

## Condition of Coral Reefs in the Pintu Angin Waters of South Manokwari Regency, West Papua

### Kondisi Terumbu Karang Di Kawasan Perairan Pintu Angin Kabupaten Manokwari Selatan, Papua Barat

Vrangklin Dheitzman Lessil<sup>1</sup>, Roni Bawole<sup>1\*</sup>, Marthin Matulesy<sup>1</sup>, Frida A. Loinenak<sup>1</sup>, Agnes Manuputty<sup>1</sup>, Tresya Sonya Tururaja<sup>1</sup>, Suhaemi<sup>1</sup>, Jafry Manuhutu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua

\*Email Coresponden author: [r.bawole@unipa.ac.id](mailto:r.bawole@unipa.ac.id)

INFORMASI ARTIKEL	Abstrak
Diterima : 28 November 2024 Disetujui : Terbit Online :	Terumbu karang merupakan salah satu keunikan bawah laut yang indah dan mempesona. Hal ini dapat dilihat dari warna, bentuk dan keanekaragaman hayatinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui masing-masing jenis terumbu karang berdasarkan bentuk pertumbuhannya, kemudian mengetahui kondisi parameter kualitas air dan karang hidup pada setiap transek di Perairan Pintu Angin Kabupaten Manokwari Selatan dengan menggunakan transek garis intersep. Panjang transek adalah 50 meter dengan jumlah transek sebanyak tiga transek. Hasil pengamatan kondisi terumbu karang di Perairan Pintu Angin menunjukkan bahwa jenis tutupan terumbu karang yang dominan di Perairan Pintu Angin meliputi karang lunak, akropora, dan masif karang. Pada kedalaman 10 meter, kondisi tutupan terumbu karang di Perairan Pintu Angin termasuk dalam kategori sedang, hal ini disebabkan munculnya komponen abiotik yang mendominasi pada kedalaman tersebut. Faktor rendahnya persentase tutupan karang tersebut disebabkan oleh aktivitas manusia (antropogenetik). Dari pengukuran oseanografi diperoleh suhu 29,3°C di semua stasiun, pH 7,59 di semua stasiun, kecerahan 10 meter, salinitas 19,2 ppt dan DO 7,3 mg/l.
<b>Keywords: Coral Reef, lifeform, Ransiki.</b>	<b>Abstract</b> <i>Coral reefs are one of the unique underwater features that are beautiful and enchanting. This can be seen from the color, shape and diversity of its life. This study aims to determine each type of coral reef based on its growth form, then to determine the condition of water quality parameters and live corals in each transect in the Pintu Angin Waters, South Manokwari Regency, using the line intercept transect. The length of the transect is 50 meters with the number of transects is three transects. The results of observation of coral reef conditions in Pintu Angin Waters show that the dominant types of coral reef cover in Pintu Angin Waters include soft coral, acropora, and coral massive. At a depth of 10 meters, the condition of coral reef cover in Pintu Angin Waters is included in the medium category, this is due to the emergence of abiotic components that dominate at this depth. The factor of the low percentage of coral cover is due to human activities (anthropogenetic). From oceanographic measurements, a temperature of 29.3°C was obtained at all stations, a pH of 7.59 at all stations, a brightness of 10 meters, a salinity of 19.2 ppt and a DO of 7.3 mg/l.</i>

### 1. Pendahuluan

Terumbu karang beserta biota asosiasinya memiliki nilai ekonomi potensial yang tinggi, namun ekosistem terumbu karang rentan terhadap degradasi (Arias-Godínez et al., 2021; McCormick et al., 2017). Degradasi terumbu karang terutama diakibatkan oleh sedimentasi,

pencemaran perairan, penambangan karang, praktik penangkapan ikan yang merusak, badai, peningkatan populasi predator terumbu karang dan peningkatan suhu air laut akibat pemanasan global (Buddemeier et al., 2011; Carlton et al., 2011; Christopher et al., 2006; Harley et al., 2006; Hughes, 1994; Jones et al., 2006; Wally & Dunning, 2023). Ekosistem terumbu karang telah mengalami degradasi dalam kurun waktu yang sangat lama yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (Bawole, 2024). Terumbu karang sangat sensitif terhadap pengaruh lingkungan, baik yang bersifat fisik (dinamika laut dan pantai), aktivitas manusia, pencemaran, maupun aktivitas biologi (Adyasari et al., 2021; Bates et al., 2012; Mahmood, 2021; Pawar, 2016).

