TRI ARYONO HADI, MUHAMMAD ABRAR, GIYANTO, BAYU PRAYUDHA, OFRI JOHAN, AGUS BUDIYANTO
AHMAD REZA DZUMALEK, LA ODE ALIFATRI, SITI SULHA, SUHARSONO

THE STATUS OF INDONESIAN CORAL REEFS 2019

LIPI

RESEARCH CENTER FOR OCEANOGRAPHY (RCO)
Coral Reef Rehabilitation and Management Program
Coral Triangle Initiative (COREMAP – CTI)
2020

COREMAP - CTI

THE STATUS
OF INDONESIAN CORAL REEFS
2019

Tri Aryono Hadi
Muhammad Abrar
Giyanto
Bayu Prayudha
Ofri Johan
Agus Budiyanto
Ahmad Reza Dzumalek
La Ode Alifatri
Siti Sulha
Suharsono

LIPI

RESEARCH CENTER FOR OCEANOGRAPHY (RCO)
Coral Reef Rehabilitation and Management Program
Coral Triangle Initiative (COREMAP – CTI)
2020

COREMAP - CTI

THE STATUS OF INDONESIAN CORAL REEFS 2019

© Research Center for Oceanography - Indonesian Institute of Sciences

Authors : Tri Aryono Hadi, Muhammad Abrar, Giyanto, Bayu Prayudha, Ofri Johan, Agus Budiyanto, Ahmad Reza Dzumalek, La Ode Alifatri, Siti Sulha, Suharsono
Photo : Agus Budiyanto, Muhammad Abrar, Tri Aryono Hadi, Yunaldi
Design : Dudy Ramdhana

ISBN : 978-602-6504-29-6

RHM Secretariat
Research Center for Oceanography (RCO)
Pasir Putih 1, Ancol Timur
North Jakarta 14430
Telp. 021-64713850
Email: rhmsekretariat@gmail.com
http://indocoasting.id
http://oseanografi.lipi.go.id

The Status Of Indonesian Coral Reefs 2019
Tri Aryono Hadi...et al.,2019
-- Jakarta : Puslit Oseanografi - LIPI.
vi + 88 hlm.; 17,6 cm x 25 cm
Bibliografi : hlm. 27

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Foreword

As the global climate is unpredictable and the human population is rising up gradually, the ecosystems are prone to degradation both in the land and seas. As an archipelagic country, coastal ecosystems play important roles, not only protecting the shorelines from abrasion but also supporting economic sectors for local communities. In this case, the degraded coastal ecosystem could impact the fishery production and ecotourism sectors and eventually threaten the national economy. Therefore, it is vital to inform the current status of coral reefs as well as the trend so that the policymakers can address the issues which can be different among the regions.

The Research Center for Oceanography (RCO), through COREMAP-CTI, has responsibility for monitoring coral reefs across the Indonesian waters to provide information regarding the coral reef condition as well as the trend, and feasible solutions to maximize the management system. In addition, RCO has been appointed to provide Indonesia's coral reef map to support the one map policy. Lastly, it is important to improve people's awareness as early as possible so that their contribution will be real and massive in the future.

I would like to thank the team that has worked hard to make this out and wish it will be meaningful for stakeholder, coastal communities, conservationists, and even science.

Jakarta, June 2020

Director of Research Center for Oceanography
Dr. Augy Syahailatua, M. Sc

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Chelonia mydas, Komodo National Park, NTT

TABLE OF CONTENTS

Introduction 1
Distribution of coral reefs in Indonesia..... 2
Categorization of coral reef condition 7
Status of Indonesian coral reefs 9
The various threats on Indonesian coral reefs 17
Reef Restoration 19
Acknowledgement..... 23
Conclusion 25
Bibliography 27
Appendix 1 32
Appendix 2 36
Indonesian version 44

TABLE OF TABLE

Table 1. Criteria of coral reef damage according to the Ministry of Environment and Forestry 7

TABLE OF FIGURES

Figure 1. a) *Acropora suharsonoi,* b) *Euphyllia baliensis* (courtesy of mahagirinusalembongan.blogspot.com), c) *Indophyllia macassarensis*, d) *Isopora togianensis* 3
Figure 2. Coral reefs in a) Weh, b) Bintan, c) Prigi Bay, d) Seribu Islands 4
Figure 3. Distribution of stony corals in Indonesia 5
Figure 4. Trend of coral reef conditions from 1993 to 2019..... 9
Figure 5. Trend of coral cover from COREMAP-CTI monitoring sites (n: number of reefs monitored) 10
Figure 6. Changes in benthic communities using Underwater photo transect (lefts : 2016, rights : 2017) 11
Figure 7. Trend of coral reef conditions in western Indonesia 12
Figure 8. a) Bleaching event in 2016, b) the reef at "no return point" (algae dominated reef) 13
Figure 9. Trend of coral reef conditions in central Indonesia 14
Figure 10. Trend of coral reef conditions in eastern Indonesia 15
Figure 11. a) local participation in an artificial reef competition, b) dome-shaped artificial reef; c) *Acropora* transplanted on iron racks; d) spider web like structure (credit Alicia McArdle); e) biorock; f) reef restoration using coral transplants 21

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Wakatobi National Park, Southeast Sulawesi

1 Introduction

Indonesia is an archipelagic country with 16.056 verified islands situated in the tropical zone. This makes the water warm throughout the year and this is suitable for plenty of marine creatures to strive. Besides, Indonesia is a part of the coral triangle region, the world's highest marine biodiversity. In this case, there are about 569 species and 83 genera of stony corals recorded, representing approximately 69% and 76% for species and genera respectively of stony corals around the world. Interestingly, there are 4 endemic species recorded, namely *Acropora suharsonoi* (Lombok), *Euphyllia baliensis* (Bali), *Indophyllia macassarensis* (Makassar), and *Isopora togianensis* (Togean) (Figure 1). To conserve the marine habitats and biodiversity, by the middle of 2019 the government has already had a 22.68 million hectares of marine conservation area, approximately 6% of Indonesian marine areas.

As the world's fourth most populous country by around 270 million people, Indonesia's coastal areas are prone to degradation due to human activities. The impact can be seen in front of some big cities located close to coastal areas, such as in Jakarta, Surabaya, Makassar, and Batam. Natural disasters, such as earthquakes and tsunami, also sometimes occur and affect negatively the coral reefs. Another main problem is the elevated sea temperature which causes bleaching events in many locations, especially in the southern and western parts of Indonesia. Although these factors are inevitable, it appears that the reefs are able to recover, depending on the intensity and frequency of the stressors, resilience potential, and the environmental conditions.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Coral reef rehabilitation and management program (COREMAP) is a long term national program that aims to manage Indonesia's coral reefs and its related coastal ecosystems to remain sustainable and benefit the coastal communities. One main component of the program is monitoring the condition of coastal ecosystems, especially coral reef, seagrass, and mangrove (the last two ecosystems have been being monitored since 2015). The other component is to improve people's awareness through education, dissemination, and training in which people are expected to participate actively in ecosystem conservation. In short, the program focuses not only on the ecosystem management, but also the people as the key success factor of the program.

II Distribution of coral reefs in Indonesia

Coral reefs in Indonesia spread from Rondo Island (Aceh), the outermost island in the northwest of Indonesia's archipelago, to the north of Jayapura, the easternmost city in Indonesia. Coral reefs on the west coast of Sumatra - including the outer islands such as Rondo Island, Weh Island, Banyak Islands, Simeulue Island, Nias Island, Batu Islands, Siberut Island, Pagai Island, Sipora Island and Enggano Islands - are characterized by low to fair coral covers and low diversity of stony corals as it is strongly influenced by the Indian Ocean. Not all of the islands are surrounded by coral reefs, but instead only patches especially in the outermost islands. On the other hand, the reefs on the east coast of Sumatra cannot develop well as many rivers flow to the east, resulting in low salinity and high turbidity. However, off the shore, the patchy reefs commonly occur, such as in Balerang Islands, Senayang Lingga, Bangka Belitung, and Karimata Islands. The reefs develop well particularly in the middle of the Natuna Sea, including Anambas Islands, Natuna Islands, and Tambelan Islands.

Dominated by peatland and big rivers, Borneo Island has poorly developing reefs. Close to the mainland, the reefs are patchy like in

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Sangkulirang. The reefs commonly strive well off the coast of Borneo Island, such as in Derawan Islands, Matasiri Islands, and Karimata Islands.

The reefs along the coast of Java are typically patchy, such as in Banten Bay, Jakarta Bay, Jepara, Pasir Putih, Baluran, Nusa Kambangan, Wediombo, and Prigi Bay. The reefs grow well off the north coast of Java Island and commonly occurred in a group of islands, including Seribu Islands, Karimun, Bawean, and Kangean Islands. In addition, the corals are more diverse in the north compared to the south as it is curtailed by the extreme environmental condition of the Indian Ocean.

Coral reefs strive well and reach the peak of biodiversity in the coral triangle area, including Sulawesi, Maluku, Halmahera, West Papua, Raja Ampat Islands, Aru Islands, Kei Islands, East Nusa Tenggara, West Nusa

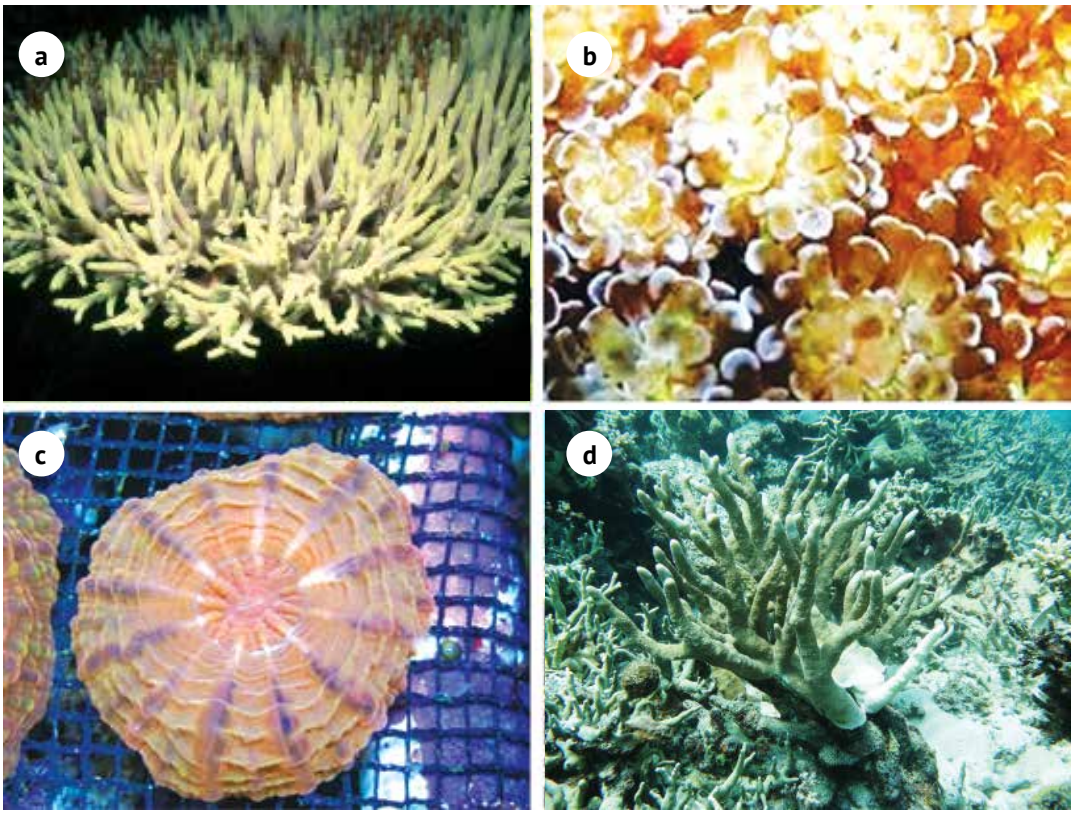


Figure 1. ***a) Acropora suharsonoi, b) Euphyllia baliensis*** **(courtesy of mahagirinusalembongan.blogspot.com),** ***c) Indophyllia macassarensis, d) Isopora togianensis***

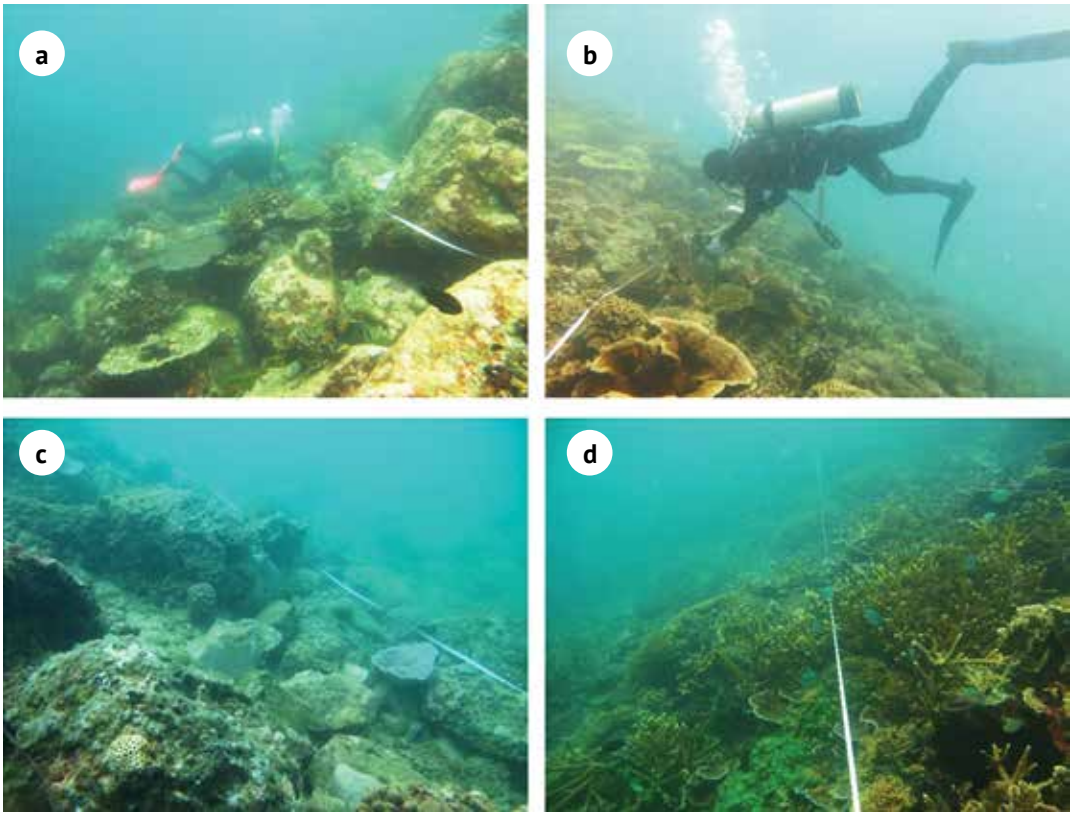


Figure 2. Coral reefs in a) Weh, b) Bintan, c) Prigi Bay, d) Seribu Islands

Tenggara, and Bali. The reefs develop horizontally and vertically up to more than 30 meters in depth. Such fascinating conditions are attributed to excellent environmental conditions; typically warm and clear water from the west Pacific flows continuously to the Indian Ocean through this large area (known as Indonesian throughflow (ITF)) and this makes corals grow better than the surrounding areas. Nevertheless, the reefs cannot develop well along the south coast of Papua due to high sedimentation which results from river discharge. Interestingly, especially in Merauke, corals can be found on the limestone substrate although the water is very turbid.

Distribution of stony corals shows the common pattern in which the diversity of coral genera is getting lower as the distance is getting farther from the biodiversity center (Figure 3). In the coral triangle area, the number

of genera is about more than 60 and then to decline in the periphery (west coast of Sumatra and south coast of Java) by less than 50 genera. Uniquely, Lesser Sunda, the southernmost of Indonesia and spanning from Bali to East Timor, has a number of coral genera around 60 and still belongs to the coral triangle area. This area is the exit of ITF and also known as refugia where many biota are trapped and survive, making the biodiversity high. For example, there are 36 and 39 species of mushroom corals recorded in Bali and Komodo Islands respectively, representing about 77 - 83% of mushroom corals in the world.

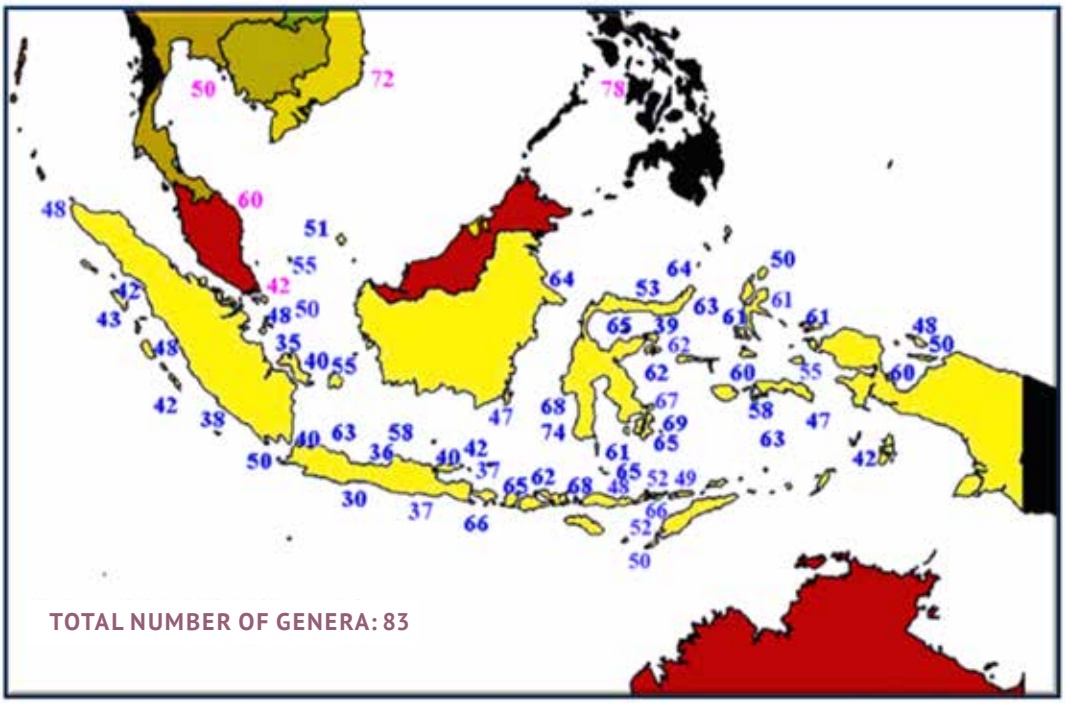


Figure 3. Distribution of stony corals in Indonesia

Coral transplantation in Bayuwangi, East Java
Euphyllia divisa

III Categorization of coral reef condition

The condition of coral reef is determined by the percentage of live coral cover. Then, it is divided into 4 categories according to the Ministry of Environment and Forestry decree No 4 the year 2001 regarding the criteria of coral reef damage (Table 1).

Table 1. Criteria of coral reef damage according to the Ministry of Environment and Forestry

No	Hard coral cover (HC)	Category
1	HC ⩽ 25%	Poor
2	25% < HC ⩽ 50%	Fair
3	50% < HC ⩽ 75%	Good
4	HC > 75%	Excellent

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Kendari, Southeast Sulawesi

IV Status of Indonesian coral reefs

General status

Based on the 2019 data from 1153 reefs, there are about 390 reefs (33.82%) categorized poor, 431 reefs (37.38%) categorized fair, 258 reefs (22.38%) categorized good and 74 reefs (6.42%) categorized excellent (Appendix 1). During the period of 1993 to 2019, in general, there were about 30.85 ± 0.29% of reefs having more than 50 % coral cover (good and excellent reefs) and these were relatively stable despite upward and downward trends for excellent and good reefs respectively in the last five years (Figure 4). On the other hand, 69.15 ± 0.29% of the reefs had less than 50 % coral cover (poor and fair reefs) and the trends were fluctuating. In this case, these reefs are unlikely stable, having more space for coral recruits to attach and grow but very vulnerable to stressors.

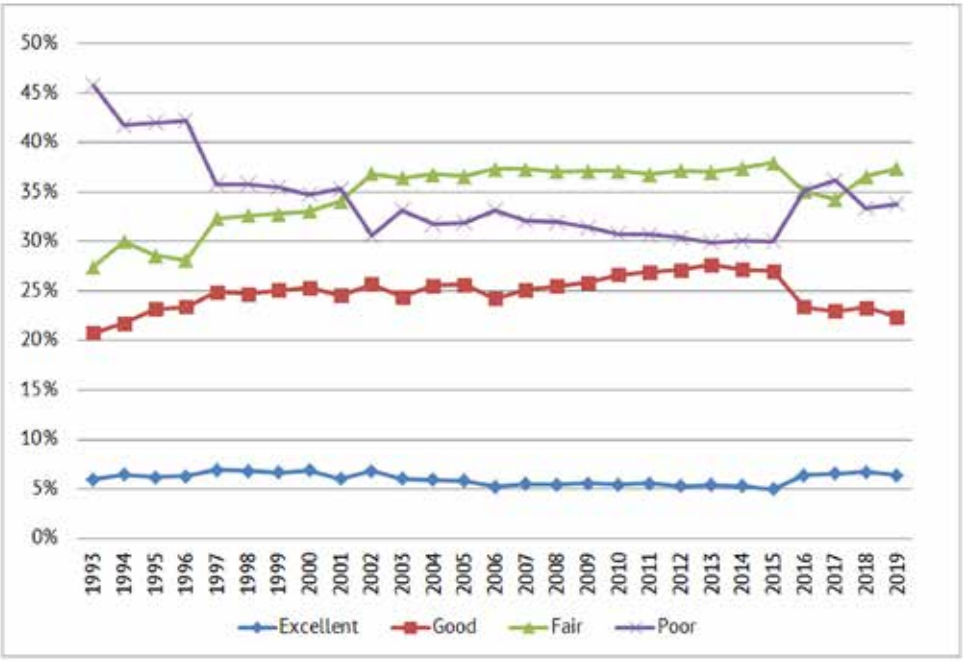


Figure 4. Trend of coral reef conditions from 1993 to 2019

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

However, the poor reefs may be at "no return point" when they are under intense chronic stress, causing the reefs to perish. In some cases, the poor reefs are at a stable state due to its extreme environmental conditions.

Global stressor, especially elevated sea surface temperature, has a huge impact on Indonesia coral reefs. The trend of coral reef condition appears to be declining between 2015 and 2016 due to mainly bleaching event. However, such bleaching event did not occur at all locations as Indonesia coral reefs are influenced by different types of hydrodynamic regimes of two oceans (Pacific and the Indian Ocean). In addition, the geomorphological conditions of Indonesia's Islands are quite diverse, making the impact of elevated sea surface temperature vary among reefs.

Data from COREMAP-CTI's monitoring locations also confirms that there was a significant decline in coral cover between 2015 and 2016 and followed by a gradual increase until 2019 (Figure 5). The data was collected by using underwater photo transect (Figure 6) from plenty of reefs across Indonesian waters (Appendix 1). In short, the recovery process after the bleaching event has been progressing and this evidence gives hope to the management regime amid the global declining trends of coral cover.

