



Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi>

e-mail: jppi.puslitbangkan@gmail.com

JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA

Volume 31 Nomor 3 September 2025

p-ISSN: 0853-5884

e-ISSN: 2502-6542

Nomor Akreditasi RISTEK-BRIN: 148/M/KPT/2020

JURNAL
PENELITIAN
PERIKANAN
INDONESIA



TUTUPAN KARANG KERAS (SCLERACTINIAN) HIDUP PADA TERUMBU KARANG DI PULAU LIUKANG LOE, KABUPATEN BULUKUMBA PASCA BLEACHING 2016

LIVE SCLERACTINIAN COVER ON LIUKANG LOE ISLAND REEFS, BULUKUMBA REGENCY AFTER THE 2016 CORAL BLEACHING EVEN

Ahmad Faizal¹⁾, Chair Rani¹⁾, Abdul Haris¹⁾, Inayah Yasir¹⁾

¹⁾Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan, 90245, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 15 Januari 2023; Diterima setelah perbaikan I tanggal: 28 Maret 2023; Disetujui terbit tanggal: 22 Oktober 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terumbu karang pasca fenomena pemutihan tahun 2016 di Pulau Liukangloe dengan menganalisis komponen persen tutupan karang baik unsur biotik maupun abiotik. Persen tutupan diukur dengan menggunakan transek garis sepanjang 75 m yang dibagi menjadi 3 subtransek sebagai ulangan, panjang masing-masing subtransek 20 m dengan interval 5 m. Pengambilan sampel pada dua kedalaman; 3-5 m dan 8-10 m. Analisis komponen tutupan dasar perairan dilakukan dengan metode lifeform intercept transect (LIT). Terdapat 17 jenis karang keras, dengan persen tutupan berkisar antara 1,5 hingga 63,55% pada kedalaman 3 meter, dan 2,66 hingga 73,36% pada kedalaman 10 meter. Tutupan karang mati (DCA = Dead Coral with Algae) berkisar antara 0 hingga 59,15% untuk kedalaman 3 meter, dan 3,96 hingga 52,40% untuk kedalaman 10 meter. Hasil analisis variansi antar stasiun menunjukkan perbedaan yang nyata baik untuk tutupan karang hidup maupun tutupan DCA untuk masing-masing kedalaman ($p < 0,05$). Berdasarkan nilai DCA sebagai dampak peristiwa bleaching tertinggi terdapat di Stasiun I, IV dan V untuk kedalaman 3 meter, sedangkan pada kedalaman 10 m dampak terbesar terjadi di Stasiun VI. Dari enam stasiun penelitian, terdapat dua stasiun dengan kondisi terumbu karang dalam kondisi buruk (Stasiun I dan VI), dua lainnya dalam kondisi sedang (Stasiun IV dan V), dan hanya dua kawasan yang dalam kondisi baik (Stasiun II dan III). Fenomena bleaching terumbu karang yang terjadi pada tahun 2016 di Pulau Liukangloe, menimbulkan dampak ekologi berupa kerusakan terumbu karang pada 4 dari 6 stasiun di kedalaman 3 – 10 m.

Kata kunci: Tutupan Dasar, LIT, Karang Mati, Dampak Ekologi

ABSTRACT

This study aims to determine the coral reef conditions after the bleaching phenomena in 2016 on Liukang Loe Islands using percent cover components of both biotic and abiotic elements. Percent cover was measured using a 75 m line transect which was divided into 3 sub transects as replicates, each subtransect 20 m long with 5 m intervals. Sampling at two depths; 3-5m and 8-10m. Analysis of the bottom cover components was carried out using the lifeform intercept transect (LIT) method. There are 17 species of stony coral, with percent coverage from 1.5 to 63.55% at 3 meters depth, and 2.66 to 73.36% at 10 meters depth. Dead coral coverage (DCA = Dead Coral with Algae) ranged from 0 to 59.15% for a depth of 3 meters, and 3.96 to 52.40% for a depth of 10 meters. The result of variance analysis between stations showed a significant difference for both live coral coverage and DCA coverage for each depth ($p < 0.05$). Based on the DCA coverage value, the highest value of bleaching event impact could be found in Stations I, IV,

Korespondensi penulis:
ahmad.faizal@unhas.ac.id

and V for 3 meters depth, while at depth of 10 m, the biggest impact occurred at Station VI. Of six research stations, two coral reef stations are in bad condition (Stations I and VI), two others are in medium condition (Stations IV and V), and only two areas were in good condition (Stations II and III). The phenomenon of coral bleaching that occurred in 2016 on Liukangloe Island, caused ecological impacts in the form of damage to coral reefs at 4 out of 6 stations at depths of 3 – 10 m.