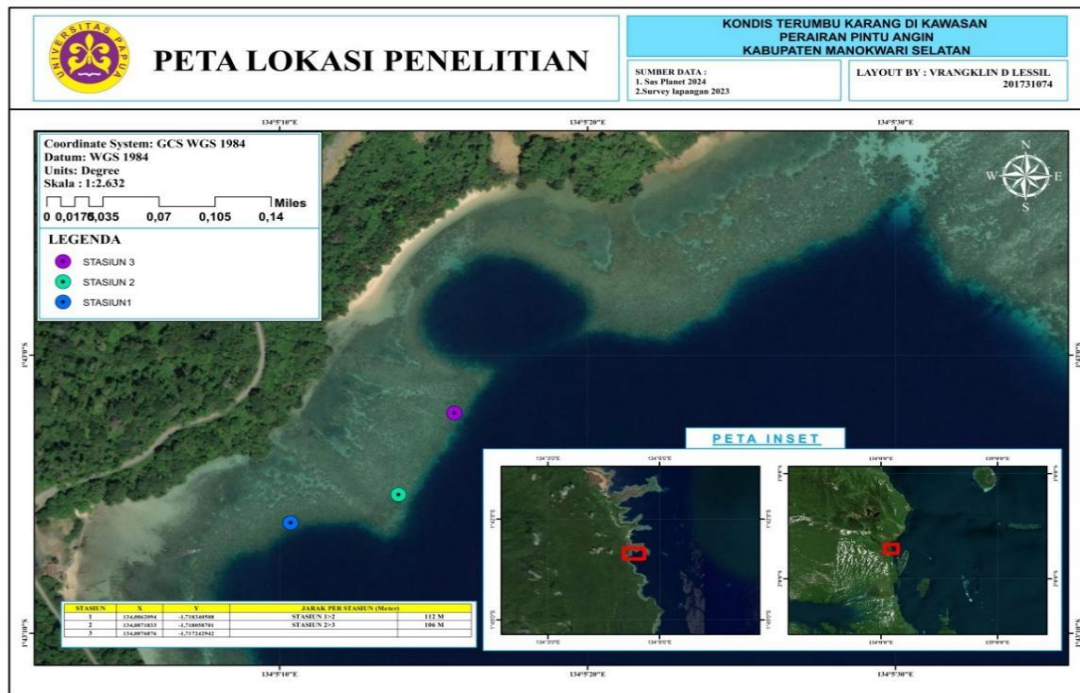
Kondisi terumbu karang di pesisir Laut Papua memprihatinkan akibat kerusakan yang sangat signifikan oleh ulah manusia (Bawole et al., 2013; Munua et al., 2019; Sala et al., 2021), pada hal untuk memulihkannya memerlukan waktu puluhan tahun karena jenis hewan ini, perubahannya sangat lambat, hanya mencapai beberapa centi meter per tahun (Carlson et al., 2024; Thomson et al., 2021). Terumbu karang sangat berguna bagi kehidupan manusia, salah satunya yaitu bisa meredam kerusakan pantai yang diakibatkan oleh ombak atau abrasi (de Lalouvière et al., 2020; Venkatachalam et al., 2012).

Penelitian tentang ekosistem terumbu karang di sekitar Perairan Pintu Angin dan daerah sekitarnya dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti; biomas ikan karang (Parenden et al., 2019), gastropoda pada ekosistem lamun (Kolibongso et al., 2023), ekosistem mangrove (Samori et al., 2021), bahkan pada aspek masyarakat pesisir (Okoseray et al., 2017), karbon pada lamun (Runtuboi et al., 2018), dan ekowisata (Inden et al., 2023), namun publikasi tentang ekosistem terumbu karang belum banyak diungkap. Kawasan Pantai Wisata Pintu Angin merupakan salah satu wilayah distrik/kecamatan dari Kabupetan Manokwari Selatan yang memiliki sumberdaya pesisir yaitu ekosistem terumbu karang. Ekosistem terumbu karang memiliki peran penting dalam ekosistem pesisir. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih mengenai kondisi terumbu karang di daerah tersebut. Dengan demikian penelitian ini ditunjukkan untuk mengetahui kondisi terumbu karang dan bentuk pertumbuhan karang (lifecycle), serta faktor lingkungan yang mempengaruhi ekosistem karang.

## **2. Metode**

### **2.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

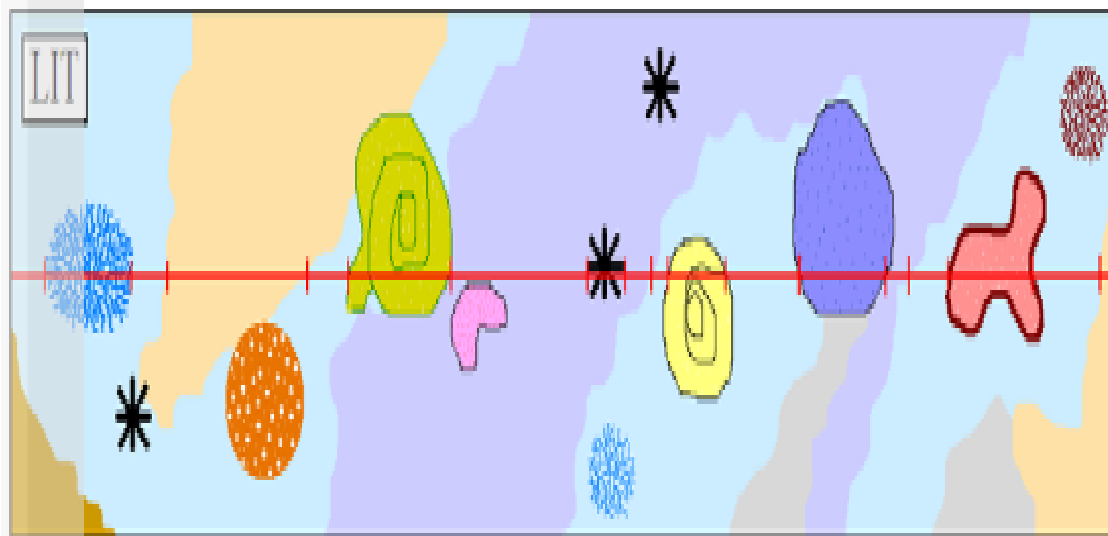
Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Juni sampai Juli 2023 bertempat di Perairan Pintu Angin Kabupaten Manokwari Selatan Provinsi Papua Barat. Daerah ini merupakan obyek wisata bagi masyarakat Manokwari Selatan dan sering menjadi tempat singgah sementara atau tempat istirahat bagi mereka yang melakukan perjalanan dari Manokwari ke Bintuni, dan sebaliknya.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## 2.2. Analisis Presentase Tutupan Karang