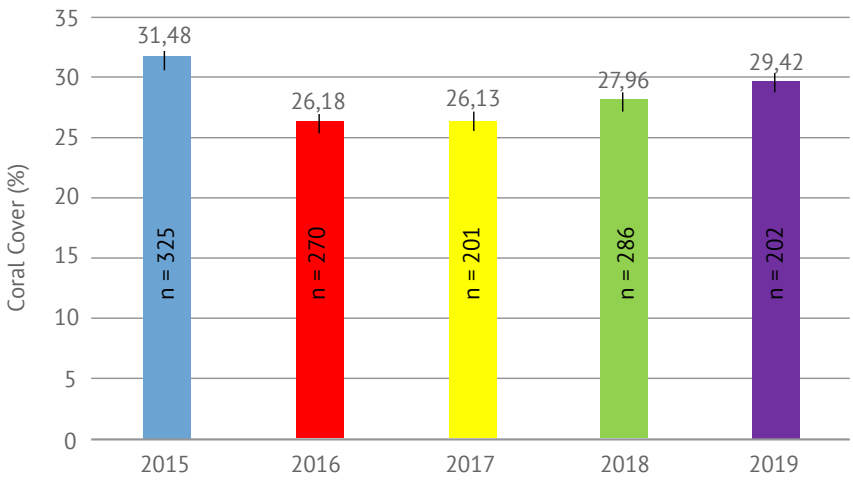


Figure 5. Trend of coral cover from COREMAP-CTI's monitoring sites (n: number of reefs monitored)

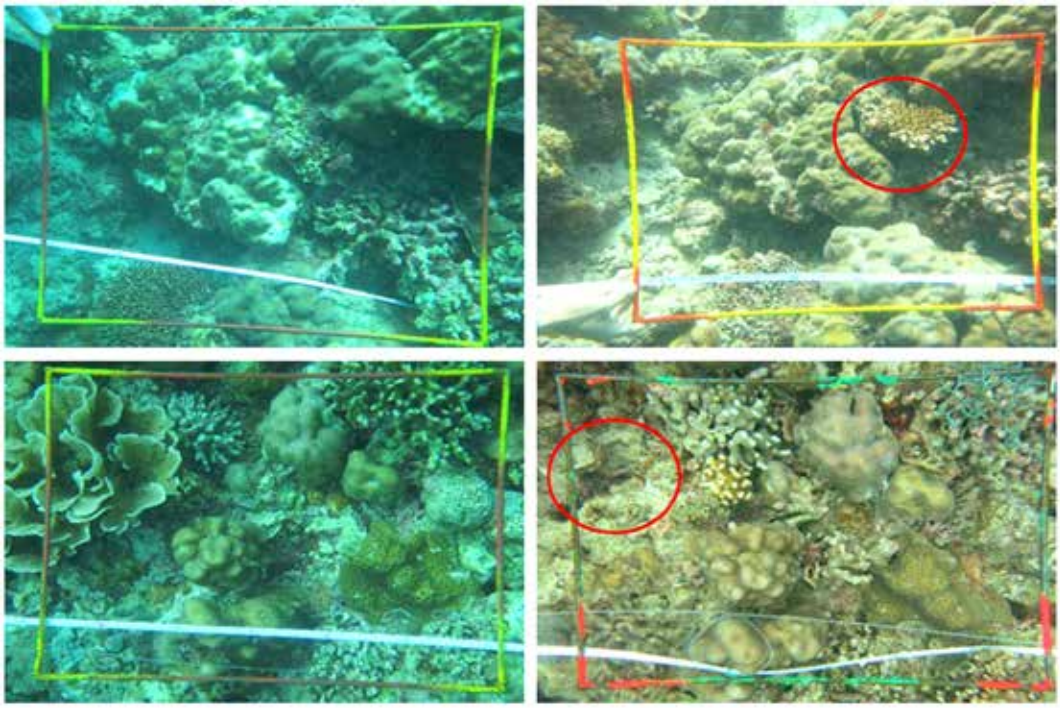


Figure 6. Changes in benthic communities using underwater photo transect (lefts : 2016, rights : 2017)

Western Indonesia

In western Indonesia, the coral reef condition appears to be better, given that the percentage of excellent and fair reefs are improving (Figure 7). This condition may be related to the change of natural resource exploitation area; people used to exploit the western area to fulfill the high demand of fishery products but then moved away to the eastern part which is much promising. Furthermore, the people awareness had been improved; COREMAP phase II encouraged law enforcement to combat destructive fishing practices, and community-based management which involved local communities to participate actively in managing the coastal ecosystem and this occurred at 8 locations in the west.

Apart from the human factors, the western part is prone to bleaching related to elevated sea temperature. For example, in the marine conservation area of Pieh, the coral cover dropped from 41.4% in

2015 to 28.38% in 2016 (Figure 8a). Likewise, coral cover in the marine conservation area of Nias declined from 26.76% in 2015 to 13.82% in 2016. In contrast, in Riau Islands province, the coral covers were increasing between 2015 and 2016; in Bintan, the coral cover increased from 35.61% to 37.97%, and in Batam the coral cover increased from 36.28% to 39.44%. This might be related to the hydrodynamic regime in which Riau water is highly influenced by Pacific North Equatorial Current, whereas the 2015-2016 bleaching occurred severely on the west coast of Sumatra and south coast of Java which are bordered by the Indian Ocean.

In addition to anthropogenic stressors, marine pollution, sedimentation, and low salinity are the main stressors in western Indonesia. In Jakarta Bay, for instance, the reefs are suffering high-intensity chronic stress due to sewage from the capital city of Indonesia (13 rivers are passing through the capital and discharging to the bay), causing the reefs to be at "no return point" (Figure 8b). The same situation also occurs in Bangka Island where massive offshore tin mining activities are very intense and thus cause the reefs to die due to sedimentation. If

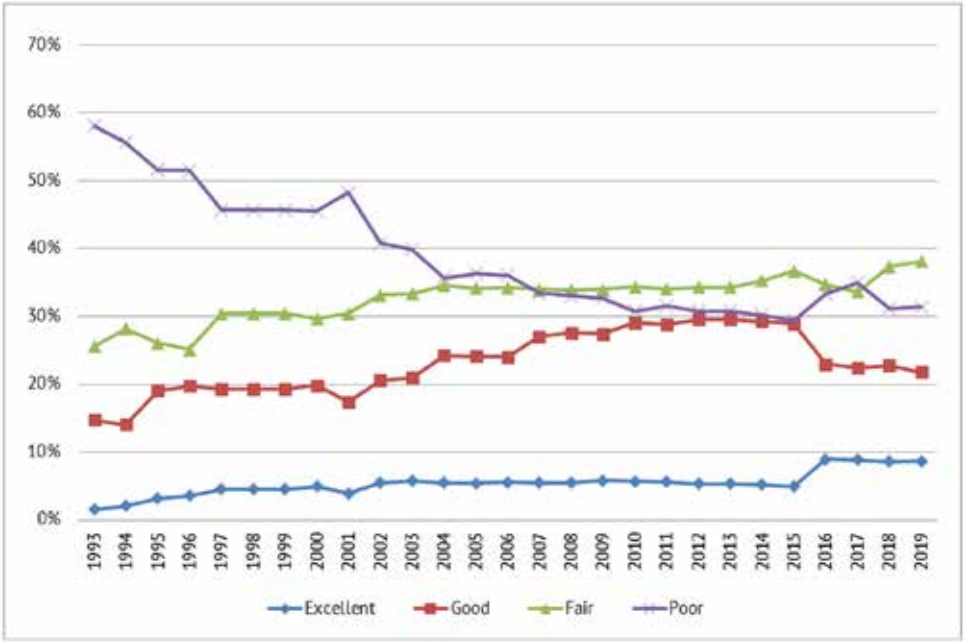


Figure 7. Trend of coral reef conditions in western Indonesia

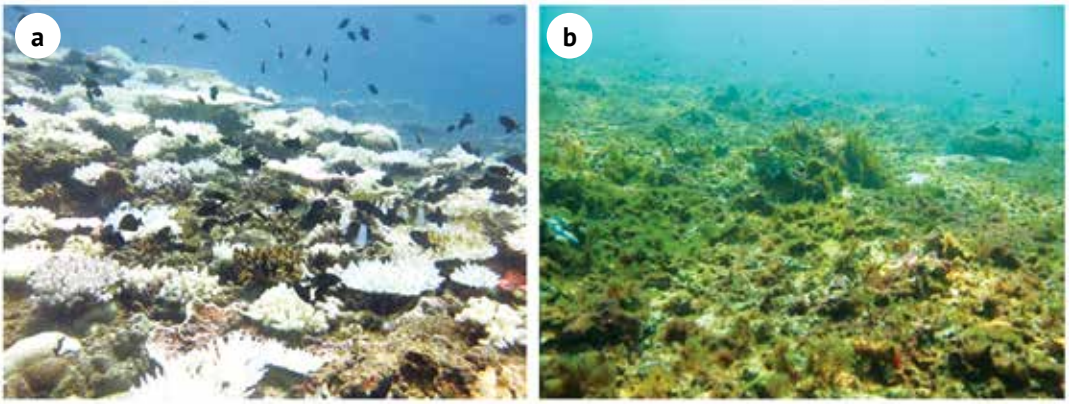


Figure 8. a) bleaching event in 2016, b) the reef at "no return point" (algae dominated reef)

these stressors remain intense, the area impacted will be wider and the number of potentially degraded reefs will increase.

Central Indonesia

In central Indonesia, the coral reef condition, in general, was improving until 2015 (Figure 9). Afterward, there were significant declines on the trends of the fair and good reefs as a result of the bleaching event that occurred in many locations. The most suffering area was the Lesser Sunda, especially Bali and West Nusa Tenggara, as this area borders the Indian Ocean. For instance, In Bali, the coral cover declined from 60.3% (2015) to 29.6% (2016). In West Lombok, the coral cover declined from 36.09% (2015) to 18.23% (2016) and in the marine conservation area of Gili Matra also declined from 23.43% (2015) to 18.48% (2016). It is typical that during the El Nino event, the warm phase of the El Nino Southern Oscillation (ENSO), the Indian Ocean is getting warmer and this affects the reefs in the western and southern parts of Indonesia. In addition, human factors, such as coastal development, land-based pollution, blast fishing, mining activities, and tourism also contribute to the decline of coral covers in the last 5 years.

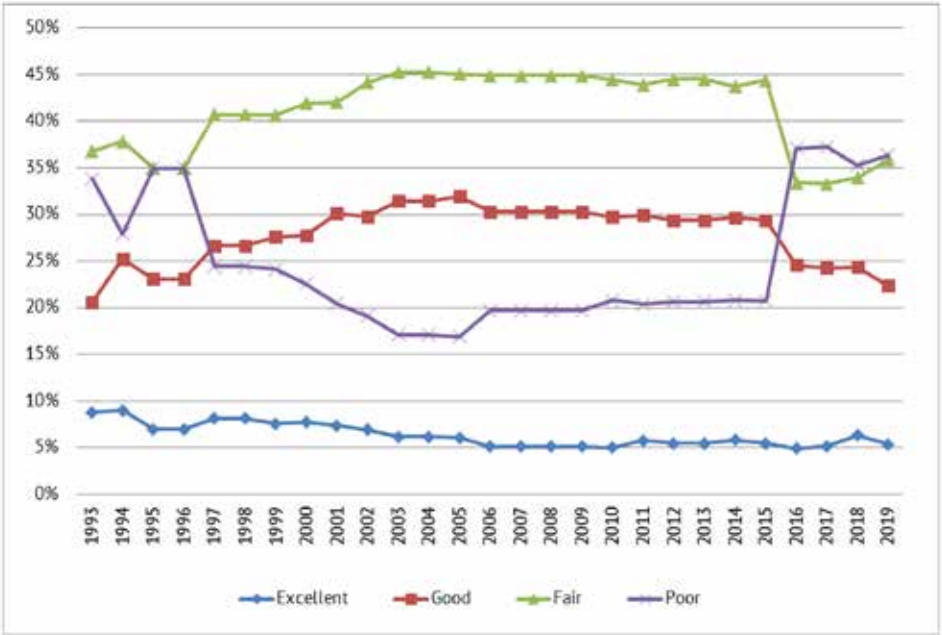


Figure 9. Trend of coral reef conditions in central Indonesia

Eastern Indonesia

In contrast to the western and central parts, the condition of coral reefs in the eastern appears to be declining, especially in the 2000s (Figure 10). It shows that the trend of poor reef increased significantly at the beginning of the 2000s but gradually declined at the end of the 2000s. It is likely related to the exploitation that moved away from the west to the east. Other main issues on the east are poor community awareness and poor law enforcement. Lack of job opportunities also leads local communities to depend much on nature. Furthermore, there are plenty of remote areas that have poor surveillance, causing the reefs to be vulnerable to destructive fishing practices, and exploitation. However, the recovery has been still progressing, particularly in the last five years. In Ternate and surrounding, the coral cover increased from 29.26% in 2015 to 32.83% in 2016. Likewise, in the marine conservation area of Padaido, the trend of coral cover was increasing between 2015 and 2019 (from 29.92% to 35.25%). A similar result also occurs in the marine

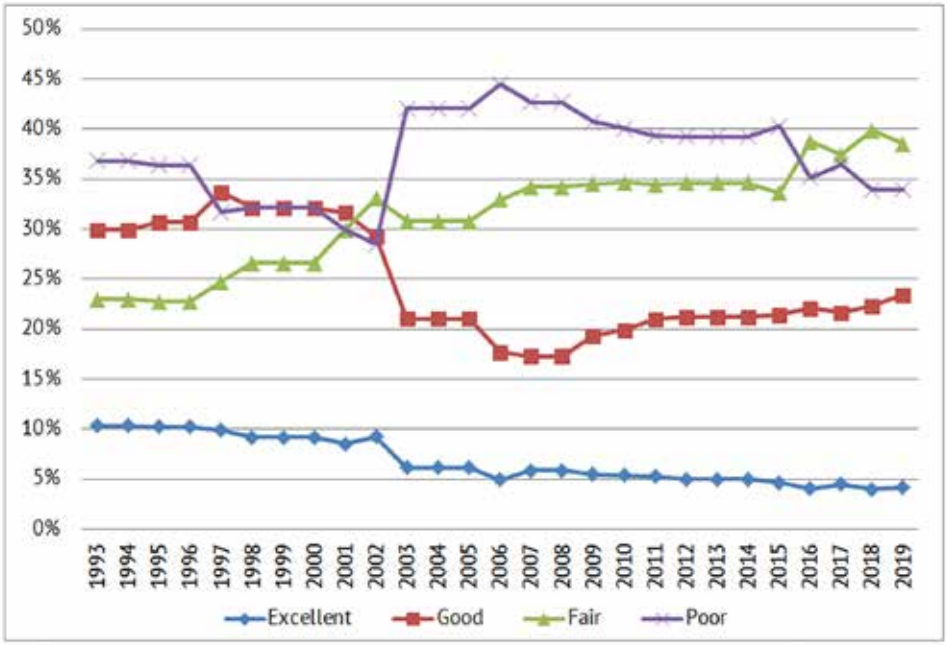


Figure 10. Trend of coral reef conditions in eastern Indonesia

conservation area of Raja Ampat (Waigeo) which increased from 32.24% in 2015 to 37.84% in 2019. The eastern part might be less affected by the 2015-2016 bleaching event as it is passed by Indonesian throughflow which delivers continuously clear and nutritious water from Pacific to the Indian Ocean. This can reduce the heat stress by increasing the rate of dilution, making the impact of elevated sea temperature less severe.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Banggai, Central Sulawesi

V The various threats on Indonesian coral reefs

Climate changes and anthropogenic factors have become the main causes of reef degradations. Elevated sea temperature has caused mass bleaching events and it takes years to recover. The effect will be even multiplying when the anthropogenic stressors also occur, such as blast fishing, pollution, mining activities, and terrestrial runoff due to land use. Although reefs are able to adapt to the changing environment, complex and high intensity of stressors can cause the reefs to collapse. For instance, when the reefs are exposed to chronic stress which pushes it close to the threshold, then another chronic or acute stress that occurs at the same time will cause the reefs to fail to resist and recover.

In general, anthropogenic factors are the prominent stressor in the central and eastern parts, while natural stressors appear to be noticeable in the west and south (Appendix 2). There are many poor locations, mainly spreading in the periphery (west coast of Sumatra, south coast of Java, and south of Lesser Sunda). These poorly categorized locations do not always mean that the reefs are terribly degraded. In normal conditions, the reefs have less than 25% coral cover as a result of extreme environmental conditions, such as poor habitat variability and high energy waves. However, the reefs are able to recover slightly when suffering acute stress. In contrast, poor locations in South and Southeast Sulawesi, North Moluccas, and Papua are attributed to anthropogenic factors, especially blast fishing. Not all of these areas belong to marine conservation areas, therefore destructive fishing is still undergoing. In addition, the destructive fishing commonly occurs far from villages and many take place in remote areas

Fair locations appear to dominate and occur from the west to east, commonly close to the mainland (nearshore reefs). These locations are prone to degradation due to anthropogenic stressors, such as coastal development, pollution, and mining. Sedimentation and low salinity also aggravate the situation, especially in the west due to river discharge. Farther from the mainland, the good and excellent locations commonly occur, typically offshore reefs, like in Tambelan and Lucipara which are located in the middle of Natuna and Banda Sea respectively.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Biorock, Bali

VI Reef Restoration

As the reefs have been being affected by human factors and natural disturbances, it is necessary to monitor the condition over time whether it is improving or degrading. Minimizing the stressors especially human anthropogenic to allow the reefs to recover naturally is a passive way to improve coral reef conditions. In order to boost the ecosystem recovery, ecological intervention is certainly needed. This could be coral transplantation, substrate modification, artificial reefs, assisted coral recruitment, eliminating coral predators, and macroalgae removal. However, these passive and active efforts have to be integrated with the social perspective of people who depend or use the ecosystem.

The most common effort of coral restoration is coral transplantation which is aimed to improve reef conditions in terms of live coral cover, biodiversity, and topographic complexity (Figure 11). This also offers fast and wide coverage by commonly using local sources that have adapted to the local environment. In this case, the transplants are taken from neighboring healthy reefs without causing a significant impact. Fast-growing corals, including family Acroporidae and Pocilloporidae, are the most common corals for transplantation but need to be enriched with slow-growing corals, such as Faviidae, Poritidae, and Mussidae. Such mixed combination makes the reef more diverse and able to withstand disturbances without losing all the populations; in normal condition, the fast-growing corals will dominate the space, but in reverse when disturbances occur. The size of fragments and methods of transplantation also determine the growth rate of transplants that eventually contributes to the live coral cover.

Coral transplantation will be appropriate if the recruitment is poor, indicating that sources is not sufficient for natural recovery. This could be attributed to a lack of mature individuals for self-recruitment, poor external recruitment from up-current reefs, and less stable

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

substrates. On the other hand, if the poor recruitment is attributed to poor environmental conditions (low salinity, high turbidity, nutrient enrichment, algal dominance), therefore coral transplantation is not feasible. In addition, in areas with high energy waves, transplantation is also not suitable as many transplants will be broken and lost. When the recruitment is high and the environmental conditions are favorable, so artificial reefs or substrate modifications are more preferable than coral transplantation.

Coral transplantation has been carried out in many locations for different purposes, including restoration, tourism, and trading. In this case, coral transplantation not only restores the reefs but also has direct benefits to the local communities, making this activity more sustain as the locals are engaged. Bali and Sulawesi are the most active areas as they have sources and periodical maintenance to ensure that coral transplantations work.

Monitoring is very important for the management regime to understand whether the coral restoration works properly or poorly. Apart from the environmental conditions, reef restoration depends on the local community engagement, regulation, economic, and political constraints. These should be integrated and the sustainability of reef restoration, commonly being neglected, has to be maintained to achieve the ultimate long term goal.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Figure 11. a) local participation in an artificial reef competition, b) dome-shaped artificial reef; c) *Acropora* transplanted on iron racks; d) spider web like structure (credit Alicia McArdle); e) biorock; f) reef restoration using coral transplants

Natuna, Riau Islands

VII Conclusion

In general, long term observation indicates that coral reef condition in Indonesia is relatively stable, especially for good and excellent reefs. In contrast, the poor and fair reefs appear to be fluctuating; the recovery process may occur when the reefs suffer acute stress but fail when intense chronic stresses arise. Managing the reefs through the establishment of marine conservation areas is a feasible option that not only manages the ecosystem but also the people, minimizing the impact of anthropogenic factors while maintaining the productivity of the ecosystem. In this case, improving people's awareness and making them our valuable asset have to be the main priority of the management system, considering that they are able to participate actively in ecosystem conservation. However, natural disturbances are inevitable and the impacts are somehow devastating. Thus, community engagement is needed to assist the management regime to minimize the impacts and boost ecosystem recovery. National support from the government is certainly necessary to organize both central and local elements across Indonesia to work together following an integrated management system that not only considers the sustainability of the ecosystem but also the benefits to communities.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Komodo National Park, NTT

VIII Acknowledgement

First and foremost we would like to thank Allah SWT for giving us knowledge, ability, and opportunity to carry out monitoring surveys and write this book. We thank COREMAP – CTI and the World Bank that have been fully supporting this project. We are also grateful to our monitoring teams (secretariat, scientists, technicians, administrative staffs), Ministry of Marine Affairs and Fisheries (KKP), Ministry of Environment and Forestry (KLHK), National Development Planning Agency (Bappenas), Geospatial Information Agency (BIG), provincial government agencies, Maritime University of Raja Ali Haji (UMRAH), University of Bung Hatta (UBH), University of Diponegoro (UNDIP), University of Hasanuddin (UNHAS), University of Mataram (UNRAM), University of Sam Ratulangi (UNSRAT), University of Halu Oleo (UHO), University of Syiah Kuala (UNSYIAH), Indonesian Coral, Shell and Ornamental Fish Association (AKKII), Terangi, Minang Bahari, Rock n Roll Divers (Buton), Scuba Weh (Sabang), Lini, Karang Nusantara, and Mars Inc.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Derawan, East Kalimantan

Bibliography

Abrar, M., Siringoringo, R. M., Hadi, T. A., Putra, R. D., Cappenbergh, H. A. W., Sutiyadi, R., Faricha, A., & Suharsono. (2019). *Monitoring kondisi terumbu karang dan ekosistem terkait di TWP Pulau Pieh dan laut di sekitarnya, Provinsi Sumatera Barat*. COREMAP-CTI, Jakarta: 66 pp.

Adam, T. C., Burkepile, D. E., Ruttenberg, B. I., & Paddack, M. J. (2015). Herbivory and the resilience of Caribbean coral reefs: knowledge gaps and implications for management. *Marine Ecology Progress Series 520*: 1-20.

Bachtiar, I. & Jufri, A. W. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Teluk Sekotong Kabupaten Lombok Barat tahun 2019*. UNRAM, Mataram: 71 pp.

Cai, W., Sullivan, S., & Cowan, T., (2010). Interaction of ENSO, The IOD, and SAM in CMIP3. *Journal of Climate, 24*, 1688-1704.

Ceccarelli, D. M., Loffler, Z., Bourne, D. G., Al Moajil-Cole, G. S., Boström-Einarsson, L., Evans-Illidge, E., Fabricius, K., Glasl, B., Marshall, P., McLeod, I, Read, M., Schaffelke, B., Smith, A. K., Jorda, G. T., Williamson, D. H., & Bay, L. (2018). Rehabilitation of coral reefs through removal of macroalgae: state of knowledge and considerations for management and implementation. *Restoration ecology*, *26*(5), 827-838.

Chou, L. M. (2000). Southeast Asian Reefs-Status update: Cambodia, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Viet Nam *in* Wilkinson, C. (Ed.) Status of coral reefs of the world. AIMS, Townsville, 17-129.

Dharmawan, I. W. E., Utama, R. S., Giyanto, Purwandana, L. A., Makatipu, P. C., & Irawan, A. (2019). *Monitoring kondisi kesehatan terumbu karang & ekosistem pesisir terkait di TWP. Padaido, Biak-Numfor 2019*. COREMAP-CTI, Jakarta: 152 pp.

Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, Kementerian Kelautan Perikanan (DJPRL-KKP). (2019). *Laporan Kinerja Triwulan II Tahun 2019*. DJPRL-KKP, Jakarta: 132 pp.

Edwards, A.J., & Clark, S. (1999). Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling?. *Marine Pollution Bulletin*, *37*(8-12), 474-487.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Edwards, A.J., & Gomez, E.D. (2007). *Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program, Australia: 38 pp.

Feng, M., Zhang, N., Liu, Q., & Wijffels, S. (2018). The Indonesian Through Flow, its variability and centennial change. *Geoscience Letters*, *5*(1), 301-304.

Fox, H. E., Pet, J. S., Dahuri, R., & Caldwell, R. L. (2003). Recovery in Rubble Fields: Long-Term Impacts of Blast Fishing. *Marine Pollution Bulletin*. doi:10.1016/S0025-326X(03)00246-7.

Frias-Torres, S., Montoya-Maya, P., & Shah, N. (2018). *Coral Reef Restoration Toolkit: A Field-Oriented Guide Developed in the Seychelles Islands*. Nature Seychelles, Mahe: 76 pp.

Giyanto, Ulumuddin, Y. I., Hadi, T. A., Cappenbergh, H. A. W., Lisdayanti, E., Arafat, Y., Rahmadi, P., Putra, M. Y., Santoso, P. D., Sutiyadi, R., Budiyanto, A., Unyang, S., Nurhasyim, Amat, Otuola, L., & Basir. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kepulauan Derawan*. COREMAP-CTI, Jakarta: 132 pp.

Hadi, T. A., Suharsono, Giyanto, Abrar, M., Budiyanto, A., Cappenbergh, H. A. W., Putra, M. Y., Edrus, N. I., Ulumuddin, Y. I., Sidiq, A., Lisdayanti, E., Handayani, N., Hafizt, M., Nurhasyim, Purwandana, L. A., Setiastuti, A., Dzumalek, A. R., Kefi, A., Syahidah, A., & Paulus, P. C. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Taman Nasional Komodo dan sekitarnya, Nusa Tenggara Timur*. COREMAP-CTI, Jakarta: 131 pp.

Hoeksema, B. W., & Putra, K. S. (2000). The reef coral fauna of Bali in the centre of marine diversity. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium Vol 1*: 173-178.

Hughes, T. P., Graham, N. A., Jackson, J. B., Mumby, P. J., & Steneck, R. S. (2010). Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends in ecology & evolution*, *25*(11), 633-642.

Hughes, T. P., Barnes, M. L., Bellwood, D. R., Cinner, J. E., Cumming, G. S., Jackson, J. B., Kleypas, J., van de Leemput, I. A., Lough, J. M., Morrison, T. H., Palumbi, S. R., van Nes, E.H., & Scheffer, M. (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, *546*(7656), 82-90.

Jaap, W. C. (2000). Coral reef restoration. *Ecological engineering*, *15*(3-4), 345-364.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Jompa, J. (2019). *Monitoring kondisi terumbu karang dan ekosistem terkait di Kabupaten Kepulauan Selayar COREMAP-CTI tahun 2019*. UNHAS, Makassar: 196 pp.

Kug, J.S., & Kang, I.S. (2006). Interactive feedback between ENSO and the Indian Ocean. *J. Climate, 19*, 1784–1801.

Luasunaung, A., Manoppo, V., & Schaduw, J. N. (2015). Monitoring dan evaluasi lokasi penyelaman Pulau Bunaken Taman Nasional Bunaken Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. *Spatial: Journal of Geographical Studies*, *14*(2), 1-7.

Marasabessy, I., Fahrudin, A., Imran, Z., & Agus, S. B. (2019). Identifikasi kondisi ekosistem terumbu karang Pulau Nusa Manu dan Nusa Leun di Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, *1*(1), 1-13.

Mumby, P. J., & Hastings, A. (2008). The impact of ecosystem connectivity on coral reef resilience. *Journal of Applied Ecology*, *45*(3), 854-862.

Mumby, P.J., & Steneck, R. S. (2008). Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trends in ecology & evolution*, *23*(10), 555-563.

Munasik, Pribadi, R., Riniatsih, I., Romadhoni, A. A., Dewi, R. A., Brasmata, A. F. Y., Arbanto, B., Bahari, A. S., Afkar, M. Z., Teguh, R., Aufar, S. N., Saragih, J. E., & Widyo, M. A. (2019). *Kondisi ekosistem terumbu karang dan ekosistem terkait di Perairan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan*. UNDIP, Semarang: 114 pp.

Prayudha, B., Tuti, Y., Utama, R. S., Arbi, U. Y., Vimono, I. B., Edrus, I. N., Faricha, A., Suyadi,R., Renyan, J., Rahmawati, S., Kusnadi, A., Alifatri, L., Salatalohi, A., Triandiza, T., & Dzumalex, A. R. (2019). *Baseline terumbu karang dan ekosistem terkait di Pulau Kei Kecil dan Sekitarnya, Kota Tual dan Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku.* COREMAP-CTI, Jakarta: 121 pp.

Rahmawati, S., & Hernawan, U. E. (2019). *Pemantauan Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Bintan Tahun 2019*. COREMAP-CTI, Jakarta: 110 pp.

Razai, T. S., Putra, R. D., Kurniawan, D., Lestari, F., Febrianto, T., & Putra, I. P. (2019). *Monitoring ekosistem terumbu karang dan ekosistem terkait di Perairan Natuna dan sekitarnya 2019*. UMRAH, Tanjung Pinang:

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

126 pp.

Rizki, M. P., Souhoka, J., Makatipu, P. C., Purwandana, L. A., Kusnadi, A., Nurdiansyah, D., Patty, S. I., & Dzumalek, A. R. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait Suaka Alam Perairan (SAP) Raja Ampat, Provinsi Papua Barat, tahun 2019*. COREMAP-CTI, Jakarta: 81 pp.

Rogers, C. S. (2013). Coral reef resilience through biodiversity. *ISRN Oceanography*. http://dx.doi.org/10.5402/2013/739034

Rondonuwu, A., Lumingas, L. J.L., Bataragoa, N. E., Manengkey, H. K., Kondoy, K. I. F., Rangan, J. K., Makatipu, P., Nurdiansyah, D., Tampaguma, B., & Kambey, A. G. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Pulau Salawati dan Pulau Batanta Kabupaten Raja Ampat - Provinsi Papua Barat 2019*. UNSRAT, Manado: 149 pp.

Samsuardi, Bukhari, Eriza, Yennafri, Indra, G., Arafat, Y., Amrullah, M. Y., Guswanto, H., & Miswandi, M. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Taman Wisata Perairan (TWP) Selat Bunga Laut Kabupaten Kepulauan Mentawai, COREMAP-CTI Tahun 2019*. UBH, Padang: 132 pp.

Saputra, M. T., & Sadarun, B. (2019). Hubungan antara kondisi tutupan karang hidup dengan kelimpahan ikan Chaetodontidae di Perairan Lalanu, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, *4*(2), 53-60.

Sari, N. P., Abrar, M., Siringoringo, R. M., Nurhasyim, Putra, R. D., Sinaga, M., Jumsurizal, Irawan, Lestari, F., Pangenstyansyah, Rasidin, A., Sutiyadi, R., Sianturi, O. R., & Perisha, B. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kawasan Konservasi Perairan Nasional, Taman Wisata Perairan, Kepulauan Anambas dan laut sekitarnya*. COREMAP-CTI, Jakarta: 89 pp.

Setiawan, F., Muttaqin, A., Tarigan, S. A., Muhidin, M., Hotmariyah, M., Sabi, A., & Pingkan, J. (2017). Pemutihan Karang Akibat Pemanasan Global Tahun 2016 Terhadap Ekosistem Terumbu Karang: Studi Kasus Di TWP Gili Matra (Gili Air, Gili Meno dan Gili Trawangan) Provinsi NTB. *Journal of Fisheries and Marine Research*, *1*(2), 39-54.

Siringoringo, R. M., & Hadi, T. A. (2013). Kondisi dan distribusi karang batu (scleractinia corals) di perairan Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *5*(2), 273-285.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Suharsono. (2008). *Jenis-jenis karang di Indonesia*. COREMAP II, Jakarta: 372pp.

Suryono, S., Munasik, M., Ario, R., & Handoyo, G. (2017). Inventarisasi bio-ekologi terumbu karang di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, *20*(1), 60-64.

Suyarso, Suharsono, Supriyadi, H. I., Cappenbergh, H. A. W., Edrus, I. N., Utama, R. S., Suharti, S. R., Faricha, A., Hafizt, M., Permadi, S., Budiyanto, A., Picasou, J., Salatalohi, A., Rasyidin, A., & Nurjamin. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait Kawasan Konservasi Sumber Daya Alam Taman Laut Nasional Kepulauan Taka Bonerate Kabupaten Selayar Sulawesi Selatan*. COREMAP-CTI, Jakarta: 92 pp.

Tomascik, T. , Mah, A. J., Nontji, A., & Moosa, M. K. (1997). *The ecology of the Indonesian seas part two*. Oxford University Press, Oxford: 744pp.

Utama, R. S., Cappenbergh, H. A. W., Anggraeni, D., Edrus, I. N., Makatipu, P., Irawan, A., Dharmawan, I. W. E., Budiyanto, A., Dzumalex, A. R., & Salatalohi, A. (2019). *Kondisi kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara*. COREMAP-CTI, Jakarta: 102 pp.

Veron J.E.N., Devantier, L. M., Turak, E., Green, A. L., Kininmonth, S., Stafford-Smith, M., & Peterson, N. (2009). Delineating the coral triangle. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies, 11*: 91-100.

Veron, J.E.N. (2000). Corals of the world vol1. AIMS, Twonsville: 463pp.

Welly, M., Lazuardi, M. E., Sanjaya, W., & Prasetya, D. (2016). *Kondisi fisik dan social ekonomi pesisir Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur (2015)*. The Nature Conservancy, Bali: 124 pp.

Welly, M., Lazuardi, M.E., Sanjaya, W., Prasetya, D., & Hendrawan, G. (2016). *Kondisi biofisik dan sosial ekonomi Pesisir Bali (2015)*. The Nature Conservancy, Bali: 168 pp.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Appendix 1.

The status of Indonesian coral reefs 2019

No.	Location	No. of Reefs	Excellent	Good	Fair	Poor
	WESTERN					
1	Weh, Sabang (Aceh)*	12	0	0	8	4
2	Simeulue Island (Aceh)	5	0	0	3	2
3	Sibolga dan Tapanuli Tengah (Sumatra Utara)	13	0	0	7	6
4	Nias Utara (Sumatra Utara)*	10	0	0	0	10
5	Kepulauan Hinako, Nias Barat (Sumatra Utara)	4	0	0	2	2
6	Teluk Dalam Nias Selatan (Sumatra Utara)	3	0	0	0	3
7	P.P. Batu, Nias Selatan (Sumatra Utara)	9	0	0	0	9
8	Mentawai Islands (Sumatra Barat)*	9	0	0	3	6
9	KKPN Pieh (Sumatra Barat)*	13	1	3	4	5
10	Pieh (Sumatra Barat)*	4	0	0	0	4
11	Enggano (Bengkulu)	12	0	1	3	8
12	Pulau Tikus (Bengkulu)	3	0	0	3	0
13	Kaur (Bengkulu)	7	0	1	3	3
14	Pulau Pisang (Lampung Barat)	14	5	5	4	0
15	Teluk Ratai (Lampung)	4	1	2	0	1
16	Bakauheni (Lampung)*	10	0	2	3	5
17	Lampung Bay (Lampung)	18	5	8	3	2
18	Krakatau (Lampung)	8	0	1	5	2
19	Tambelan Island (Kepulauan Riau)	12	8	3	1	0
20	KKPN Anambas (Kepulauan Riau)*	12	0	1	11	0
21	Natuna Islands (Kepulauan Riau)*	19	0	0	9	10
22	Bintan (Kepulauan Riau)*	14	0	3	10	1
23	Senayang-Lingga (Kepulauan Riau)*	11	0	0	10	1
24	Batam (Kepulauan Riau)*	19	0	3	13	3
25	Bangka (Bangka Belitung)	10	1	3	3	3
26	Belitung (Bangka Belitung)*	11	0	2	7	2
27	Belitung Timur (Bangka Belitung)	10	0	7	3	0
28	Merak (Banten)	5	0	0	1	4
29	Ujung Kulon Selat Sunda (Banten)	16	0	1	6	9

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

30	Teluk Banten (Banten)	4	0	4	0	0
31	Kepulauan Seribu (Jakarta)	52	0	16	12	24
32	Indramayu (Jawa Barat)	10	6	1	2	1
33	Nusakambangan Islands (Jawa Tengah)	3	0	0	1	2
34	Jepara (Jawa Tengah)	7	0	1	3	3
35	Karimun Jawa (Jawa Tengah)	38	10	15	12	1
36	Pantai Wediombo Gn Kidul (Jogjakarta)	3	0	0	2	1
37	Trenggalek (Perigi Bay) (Jawa Timur)	5	0	0	0	5
38	Madura Island (Jawa Timur)	12	2	8	2	0
39	Kangean Islands (Jawa Timur)	7	0	4	3	0
40	Bawean Islands (Jawa Timur)	8	0	2	6	0
41	TN. Baluran, Situbondo (Jawa Timur)	5	1	0	2	2
42	Pasir Putih Situbondo (Jawa Timur)	4	0	2	2	0
43	Karimata Islands (Kalimantan Barat)	4	0	1	3	0

	CENTRAL					
44	Kepulauan Matasiri (Kalimantan Selatan)	5	0	0	1	4
45	Sangkulirang (Kalimantan Timur)	3	0	1	1	1
46	Kutai Timur (Kalimantan Timur)	9	2	3	4	0
47	Kota Bontang (Kalimantan Timur)	11	0	0	5	6
48	Kab. Kutai Kartanegara (Kalimantan Timur)	1	0	0	0	1
49	Kab. Penajam Paser Utara (Kalimantan Timur)	3	0	0	1	2
50	Derawan Islands (Kalimantan Timur)*	11	0	0	5	6
51	Gilimanuk Bay (Bali)	6	0	1	1	4
52	Bali Island (Bali)	19	1	4	2	12
53	KKPN Gili Matra (NTB)*	8	0	1	2	5
54	Lombok Island (NTB)	36	2	7	9	18
55	Sekotong, Lombok (NTB)*	12	0	0	2	10
56	Pulau Keramat, Sumbawa (NTB)	12	5	4	3	0
57	Sumbawa Islands (NTB)	9	0	1	4	4
58	Komodo Islands (NTT)*	12	0	1	8	3
59	Sumba (NTT)*	10	0	0	2	8
60	Kab. Sikka, Maumere (NTT)*	14	0	0	3	11
61	Flores Timur (NTT)	10	0	7	2	1

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

62	Lamalera, Lembata (NTT)	8	0	5	2	1
63	Perairan Lamalera (NTT)	8	0	5	2	1
64	Tablolong dan Semau, Kupang KKPN Laut Sawu (NTT)*	6	0	0	2	4
65	Rote Ndao, KKPN Laut Sawu (NTT)*	6	0	2	0	4
66	Kota Makassar (Sulawesi Selatan)*	13	0	1	6	6
67	Pangkep (Sulawesi Selatan)*	15	1	3	6	5
68	Selayar Islands (Sulawesi Selatan)*	15	0	0	9	6
69	KKPN Kapoposang (Sulawesi Selatan)*	13	0	6	7	0
70	Taka Bonerate Islands (Sulawesi Selatan)*	12	0	0	5	7
71	Kendari (Sulawesi Tenggara)*	9	0	3	3	3
72	Buton Islands (Sulawesi Tenggara)*	5	0	1	3	1
73	Buton Tengah (Sulawesi Tenggara)*	5	0	0	2	3
74	Buton Selatan (Sulawesi Tenggara)*	5	0	1	3	1
75	Wakatobi (Sulawesi Tenggara)*	15	0	0	9	6
76	Kabupaten Konawe (Sulawesi Tenggara)	3	0	0	3	0
77	Labengke Island (Sulawesi Tenggara)	10	1	5	4	0
78	Tiga Islands (Sulawesi Tengah)	6	0	0	6	0
79	Togian Island (Sulawesi Tengah)	8	0	4	4	0
80	Banggai (Sulawesi Tengah)	9	1	3	3	2
81	Luwuk (Sulawesi Tengah)	10	2	5	3	0
82	Palu (Sulawesi Tengah)	8	0	6	2	0
83	Kwandang Bay (Gorontalo)	4	0	2	2	0
84	Dulupi Island (Gorontalo)	4	0	0	3	1
85	Pantai Manado (Sulawesi Utara)	3	0	0	3	0
86	Minahasa (Sulawesi Utara)	3	0	2	0	1
87	Bunaken & Siladen (Sulawesi Utara)	10	4	3	2	1
88	Selat Lembeh, Bitung (Sulawesi Utara)	13	2	6	2	3
89	Kumeke Islands (Sulawesi Utara)	9	1	2	2	4
90	Kepulauan Tagulandang (Sulawesi Utara)	3	1	1	1	0

	EASTERN					
91	Ternate (Maluku Utara)*	5	0	0	1	4
92	Tidore (Maluku Utara)*	6	0	1	4	1
93	Halmahera Barat (Maluku Utara)*	3	0	1	1	1
94	Tobelo Halmahera Utara (Maluku Utara)	14	0	4	2	8

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

95	Jiew Island (Maluku Utara)	3	0	0	3	0
96	Ambon Bay (Maluku)	10	1	5	2	2
97	Bagian Barat Seram (Maluku)	4	0	3	1	0
98	Bagian Timur Seram (Maluku)	16	0	3	8	5
99	Kepulauan Kei (Maluku)	17	2	3	7	5
100	Tual (Maluku)*	10	0	2	4	4
101	Kepulauan Leti (Maluku)	7	0	3	3	1
102	KKPN Aru Tenggara (Maluku)*	12	0	2	6	4
103	KKPN Laut Banda (Maluku)*	12	0	4	3	5
104	Lucipara Islands (Maluku)	8	5	3	0	0
105	Pulau Wetar (Maluku)	8	0	1	5	2
106	Morotai (Maluku)	14	0	0	1	13
107	Maluku Tengah (Maluku)	4	0	1	3	0
108	Misool Raja Ampat (Papua Barat)	7	0	1	5	1
109	KKPN Kab. Raja Ampat (Papua Barat)*	9	0	2	4	3
110	Cendrawasih Bay (Papua Barat)	12	1	7	4	0
111	KKPN Waigeo Barat (Papua Barat)*	8	0	0	4	4
112	Selatan Waigeo Kab Raja Ampat (Papua Barat)	7	0	1	4	2
113	Batang Pele, Kab Raja Ampat (Papua Barat)	5	0	2	3	0
114	Salawati & Batanta, Kab Raja Ampat (Papua Barat)*	12	0	0	7	5
115	Bras Fanildo Island (Papua Barat)	3	0	3	0	0
116	Fani Island (Papua Barat)	4	0	4	0	0
117	Ayau Islands (Papua Barat)	6	0	0	5	1
118	Biak (Papua)*	13	0	0	3	10
119	Liki Island (Papua)	6	0	2	3	1
120	Bepondi Island (Papua)	3	0	0	1	2
121	Miosnum Island (Papua)	4	1	1	1	1
122	KKPN Padaido (Papua)*	13	1	3	4	5
	Total	1153	74	258	431	390
	Percentage (%)		6,42%	22,38%	37,38%	33,82%

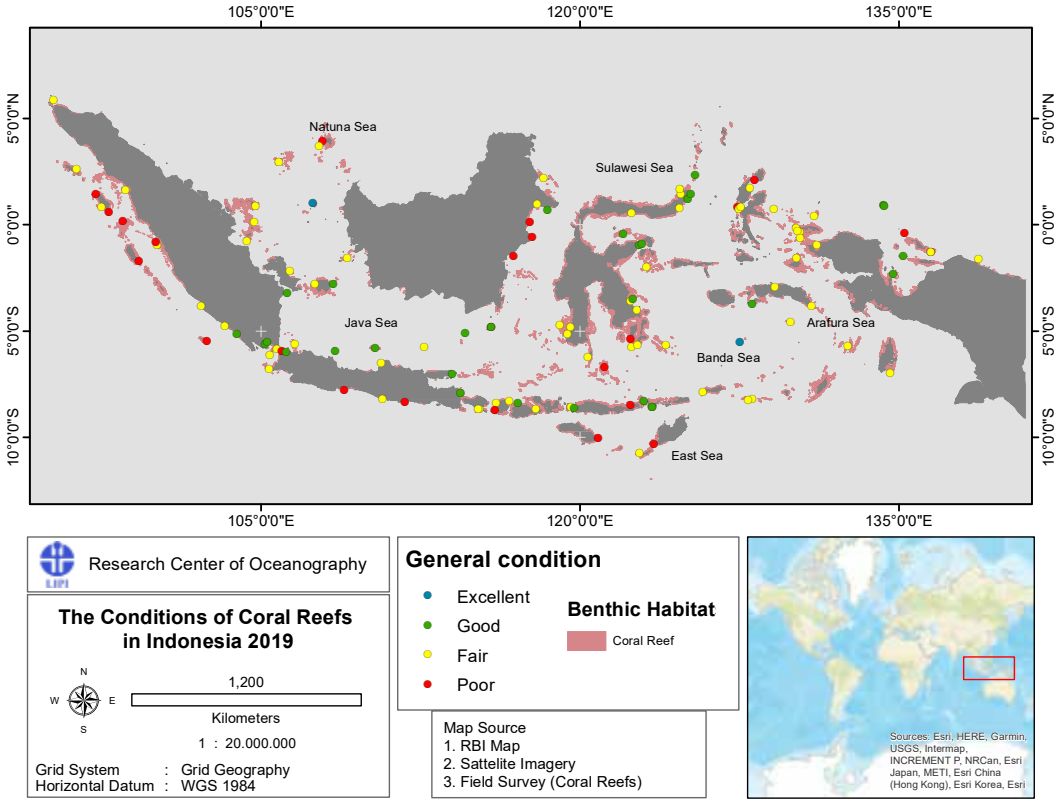
***COREMAP-CTI's monitoring locations**

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

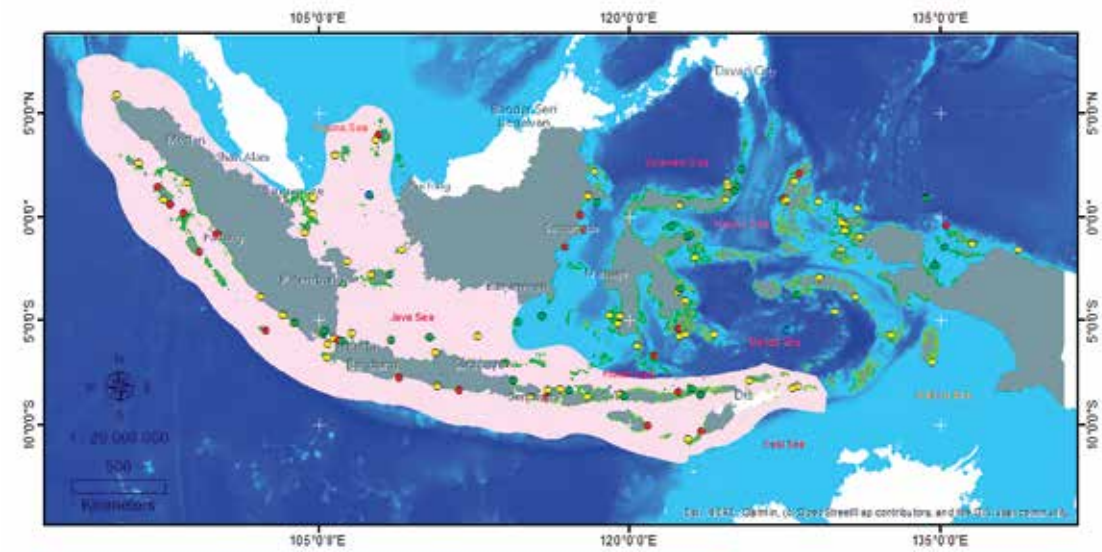
Appendix 2.