KEYWORDS: Bottom Covered, LIT, Dead Coral, Ecological Impact

PENDAHULUAN

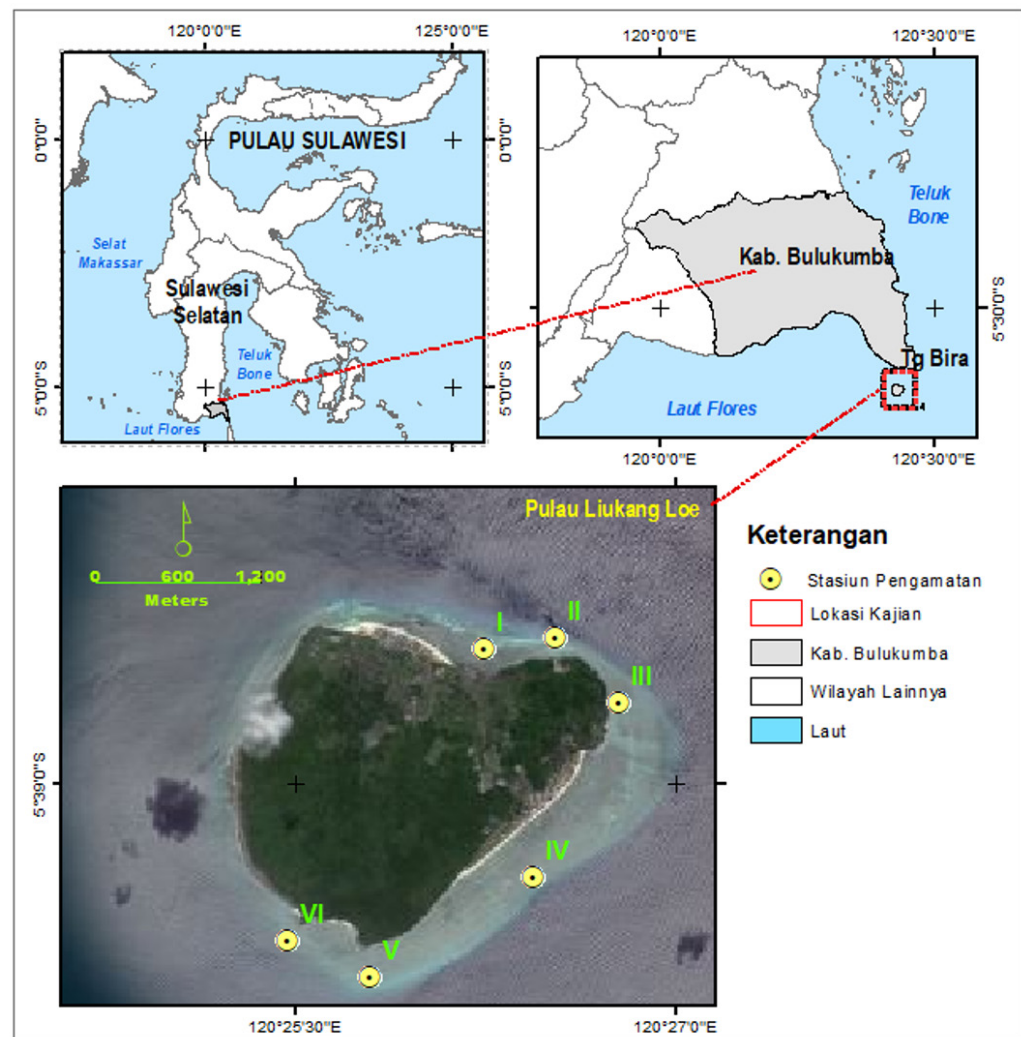
Perubahan iklim adalah suatu realitas ilmiah dan menjadi tantangan bagi manusia pada masa yang akan datang, seperti pemanasan global, peningkatan suhu permukaan air laut (IPCC, 2001; 2007; Done & Jones, 2006) dan peningkatan konsentrasi karbondioksida di atmosfer (Santer et al., 2007). Rentang tahun 2015-2016 merupakan tahun terpanas sepanjang sejarah akibat dari terjadinya gejala El-Nino. Menurut *World Meteorological Organization-WMO* (2015) bahwa rata-rata suhu permukaan bumi antara tahun 2015-2016 telah mencapai apa yang disebut “*symbolic and significant milestone*” dimana SPL telah melampaui 1°C dari ambang batas. Selanjutnya hasil penilaian dari lembaga internasional seperti AIMS (2005) dan Mann & Kump (2008) efek perubahan iklim pada daerah pesisir adalah terjadinya peningkatan suhu permukaan air laut dari 1- 3°C, yang menyebabkan karang stress dan pada akhirnya menyebabkan terjadinya kematian serta kerusakan terumbu karang,

