sosial dan teknologi tergolong cukup (*quite sustainable*). Perbedaan ini menunjukkan bahwa perbaikan status keberlanjutan dapat dimulai dengan memperbaiki kondisi kelembagaan, ekonomi dan ekologi terlebih dahulu. Perbaikan ini tentu akan memberikan perubahan bagi dimensi sosial dan teknologi yang sudah tergolong cukup berkelanjutan. Beberapa atribut yang menjadi prioritas yaitu dukungan dan komitmen pemerintah daerah, pemasaran rumput laut, dan ketersediaan dan mutu bibit rumput laut. Ketiga atribut ini merupakan atribut prioritas yang memiliki nilai sensitifitas tinggi sehingga mampu mempengaruhi atribut lainnya. Berdasarkan parameter nilai *stress*, *R-square*, dan *monte carlo* dapat dikatakan bahwa hasil analisis cukup akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dari pengaruh kesalahan pembuatan skor pada setiap indikator, variasi pemberian skor karena perbedaan opini dan kesalahan dalam input data. Hasil analisis selisih indeks keberlanjutan dan nilai monte carlo menunjukkan nilai yang relatif kecil sehingga dapat dikatakan penggunaan metode MDS dengan *RAPSEAWEEED* dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu evaluasi untuk penilaian keberlanjutan dari pengelolaan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai keberlanjutan dimensi ekologi, ekonomi dan kelembagaan adalah dengan memperhatikan atribut dan nilai skornya. Hasil penelitian Nuryadin *et al.* (2015) menunjukkan nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi pada

budidaya rumput laut di Sumbawa Barat tergolong berkelanjutan, hal ini dikarenakan metode budidaya yang digunakan tidak merusak lingkungan, mudah dalam kegiatan budidaya dan kesesuaian lokasi budidaya rumput laut yang sesuai. Hal ini sejalan dengan penelitian Samuel *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa budidaya rumput laut di Maluku Tengah berdasarkan dimensi ekologi menunjukkan status berkelanjutan dikarenakan lokasi budidaya tergolong baik dan terlindung sehingga mendukung pertumbuhan rumput laut.

Selanjutnya pada dimensi ekonomi terlihat atribut pemasaran dan pendapatan mempengaruhi status keberlanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Penelitian Annisa *et al.* (2023) menunjukkan bahwa nilai status dimensi ekonomi tergolong berkelanjutan pada budidaya rumput laut di Kota Baubau, Sulawesi Tenggara. Hal ini terjadi karena petani mampu melihat peluang pasar dan memilih pedagang yang lebih menguntungkan dikarenakan hubungan baik yang terjalin antara pengepul dan pembudidaya rumput laut. Selain itu, pendapatan per output lokasi juga tergolong tinggi berkisar antara Rp. 3.000.000-Rp. 5.000.000 untuk setiap siklus produksi dimana harga rumput laut kering berkisar Rp 26.000-Rp.34.000 per kilogram.

Status keberlanjutan yang memiliki nilai terendah adalah dimensi kelembagaan. Hal ini menjadi pertimbangan bahwa dimensi kelembagaan adalah dimensi prioritas yang harus diperbaiki. Dukungan kelembagaan adalah sektor yang penting untuk mendukung pendapatan dan produksi budidaya rumput laut. Sebagai perbandingan dengan penelitian Soejarwo *et al.* (2019) yang menunjukkan hasil dimensi kelembagaan pada budidaya rumput laut di Nusa Tenggara Timur memiliki nilai tertinggi dibandingkan dimensi lainnya dengan kategori cukup berkelanjutan. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan dimensi kelembagaan adalah ketersediaan unit pelayanan teknis pembibitan untuk meningkatkan kualitas bibit dengan seleksi varietas, program pemuliaan dan rekayasa genetik serta kultur jaringan. Program ini akan menghasilkan varietas bibit unggul yang mempunyai pertumbuhan relatif cepat, daya tahan terhadap penyakit dan mampu beradaptasi dengan cepat terhadap lingkungan.