The conditions of coral reefs in Indonesia and its threats

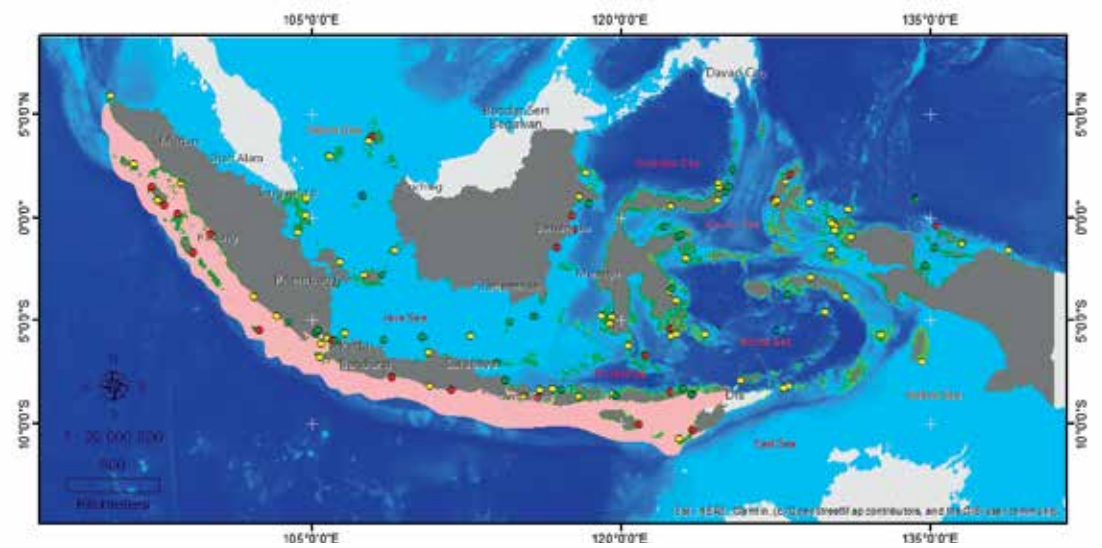
(reef category: red = poor; yellow = fair; green = good; blue = excellent)



The conditions of coral reefs in Indonesia

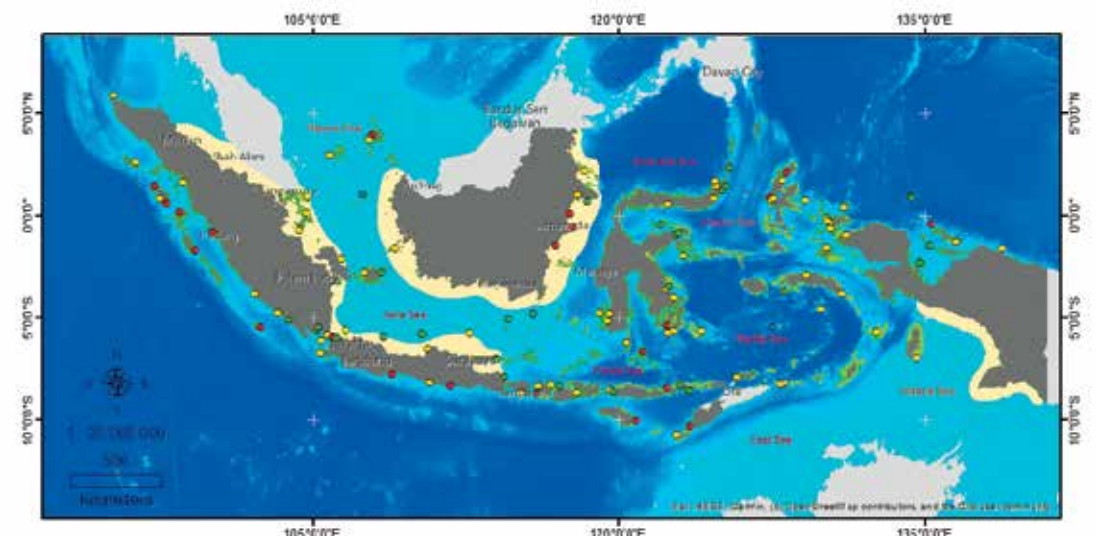


Potentially bleaching areas (based on the bleaching event in 1983, 1997, 2010 and 2015)

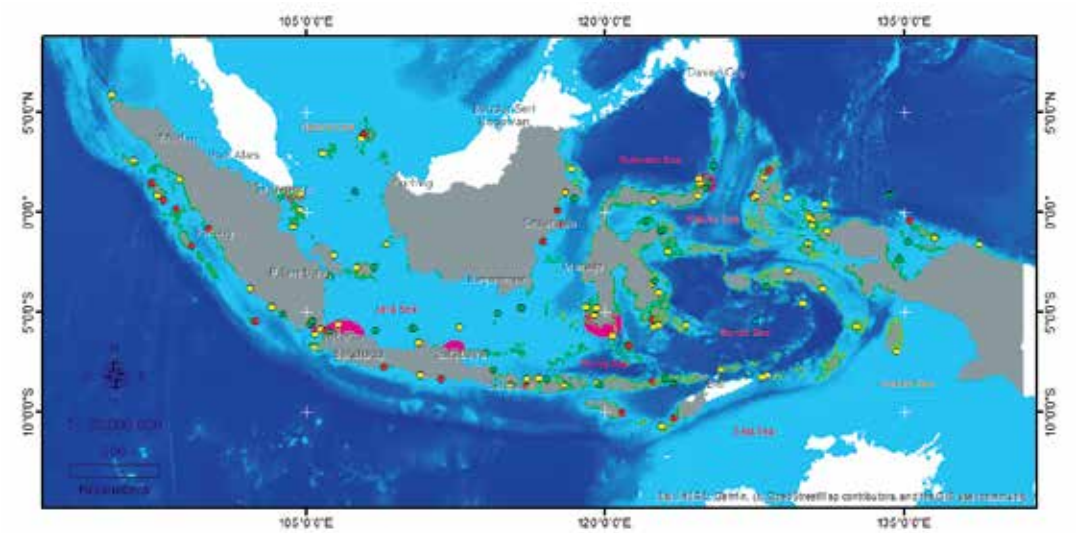


High energy waves

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

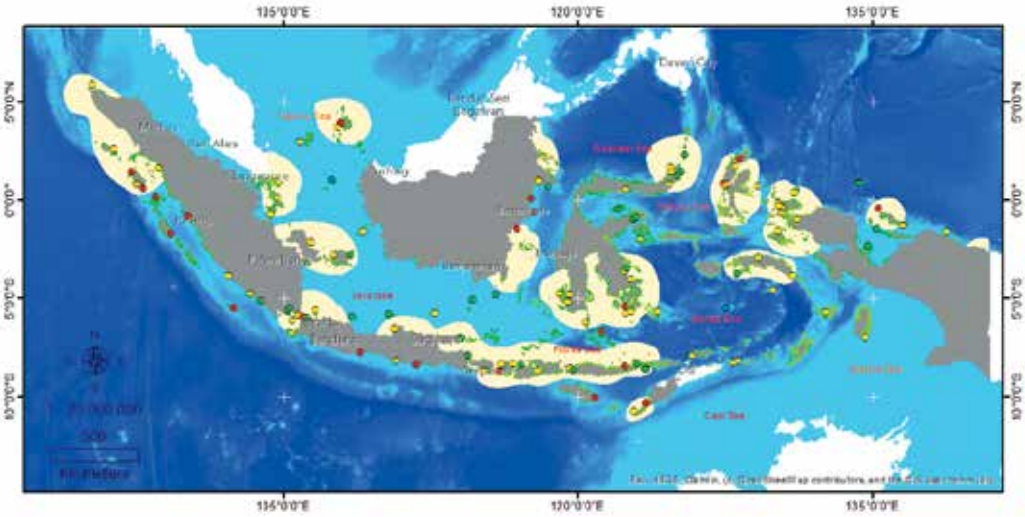


Low salinity

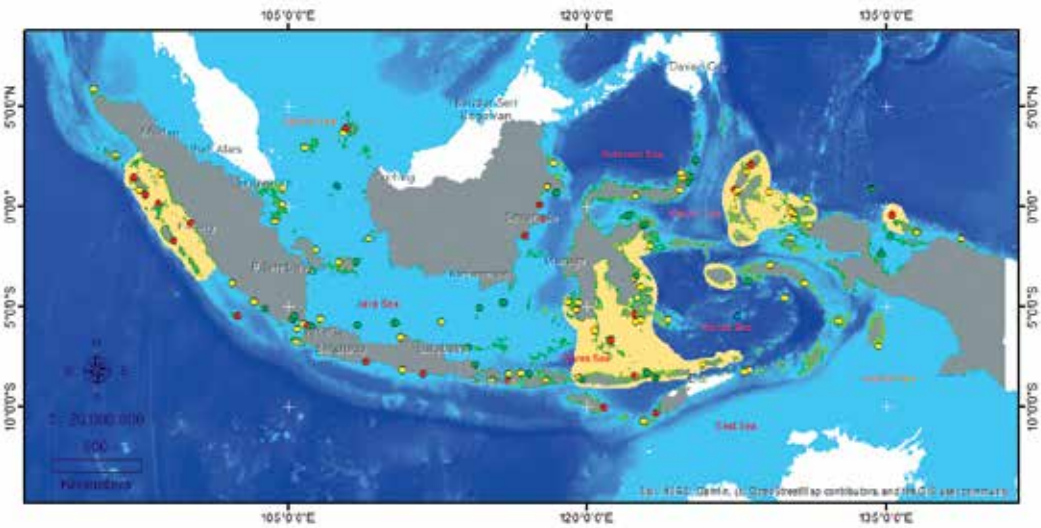


Land-based pollution

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

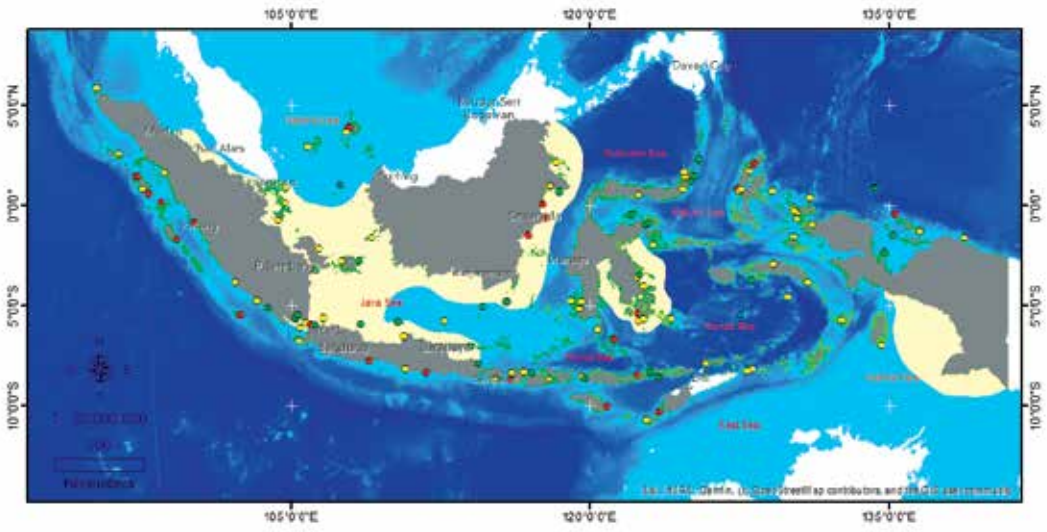


Developing areas and tourism

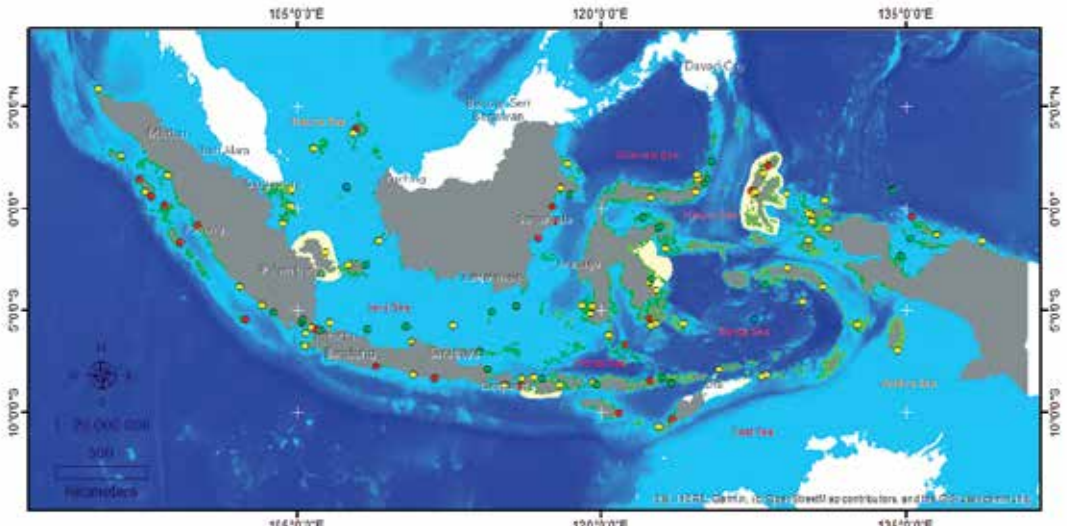


Blast fishing (based on field observations and interviews with locals)

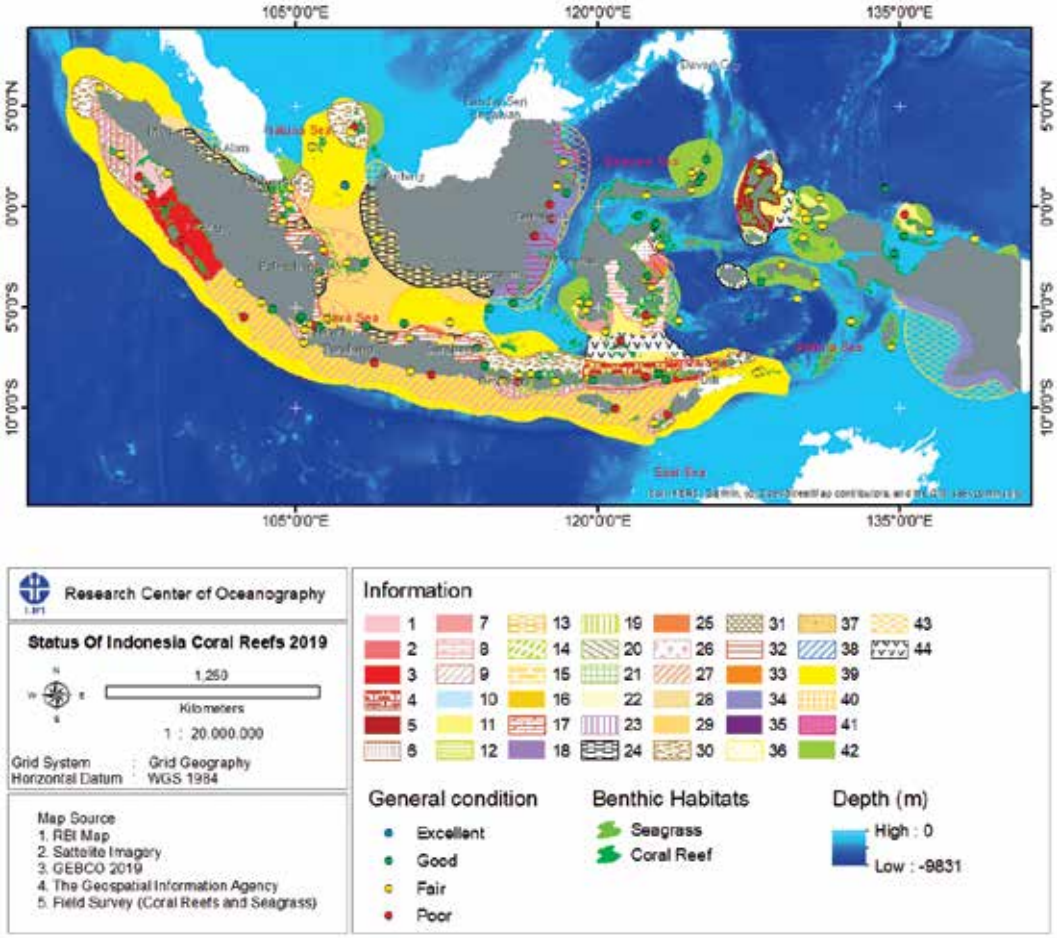
PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT



Sedimentation



Mining activities



Various threats on Indonesian coral reefs

1. Blast fishing, potentially bleaching area, high energy wave, developing area and tourism
2. Blast fishing, mining activity, sedimentation, developing area and tourism
3. Blast fishing, potentially bleaching area, high energy wave
4. Blast fishing, potentially bleaching area, developing area and tourism
5. Blast fishing, mining activity, developing area and tourism
6. Blast fishing, mining activity, sedimentation
7. Blast fishing, land-based pollution, developing area and tourism
8. Blast fishing, sedimentation, developing area and tourism
9. Blast fishing, potentially bleaching area
10. Blast fishing, mining activity
11. Blast fishing, developing area and tourism

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

12. Potentially bleaching area, high energy wave, land-based pollution, sedimentation, developing area and tourism
13. Potentially bleaching area, high energy wave, sedimentation, developing area and tourism
14. Potentially bleaching area, high energy wave, mining activity, developing area and tourism
15. Potentially bleaching area, low salinity, land-based pollution, developing area and tourism
16. Potentially bleaching area, low salinity, land-based pollution, sedimentation
17. Potentially bleaching area, low salinity, sedimentation, developing area and tourism
18. Potentially bleaching area, low salinity, mining activity, developing area and tourism
19. Potentially bleaching area, low salinity, mining activity, sedimentation
20. Potentially bleaching area, mining activity, sedimentation, developing area and tourism
21. Potentially bleaching area, land-based pollution, sedimentation, developing area and tourism
22. Potentially bleaching area, high energy wave, sedimentation
23. Potentially bleaching area, high energy wave, developing area and tourism
24. Potentially bleaching area, low salinity, sedimentation
25. Potentially bleaching area, low salinity, developing area and tourism
26. Potentially bleaching area, sedimentation, developing area and tourism
27. Potentially bleaching area, high energy wave
28. Potentially bleaching area, low salinity
29. Potentially bleaching area, sedimentation
30. Potentially bleaching area, developing area and tourism
31. Low salinity, land-based pollution, developing area and tourism
32. Low salinity, sedimentation, developing area and tourism
33. Low salinity, sedimentation
34. Low salinity, developing area and tourism
35. Mining activity, sedimentation, developing area and tourism
36. Mining activity, sedimentation
37. Land-based pollution, developing area and tourism
38. Sedimentation, developing area and tourism
39. Potentially bleaching area
40. Low salinity
41. Mining activity
42. Developing area and tourism
43. Sedimentation
44. Blast fishing

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Belitung, Bangka Belitung

TRI ARYONO HADI, MUHAMMAD ABRAR, GIYANTO, BAYU PRAYUDHA, OFRI JOHAN, AGUS BUDIYANTO
AHMAD REZA DZUMALEK, LA ODE ALIFATRI, SITI SULHA, SUHARSONO

STATUS
TERUMBU KARANG INDONESIA
2019

LIPI

PUSAT PENELITIAN OSEANOGRAFI (P2O)
Coral Reef Rehabilitation and Management Program
Coral Triangle Initiative (COREMAP – CTI)
2020

COREMAP - CTI

STATUS TERUMBU KARANG INDONESIA 2019

© Pusat Penelitian Oseanografi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Penulis : Tri Aryono Hadi, Muhammad Abrar, Giyanto, Bayu Prayudha, Ofri Johan, Agus Budiyanto, Ahmad Reza Dzumalek, La Ode Alifatri, Siti Sulha, Suharsono
Foto : Agus Budiyanto, Muhammad Abrar, Tri Aryono Hadi, Yunaldi
Desain : Dudy

ISBN : 978-602-6504-29-6

Sekretariat RHM
Pusat Penelitian Oseanografi
Pasir Putih 1, Ancol Timur
Jakarta Utara 14430
Telp. 021-64713850
Email: rhmsekretariat@gmail.com
http://indocoasting.id
http://oseanografi.lipi.go.id

Status Terumbu Karang Indonesia 2019
Tri Aryono Hadi...et al.,2019
-- Jakarta : Puslit Oseanografi - LIPI.
vi + 88 hlm.; 17,6 cm x 25 cm
Bibliografi : hlm. 71

Pengantar

Kondisi iklim global yang tidak dapat diprediksi dan populasi manusia yang terus meningkat, berakibat pada kecenderungan ekosistem untuk mengalami degradasi baik di darat maupun di laut. Sebagai negara kepulauan, ekosistem pesisir memainkan peran penting, tidak hanya melindungi garis pantai dari abrasi tetapi juga mendukung sektor ekonomi bagi masyarakat lokal. Dalam hal ini, ekosistem pesisir yang rusak dapat berdampak pada produksi perikanan dan sektor ekowisata dan akhirnya mengancam perekonomian nasional. Oleh karena itu, sangat penting untuk menginformasikan status terumbu karang saat ini beserta trennya. sehingga para pembuat kebijakan dapat mengatasi masalah-masalah yang mungkin berbeda di antara wilayah-wilayah tersebut.

Pusat Penelitian Oseanografi (P2O), melalui COREMAP-CTI, memiliki tanggung jawab untuk memantau kondisi terumbu karang di seluruh perairan Indonesia untuk memberikan informasi mengenai kondisi terumbu karang dan tren, serta solusi untuk memaksimalkan sistem manajemen. Selain itu, P2O telah ditunjuk menjadi walidata terumbu karang Indonesia dan berkontribusi dalam pembuatan kebijakan 'satu peta'. Terakhir, penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat sedini mungkin sehingga kontribusi mereka akan nyata dan besar di masa depan.

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada tim yang telah bekerja keras untuk membuat buku ini, dan berharap ini bermanfaat bagi para pemangku kepentingan, masyarakat pesisir, komunitas pemerhati lingkungan serta ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juni 2020

Kepala Pusat Penelitian Oseanografi
Dr. Augy Syahailatua, M. Sc

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

I Pendahuluan

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan dengan jumlah pulau yang telah terverifikasi yaitu 16.056. Kondisi Indonesia yang terletak di wilayah tropis membuat perairan hangat sepanjang tahun dan kondisi ini cocok untuk biota-biota laut untuk berkembang. Selain itu, Indonesia adalah bagian dari wilayah segitiga karang dunia, dengan keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia. Dalam hal ini, ada sekitar 569 spesies dan 83 genus karang batu yang tercatat, atau mewakili sekitar 69% (species) dan 76% (genus) karang batu di seluruh dunia. Lebih lanjut, ada 4 spesies endemik yang tercatat di Indonesia, yaitu *Acropora suharsonoi* (Lombok), *Euphyllia baliensis* (Bali), *Indophyllia macassarensis* (Makassar), dan *Isopora togianensis* (Togean) (Gambar 1). Untuk melestarikan habitat dan keanekaragaman hayati, pada pertengahan 2019 pemerintah telah memiliki 22,68 juta hektar kawasan konservasi laut, atau sekitar 6% dari wilayah laut Indonesia.