Terumbu karang hanya berada pada perairan tropik dan sub tropik, dengan suhu permukaan perairan tidak berada di bawah 18°C, batas toleransi karang terhadap suhu bervariasi antarspesies atau antardaerah pada spesies yang sama, tetapi organisme-organisme terumbu hidup pada suhu dekat dengan batas atas toleransinya (Johannes, 1975). Hewan karang memiliki telorasi yang sempit terhadap suhu, Peningkatan suhu diatas ambang batas ($\approx 2 - 3^\circ\text{C}$) dapat mengurangi laju pertumbuhan atau kematian yang luas pada spesies-spesies karang (Neudecker, 1987; Jokiel dan Coles, 1990). Fenomena ini dikenal dengan nama pemutihan karang (*coral bleaching*), yaitu hilangnya alga simbiotik (zooxantellae) dari jaringan hewan karang sehingga warna karang menjadi putih (Jokiel dan Coles, 1974; Glynn, 1993; Hoegh-Guldberg, 1999).

Kematian karang yang disebabkan oleh peristiwa coral bleaching sering menyebabkan perubahan sistematis dalam struktur ekosistem tropis (Ainsworth et al., 2015). Tingkat kenaikan Suhu Permukaan Laut (SPL) yang didorong oleh perubahan iklim global telah membuat kemungkinan bleaching akan menjadi tekanan kronis pada karang (Hooidek et al., 2014; Hoegh-Guldberg et al., 2017). Peristiwa coral bleaching massal terjadi dengan tingkat kerusakan dan frekuensi yang lebih tinggi, yang secara negatif mempengaruhi terumbu karang di seluruh dunia dengan dampak jangka pendek dan jangka panjang (Ateweberhan et al., 2013).

Seperti halnya di Great Barrier Reef pada tahun 2016, akibat kenaikan SPL 1° C di atas rata-rata suhu permukaan laut, menyebabkan sekitar 90% karang mengalami bleaching (Climate Council of Australia, 2016). Selanjutnya dijelaskan bahwa peristiwa kenaikan SPL juga melanda sebagian Samudera Pasifik dan Hindia Selatan pada rentang waktu 2014-2016. Ibrahim et al., (2016) melaporkan bahwa akibat fenomena cuaca El Niño pada tahun 2015-2016 dan anomali suhu permukaan laut yang terjadi pada tahun 2016 menyebabkan coral bleaching di Maladewa, dimana sekitar 73% terumbu karang dari 71 stasiun pengamatan mengalami kondisi bleaching. Demikian pula di Indonesia, tanda-tanda pemutihan karang berdasarkan beberapa penelitian mulai muncul pada April 2016; di Pulau Bunaken Sulawesi Utara telah terjadi kematian sekitar 30% karang di reef flat, dimana 85% kematian tersebut didominasi oleh karang *Porites*, *Heliopora* dan *Goniastrea* (Ampou et al., 2017).

Peningkatan SPL tahun 2015 juga terjadi di Selat Makassar dan Laut Flores, The Jakarta Post (2016) melaporkan terjadinya anomali sebesar 3°C dari suhu rata-rata permukaan laut 27°C, salah satu lokasi yang terdampak di Laut Flores adalah Pulau Liukang Loe yang



Gambar 1. Peta menunjukkan lokasi penelitian
 Figure 1. Map showing research location

terletak di Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba. Selanjutnya *The Jakarta Post* (2016) melaporkan hasil observasi *Marine Science Diving Club* pada bulan Maret 2016, bahwa telah terjadi kerusakan 40-70% terumbu karang pada kedalaman 2-10 meter di Pulau Liukang Loe.