Perbandingan antar lokasi terhadap masing-masing dimensi disajikan dalam bentuk diagram layang. Diagram layang merupakan cara mudah untuk merepresentasikan skor pada nilai keberlanjutan yang berbeda. Setiap sumbu mewakili satu bidang evaluasi dimana setiap

sumbu skor 0% terletak di tengah dan skor 100% terletak di tepi polygon. Diagram layang menunjukkan posisi keberlanjutan antara ke enam lokasi terhadap lima dimensi yang digunakan. Posisi dimensi kelembagaan terlihat lebih dekat dari sumbu tengah sehingga menjadi prioritas untuk dievaluasi kembali. Diagram layang juga menunjukkan bahwa Desa Pancana berada pada garis terluar diikuti oleh Desa Corawali, Desa Lasitae, Kelurahan Tanete, Kelurahan Mangempang dan Kelurahan Coppo pada bagian dalam. Diagram layang ini menguatkan hasil analisis ordinasi yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya.

### **Rekomendasi Kebijakan Pengembangan Budidaya Rumput Laut Kabupaten Barru**

Hasil analisis *leverage* menunjukkan atribut prioritas pada masing-masing dimensi yang memiliki pengaruh terhadap skor keberlanjutan budidaya rumput laut. Hasil dari analisis ini kemudian dapat dikembangkan menjadi dasar untuk menyusun beberapa rekomendasi kebijakan pengembangan budidaya rumput laut, diantaranya:

#### **1. Jaminan Ketersediaan dan Mutu Bibit Rumput Laut**

Ketersediaan dan Mutu Bibit Rumput Laut sangat penting dalam kegiatan budidaya. Pembudidaya rumput laut di Kabupaten Barru memperoleh bibit dari hasil panen rumput lautnya yang disisihkan sebagian untuk dijadikan bibit kembali. Hal ini menjadi masalah dikarenakan kualitas dan kuantitas bibit akan terus menurun dan mudah terserang penyakit. Upaya yang dapat dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat adalah membuat lokasi kebun bibit rumput laut di lokasi yang sesuai untuk kegiatan budidaya. Lokasi yang sesuai dapat ditentukan dengan kajian analisis kesesuaian lahan budidaya rumput laut. Selain itu, penelitian terkait pembibitan juga perlu terus dilakukan agar dapat dikembangkan bibit yang berkualitas dan tidak mudah terserang penyakit.

#### **2. Jaminan Ketersediaan Pasar dan Stabilitas Harga Rumput Laut**

Ketersediaan pasar yang jelas dapat menjamin kegiatan budidaya rumput laut berjalan dengan baik. Hal ini dikarenakan ketersediaan pasar mempengaruhi stabilitas harga rumput laut. Upaya untuk menjamin ketersediaan pasar dan stabilitas harga rumput laut dapat dilakukan dengan membentuk lembaga yang terdiri dari pembudidaya, pengepul, dan pihak industri. Salah satu bentuk tanggung jawab yang dapat dilakukan

oleh pembudidaya agar industri tetap mampu menyediakan pasar dengan harga yang stabil adalah dengan menyediakan bahan baku rumput laut yang berkualitas dan mampu menghasilkan banyak karaginan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan melakukan kegiatan budidaya sesuai prosedur standar dengan umur panen 45 hari.

### 3. Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Pembudidaya Rumput Laut

Masalah yang dihadapi terkait pengetahuan dan keterampilan pembudidaya rumput laut berdasarkan hasil analisis dipengaruhi oleh rendahnya tingkat pendidikan pembudidaya sehingga berdampak pada skor keberlanjutan dimensi sosial. Untuk mengatasi masalah ini dapat diatasi dengan peningkatan keterampilan dan wawasan terhadap kegiatan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru. Upaya peningkatan pengetahuan dan keterampilan dapat dilakukan dengan kegiatan penyuluhan, sosialisasi dan pelatihan terkait teknologi budidaya rumput laut.

### 4. Dukungan Politik dan Komitmen Pemerintah Daerah

Dukungan politik dan komitmen pemerintah daerah untuk mengembangkan kegiatan rumput laut di Kabupaten Barru sangat diperlukan untuk menciptakan sinergitas antara masyarakat dengan pemerintah daerah. Pemerintah memiliki peran untuk menyediakan fasilitas dan menjamin usaha budidaya rumput laut agar masyarakat memiliki minat yang besar untuk mengembangkan daerahnya melalui sektor budidaya rumput laut. Upaya yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan mengeluarkan aturan yang mengatur tentang kegiatan budidaya agar tidak terjadi konflik yang dapat merusak sumberdaya perairan.