Sebagai negara terpadat keempat di dunia dengan sekitar 270 juta jiwa, wilayah pesisir Indonesia rentan terhadap degradasi karena aktivitas manusia. Dampaknya dapat terlihat jelas di beberapa kota-kota besar yang terletak dekat dengan wilayah pesisir, seperti Jakarta, Surabaya, Makassar, dan Batam. Bencana alam, seperti gempa bumi dan tsunami, juga terkadang terjadi dan berdampak negatif pada terumbu karang. Masalah utama lainnya adalah peningkatan suhu laut yang menyebabkan pemutihan karang di banyak lokasi, terutama di bagian selatan dan barat Indonesia. Meskipun faktor-faktor ini tidak dapat dihindari, terlihat terumbu menunjukkan adanya kemampuan untuk pulih, tergantung pada intensitas dan frekuensi stressor, potensi resiliensi, dan kondisi lingkungan. Program pengelolaan dan rehabilitasi terumbu karang (COREMAP) adalah program nasional jangka panjang yang bertujuan untuk mengelola terumbu karang Indonesia dan ekosistem pesisir terkait lainnya agar tetap berkelanjutan dan memberikan manfaat bagi kesejahteraan masyarakat pesisir. Salah satu komponen utama dari program ini adalah monitoring kondisi ekosistem pesisir,

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

khususnya terumbu karang, lamun dan mangrove (dua ekosistem terakhir telah dipantau sejak 2015). Komponen lainnya adalah peningkatkan kesadaran masyarakat melalui pendidikan, diseminasi dan pelatihan dimana masyarakat diharapkan untuk dapat berpartisipasi aktif dalam konservasi ekosistem. Singkatnya, program ini tidak hanya berfokus pada pengelolaan ekosistem, tetapi juga masyarakat sebagai faktor kunci keberhasilan program.

II Distribusi terumbu karang di Indonesia

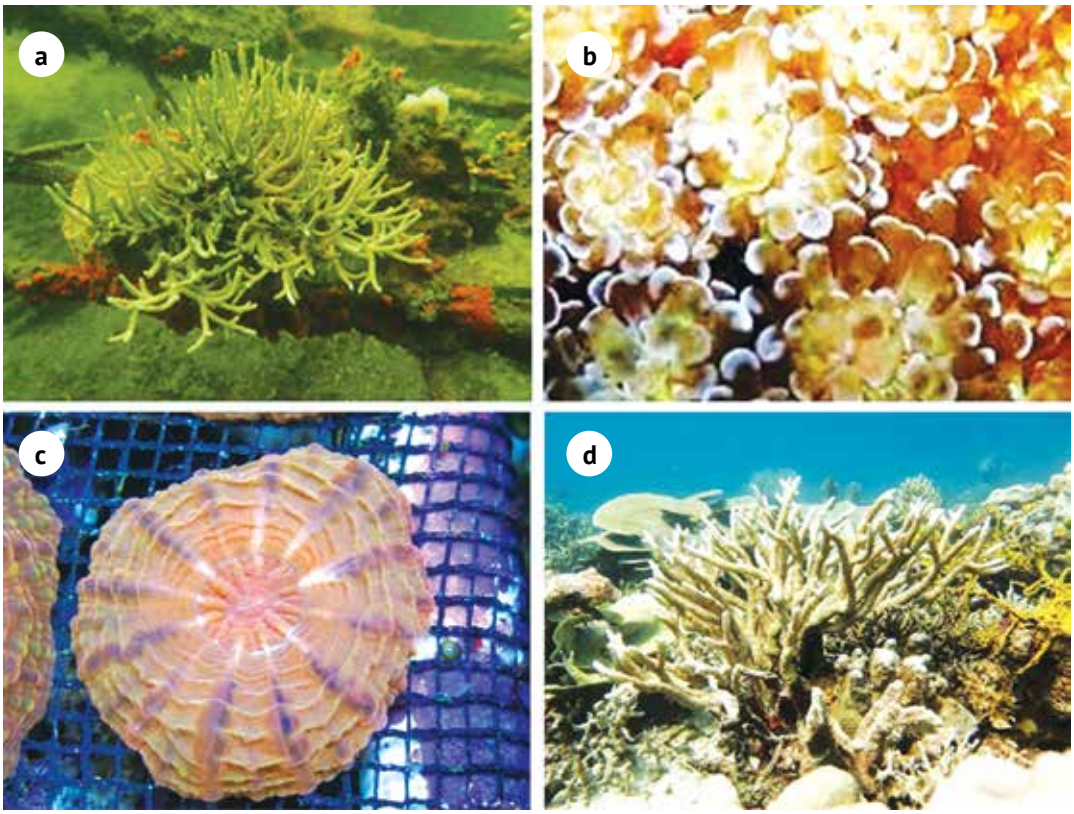
Terumbu karang di Indonesia tersebar dari Pulau Rondo – Aceh (pulau terluar di barat laut kepulauan Indonesia) hingga ke utara Jayapura (kota paling timur di Indonesia). Terumbu karang di pantai barat Sumatra (termasuk pulau-pulau terluar seperti Pulau Rondo, Pulau Weh, Pulau Banyak, Pulau Simeulue, Pulau Nias, Pulau Batu, Pulau Siberut, Pulau Pagai, Pulau Sipora, dan Pulau Enggano) umumnya masuk dalam kondisi buruk hingga sedang dengan keanekaragaman karang batu yang rendah. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan, khusunya Samudra Hindia yang secara alami mempunyai biodiversitas yang lebih rendah daripada Samudra Pasific. Lebih lanjut, tidak semua pulau dikelilingi oleh terumbu karang, tetapi hanya patches – patches terutama di pulau-pulau terluar. Di sisi lain, terumbu di pantai timur Sumatra tidak dapat berkembang dengan baik karena banyak sungai mengalir ke timur, sehingga salinitas rendah dan kekeruhan tinggi. Namun, di lepas pantai, terumbu patchy umumnya muncul, seperti di Kepulauan Balerang, Senayang Lingga, Bangka Belitung, dan Kepulauan Karimata. Lebih jauh lagi dari daratan, terumbu karang berkembang dengan baik terutama di tengah Laut Natuna, termasuk Kepulauan Anambas, Kepulauan Natuna, dan Kepulauan Tambelan.

Pulau Kalimantan yang didominasi oleh lahan gambut dan banyak sungai besar memiliki terumbu karang yang tidak berkembang dengan baik. Dekat dengan daratan, terumbu karang berupa patches seperti di Sangkulirang. Terumbu karang berkembang dengan baik terutama yang berada jauh di lepas

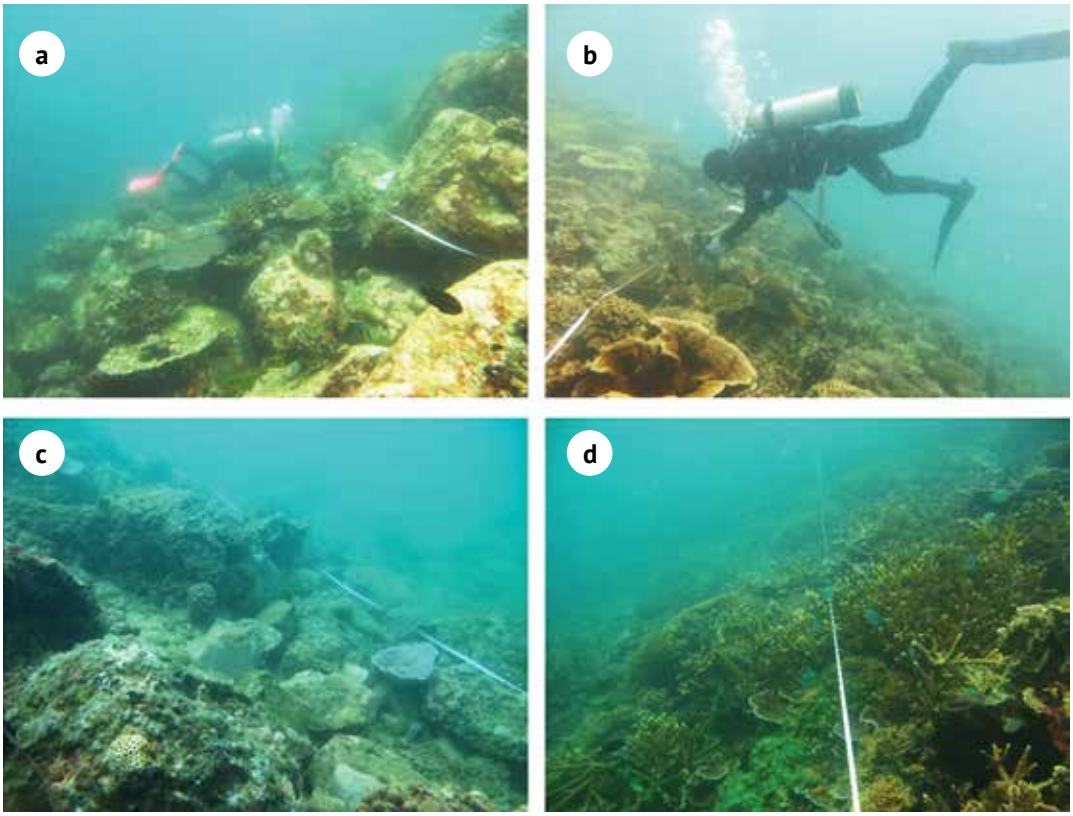
PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

pantai Pulau Kalimantan, seperti di Kepulauan Derawan, Kepulauan Matasiri, dan Kepulauan Karimata.

Terumbu di sepanjang pantai Jawa biasanya berupa patches-patches, seperti di Teluk Banten, Teluk Jakarta, Jepara, Pasir Putih, Baluran, Nusa Kambangan, Wediombo dan Teluk Prigi. Terumbu karang tumbuh dengan baik di lepas pantai utara Pulau Jawa dan umumnya berbentuk gugusan pulau-pulau, seperti Kepulauan Seribu, Karimun, Bawean, dan Kepulauan Kangean. Selain itu, karang lebih beranekaragam di utara dibandingkan dengan selatan, karena dibatasi oleh kondisi lingkungan yang ekstrem khususnya Samudra Hindia. Terumbu karang berkembang dengan baik dan mencapai puncak keanekaragaman hayati di daerah segitiga karang, diantaranya yaitu Sulawesi, Maluku, Halmahera, Papua Barat, Kepulauan Raja Ampat, Kepulauan Aru,



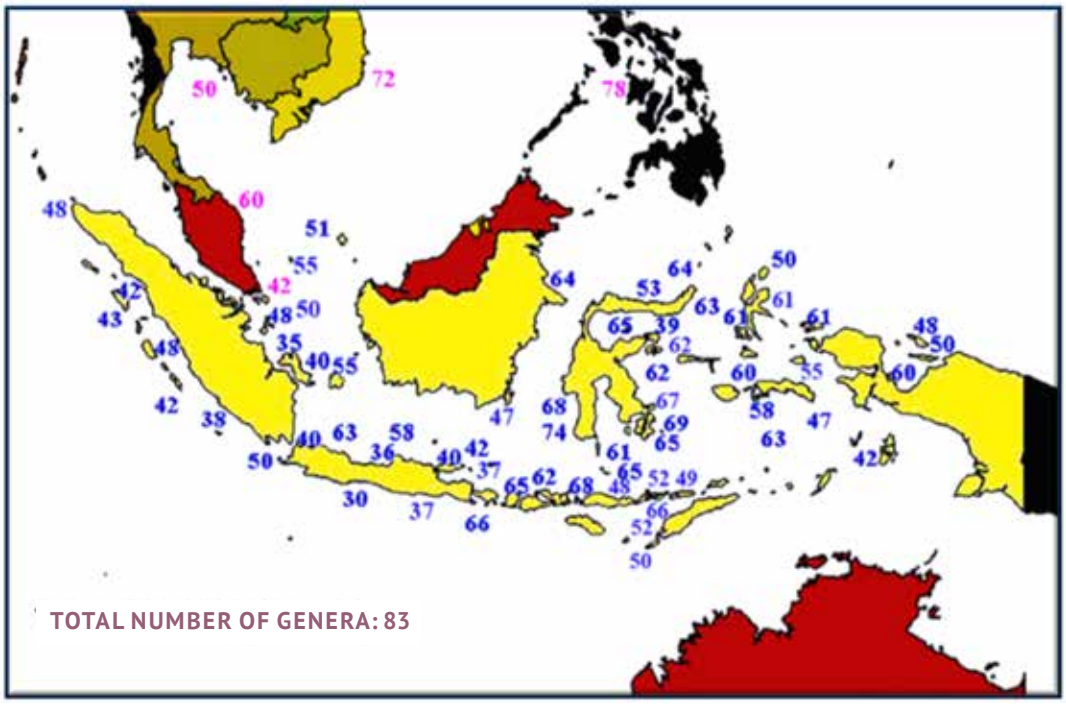
Gambar 1. ***a) Acropora suharsonoi, b) Euphyllia baliensis*** **(courtesy of mahagirinusalembongan.blogspot.com),** ***c) Indophyllia macassarensis, d) Isopora togianensis***



Gambar 2. Terumbu Karang di a) Weh, b) Bintan, c) Pantai Prigi, d) Kepulauan Seribu

Kepulauan Kei, Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, dan Bali. Terumbu karang berkembang secara horizontal dan vertikal hingga kedalaman lebih dari 30 meter. Kondisi-kondisi yang baik ini disebabkan oleh faktor alami yang sangat mendukung, salah satunya yaitu suhu air yang hangat dan jernih yang mengalir terus-menerus dari Pasifik barat ke Samudera Hindia melalui daerah-daerah tersebut (dikenal sebagai *Indonesian throughflow* (ITF)) dan hal ini membuat karang tumbuh lebih baik daripada daerah yang lain. Namun demikian, terumbu karang tidak dapat berkembang dengan baik di sepanjang pantai selatan Papua karena sedimentasi tinggi yang dihasilkan dari muara sungai. Uniknya, terutama di Merauke, karang masih bisa ditemukan di substrat batu kapur meski airnya sangat keruh.

Distribusi karang batu menunjukkan pola umum dimana keanekaragaman genus karang batu semakin rendah seiring bertambah jauhnya jarak dari pusat keanekaragaman hayati (Gambar 3). Di daerah segitiga karang, jumlah genus adalah lebih dari 60 dan kemudian menurun di daerah tepi (pantai barat Sumatra dan pantai selatan Jawa) hingga kurang dari 50 genus. Uniknya, Lesser Sunda, daerah paling selatan Indonesia yang membentang dari Bali hingga NTT, memiliki jumlah genus karang sekitar 60 dan masih termasuk ke dalam wilayah segitiga karang. Daerah ini adalah pintu keluar ITF dan juga dikenal sebagai *refugia* di mana banyak biota terperangkap dan kemudian berkembang, sehingga biodiversitasnya tetap tinggi. Sebagai contoh, ada 36 species karang jamur ditemukan di Bali dan 39 spesies karang jamur di Pulau Komodo. Keberadaan karang-karang jamur tersebut mewakili sekitar 77-83% karang jamur di dunia.



Gambar 3. Sebaran Terumbu Karang di Indonesia

Taman Nasional Komodo, NTT

III Kategori kondisi terumbu karang

Kondisi terumbu karang ditentukan berdasarkan persentase tutupan karang hidup. Dalam hal ini dibagi menjadi 4 kategori sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 4 tahun 2001 tentang kriteria kerusakan terumbu karang (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria baku kerusakan terumbu karang

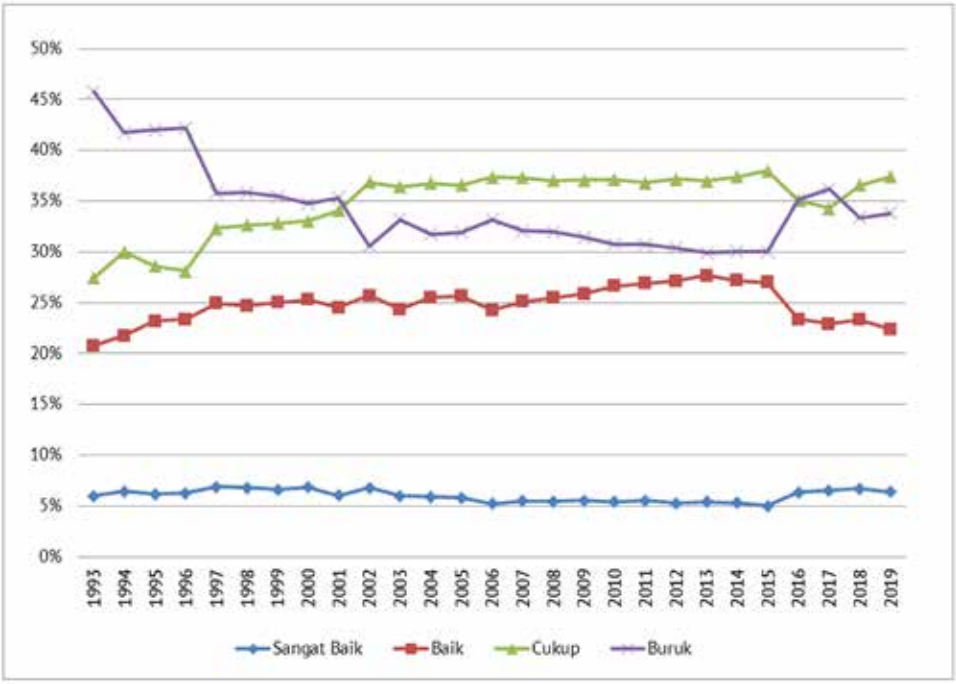
No	Tutupan Karang Hidup (HC)	Kategori
1	HC ≤ 25%	buruk
2	25% < HC ≤ 50%	Cukup
3	50% < HC ≤ 75%	Baik
4	HC > 75%	Sangat Baik

IV Status terumbu karang Indonesia

Kondisi Umum

Berdasarkan data 2019 dari 1153 terumbu, terdapat sekitar 390 terumbu karang (33,82%) masuk kategori buruk, 431 terumbu karang (37,38%) masuk kategori cukup, 258 terumbu karang (22,38%) masuk kategori baik dan 74 terumbu karang (6,42%) masuk kategori sangat baik (Lampiran 1). Selama periode 1993 hingga 2019, secara umum, ada sekitar 30,85 ± 0,29% terumbu yang memiliki persentase tutupan karang lebih dari 50% (terumbu yang baik dan sangat baik) dan trennya relatif stabil meskipun ada kecenderungan naik (terumbu kondisi sangat baik) dan turun (terumbu kondisi baik) dalam lima tahun terakhir (Gambar 4). Di sisi lain, sekitar 69,15 ± 0,29% terumbu memiliki tutupan karang kurang dari 50% (terumbu kondisi buruk dan cukup) dan trennya cenderung berfluktuasi. Dalam hal ini, terumbu-terumbu tersebut cenderung tidak stabil, yaitu masih memungkinkan untuk naik tutupan karang hidupnya

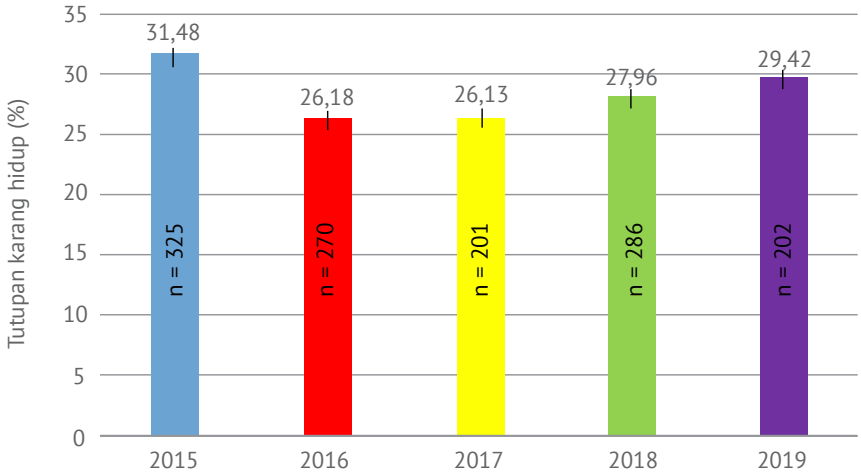
PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT



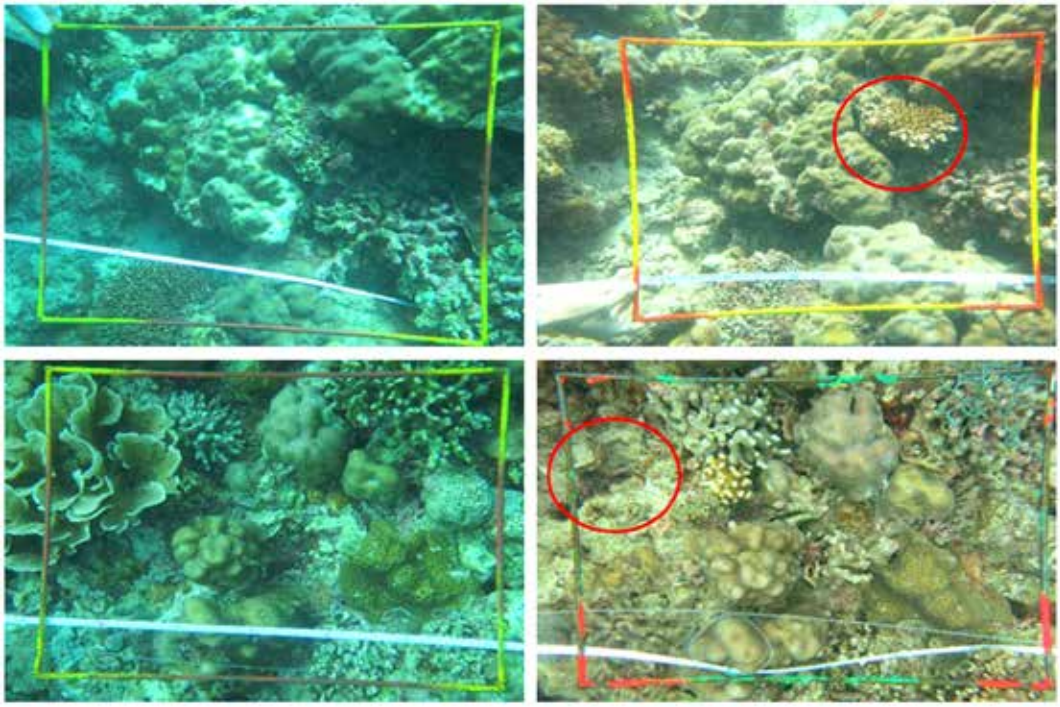
Gambar 4. Tren kondisi terumbu karang Indonesia

karena memiliki lebih banyak ruang bagi larva karang untuk melekat dan tumbuh tetapi sangat rentan terhadap kondisi-kondisi stres (mudah mengalami penurunan). Namun, terumbu karang yang buruk mungkin berada pada kondisi "no return point" yaitu ketika berada di bawah stres kronis yang menyebabkan terumbu karang tersebut hancur. Sebaliknya, dalam beberapa kasus, terumbu karang yang buruk berada pada kondisi stabil karena kondisi lingkungannya yang ekstrem.

Tekanan global, terutama kenaikan suhu permukaan laut, memiliki dampak besar pada terumbu karang Indonesia. Tren kondisi terumbu karang terlihat menurun antara 2015 dan 2016 dan hal ini disebabkan utamanya karena pemutihan karang (*bleaching*). Namun, peristiwa *bleaching* tersebut tidak terjadi di semua lokasi karena terumbu karang Indonesia dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamika yang berbeda-beda dari dua samudera (Pasifik dan Hindia). Selain itu, kondisi geomorfologis Kepulauan Indonesia sangat bervariasi, membuat dampak peningkatan suhu permukaan laut berbeda di antara terumbu-terumbu.