Penentuan jenis life form dan tutupan terumbu karang pada penelitian ini, memakai metode LIT (*Line Intercept Transect*) (Facon et al., 2016; Obura, 2014). LIT merupakan metode yang digunakan dalam survei monitoring terumbu karang. Metode *Line Intercept Transect* dikembangkan oleh *Australian Institute of Marine Science (AIMS)* dan *The Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA)*. *Line Intercept Transect* merupakan metode monitoring dengan cara menarik garis lurus menggunakan transek roll meter dan melakukan pencatatan jenis life form dan ukuran tutupan substrat di transek tersebut. Pada penelitian ini ditetapkan 3 stasiun yang masing-masing stasiunnya memiliki panjang 50 meter dan pada kedalaman kisaran 5-10 meter (kedalaman diukur dari permukaan laut saat surut terendah). Roll meter dibentangkan mengikuti garis kontur kedalaman dasar laut 5 meter dan 10 meter dan sejajar dengan garis pantai (Gambar 2).



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan sampel dengan metode LIT

### 2.3. Pengukuran Kualitas Perairan

Data kualitas air yang diukur pada penelitian ini berupa data suhu, salinitas, densitas, pH, DO, arus dan kecerahan. Data ini digunakan sebagai pendukung untuk melihat kondisi perairan yang dikaitkan dengan ekosistem terumbu karang. Pengukuran kualitas air dilakukan bersamaan dengan pengambilan data karang.

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1. Kondisi Kualitas Air

Kondisi kualitas air merupakan faktor yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup ekosistem terumbu karang antara lain yaitu salinitas, suhu permukaan laut, arus gelombang pasang surut, serta faktor meteorologis dan aktivitas manusia di darat seperti pembuangan sampah sembarangan dan juga pembuangan limbah sembarangan dapat memberi pengaruh terhadap kondisi wilayah perairan laut dan ekosistem terumbu karang (Hadi et al., 2018). Parameter kualitas perairan menjadi indikator penting bagi pertumbuhan ekosistem terumbu karang dan biota laut, jika suatu perairan mempunyai kualitas yang tidak mendukung pertumbuhan terumbu karang, maka pertumbuhannya akan berjalan tidak optimal. Nilai rata-rata dari hasil pengukuran parameter kualitas perairan yang dilakukan pada lokasi pengamatan

Pergerakan arus diperlukan karang untuk memperoleh makanan dalam bentuk plankton dan oksigen serta dalam membersihkan endapan yang berada di permukaan karang. berdasarkan hasil pengukuran arus yang dilakukan di perairan Pintu Angin sesuai hasil pengamatan adalah 0,08 m/detik. Kondisi kecepatan arus di lokasi penelitian masih tergolong baik untuk pertumbuhan dan kehidupan terumbu karang, arus yang disebabkan oleh pengaruh pasang-surut dan bergabung dengan aliran air yang cepat dapat melindungi karang dari pemutihan (Muhaemin et al., 2022). Menurut (Hadi et al., 2018) kisaran arus yang optimal bagi terumbu karang adalah 0,05-0,08 m/detik.

Nilai salinitas di perairan rata-rata sekitar 19,2 ppt, dan nilai ini berdasarkan Baku Mutu Air Laut kisaran salinitas yang normal untuk pertumbuhan terumbu karang yaitu, 33-34 ppt (Kepmen LH, 2004). Pada penelitian ini nilai salinitas di perairan Pintu Angin tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, misalnya di Nusa Tenggara Barat (Ricardo et al., 2024) dan Bali (Rajabson et al., 2023), dimana nilainya lebih sesuai untuk pertumbuhan terumbu karang yang baik. (Nontji, 2005) menyatakan bahwa hewan karang mempunyai toleransi salinitas berkisar antara 27-40 ppt.

Suhu pada suatu perairan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ekosistem terumbu karang (Giyanto, dkk 2017). Hasil pengukuran suhu sebesar 29,3°C, dan nilai ini sesuai dengan Baku Mutu suhu untuk biota laut yang optimal bagi pertumbuhan karang berkisar antara 28°C-30°C (Kepmen LH, 2004). Menurut (Rajabson et al., (2023) mengemukakan bahwa suhu minimal dan maksimal yang mampu ditolerir terumbu karang adalah 16°C dan 33°C. Rani, dkk (2004) terumbu karang dapat hidup optimal pada suhu 25-29°C dengan batasan toleransi tertentu, meskipun demikian terdapat beberapa jenis terumbu karang yang hidup pada kisaran suhu minimum yaitu 14°C dan juga ada yang dapat hidup pada kisaran suhu 36-40°C akan tetapi laju pertumbuhan akan sangat rendah.

Nilai kisaran DO yang di peroleh dari hasil pengukuran pada lokasi penelitian di Perairan Pintu Angin yaitu sebesar 7,3mg/l. Seperti yang dikemukakan oleh Corvianawatie & Abrar, (2018; Muhlis, (2011) bahwa kadar oksigen dimana terumbu karang dapat berkembang

dengan baik adalah berkisar antara 4,27-7,14 ppm. Jadi, nilai oksigen terlarut yang didapatkan tergolong dalam kategori normal, yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan biota laut termasuk karang. Oksigen terlarut (DO) kurang dari 3 mg/l, hal ini akan menyebabkan kematian pada organisme perairan (Corvianawatie & Abrar, 2018; Muhaemin et al., 2022).