### 5. Ketersediaan Sarana Pengeringan dan Pergudangan Rumput Laut yang sesuai Standar

Sarana pengeringan dan penyimpanan (pergudangan) rumput laut sudah dikelola oleh pembudidaya. Akan tetapi, sarana pengeringan dan pergudangan yang ada belum sesuai SOP dan hanya dimiliki oleh beberapa pelaku usaha. Hasil pengamatan dilapangan menunjukkan kegiatan pengeringan rumput laut dilakukan secara konvensional dengan melakukan penjemuran di atas terpal atau karung dan diletakkan di pinggir jalan atau di

halaman rumah. Kondisi ini menyebabkan turunnya kualitas rumput laut yang nantinya akan berdampak pada harga rumput laut. Disamping itu, setelah kegiatan pengeringan, penyimpanan juga dilakukan tidak sesuai standar operasional yang ada. Minimnya fasilitas ini juga akan mempengaruhi kualitas rumput laut sebagai bahan baku yang nantinya juga akan mempengaruhi harga di pasaran. Beberapa upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan identifikasi kebutuhan sarana pengeringan dan pergudangan untuk menunjang kegiatan pasca panen pengolahan rumput laut. Setelah identifikasi kebutuhan sarana dilakukan, kemudian dapat diberikan bantuan yang sesuai standar nasional yang ditetapkan pada sentra produksi rumput laut. Upaya ini diharapkan akan menjamin pengembangan industri rumput laut di Kabupaten Barru.

## KESIMPULAN

Budidaya rumput laut di Kabupaten Barru dapat dikategorikan cukup berkelanjutan (*quite sustainable*) pada dimensi sosial dan dimensi teknologi dan dikategorikan kurang berkelanjutan (*less sustainable*) pada dimensi kelembagaan, dimensi ekonomi, dan dimensi ekologi. Analisis parameter menggunakan nilai *stress*, *R-Square*, dan *monte carlo* menunjukkan keakuratan model dan atribut layak untuk digunakan dalam analisis. Hasil analisis status keberlanjutan yang masih tergolong kategori kurang perlu dibenahi dengan memperhatikan beberapa atribut yang memiliki sensitifitas tinggi pada analisis *leverage*. Evaluasi atribut untuk peningkatan skor keberlanjutan dapat menjadi pertimbangan dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan berkelanjutan budidaya rumput laut di Kabupaten Barru.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Karya ilmiah ini merupakan hasil penelitian yang didanai oleh APBU Universitas Muhammadiyah Parepare. Penulis menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dan penyusunan karya ilmiah.

## DAFTAR PUSTAKA

Alder J, Pitcher TJ, Preikshot Dkaschner K, & Ferriss B. 2000. How good is good? A rapid appraisal technique for evaluation of the sustainability status of fisheries of the North Atlantic. In *Methods for evaluating the impacts of fisheries on North Atlantic*