Gambar 5. Tren tutupan karang hidup di lokasi monitoring COREMAP-CTI (n: jumlah terumbu dimonitor)

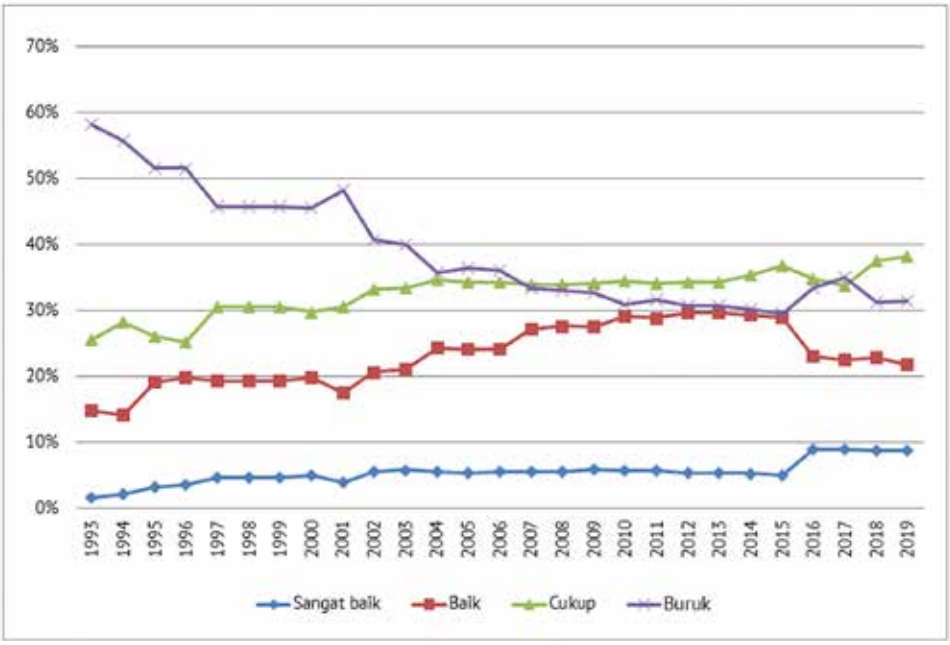


Gambar 6. Perubahan pada komunitas bentik menggunakan transek foto bawah air (kiri : 2016, kanan: 2017)

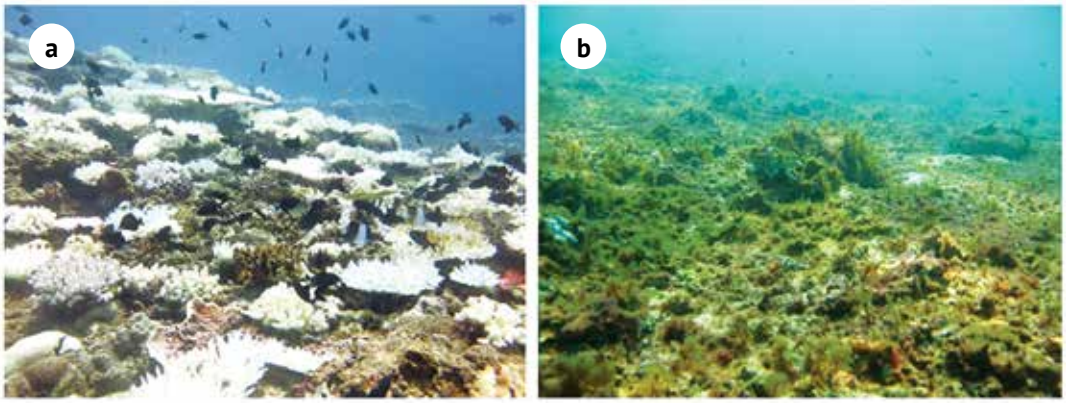
Data hasil monitoring lokasi COREMAP-CTI juga menunjukkan adanya penurunan tutupan karang yang signifikan antara 2015 dan 2016 dan terjadi peningkatan secara bertahap hingga 2019 (Gambar 5). Data dikumpulkan dengan menggunakan transek foto bawah air (Gambar 6) dari banyak lokasi-lokasi terumbu di Indonesia (Lampiran 1). Singkatnya, proses pemulihan setelah *bleaching* masih berlangsung dan fakta ini memberi harapan kepada pengelola-pengelola kawasan di tengah tren penurunan tutupan karang secara global.

Indonesia bagian barat

Di Indonesia bagian barat, kondisi terumbu karang mulai membaik, terlihat dari peningkatan persentase terumbu sangat baik dan cukup (Gambar 7). Kondisi ini, salah satunya, disebabkan perubahan wilayah eksploitasi sumber daya alam; mulanya kegiatan eksploitasi di wilayah barat sangat intens yaitu untuk memenuhi permintaan produk perikanan yang tinggi, tetapi kemudian pindah ke bagian timur yang jauh lebih menjanjikan. Selanjutnya, kesadaran masyarakat telah meningkat; COREMAP fase II mendorong penegakan hukum untuk memerangi penangkapan ikan yang merusak, dan mendorong pengelolaan berbasis masyarakat yang melibatkan masyarakat setempat untuk



Gambar 7. Tren kondisi terumbu karang di Indonesia bagian barat



Gambar 8. a) Peristiwa bleaching tahun 2016, b) terumbu karang tidak dapat kembali ke kondisi semula (terumbu yang didominasi algae)

berpartisipasi aktif dalam mengelola ekosistem pesisir dan hal ini dilakukan di delapan lokasi COREMAP di wilayah barat.

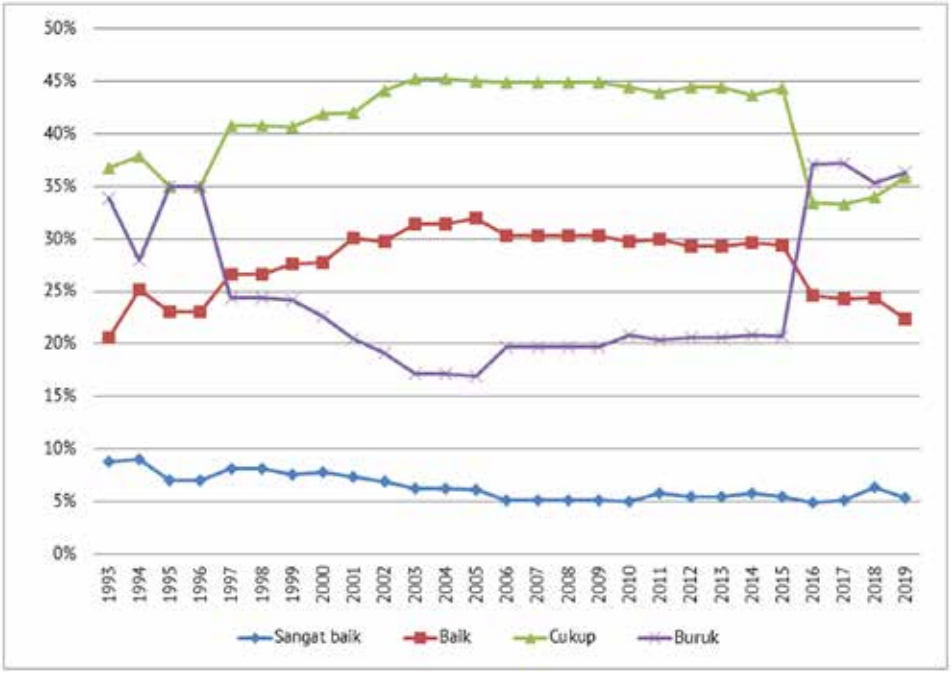
Selain karena faktor manusia, bagian barat rentan terhadap pemutihan karena kenaikan suhu air laut. Misalnya, di Kawasan Konservasi Laut Pieh, tutupan karang hidup turun dari 41,4% pada 2015 menjadi 28,38% pada 2016 (Gambar 8a). Demikian juga, Kawasan Konservasi Laut Nias menurun dari 26,76% pada 2015 menjadi 13,82% pada 2016. Sebaliknya, di Provinsi Kepulauan Riau, tutupan karang meningkat antara 2015 dan 2016; di Bintan, tutupan karang meningkat dari 35,61% menjadi 37,97% dan di Batam tutupan karang meningkat dari 36,28% menjadi 39,44%. Hal ini terkait dengan kondisi hidrodinamika Kepulauan Riau yang sangat dipengaruhi oleh arus dari Pasifik utara, sedangkan *bleaching* 2015-2016 umumnya terjadi sangat parah di pantai barat Sumatra dan pantai selatan Jawa yang berbatasan dengan langsung Samudra Hindia.

Beberapa penyebab-penyebab lain yang sangat berpengaruh pada kondisi terumbu karang di wilayah barat adalah pencemaran laut, sedimentasi, dan salinitas rendah. Sebagai contoh di Teluk Jakarta dimana terumbu karang mengalami tekanan kronis dengan intensitas tinggi akibat aliran dari 13 sungai yang melewati Jakarta, dan hal ini menyebabkan terumbu karang berada pada kondisi “no return point” (Gambar 8b). Kondisi kronis juga terjadi di Pulau Bangka di mana aktivitas penambangan timah lepas pantai secara

besar-besaran menyebabkan terumbu mati karena sedimentasi yang tinggi. Jika tekanan ini tetap terus terjadi, area yang terkena dampak akan lebih luas dan jumlah terumbu yang berpotensi terdegradasi akan meningkat.

Indonesia bagian tengah

Secara umum, kondisi terumbu karang membaik hingga tahun 2015 (Gambar 9). Setelah itu, terjadi penurunan yang signifikan untuk tren terumbu karang kategori cukup dan baik sebagai dampak dari peristiwa *bleaching* yang terjadi di banyak lokasi. Daerah yang paling parah adalah Lesser Sunda, terutama Bali dan Nusa Tenggara Barat, karena daerah ini berbatasan dengan Samudra Hindia. Misalnya, Di Bali, tutupan karang menurun dari 60,3% (2015) menjadi 29,6% (2016). Di Lombok Barat, tutupan karang menurun dari 36,09% (2015) menjadi 18,23% (2016) dan di kawasan konservasi laut Gili Matra juga menurun dari 23,43% (2015) menjadi 18,48% (2016). Umumnya selama peristiwa El Nino, yaitu fase hangat dari El Nino Southern Oscillation (ENSO), Samudra Hindia semakin naik temperaturnya dan ini mempengaruhi terumbu karang di bagian barat dan selatan Indonesia. Selain itu, aktivitas manusia,



Gambar 9. Trend kondisi terumbu karang di Indonesia bagian tengah

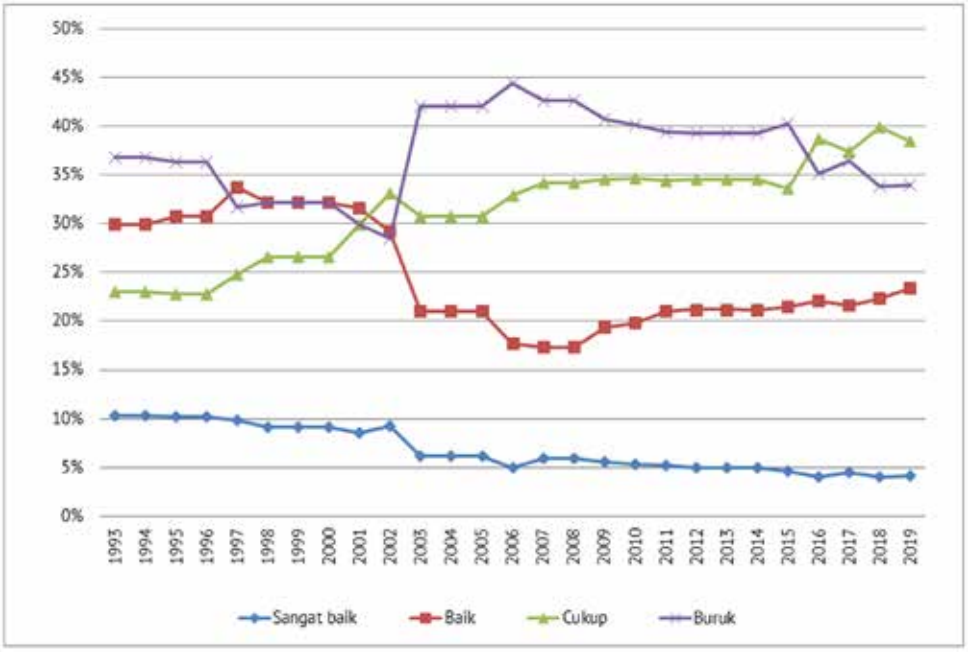
PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

seperti pemanfaatan lahan pesisir, pencemaran, penangkapan ikan dengan bahan peledak, penambangan dan pariwisata juga menyebabkan penurunan tutupan karang dalam 5 tahun terakhir.

Indonesia bagian timur

Berbeda dengan bagian barat dan tengah, kondisi terumbu karang di bagian timur terlihat menurun, khususnya di periode 2000 - 2010 (Gambar 10). Hal ini terlihat dari meningkatnya tren terumbu kategori buruk pada sekitar awal tahun 2000, namun kemudian menurun trennya di sekitar akhir 2010. Hal ini erat terkait dengan berpindahnya kegiatan eksploitasi dari wilayah barat ke wilayah timur. Beberapa masalah utama di wilayah timur adalah kurangnya kesadaran masyarakat tentang terumbu karang dan rendahnya penegakan hukum. Selain itu, kurangnya lapangan kerja juga menyebabkan masyarakat lokal sangat bergantung pada alam. Lebih lanjut, di wilayah timur terdapat banyak daerah-daerah terpencil yang kurang pengawasan, menyebabkan terumbu karang rentan terhadap penangkapan ikan yang merusak dan eksploitasi yang berlebihan. Meskipun demikian, pemulihan tutupan karang terjadi dalam lima tahun terakhir. Di Ternate dan sekitarnya, tutupan karang meningkat dari 29,26% pada 2015 menjadi 32,83% pada 2016. Demikian pula, di wiayah konservasi laut Padaido, terumbu karang menunjukkan tren peningkatan tutupan karang antara 2015 dan 2019 (dari 29,92% menjadi 35,25%). Hasil serupa juga terjadi pada wilayah konservasi laut Raja Ampat (Waigeo) yang meningkat dari 32,24% pada 2015 menjadi 37,84% pada 2019. Indonesia bagian timur tidak terlalu terpengaruh oleh peristiwa pemutihan 2015-2016 karena dilewati oleh ITF (*Indonesian troughflow*) yang mengalirkan air yang jernih dan kaya nutrisi secara terus menerus dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Aliran yang terus menerus ini dapat mengurangi peningkatan panas dengan meningkatkan *dilution,* sehingga dampaknya dapat diminimalisir.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT



Gambar 10. Trend kondisi terumbu karang di Indonesia bagian timur

V Berbagai ancaman terhadap terumbu karang di Indonesia

Perubahan iklim dan faktor antropogenik telah menjadi penyebab utama degradasi terumbu karang. Peningkatan suhu air laut telah menyebabkan peristiwa *bleaching* dan terumbu karang memerlukan waktu bertahun-tahun untuk pulih secara alami. Dampak negatifnya akan berlipat ganda ketika faktor antropogenik juga ikut terjadi, seperti penangkapan ikan dengan bom, pencemaran, kegiatan penambangan, dan penggunaan lahan pesisir. Meskipun terumbu karang mampu beradaptasi dengan lingkungan yang berubah, masalah yang kompleks dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan terumbu karang berada di ambang kehancuran. Sebagai contoh, ketika terumbu karang terpapar pada sebuah tekanan kronis yang mendorongnya mendekati ambang batas, kemudian muncul tekanan kronis atau akut lainnya yang menyerang pada saat yang sama akan menyebabkan terumbu karang gagal untuk bertahan dan pulih.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Secara umum, faktor antropogenik merupakan masalah utama di Indonesia bagian tengah dan timur, sedangkan faktor alam menjadi masalah utama di bagian barat dan selatan Indonesia (Lampiran 2). Lokasi-lokasi dengan kategori buruk umumnya tersebar di daerah tepi (pantai barat Sumatra, pantai selatan Jawa dan Lesser Sunda). Lokasi yang dikategorikan buruk ini tidak selalu didefinisikan bahwa terumbu karang mengalami degradasi yang parah. Dalam kondisi normal, terumbu-terumbu di daerah tersebut memiliki tutupan karang kurang dari 25% sebagai akibat dari kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti variabilitas habitat yang rendah dan energi gelombang yang besar. Namun, terumbu karang dapat pulih ketika mengalami tekanan akut. Sebaliknya, lokasi-lokasi dengan kategori buruk di Sulawesi Selatan dan Tenggara, Maluku Utara, dan Papua umumnya diakibatkan oleh faktor antropogenik, terutama penangkapan ikan dengan bahan peledak. Tidak semua lokasi-lokasi ini masuk dalam kawasan konservasi laut, oleh karena itu penangkapan ikan yang merusak masih berlangsung. Selain itu, penangkapan ikan yang merusak umumnya terjadi jauh dari pemukiman dan banyak terjadi di daerah terpencil.

Lokasi-lokasi dengan kategori cukup, terlihat dominan mulai dari wilayah barat sampai timur, dan umumnya dekat dengan daratan. Lokasi-lokasi ini rentan terhadap degradasi karena faktor antropogenik, seperti pembanguan di wilayah pantai, pencemaran, dan pertambangan. Sedimentasi dan salinitas rendah juga memperburuk keadaan, terutama di wilayah barat karena banyaknya aliran sungai. Lebih jauh dari daratan, terumbu-terumbu umumnya masih dalam kondisi baik dan sangat baik yaitu di daerah lepas pantai, seperti di Tambelan (Laut Natuna) dan Lucipara (Laut Banda).

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Taman Nasional Karimun Jawa, Jawa Tengah

VI Restorasi terumbu karang

Kondisi terumbu karang yang sangat dipengaruhi oleh faktor antropogenik dan faktor alam perlu dimonitor perkembangannya, apakah kondisinya membaik atau menurun. Meminimalisir tekanan antropogenik agar terumbu pulih secara alami adalah cara pasif untuk memperbaiki kondisi terumbu karang. Namun, untuk mendorong pemulihan ekosistem, intervensi ekologis tentu diperlukan. Hal ini dapat berupa transplantasi karang, modifikasi substrat, terumbu buatan, memfasilitasi karang rekrutmen serta mengurangi populasi predator karang dan populasi makroalga. Namun, upaya aktif dan pasif ini harus terintegrasi dengan perspektif masyarakat yang bergantung atau menggunakan jasa ekosistem tersebut.

Upaya restorasi terumbu karang paling umum adalah transplantasi karang yang bertujuan untuk memperbaiki kondisi terumbu karang dalam hal tutupan karang hidup, keanekaragaman jenis dan kompleksitas topografi (Gambar 11). Transplantasi menawarkan cakupan area yang luas dan cepat dengan menggunakan sumber-sumber lokal (karang) yang telah beradaptasi dengan lingkungan setempat. Dalam hal ini, karang transplan diambil dari terumbu karang yang sehat di sekitarnya tanpa menimbulkan dampak negatif yang signifikan. Karang yang tumbuh cepat, yaitu Famili Acroporidae dan Pocilloporidae, adalah karang yang paling umum untuk transplantasi tetapi perlu diperkaya dengan karang yang tumbuh lambat, seperti Faviidae, Poritidae dan Mussidae. Kombinasi campuran tersebut membuat terumbu karang lebih beranekaragam dan memungkinkan untuk mampu bertahan terhadap gangguan tanpa kehilangan semua populasi; pada kondisi normal, karang yang tumbuh cepat akan mendominasi ruang tetapi akan menjadi minoritas ketika terjadi gangguan. Ukuran fragmen dan metode transplantasi juga menentukan tingkat pertumbuhan transplan yang pada akhirnya berpengaruh pada tutupan karang hidup.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Gambar 11. a) Partisipasi masyarakat dalam kompetisi terumbu buatan, b) terumbu buatan berbentuk kubah; c) tranplantasi *Acropora* dengan rak besi; d) transplantasi dengan struktur jaring laba-laba (credit Alicia McArdle); e) biorock; f) restorasi terumbu dari hasil tranplantasi

Transplantasi karang efektif dilakukan jika rekrutment rendah. Hal ini menunjukkan bahwa karang rekruit tidak cukup untuk proses pemulihan alami. Beberapa penyebabnya adalah kurangnya individu dewasa untuk menghasilkan karang rekruit mandiri, rekrutmen eksternal yang kurang dari terumbu-terumbu sekitar, dan substrat yang kurang stabil. Di sisi lain, jika rekrutmen terhambat karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung (salinitas rendah, kekeruhan tinggi, pengayaan nutrient, dominasi alga), maka transplantasi karang tidak tepat dilakukan. Selain itu, di daerah dengan energi gelombang yang besar, transplantasi juga tidak cocok karena banyak karang transplan akan rusak dan hilang. Apabila kondisi lingkungan mendukung dan rekruitment tinggi, maka terumbu buatan atau modifikasi substrat lebih cocok daripada transplantasi karang.

Transplantasi karang telah dilakukan di banyak lokasi dengan tujuan yang berbeda-beda, misalnya restorasi, pariwisata dan perdagangan. Dalam hal ini, transplantasi karang tidak hanya mengembalikan kondisi terumbu karang, tetapi juga memiliki manfaat langsung bagi masyarakat setempat yaitu salah satunya dengan melibatkan mereka sehingga diharapkan transplantasi akan terus berkelanjutan. Bali dan Sulawesi adalah daerah yang paling aktif karena mereka memiliki sumber daya alam dan manusia serta perawatan berkala untuk memastikan bahwa transplantasi karang berjalan dengan baik.

Monitoring sangat penting bagi pengelola untuk memahami apakah restorasi karang berjalan dan berfungsi dengan baik atau tidak. Terlepas dari kondisi lingkungan, restorasi terumbu karang tergantung pada keterlibatan masyarakat setempat, regulasi, keadaan ekonomi dan politik. Hal-hal tersebut harus terintegrasi dengan baik dan keberlanjutan restorasi terumbu karang (yang sering terabaikan) harus dipertahankan untuk mencapai tujuan jangka panjang.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Ternate, Maluku Utara

VII Kesimpulan

Secara umum, monitoring jangka panjang menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di Indonesia relatif stabil, terutama untuk terumbu kondisi baik dan sangat baik. Sebaliknya, terumbu karang kondisi buruk dan cukup terlihat berfluktuasi; proses pemulihan dapat terjadi ketika karang menderita stres akut tetapi gagal ketika tekanan kronis yang intens muncul. Mengelola terumbu karang melalui penetapan kawasan konservasi laut adalah pilihan terbaik yang bisa dilakukan, yaitu tidak hanya mengelola ekosistem tetapi juga aktivitas masyarakat (meminimalisir dampak faktor antropogenik disamping mempertahankan produktivitas ekosistem). Meningkatkan kesadaran masyarakat dan menjadikan mereka sebagai aset berharga harus menjadi prioritas utama sistem manajemen, mengingat bahwa mereka dapat berpartisipasi aktif dan berkontribusi dalam menjaga dan mempertahankan ekosistem. Namun, gangguan faktor alam tidak dapat dihindari dan dampaknya sangat besar dan luas. Dengan demikian, keterlibatan masyarakat diperlukan untuk membantu pengelola kawasan untuk meminimalisir dampak dan mendorong pemulihan ekosistem. Dukungan nasional secara penuh tentu diperlukan untuk mengorganisasi elemen-elemen pemerintah pusat dan daerah serta elemen-elemen masyarakat di seluruh Indonesia untuk bekerja bersama mengikuti sistem manajemen terpadu yang tidak hanya mempertimbangkan keberlanjutan ekosistem tetapi juga manfaat bagi masyarakat.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Lombok, NTB

VIII Ucapan terima kasih

Pertama dan terutama kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas rahmatNya serta ilmu pengetahuan, kemampuan dan kesempatan kepada kami sehingga dapat menulis buku ini. Kami berterima kasih kepada COREMAP - CTI dan Bank Dunia yang telah sepenuhnya mendukung proyek ini. Kami juga berterima kasih kepada tim monitoring (sekretariat, peneliti, teknisi, staf administrasi), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Badan Informasi Geospasial (BIG), Lembaga Pemerintah Provinsi, Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH), Universitas Bung Hatta (UBH), Universitas Diponegoro (UNDIP), Universitas Hasanuddin (UNHAS), Universitas Mataram (UNRAM), Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT), Universitas Halu Oleo (UHO), Universitas Syiah Kuala (UNSYIAH), Asosiasi Karang, Kerang dan Ikan Hias Indonesia (AKKII), Terangi, Minang Bahari, Penyelam Rock n Roll (Buton), Scuba Weh (Sabang), LINI, Karang Nusantara dan Mars Inc.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Buleleng, Bali

Bibliography

Abrar, M., Siringoringo, R. M., Hadi, T. A., Putra, R. D., Cappenbergh, H. A. W., Sutiyadi, R., Faricha, A., & Suharsono. (2019). *Monitoring kondisi terumbu karang dan ekosistem terkait di TWP Pulau Pieh dan laut di sekitarnya, Provinsi Sumatera Barat*. COREMAP-CTI, Jakarta: 66 pp.