Cahaya matahari sangat dibutuhkan oleh pertumbuhan terumbu karang, dan penetrasi cahaya semakin berkurang intensitasnya dengan makin bertambahnya kedalaman perairan. Oleh karena itu terumbu karang umumnya banyak dijumpai pada kedalaman yang masih terdapat sinar matahari. Nilai kecerahan perairan yang disyaratkan oleh Baku Mutu Air, secara khusus untuk karang adalah >5 m. Nilai kecerahan perairan yang terukur pada saat penelitian adalah 10 m. Nilai ini sangat baik untuk kehidupan biota, seperti yang disyaratkan dalam Baku Mutu Air untuk kehidupan biota laut. Karang adalah hewan yang sangat membutuhkan cahaya matahari dikarenakan zooxanthellae yang bersimbiosis dengan karang perlu untuk melakukan fotosintesis dan merupakan penyuplai utama bagi kebutuhan hidup terumbu karang (Kepmen LH, 2004).

Nilai pH yang di dapatkan dalam penelitian di perairan Pintu Angin yaitu berkisar antara 7,59. Berdasarkan KEMELH (2004) tentang Baku Mutu Air Laut khususnya terumbu karang, bahwa kisaran pH yang optimal berada pada kisaran 7,9-8,5. Nilai pada lokasi tersebut menunjukkan bahwa perairan tersebut masih tergolong baik untuk pertumbuhan terumbu karang dan biota laut. Nilai normal pH suatu perairan untuk menunjang kehidupan biota laut adalah 7-8,5 (Rajabson et al., 2023). Terumbu karang hidup membutuhkan fotosintesis dan proses fotosintesis zooxanthellae akan berjalan secara optimal dengan kadar pH normal (Giyanto et al., 2017; Hadi et al., 2018).

### 3.2. Kondisi Karang Berdasarkan Lifeform

Komponen penyusun ekosistem terumbu karang yang ditemukan terdiri dari komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik terdiri dari *Acropora*, *Non-Acropora*, alga dan fauna lain sedangkan komponen abiotik terdiri dari karang mati, pasir, pecahan karang, dan batu. Bentuk pertumbuhan karang bervariasi dari setiap kategori *Acropora* dan *Non-Acropora*. Kategori *Acropora* di temukan pada Transek 1 sampai 3 terdiri dari *Acropora Branching* (ACB), *Acropora Submassive* (ACS) dan *Acropora Digitate* (ACD). Bentuk pertumbuhan *Non-Acropora* terdiri dari *Coral Branching* (CB), *Coral Foliose* (CF), *Coral Massive* (CM), *Coral Mushroom* (CMR) (Gambar 3).

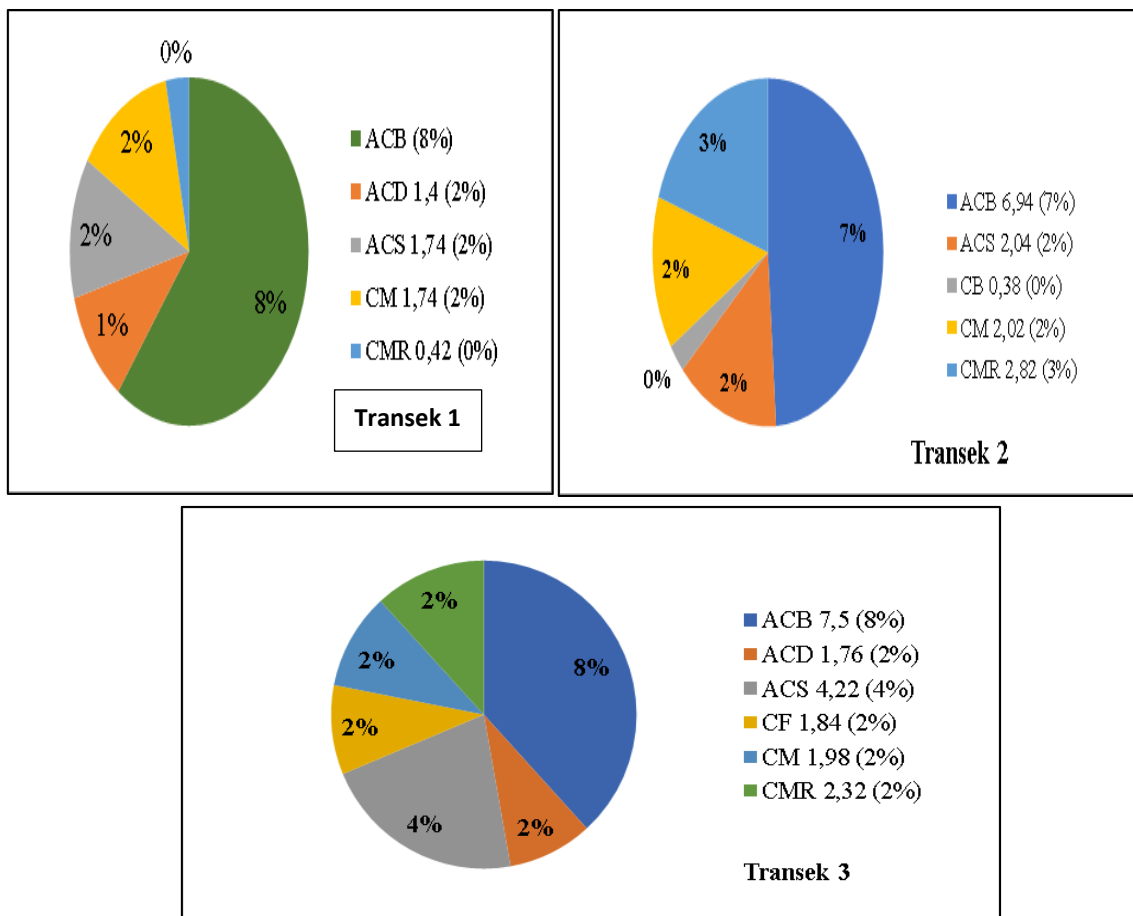
Transek 1, karang *Acropora* dengan bentuk pertumbuhan *Acropora branching* paling banyak ditemukan. Transek 1 dicirikan oleh kecerahan yang cukup tinggi dibandingkan dengan transek lain (Transek 1 dan 3, lihat peta lokasi). Kecepatan arus di stasiun ini juga cukup baik dan masih mendukung pertumbuhan terumbu karang yang bentuknya bercabang-cabang (*branching*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Suryanti ddk (2011), yang telah menyatakan bahwa ekosistem terumbu karang yang hidup di daerah terlindungi dari gelombang memiliki bentuk pertumbuhan bercabang. Suharsono (2010), yang telah menyatakan *Acropora branching* di mana biasanya tumbuh pada perairan yang memiliki kecerahan yang baik. Presentase tutupan ekosistem terumbu karang mempunyai korelasi yang positif dengan kecerahan, dikarenakan ekosistem terumbu karang sangat membutuhkan cahaya yang cukup untuk melakukan fotosintesis. *Acropora* mempunyai adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan perairan juga memiliki keunggulan lain seperti memiliki pertumbuhan yang cepat dan cepat pulih apabila terjadi kerusakan.