- ecosystems. University of British Columbia, Canada, ed. D. Pauley and T. J. Pitcher. *Fisheries Centre Research Reports*, 8(2):136–182.
- Annisa N, Samawi MF, Idrus MR. 2023. Status of seaweed *K. alvarezii* cultivation sustainability as a strategic direction for seaweed management in Baubau City, Southeast Sulawesi. *Jurnal of Research in Science Education*. 9(2): 931-937. doi: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2874>.
- Arsyad M, Nuddin A, Zamhuri MY, & Yusuf S. 2014. The poverty reality of coastal and agriculture: how severe the seaweed farmers and cocoa smallholders are?. *International Journal of Agriculture System*. 2(2): 119-31.
- Aslan LOM, Nur IW, Siti AAT, Manat R, Ruslaini, & Wa Ode S. 2022. The debt trap of seaweed farmers: a case study from Bajo Community in Bungin Permai, Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1033: 012056.
- Bae SH, Qiu J, Fox G. 2012. Adaptive interpolation of multidimensional scalling. *Procedia Computer Science*. 9: 393-402. doi: 10.1016/j.procs.2012.04.042.
- Duarte CM, Bruhn A, & Krause-Jensen DA. 2022. Seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets. *Nat Sustain*. 5: 185–193. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00773-9>.
- Fauzi A, Anna S. 2005. *Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan : untuk Analisis Kebijakan*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hasselström L, Wouter V, Fredrik G, Göran MN, Henrik P. 2018. The Impact of Seaweed Cultivation on Ecosystem Services – a case study from the west coast of Sweden. *Marine Pollution Bulletin*. 133: 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.005>.
- Hasyim AW, Paembonan RE. 2017. Sustainable resource development in the province of small island's North Maluku (case Moti island). *International Journal of Economic Research*. 14(7): 293-310.
- Kambey CSB, Iona C, Calvyn FAS, Adibi RMN, Phaik EL, & Elizabeth JCC. 2020. An analysis of the current status and future of biosecurity frameworks for the Indonesian seaweed industry. *Journal of Applied Phycology*. 32: 2147–2160. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02020-3>.
- Kavanagh P, Pitcher TJ. 2004. Implementing Microsoft Excel Software For Rappfish: A Technique for The Rapid Appraisal of Fisheries Status. University of British Columbia, Fisheries Centre Research Reports. 12(2): 75 p.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. *Produktivitas Perikanan Indonesia*. Jakarta (ID): KKP
- Kusman. 2019. Sistem Pengetahuan Petani Rumput Laut di Desa Gonebalo Kecamatan Duruka Kabupaten Muna. *Sosial dan Budaya*. 8 (1): 64 – 71.
- Langford A, Waldron S, Sulfahri, Saleh H. 2021. Monitoring the COVID-19-affected Indonesian seaweed industry using remote sensing data. *Mar. Policy*. 127: 104431. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104431>.
- Larson S, Stoeckl N, Fachry ME, Dalvi M, Lapong M, Purnomo I, Rimmer AH, Paul NA. 2021. Women's well-being and household benefits from seaweed farming in Indonesia. *Aquaculture*. 530: 735711.
- Nuryadin R, Soewardi K, Yonvitner. 2015. Pengembangan Kawasan Pesisir berbasis Rumput Laut di Kabupaten Sumbawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(1): 321-346.
- Pitcher TJ, Preikshot D. 2001. RAPPFISH: a rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. *Fisheries Research*. 49: 255-270. doi: S0165-7836(00)00205-8.
- Purnomo AH, Subaryono, Utomo BSB, & Paul N. 2020. Institutional arrangement for quality improvement of the Indonesian *Gracilaria* seaweed. *AAAL Bioflux*. 13(5): 2798-2806.
- Semuel FT, Bachmid M, Sangaji M. 2019. Status Keberlanjutan Budidaya Rumput Laut di Negeri Sawai Kecamatan Seram Utara Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Triton*. 15(2): 82-93. doi: <https://doi.org/10.30598/TRITONvol15issue2page82-93>.
- Shah B, Khanzode V. 2017. A Comprehensive review of warehouse operational issues. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 26(3):346-378.
- Soejarwo PA, Yusuf R, Zulham A. 2019. Analisis Keberlanjutan Usaha Budidaya Rumput Laut di Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Sosek KP*. 14(1): 37-46.
- Supomo. 2008. Pengembangan Wilayah Pesisir Kabupaten Barru melalui Klaster

- Penangkapan Ikan Laut. *Ekuitas*. 12(2): 274-294.  
doi:10.24034/j25485024.y2008.v12.i2.2078.
- Susilo SB. 2003. Keberlanjutan Pembangunan Pulau-Pulau Kecil: Studi Kasus Kelurahan Pulau Panggang dan Pulau Pari, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor: Bogor. 233 hlm.
- Valderrama D, Cai J, Hishamunda N, & Ridler N. 2015. The economics of *Kappaphycus* Seaweed Cultivation in developing countries: a comparative analysis farming systems. *Aquaculture Economics & Management*. 19(2): 251-277.  
doi:10.1080/13657305.2015.1024348.
- Wijayanto D, Faik K, & Ristiaawan AN. 2022. A study on the socio-economic characteristics of seaweed farmers on Kemojan Island to support the conservation in Karimunjawa Marine Protected Area. *AACL Bioflux*. 15(5): 2638-2650.
- Yong WTL, Ting SH, Yong YS, Thien VY, Wong SH, Chin GJWL, Rodrigues KF, & Anton A. 2013. Optimization of culture conditions for the direct regeneration of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). *Journal of Applied Phycology*. 26(3): 1-13.  
doi:10.1007/s10811-013-0191-4.
- Zamroni A, Yamao M. 2012. An assessment of farm-to-market link of Indonesian dried seaweeds: Contribution of middlemen toward sustainable livelihood of small-scale fishermen in Laikang Bay. *Afr. J. Agric. Res.* 7: 4198–4208.