Adam, T. C., Burkepile, D. E., Ruttenberg, B. I., & Paddack, M. J. (2015). Herbivory and the resilience of Caribbean coral reefs: knowledge gaps and implications for management. *Marine Ecology Progress Series 520*: 1-20.

Bachtiar, I. & Jufri, A. W. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Teluk Sekotong Kabupaten Lombok Barat tahun 2019*. UNRAM, Mataram: 71 pp.

Cai, W., Sullivan, S., & Cowan, T., (2010). Interaction of ENSO, The IOD, and SAM in CMIP3. *Journal of Climate, 24*, 1688-1704.

Ceccarelli, D. M., Loffler, Z., Bourne, D. G., Al Moajil-Cole, G. S., Boström-Einarsson, L., Evans-Illidge, E., Fabricius, K., Glasl, B., Marshall, P., McLeod, I, Read, M., Schaffelke, B., Smith, A. K., Jorda, G. T., Williamson, D. H., & Bay, L. (2018). Rehabilitation of coral reefs through removal of macroalgae: state of knowledge and considerations for management and implementation. *Restoration ecology*, *26*(5), 827-838.

Chou, L. M. (2000). Southeast Asian Reefs-Status update: Cambodia, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Viet Nam *in* Wilkinson, C. (Ed.) Status of coral reefs of the world. AIMS, Townsville, 17-129.

Dharmawan, I. W. E., Utama, R. S., Giyanto, Purwandana, L. A., Makatipu, P. C., & Irawan, A. (2019). *Monitoring kondisi kesehatan terumbu karang & ekosistem pesisir terkait di TWP. Padaido, Biak-Numfor 2019*. COREMAP-CTI, Jakarta: 152 pp.

Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, Kementerian Kelautan Perikanan (DJPRL-KKP). (2019). *Laporan Kinerja Triwulan II Tahun 2019*. DJPRL-KKP, Jakarta: 132 pp.

Edwards, A. J., & Clark, S. (1999). Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling?. *Marine Pollution Bulletin*, *37*(8-12), 474-487.

Edwards, A.J., & Gomez, E.D. (2007). *Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program, Australia: 38 pp.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Feng, M., Zhang, N., Liu, Q., & Wijffels, S. (2018). The Indonesian Through Flow, its variability and centennial change. *Geoscience Letters*, *5*(1), 301-304.

Fox, H. E., Pet, J. S., Dahuri, R., & Caldwell, R. L. (2003). Recovery in Rubble Fields: Long-Term Impacts of Penangkapan dengan bahan peledak. *Marine Pollution Bulletin*. doi:10.1016/S0025-326X(03)00246-7.

Frias-Torres, S., Montoya-Maya, P., & Shah, N. (2018). *Coral Reef Restoration Toolkit: A Field-Oriented Guide Developed in the Seychelles Islands*. Nature Seychelles, Mahe: 76 pp.

Giyanto, Ulumuddin, Y. I., Hadi, T. A., Cappenbergh, H. A. W., Lisdayanti, E., Arafat, Y., Rahmadi, P., Putra, M. Y., Santoso, P. D., Sutiyadi, R., Budiyanto, A., Unyang, S., Nurhasyim, Amat, Otuola, L., & Basir. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kepulauan Derawan*. COREMAP-CTI, Jakarta: 132 pp.

Hadi, T. A., Suharsono, Giyanto, Abrar, M., Budiyanto, A., Cappenbergh, H. A. W., Putra, M. Y., Edrus, N. I., Ulumuddin, Y. I., Sidiq, A., Lisdayanti, E., Handayani, N., Hafizt, M., Nurhasyim, Purwandana, L. A., Setiastuti, A., Dzumalek, A. R., Kefi, A., Syahidah, A., & Paulus, P. C. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Taman Nasional Komodo dan sekitarnya, Nusa Tenggara Timur.* COREMAP-CTI, Jakarta: 131 pp.

Hoeksema, B. W., & Putra, K. S. (2000). The reef coral fauna of Bali in the centre of marine diversity. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium Vol 1*: 173-178.

Hughes, T. P., Graham, N. A., Jackson, J. B., Mumby, P. J., & Steneck, R. S. (2010). Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends in ecology & evolution*, *25*(11), 633-642.

Hughes, T. P., Barnes, M. L., Bellwood, D. R., Cinner, J. E., Cumming, G. S., Jackson, J. B., Kleypas, J., van de Leemput, I. A., Lough, J. M., Morrison, T. H., Palumbi, S. R., van Nes, E.H., & Scheffer, M. (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, *546*(7656), 82-90.

Jaap, W. C. (2000). Coral reef restoration. *Ecological engineering*, *15*(3-4), 345-364.

Jompa, J. (2019). *Monitoring kondisi terumbu karang dan ekosistem terkait di Kabupaten Kepulauan Selayar COREMAP-CTI tahun 2019*. UNHAS, Makassar: 196 pp.

Kug, J.S., & Kang, I.S. (2006). Interactive feedback between ENSO and the Indian Ocean. *J. Climate, 19*, 1784–1801.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Luasunaung, A., Manoppo, V., & Schaduw, J. N. (2015). Monitoring dan evaluasi lokasi penyelaman Pulau Bunaken Taman Nasional Bunaken Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. *Spatial: Journal of Geographical Studies*, *14*(2), 1-7.

Marasabessy, I., Fahrudin, A., Imran, Z., & Agus, S. B. (2019). Identifikasi kondisi ekosistem terumbu karang Pulau Nusa Manu dan Nusa Leun di Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, *1*(1), 1-13.

Mumby, P. J., & Hastings, A. (2008). The impact of ecosystem connectivity on coral reef resilience. *Journal of Applied Ecology*, *45*(3), 854-862.

Mumby, P. J., & Steneck, R. S. (2008). Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trends in ecology & evolution*, *23*(10), 555-563.

Munasik, Pribadi, R., Riniatsih, I., Romadhoni, A. A., Dewi, R. A., Brasmata, A. F. Y., Arbanto, B., Bahari, A. S., Afkar, M. Z., Teguh, R., Aufar, S. N., Saragih, J. E., & Widyo, M. A. (2019). *Kondisi ekosistem terumbu karang dan ekosistem terkait di Perairan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan*. UNDIP, Semarang: 114 pp.

Prayudha, B., Tuti, Y., Utama, R. S., Arbi, U. Y., Vimono, I. B., Edrus, I. N., Faricha, A., Suyadi,R., Renyan, J., Rahmawati, S., Kusnadi, A., Alifatri, L., Salatalohi, A., Triandiza, T., & Dzumalex, A. R. (2019). *Baseline terumbu karang dan ekosistem terkait di Pulau Kei Kecil dan Sekitarnya, Kota Tual dan Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku.* COREMAP-CTI, Jakarta: 121 pp.

Rahmawati, S., & Hernawan, U. E. (2019). *Pemantauan Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Bintan Tahun 2019*. COREMAP-CTI, Jakarta: 110 pp.

Razai, T. S., Putra, R. D., Kurniawan, D., Lestari, F., Febrianto, T., & Putra, I. P. (2019). *Monitoring ekosistem terumbu karang dan ekosistem terkait di Perairan Natuna dan sekitarnya 2019*. UMRAH, Tanjung Pinang: 126 pp.

Rizki, M. P., Souhoka, J., Makatipu, P. C., Purwandana, L. A., Kusnadi, A., Nurdiansyah, D., Patty, S. I., & Dzumalek, A. R. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait Suaka Alam Perairan (SAP) Raja Ampat, Provinsi Papua Barat, tahun 2019.* COREMAP-CTI, Jakarta: 81 pp.

Rogers, C. S. (2013). Coral reef resilience through biodiversity. *ISRN Oceanography*. http://dx.doi.org/10.5402/2013/739034

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Rondonuwu, A., Lumingas, L. J. L., Bataragoa, N. E., Manengkey, H. K., Kondoy, K. I. F., Rangan, J. K., Makatipu, P., Nurdiansyah, D., Tampaguma, B., & Kambey, A. G. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait lainnya di Pulau Salawati dan Pulau Batanta Kabupaten Raja Ampat - Provinsi Papua Barat 2019*. UNSRAT, Manado: 149 pp.

Samsuardi, Bukhari, Eriza, Yennafri, Indra, G., Arafat, Y., Amrullah, M. Y., Guswanto, H., & Miswandi, M. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Taman Wisata Perairan (TWP) Selat Bunga Laut Kabupaten Kepulauan Mentawai, COREMAP-CTI Tahun 2019*. UBH, Padang: 132 pp.

Saputra, M. T., & Sadarun, B. (2019). Hubungan antara kondisi tutupan karang hidup dengan kelimpahan ikan Chaetodontidae di Perairan Lalanu, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, *4*(2), 53-60.

Sari, N. P., Abrar, M., Siringoringo, R. M., Nurhasyim, Putra, R. D., Sinaga, M., Jumsurizal, Irawan, Lestari, F., Pangenstyansyah, Rasidin, A., Sutiyadi, R., Sianturi, O. R., & Perisha, B. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kawasan Konservasi Perairan Nasional, Taman Wisata Perairan, Kepulauan Anambas dan laut sekitarnya*. COREMAP-CTI, Jakarta: 89 pp.

Setiawan, F., Muttaqin, A., Tarigan, S. A., Muhidin, M., Hotmariyah, M., Sabi, A., & Pingkan, J. (2017). Pemutihan Karang Akibat Pemanasan Global Tahun 2016 Terhadap Ekosistem Terumbu Karang: Studi Kasus Di TWP Gili Matra (Gili Air, Gili Meno dan Gili Trawangan) Provinsi NTB. *Journal of Fisheries and Marine Research*, *1*(2), 39-54.

Siringoringo, R. M., & Hadi, T. A. (2013). Kondisi dan distribusi karang batu (scleractinia corals) di perairan Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *5*(2), 273-285.

Suharsono. (2008). *Jenis-jenis karang di Indonesia*. COREMAP II, Jakarta: 372pp.

Suryono, S., Munasik, M., Ario, R., & Handoyo, G. (2017). Inventarisasi bio-ekologi terumbu karang di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, *20*(1), 60-64.

Suyarso, Suharsono, Supriyadi, H. I., Cappenbergh, H. A. W., Edrus, I. N., Utama, R. S., Suharti, S. R., Faricha, A., Hafizt, M., Permadi, S., Budiyanto, A., Picasou, J., Salatalohi, A., Rasyidin, A., & Nurjamin. (2019). *Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait Kawasan Konservasi Sumber Daya Alam Taman Laut Nasional Kepulauan Taka Bonerate Kabupaten Selayar Sulawesi Selatan*. COREMAP-CTI, Jakarta: 92 pp.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Tomascik, T. , Mah, A. J., Nontji, A., & Moosa, M. K. (1997). *The ecology of the Indonesian seas part two*. Oxford University Press, Oxford: 744pp.

Utama, R. S., Cappenbergh, H. A. W., Anggraeni, D., Edrus, I. N., Makatipu, P., Irawan, A., Dharmawan, I. W. E., Budiyanto, A., Dzumalex, A. R., & Salatalohi, A. (2019). *Kondisi kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara*. COREMAP-CTI, Jakarta: 102 pp.

Veron J.E.N., Devantier, L. M., Turak, E., Green, A. L., Kininmonth, S., Stafford-Smith, M., & Peterson, N. (2009). Delineating the coral triangle. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies, 11*: 91-100.

Veron, J.E.N. (2000). Corals of the world vol1. AIMS, Twonsville: 463pp.

Welly, M., Lazuardi, M. E., Sanjaya, W., & Prasetya, D. (2016). *Kondisi fisik dan social ekonomi pesisir Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur (2015)*. The Nature Conservancy, Bali: 124 pp.

Welly, M., Lazuardi, M.E., Sanjaya, W., Prasetya, D., & Hendrawan, G. (2016). *Kondisi biofisik dan sosial ekonomi Pesisir Bali (2015)*. The Nature Conservancy, Bali: 168 pp.

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Lampiran 1.

Kondisi terumbu karang Indonesia tahun 2019

No.	Lokasi	Jumlah Stasiun	Sangat baik	Baik	Cukup	Buruk
	WILAYAH BARAT					
1	Weh, Sabang (Aceh)*	12	0	0	8	4
2	Simeulue Island (Aceh)	5	0	0	3	2
3	Sibolga dan Tapanuli Tengah (Sumatra Utara)	13	0	0	7	6
4	Nias Utara (Sumatra Utara)*	10	0	0	0	10
5	Kepulauan Hinako, Nias Barat (Sumatra Utara)	4	0	0	2	2
6	Teluk Dalam Nias Selatan (Sumatra Utara)	3	0	0	0	3
7	P.P. Batu, Nias Selatan (Sumatra Utara)	9	0	0	0	9
8	Mentawai Islands (Sumatra Barat)*	9	0	0	3	6
9	KKPN Pieh (Sumatra Barat)*	13	1	3	4	5
10	Pieh (Sumatra Barat)*	4	0	0	0	4
11	Enggano (Bengkulu)	12	0	1	3	8
12	Pulau Tikus (Bengkulu)	3	0	0	3	0
13	Kaur (Bengkulu)	7	0	1	3	3
14	Pulau Pisang (Lampung Barat)	14	5	5	4	0
15	Teluk Ratai (Lampung)	4	1	2	0	1
16	Bakauheni (Lampung)*	10	0	2	3	5
17	Lampung Bay (Lampung)	18	5	8	3	2
18	Krakatau (Lampung)	8	0	1	5	2
19	Tambelan Island (Kepulauan Riau)	12	8	3	1	0
20	KKPN Anambas (Kepulauan Riau)*	12	0	1	11	0
21	Natuna Islands (Kepulauan Riau)*	19	0	0	9	10
22	Bintan (Kepulauan Riau)*	14	0	3	10	1
23	Senayang-Lingga (Kepulauan Riau)*	11	0	0	10	1
24	Batam (Kepulauan Riau)*	19	0	3	13	3
25	Bangka (Bangka Belitung)	10	1	3	3	3
26	Belitung (Bangka Belitung)*	11	0	2	7	2
27	Belitung Timur (Bangka Belitung)	10	0	7	3	0
28	Merak (Banten)	5	0	0	1	4
29	Ujung Kulon Selat Sunda (Banten)	16	0	1	6	9
30	Teluk Banten (Banten)	4	0	4	0	0

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

31	Kepulauan Seribu (Jakarta)	52	0	16	12	24
32	Indramayu (Jawa Barat)	10	6	1	2	1
33	Nusakambangan Islands (Jawa Tengah)	3	0	0	1	2
34	Jepara (Jawa Tengah)	7	0	1	3	3
35	Karimun Jawa (Jawa Tengah)	38	10	15	12	1
36	Pantai Wediombo Gn Kidul (Jogjakarta)	3	0	0	2	1
37	Trenggalek (Perigi Bay) (Jawa Timur)	5	0	0	0	5
38	Madura Island (Jawa Timur)	12	2	8	2	0
39	Kangean Islands (Jawa Timur)	7	0	4	3	0
40	Bawean Islands (Jawa Timur)	8	0	2	6	0
41	TN. Baluran, Situbondo (Jawa Timur)	5	1	0	2	2
42	Pasir Putih Situbondo (Jawa Timur)	4	0	2	2	0
43	Karimata Islands (Kalimantan Barat)	4	0	1	3	0

	WILAYAH TENGAH					
44	Kepulauan Matasiri (Kalimantan Selatan)	5	0	0	1	4
45	Sangkulirang (Kalimantan Timur)	3	0	1	1	1
46	Kutai Timur (Kalimantan Timur)	9	2	3	4	0
47	Kota Bontang (Kalimantan Timur)	11	0	0	5	6
48	Kab. Kutai Kartanegara (Kalimantan Timur)	1	0	0	0	1
49	Kab. Penajam Paser Utara (Kalimantan Timur)	3	0	0	1	2
50	Derawan Islands (Kalimantan Timur)*	11	0	0	5	6
51	Gilimanuk Bay (Bali)	6	0	1	1	4
52	Bali Island (Bali)	19	1	4	2	12
53	KKPN Gili Matra (NTB)*	8	0	1	2	5
54	Lombok Island (NTB)	36	2	7	9	18
55	Sekotong, Lombok (NTB)*	12	0	0	2	10
56	Pulau Keramat, Sumbawa (NTB)	12	5	4	3	0
57	Sumbawa Islands (NTB)	9	0	1	4	4
58	Komodo Islands (NTT)*	12	0	1	8	3
59	Sumba (NTT)*	10	0	0	2	8
60	Kab. Sikka, Maumere (NTT)*	14	0	0	3	11
61	Flores Timur (NTT)	10	0	7	2	1
62	Lamalera, Lembata (NTT)	8	0	5	2	1
63	Perairan Lamalera (NTT)	8	0	5	2	1

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

64	Tablolong dan Semau, Kupang KKPN Laut Sawu (NTT)*	6	0	0	2	4
65	Rote Ndao, KKPN Laut Sawu (NTT)*	6	0	2	0	4
66	Kota Makassar (Sulawesi Selatan)*	13	0	1	6	6
67	Pangkep (Sulawesi Selatan)*	15	1	3	6	5
68	Selayar Islands (Sulawesi Selatan)*	15	0	0	9	6
69	KKPN Kapoposang (Sulawesi Selatan)*	13	0	6	7	0
70	Taka Bonerate Islands (Sulawesi Selatan)*	12	0	0	5	7
71	Kendari (Sulawesi Tenggara)*	9	0	3	3	3
72	Buton Islands (Sulawesi Tenggara)*	5	0	1	3	1
73	Buton Tengah (Sulawesi Tenggara)*	5	0	0	2	3
74	Buton Selatan (Sulawesi Tenggara)*	5	0	1	3	1
75	Wakatobi (Sulawesi Tenggara)*	15	0	0	9	6
76	Kabupaten Konawe (Sulawesi Tenggara)	3	0	0	3	0
77	Labengke Island (Sulawesi Tenggara)	10	1	5	4	0
78	Tiga Islands (Sulawesi Tengah)	6	0	0	6	0
79	Togian Island (Sulawesi Tengah)	8	0	4	4	0
80	Banggai (Sulawesi Tengah)	9	1	3	3	2
81	Luwuk (Sulawesi Tengah)	10	2	5	3	0
82	Palu (Sulawesi Tengah)	8	0	6	2	0
83	Kwandang Bay (Gorontalo)	4	0	2	2	0
84	Dulupi Island (Gorontalo)	4	0	0	3	1
85	Pantai Manado (Sulawesi Utara)	3	0	0	3	0
86	Minahasa (Sulawesi Utara)	3	0	2	0	1
87	Bunaken & Siladen (Sulawesi Utara)	10	4	3	2	1
88	Selat Lembeh, Bitung (Sulawesi Utara)	13	2	6	2	3
89	Kumeke Islands (Sulawesi Utara)	9	1	2	2	4
90	Kepulauan Tagulandang (Sulawesi Utara)	3	1	1	1	0

	WILAYAH TIMUR					
91	Ternate (Maluku Utara)*	5	0	0	1	4
92	Tidore (Maluku Utara)*	6	0	1	4	1
93	Halmahera Barat (Maluku Utara)*	3	0	1	1	1
94	Tobelo Halmahera Utara (Maluku Utara)	14	0	4	2	8
95	Jiew Island (Maluku Utara)	3	0	0	3	0
96	Ambon Bay (Maluku)	10	1	5	2	2

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

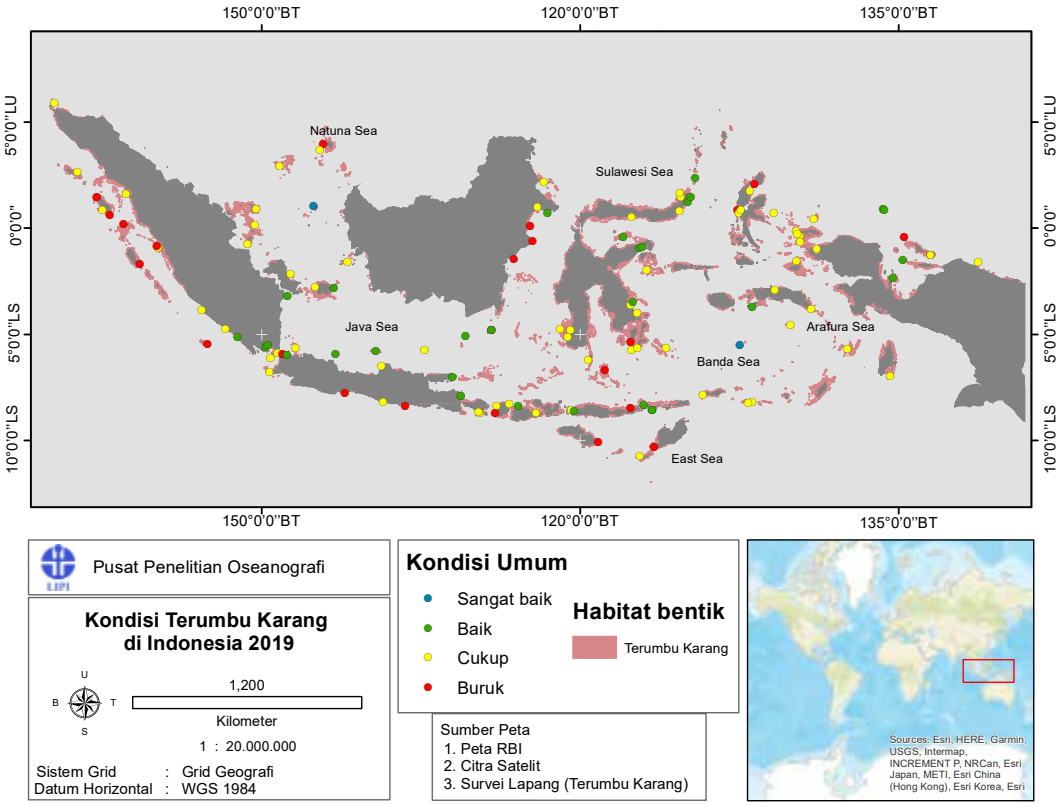
97	Bagian Barat Seram (Maluku)	4	0	3	1	0
98	Bagian Timur Seram (Maluku)	16	0	3	8	5
99	Kepulauan Kei (Maluku)	17	2	3	7	5
100	Tual (Maluku)*	10	0	2	4	4
101	Kepulauan Leti (Maluku)	7	0	3	3	1
102	KKPN Aru Tenggara (Maluku)*	12	0	2	6	4
103	KKPN Laut Banda (Maluku)*	12	0	4	3	5
104	Lucipara Islands (Maluku)	8	5	3	0	0
105	Pulau Wetar (Maluku)	8	0	1	5	2
106	Morotai (Maluku)	14	0	0	1	13
107	Maluku Tengah (Maluku)	4	0	1	3	0
108	Misool Raja Ampat (Papua Barat)	7	0	1	5	1
109	KKPN Kab. Raja Ampat (Papua Barat)*	9	0	2	4	3
110	Cendrawasih Bay (Papua Barat)	12	1	7	4	0
111	KKPN Waigeo Barat (Papua Barat)*	8	0	0	4	4
112	Selatan Waigeo Kab Raja Ampat (Papua Barat)	7	0	1	4	2
113	Batang Pele, Kab Raja Ampat (Papua Barat)	5	0	2	3	0
114	Salawati & Batanta, Kab Raja Ampat (Papua Barat)*	12	0	0	7	5
115	Bras Fanildo Island (Papua Barat)	3	0	3	0	0
116	Fani Island (Papua Barat)	4	0	4	0	0
117	Ayau Islands (Papua Barat)	6	0	0	5	1
118	Biak (Papua)*	13	0	0	3	10
119	Liki Island (Papua)	6	0	2	3	1
120	Bepondi Island (Papua)	3	0	0	1	2
121	Miosnum Island (Papua)	4	1	1	1	1
122	KKPN Padaido (Papua)*	13	1	3	4	5
	Total	1153	74	258	431	390
	Persentase (%)		6,42%	22,38%	37,38%	33,82%