Pada lokasi pengamatan didapatkan tiga bentuk pertumbuhan karang untuk jenis *Acropora* yaitu ACB, ACD dan ACS. Bentuk pertumbuhan dari kategori *Non-Acropora* yaitu CB, CF, CM dan CMR. Karang jenis *Acropora* dan *Non-Acropora* dibedakan berdasarkan keberadaan aksial koralit. Karang *Acropora* memiliki aksial dan radial koralit sedangkan karang *Non-Acropora* tidak memiliki aksial koralit (Nurma et al., 2022). Hasil pengamatan kondisi terumbu karang di Perairan Pintu Angin diperoleh jenis-jenis terumbu karang berdasarkan bentuk pertumbuhannya. Jenis-jenis terumbu karang yang terdapat pada Transek 1, 2 dan 3 di Perairan Pintu Angin dapat dilihat pada gambar grafik di atas.

Bentuk pertumbuhan yang ditemukan paling banyak adalah *Acropora* yang mendominasi berasal dari *Acropora Branching* (ACB) dengan frekwensi 47 kejadian. Selain jenis ACB jenis ACS ditemukan di seluruh transek dengan frekwensi 12 kejadian. Bentuk pertumbuhan dengan kategori *No-Acropora* adalah *Coral Massive* (CM). Dari beragam jenis kategori yang ditemukan di setiap transek pengamatan terdapat jenis kategori yang mendominasi yaitu jenis karang batu *Non-Acropora* dan jenis *life from* yang sering ditemukan adalah *Coral Massive*. Kategori *Acropora* yang ditemukan yaitu *Acropora Branching* dan *Acropora Digitate*, dikarenakan lokasi penelitian memiliki kecerahan yang baik, pola arus dan ombak yang cukup kuat pertumbuhan karang (Aldilla, 2014; Ricardo et al., 2024). Kategori *mushroom* (CMR) dan diikuti oleh *coral foliose* (CF) merupakan jenis yang paling sedikit di temukan dari jenis yang lainnya. Beberapa lokasi di Indonesia juga menunjukkan fenomena yang relatif serupa (Munua et al., 2019; Nurma et al., 2022; Panca Putra et al., 2022; Sala et al., 2021).

### 3.3. Kondisi Jenis Terumbu Karang Di Perairan Pantai Pintu Angin

Kondisi terumbu karang paling banyak di temukan adalah terumbu karang kategori *Acropora*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suryanti dkk, (2011), bahwa jenis karang yang dominan disuatu habitat tergantung lingkungan atau kondisi dimana karang tersebut hidup. Jenis terumbu karang banyak ditemukan yaitu *Acropora Branching* (ACB) pada transek 1 sebesar 8%, transek 2 sebesar 7 % dan transek 3 sebesar 8%. Hal ini Dapat diketahui bahwa perairan Pantai Pintu Angin memiliki arus yang tidak terlalu besar dan lokasi dimana terjadinya pecahan ombak dapat membantu laju pertumbuhan *Acropora*. Sebagian besar penyusun karang hidup di lokasi ini tergolong dalam spesies karang *acropora* yang secara alamiah merupakan karang perintis. Meskipun karang sangat rentan terhadap kerusakan karena bentuknya yang bercabang dan mudah patah, pertumbuhan karang ini juga tergolong cepat (English et al., 1997, 1998). Apabila dilihat dari tabulasi data yang telah disajikan pada grafik 10, terlihat bahwa pada Transek 1 sampai 3 spesies terumbu karang berdasarkan subkategori terbesar yaitu *Acropora Branching* (ACB), Jenis terumbu karang *Acropora Digitate* (ACD), hanya di temukan pada transek 2 dan 3, sedangkan pada transek 3 *Acropora Digitate* (ACD) tdkk di temukan. Selain itu dilihat dari data yang telah disajikan *Acropora Submasive* (ACS) juga mendominasi di perairan ini. Untuk jenis *Coral Massive* (CM), terdapat di semua transek tetapi paling banyak di temukan pada Transek 2. Sedangkan untuk jenis terumbu karang *Coral Mushrom* (CMR) hanya mendominasi pada Transek 2 dan 3. Jenis terumbu karang *Coral Mushrom* (CMR) paling sedikit di temukan pada transek 3. Terumbu kaarang jenis *Coral Foliose* (CF), hanya di temukan pada Transek 3 mungkin dikarenakan kondisi habitat yang memungkinkan untuk karang *Coral Foliose* (CF), hidup lebih baik pada Transek 3 di bandingkan dengan Transek 1 dan 2.