Terjadinya kematian yang masif terhadap karang-karang akibat dari fenomena *coral bleaching* tentunya akan memberi dampak tersendiri bagi ekosistem. Dampak yang muncul sangat bergantung pada skala kerusakan yang ditimbulkan. Olehnya itu perlu kajian secara komprehensif mengenai dampak ekologi yang muncul pasca *bleaching* dan perlunya ada kajian untuk langkah tindakan teknis dalam mempercepat proses pemulihan ekosistem terumbu karang yang rusak karena fenomena *bleaching*. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui tingkat kerusakan terumbu karang pasca fenomena

bleaching tahun 2016 di Pulau Liukang Loe dengan menganalisis komponen persen tutupan karang baik unsur biotik maupun abiotik.

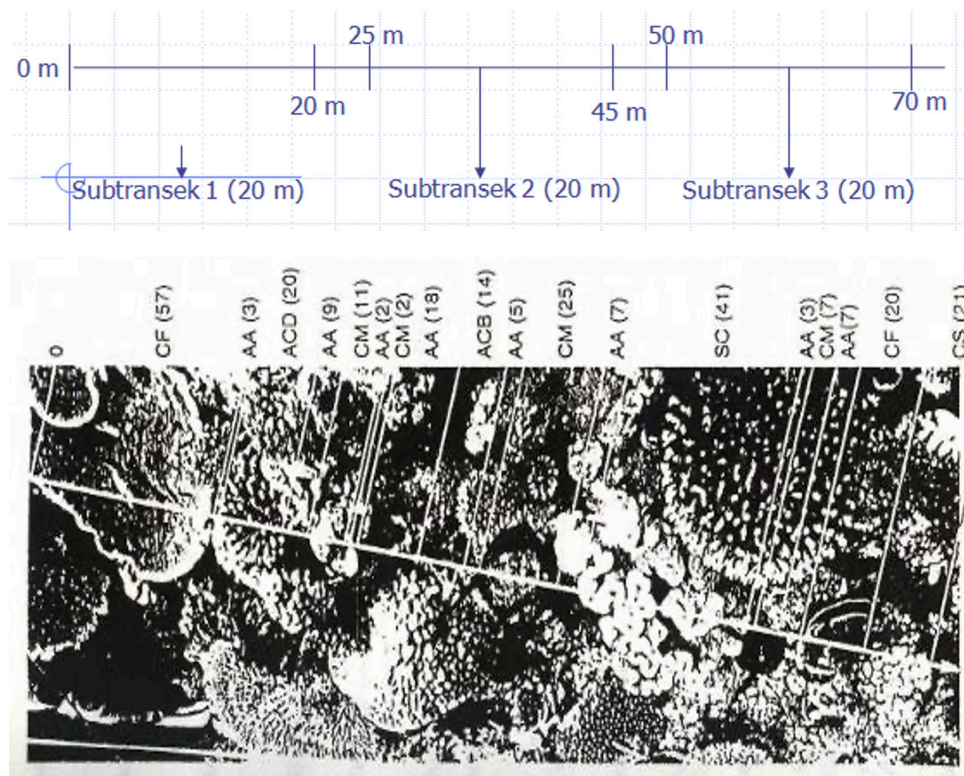
BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung pada bulan Juli - oktober 2017 di daerah terumbu karang pulau Liukangloe Kabupaten Bulukumba (Gambar 1). Terumbu karang di perairan ini telah dilaporkan mengalami fenomena *bleaching* dalam cakupan yang luas di bulan Maret pada tahun 2016.

Metode Penelitian

Stasiun penelitian ditentukan berdasarkan sebaran terumbu karang. Terumbu karang di perairan Pulau Liukang Loe, memanjang dari sisi



Gambar 2. Prosedur pengamatan tutupan karang berdasarkan Lifeform Transect; (English et al., 1997)
 Figure 2. Procedure for observing coral cover based on Lifeform Transect; (English et al., 1997)

selatan, timur hingga ke arah utara pulau. Untuk pencapaian tujuan maka ditentukan sebanyak 6 stasiun pengamatan (Stasiun I sampai dengan Stasiun VI), Stasiun I dan II pada sisi utara pulau, Stasiun III dan IV pada sisi timur dan Stasiun V dan VI pada sisi selatan pulau. Pada setiap stasiun ditentukan 2 kedalaman yaitu 3-5 m dan 8-12 m.