***Lokasi monitoring COREMAP-CTI**

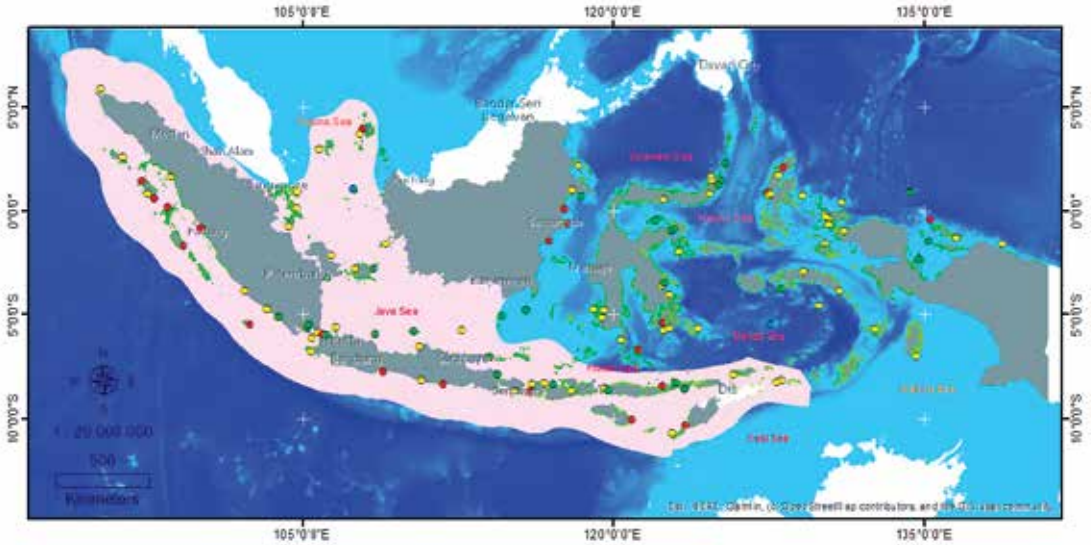
PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Lampiran 2.

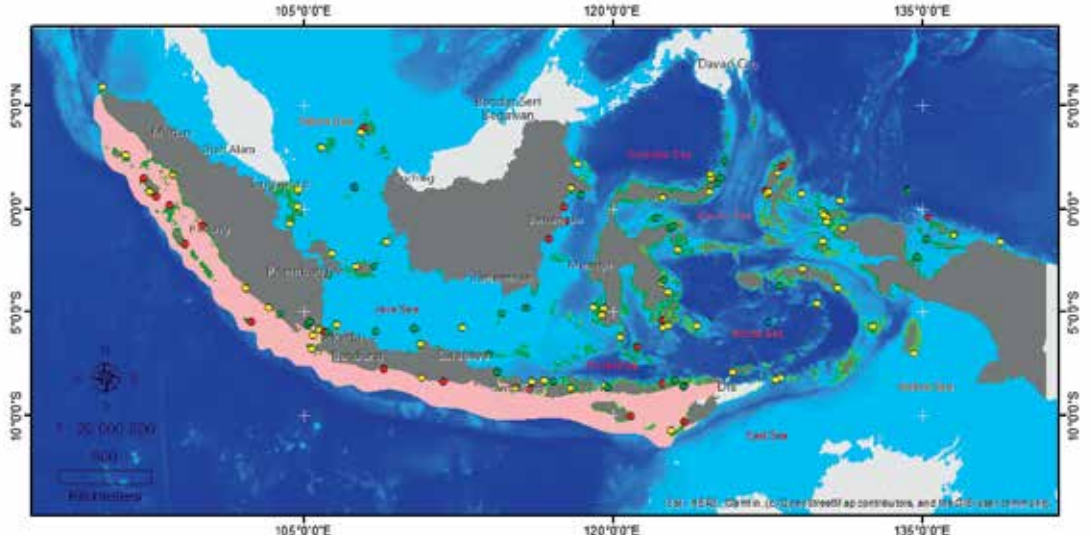
Kondisi terumbu karang di Indonesia dan ancaman-ancamannya
(kategori terumbu: merah = Buruk; kuning = cukup; hijau = baik; biru = sangat baik)



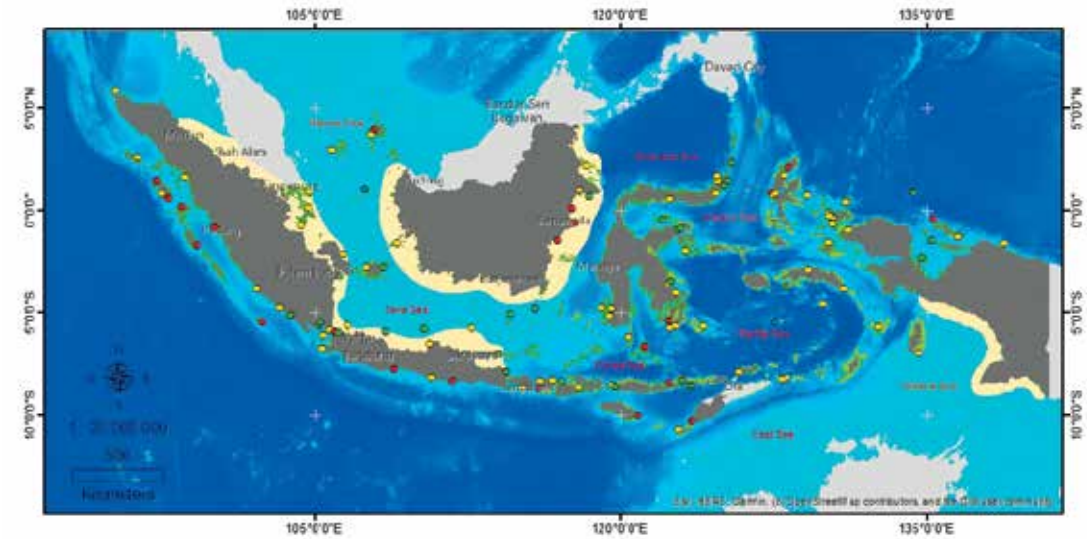
Kondisi terumbu karang di Indonesia



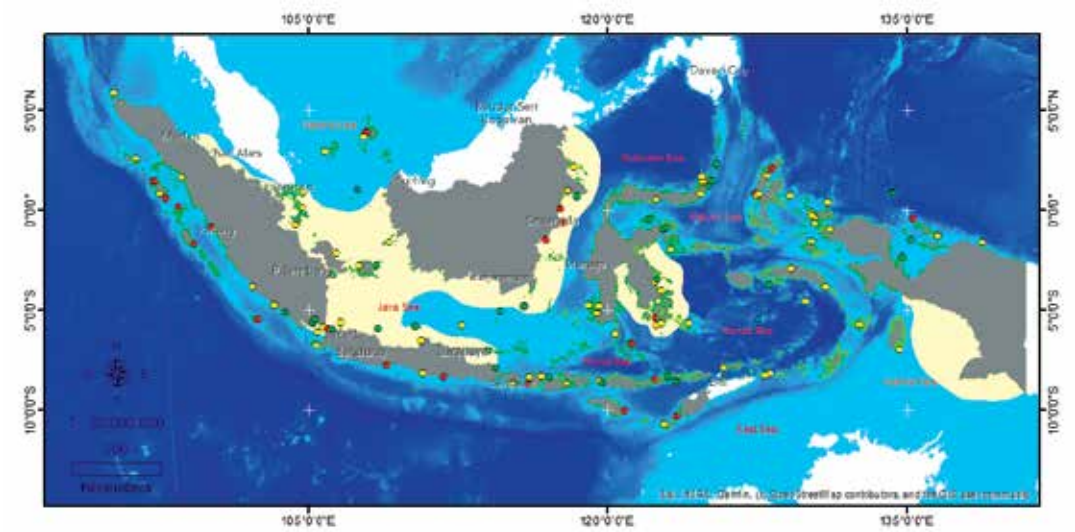
Wilayah berpotensi *bleaching* (berdasarkan peristiwa *bleaching* tahun 1983, 1997, 2010 and 2015)



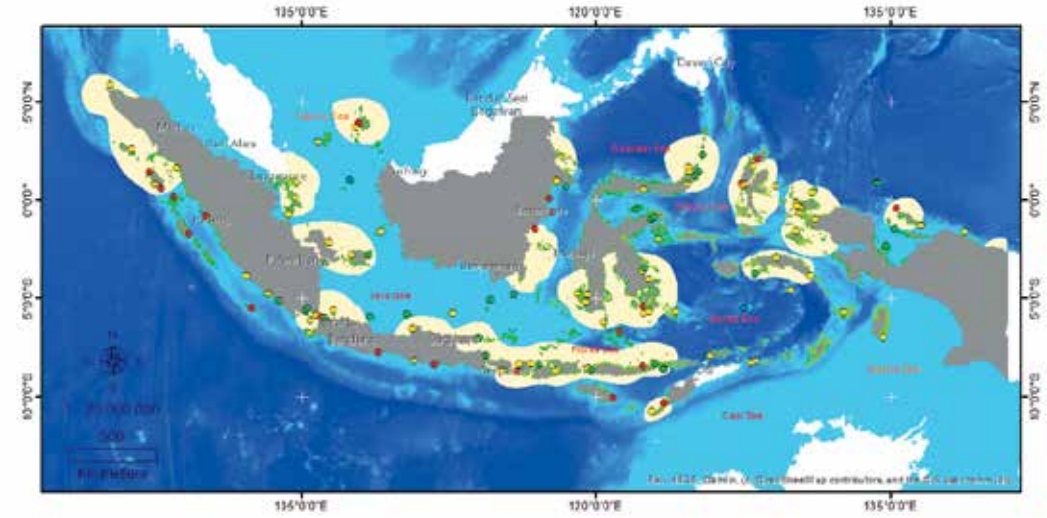
Gelombang berenergi tinggi



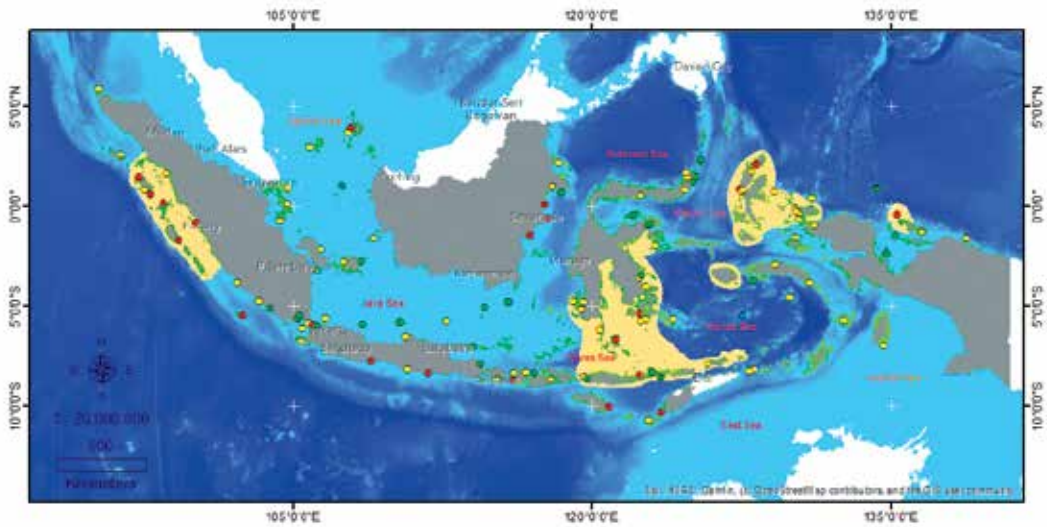
Salinitas rendah



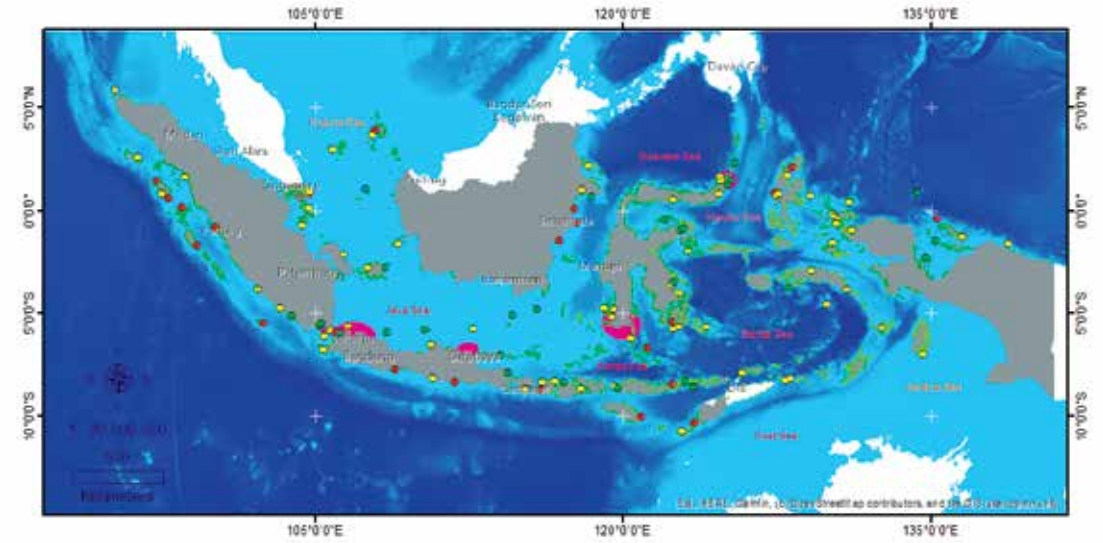
Sedimentasi



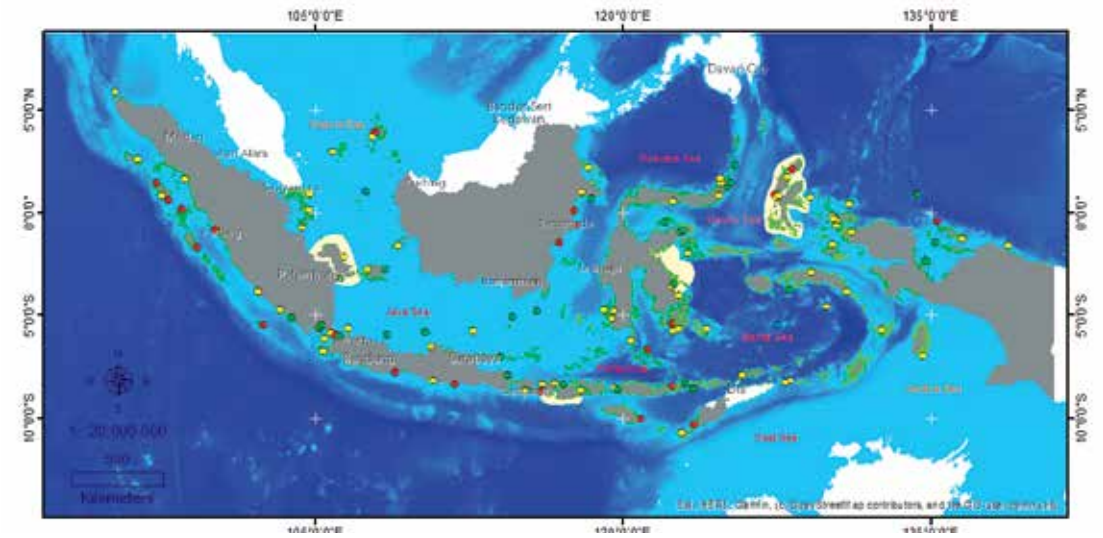
Daerah berkembang dan wisata



Penangkapan ikan dengan bahan peledak (berdasarkan hasil observasi dan wawancaran penduduk setempat)

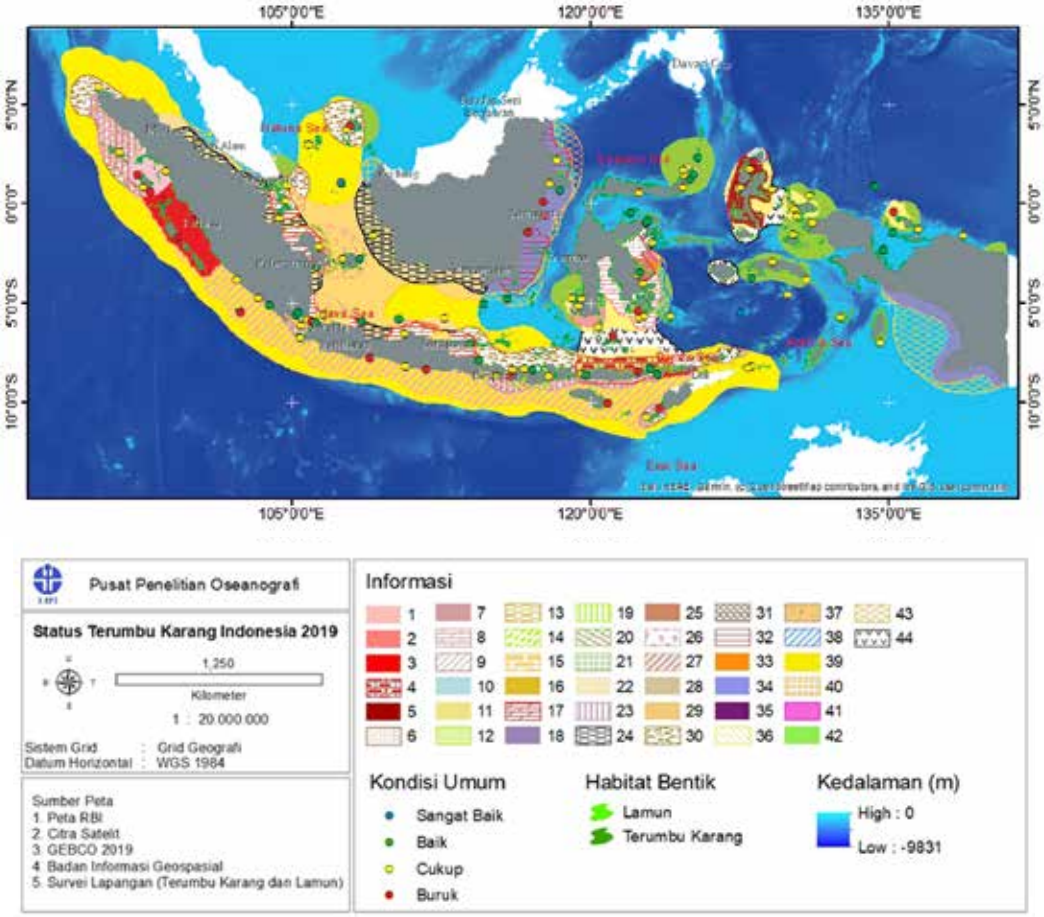


Pencemaran



Kegiatan penambangan

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT



Ancaman-ancaman terhadap terumbu karang di Indonesia

1. Penangkapan dengan bahan peledak, area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, area berkembang dan wisata
2. Penangkapan dengan bahan peledak, kegiatan penambangan, sedimentasi, area berkembang dan wisata
3. Penangkapan dengan bahan peledak, area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi
4. Penangkapan dengan bahan peledak, area berpotensi *bleaching*, area berkembang dan wisata
5. Penangkapan dengan bahan peledak, kegiatan penambangan, area berkembang dan wisata
6. Penangkapan dengan bahan peledak, kegiatan penambangan, sedimentasi
7. Penangkapan dengan bahan peledak, pencemaran, area berkembang dan wisata
8. Penangkapan dengan bahan peledak, sedimentasi, area berkembang dan wisata

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

9. Penangkapan dengan bahan peledak, area berpotensi *bleaching*
10. Penangkapan dengan bahan peledak, kegiatan penambangan
11. Penangkapan dengan bahan peledak, area berkembang dan wisata
12. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, pencemaran, sedimentasi, area berkembang dan wisata
13. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, sedimentasi, area berkembang dan wisata
14. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, kegiatan penambangan, area berkembang dan wisata
15. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, pencemaran, area berkembang dan wisata
16. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, pencemaran, sedimentasi
17. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, sedimentasi, area berkembang dan wisata
18. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, kegiatan penambangan, area berkembang dan wisata
19. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, kegiatan penambangan, sedimentasi
20. Area berpotensi *bleaching*, kegiatan penambangan, sedimentasi, area berkembang dan wisata
21. Area berpotensi *bleaching*, pencemaran, sedimentasi, area berkembang dan wisata
22. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, sedimentasi
23. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi, area berkembang dan wisata
24. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, sedimentasi
25. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah, area berkembang dan wisata
26. Area berpotensi *bleaching*, sedimentasi, area berkembang dan wisata
27. Area berpotensi *bleaching*, gelombang berenergi tinggi
28. Area berpotensi *bleaching*, salinitas rendah
29. Area berpotensi *bleaching*, sedimentasi
30. Area berpotensi *bleaching*, area berkembang dan wisata
31. Salinitas rendah, pencemaran, area berkembang dan wisata
32. Salinitas rendah, sedimentasi, area berkembang dan wisata
33. Salinitas rendah, sedimentasi
34. Salinitas rendah, area berkembang dan wisata
35. Kegiatan penambangan, sedimentasi, area berkembang dan wisata
36. Kegiatan penambangan, sedimentasi
37. Pencemaran, area berkembang dan wisata
38. Sedimentasi, area berkembang dan wisata
39. Area berpotensi *bleaching*
40. Salinitas rendah
41. Kegiatan penambangan
42. Area berkembang dan wisata
43. Sedimentasi
44. Penangkapan dengan bahan peledak

PADAR ISLAND, KOMODO NATIONAL PARK, NTT

Tubastrea micrantha, Pulau Weh - Sabang

Belitung, Bangka Belitung

ISBN 978-602-6504-29-6

9 786026 504296