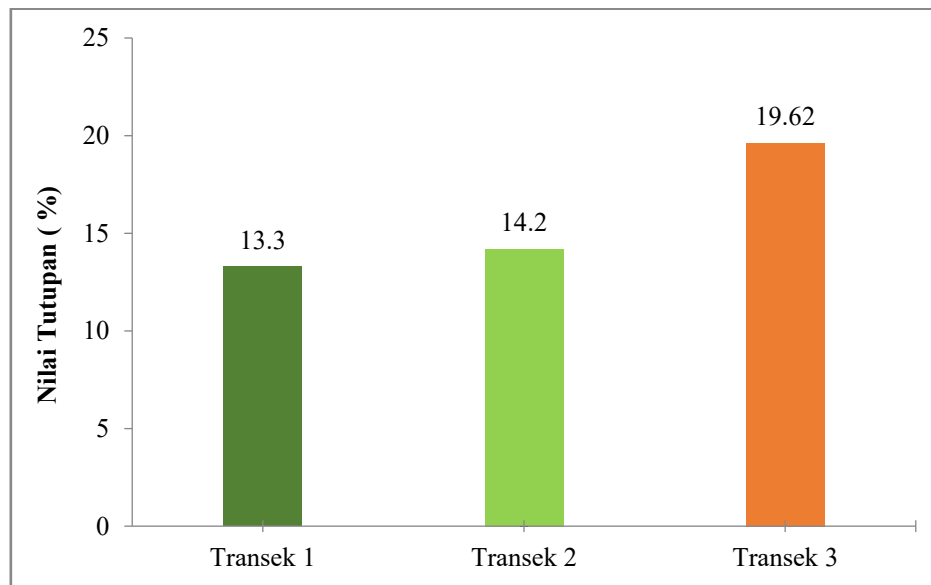
Gambar 3. Kondisi Tutupan Lifefrom Karang (%) di Kawasan Pintu Angin, Manokwari Selatan, Papua Barat.

### 3.4. Status Kondisi Tutupan Terumbu Karang

Suatu ekosistem terumbu karang akan semakin bagus kondisinya apabila persentase penutupan karang hidup pada ekosistem tersebut lebih besar daripada persentase tutupan abiotiknya. Kriteria baku kerusakan terumbu karang, menurut KEPMENLH No. 4 Tahun 2001. Untuk melihat akumulasi dari % Tutupan, maka % tutupan karang dari transek 1 – 3 digabung (Gamabr 4). Daerah ini juga merupakan lokasi *spot snorkling* dan *diving* yang juga ramai dikunjungi oleh wisatawan. Adanya *Non Acropora* karena karang tersebut strukturnya lebih kuat terhadap tekanan alami maupun yang disebabkan oleh manusia seperti pada karang *Non Acropora*.

Secara alami kondisi terumbu karang di Perairan Pantai Pintu Angin dalam kondisi sangat baik, namun akibat adanya tekanan antropogenik disekitar telah menjadikan terumbu karang dalam kondisi rusak. Aktivitas manusia dapat mengancam penurunan kondisi terumbu (Handayani & Utama Dewi, 2023; Suryono et al., 2018). Terdapat beberapa penyebab kerusakan terumbu karang yaitu, aktivitas di laut antara lain dari kapal dan pelabuhan termasuk akibat langsung dari pelemparan jangkar kapal, penangkapan ikan dengan menggunakan racun dan bom, perubahan iklim global. Sehingga hal ini mengakibatkan

banyaknya didapati patahan karang dan yang paling banyak ditemukan disetiap transek yaitu komponen abiotik (pecahan karang, pasir, batuan).



**Gambar 4. Grafik Status Kondisi Lifeform (%) Karang di Perairan Pintu Angin, Manokwari Selatan, Papua Barat.**

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran parameter kualitas air menunjukkan bahwa kualitas Perairan Pulau Agusta, masih dalam kondisi yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang. Hasil pengamatan kondisi terumbu karang di Perairan Pantai Pintu Angin pertumbuhan karang yakni kategori *Acropora* yang di temukan pada transek 1 sampai 3 terdiri dari *Acropora Branching* (ACB), *Acropora Submassive* (ACS) dan *Acropora Digitate* (ACD). Bentuk pertumbuhan dengan kategori *Non-Acropora* terdiri dari *Coral Branching* (CB), *Coral Foliose* (CF), *Coral Massive* (CM), *Coral Mushroom* (CMR). Kondisi terumbu karang di Perairan Pantai Pintu Angin yang paling banyak di temukan adalah terumbu karang kategori *Acropora* Untuk jenis *Coral Massive* (CM), terdapat di semua transek tetapi paling banyak di temukan pada transek 2. Sedangkan untuk jenis terumbu karang *Coral Mushroom* (CMR) hanya mendominasi pada transek 2 dan 3. Jenis terumbu karang *Coral Mushroom* (CMR) paling sedikit di temukan pada transek 3. Terumbu kaarang jenis *Coral Foliose* (CF), hanya di temukan pada transek 3 mungkin di karenakan kondisi habitat yang memungkinkan untuk karang *Coral Foliose* (CF), hidup lebih baik pada transek 3 di bandingkan dengan transek 1 dan 2.

#### 5. Daftar Pustaka

- Adyasari, D., Pratama, M. A., Teguh, N. A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M. A., & Dimova, N. (2021). Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: Current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112689.
- Adilla, A. (2014). *Analisis Kondisi Habitat Karang di Pulau Rimaubalak, Kandangbalak, dan Panjurit Lampung Selatan*.
- Arias-Godínez, G., Jiménez, C., Gamboa, C., Cortés, J., Espinoza, M., Beita-Jiménez, A., & Alvarado, J. J. (2021). The effect of coral reef degradation on the trophic structure of reef fishes from Bahía Culebra, North Pacific coast of Costa Rica. *Journal of Coastal Conservation*, 25(1). <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00802-x>

- Bates, N. R., Best, M. H. P., Neely, K., Garley, R., Dickson, A. G., & Johnson, R. J. (2012). Detecting anthropogenic carbon dioxide uptake and ocean acidification in the North Atlantic Ocean. *Biogeosciences*, 9(7). <https://doi.org/10.5194/bg-9-2509-2012>
- Bawole, R. (2024). Permasalahan Dan Ancaman Wilayah Pesisir dan Laut. In A. Yanto (Ed.), *Pengantar Ilmu Perikanan Dan Perairan* (1st ed., Vol. 1, pp. 229–262). Get Press Indonesia.
- Bawole, R., Rumere, V., Mudjirahayu, M., & Pattiasina, T. F. (2013). Performance of Coral Reef Management within Marine Protected Areas: Integrating Ecological, Socioeconomic, Technological, and Institutional Dimensions. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)*. <https://doi.org/10.7226/jtfm.19.1.63>
- Buddemeier, R. W., Kleypas, J. A., & Aronson, B. R. (2011). Coral reef and global climate change. In *Prepared for the Pew Center on Global Climate Change* (Vol. 14, Issue 5).
- Carlson, R. R., Crowder, L. B., Martin, R. E., & Asner, G. P. (2024). The effect of reef morphology on coral recruitment at multiple spatial scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121(4). <https://doi.org/10.1073/pnas.2311661121>
- Carlton, J., Lindstrom, S. C., Smith, C. M., & Smith, J. E. (2011). Marine Bioinvasions and Climate Change. *Isac*, 2007.
- Christopher, D. G. H., Hughes, A. R., Kristin, M. H., Benjamin, G. M., Cascade, J. B. S., Carol, S. T., Laura, F. R., Lars, T., & Susan, L. W. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9(2).
- Corvianawatie, C., & Abrar, M. (2018). Kesesuaian Kondisi Oseanografi Dalam Mendukung Ekosistem Terumbu Karang Di Pulau Pari. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3). <https://doi.org/10.15578/jkn.v13i3.6322>
- de Lalouvière, C. L. H., Gracia, V., Sierra, J. P., Lin-Ye, J., & García-León, M. (2020). Impact of climate change on nearshorewaves at a beach protected by a barrier reef. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/W12061681>
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources*.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1998). Survey Manual For Tropical Marine Resources. Australian Institute Of Marine Science. In *Second Edition*.
- Facon, M., Pinault, M., Obura, D., Pioch, S., Pothin, K., Bigot, L., Garnier, R., & Quod, J. P. (2016). A comparative study of the accuracy and effectiveness of Line and Point Intercept Transect methods for coral reef monitoring in the southwestern Indian Ocean islands. *Ecological Indicators*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.005>
- Giyanto, A. M., Manuputty, A. E. W., Siringoringo, R. M., Tuti, Y., & Zulfanita, D. (2017). Panduan Pemantauan Kesehatan Terumbu Karang. *Jakarta: Coral Reef Information and Training Center (CRITC), Coral Reef Rehabilitation and Management Program (COREMAP), Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*.
- Hadi, A. T., Giyanto, Prayudha, B., Hafizt, M., & Suharsono, A. B. (2018). Status Terkini Terumbu Karang Indonesia 2018. *Puslit Oseanografi – LIPI, November*.
- Handayani, M., & Utama Dewi, C. S. (2023). Ekosistem Terumbu Karang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan. *Journal of Marine Research*, 12(4). <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.38669>
- Harley, C. D. G., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J. B., Thornber, C. S., Rodriguez, L. F., Tomanek, L., & Williams, S. L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. In *Ecology Letters* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>
- Hughes, T. P. (1994). Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265(5178). <https://doi.org/10.1126/science.265.5178.1547>
- Inden, J., Kaber, Y., Pakage, S., Bawole, R., Sirami, E. V., & Raharjo, S. (2023). The Development Model of Ecotourism Management in Gunung Botak, the South of Manokwari Regency, West Papua Province, Indonesia. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*, 17(9). <https://doi.org/10.9734/ajarr/2023/v17i9517>

- Jones, G. P., Polunin, N. V. C., Graham, N. A. J., Wilson, S. K., & Pratchett, M. S. (2006). Multiple disturbances and the global degradation of coral reefs: are reef fishes at risk or resilient? *Global Change Biology*, 12(11).
- Kepmen LH. (2004). Baku Mutu Air Laut. In *Kementerian Negara Lingkungan Hidup* (pp. 1–8). Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kolibongso, D., Loinenak, F. A., & Manuputty, A. (2023). Diversity and density of marine intertidal gastropods in tropical seagrass beds at Oransbari Bay, South Manokwari - West Papua. *Depik*, 12(3). <https://doi.org/10.13170/depik.12.3.31138>
- Mahmood, R. (2021). Physiological Responses of Coral Reef Species to Emerging Threats of Anthropogenic Climate Change. *UTSC's Journal of Natural Sciences*, 2(1). <https://doi.org/10.33137/jns.v2i1.34665>
- McCormick, M. I., Barry, R. P., & Allan, B. J. M. (2017). Algae associated with coral degradation affects risk assessment in coral reef fishes. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17197-1>
- Muhaemin, M., Arifin, T., Mahdafikia, N., & Fihrin, H. (2022). Pengaruh Parameter Oseanografi Fisik Terhadap Indikasi Pemutihan Karang (Coral Bleaching) di Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang Spermonde Selat Makassar. *Journal of Marine Research*, 11(4). <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.33401>
- Muhlis, M. (2011). Ekosistem Terumbu Karang Dan Kondisi Oseanografi Perairan Kawasan Wisata Bahari Lombok. *Berkala Penelitian Hayati*, 16(2). <https://doi.org/10.23869/bphjbr.16.2.20112>
- Munua, R., Hamuna, B., & Kalor, J. D. (2019). Tutupan Terumbu Karang di Perairan Teluk Tanah Merah, Kabupaten Jayapura. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 2(1). <https://doi.org/10.31957/acr.v2i1.984>
- Nontji, A. (2005). Laut Nusantara. In *Djambatan: Vol. VIII*.
- Nurma, N., Putra, A., Rauf, A., Yusuf, K., Larasati, R. F., Jaya, M. M., Suriadin, H., Sarifah, A., & Nurlaela, E. (2022). Identifikasi Bentuk Pertumbuhan Karang Keras (Hard Coral) Di Perairan Pulau Jinato Kawasan Taman Nasio. *Fisheries of Wallacea Journal*, 3(1).
- Obura, D. (2014). Coral Reef Monitoring Manual South-West Indian Ocean islands. In *Indian Ocean Commission*.
- Okoseray, K. M., Widiastuti, N., & Parenden, D. (2017). Pemanfaatan, Persepsi dan Partisipasi Masyarakat Terhadap Pelestarian Ekosistem Pesisir Distrik Manokwari Selatan. *JURNAL SUMBERDAYA AKUATIK INDOPASIFIK*. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2017.vol.1.no.1.24>
- Panca Putra, K. J., Arthana, I. W., & Pratiwi, M. A. (2022). Komposisi Jenis Dan Tutupan Terumbu Karang Di Pantai Samuh, Nusa Dua, Bali. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 22(1). <https://doi.org/10.24843/blje.2022.v22.i01.p05>
- Parenden, D., Tebay, S., & Sawaki, D. J. (2019). Keanekaragaman Jenis dan Biomassa Ikan Karang (Species Target) di Perairan Pesisir Kampung Oransbari Kabupaten Manokwari Selatan. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 2(1). <https://doi.org/10.29244/jppt.v2i1.25321>
- Pawar, P. R. (2016). Anthropogenic threats to coastal and marine biodiversity: a review. *International Journal of Modern Biological Research*, 4.
- Rajabson, M. H. S., Rachmayani, R., & Sarasvati, P. N. (2023). Kesesuaian kondisi oseanografi dalam mendukung ekosistem terumbu karang di pantai mengiat, Nusa Dua Bali. *Applied Environmental Science*, 1(1).
- Ricardo, I. R. A., Anshory, M. F., & Dewi, C. S. U. (2024). Penilaian Tingkat Rekrutmen Karang Keras (Scleractinia) Di Taman Laut Pandanan, Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat Untuk Mendukung Upaya Restorasi. *Media Bina Ilmiah*, 18(6), 1587–1596.
- Runtuboi, F., Nugroho, J., & Rahakratat, Y. (2018). Biomassa dan penyerapan karbon oleh lamun *Enhalus acoroides* di Pesisir Teluk Gunung Botak Papua Barat. *Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(2).

- Sala, R., Bawole, R., Biloro, R. H. H., & Mudjirahayu, M. (2021). Distribusi Spasial Tutupan Karang di Taman Nasional Teluk Cenderawasih, Papua. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(2), 201–212.
- Samori, F., Bawole, R., & Tebay, S. (2021). Struktur dan Vegetasi Mangrove di Warambui Distrik Oransbari Manokwari Selatan Provinsi Papua Barat. *Jurnal Riset Perikanan ...*
- Suryono, S., Wibowo, E., Ario, R., SPJ, N. T., & Azizah, R. (2018). Kondisi Terumbu Karang Di Pantai Empu Rancak Kabupaten Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(1).  
<https://doi.org/10.14710/jkt.v21i1.2301>
- Thomson, D. P., Babcock, R. C., Evans, R. D., Feng, M., Moustaka, M., Orr, M., Slawinski, D., Wilson, S. K., & Hoey, A. S. (2021). Coral larval recruitment in north-western Australia predicted by regional and local conditions. *Marine Environmental Research*, 168.  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105318>
- Venkatachalam, A. J., Kaler, J., & Price, A. R. G. (2012). Modelling ecological and other risk factors influencing the outcome of the 2004 tsunami in Sri Lanka. *Ecosphere*, 3(2).  
<https://doi.org/10.1890/es11-00297.1>
- Wally, K., & Dunning, K. (2023). Climate change, coral bleaching and other threats. In *Democratic Management of an Ecosystem Under Threat: The People's Reefs*.