Penentuan tingkat kerusakan terumbu karang pada area yang terkena *coral bleaching* dilakukan pada stasiun penelitian yang telah ditentukan. Teknik yang digunakan yaitu *Lifeform Intercept Transect* (LIT) dengan 28 bentuk pertumbuhan menurut English et al., (1997). Adapun prosedur pengambilan data dengan metode LIT diuraikan sebagai berikut:

Transek garis ditempatkan sepanjang 75 m paralel dengan garis pantai untuk setiap kedalaman, selanjutnya transek dipasang mengikuti kontur dari terumbu karang. Untuk keperluan analisis statistik maka dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan membagi transek menjadi 3 subtransek dengan panjang masing-masing 20 m dan setiap line dipisahkan jarak sejauh 5 m. Panjang dari setiap koloni karang dan hewan bentik lainnya yang dilewati transek garis diukur dan dicatat untuk

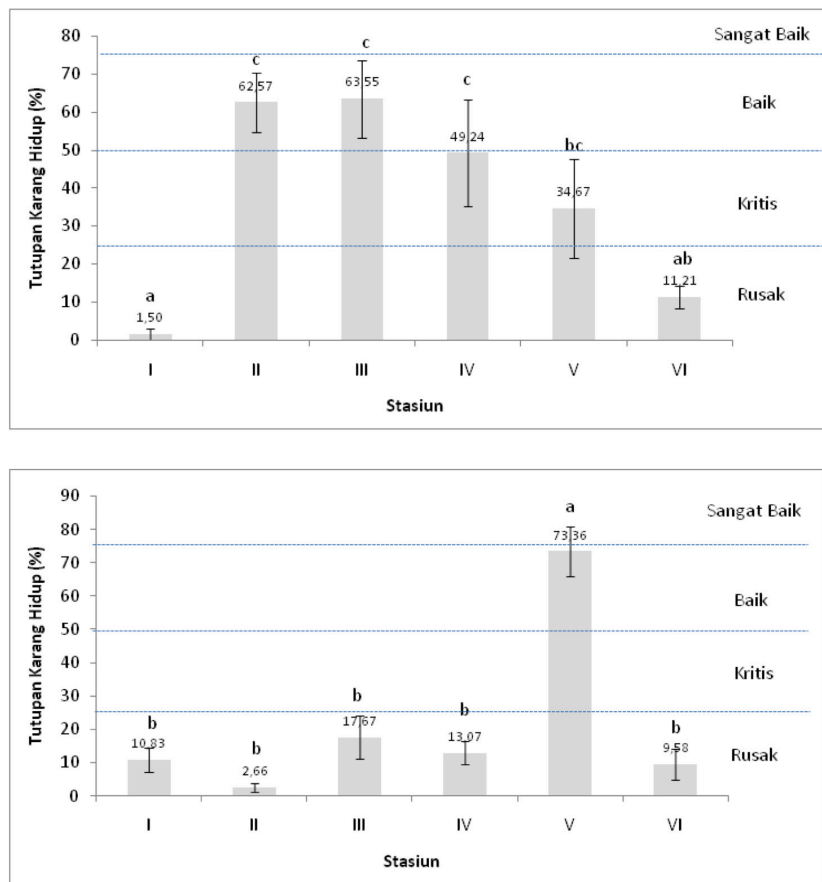
menghitung persentase tutupannya. Jenis karang dan hewan bentik lainnya dicatat berdasarkan bentuk pertumbuhannya sesuai dengan kategori menurut English et al. (1997) (Gambar 2).

Analisis Data

Persentase (%) tutupan karang setiap bentuk pertumbuhan karang dihitung dengan menggunakan formula menurut English, et al. (1997) :

$$\text{Penutupan setiap kategori (\%)} = \frac{\text{Panjang Penutupan setiap kategori}}{\text{Total panjang transek (2000 cm)}} \times 100$$

Data tutupan dasar terumbu karang (tutupan karang hidup dan karang mati yang sudah ditumbuhi alga) dikelompokkan menurut stasiun dan dianalisis perbedaannya dengan analisis ragam untuk setiap kedalaman. Sedangkan antara kedalaman untuk setiap stasiun dianalisis perbedaannya dengan uji *t-student*. Hasil analisis disajikan dengan bantuan grafik. Tingkat kerusakan terumbu karang didasarkan pada persentase tutupan hidup. Penentuan tingkat kerusakan



Gambar 3. Tutupan karang hidup pada setiap stasiun pada kedalaman 3 m (atas) dan kedalaman 10 m (bawah). Huruf yang berbeda di atas grafik menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan hasil analisis ragam-ANOVA pada $\alpha=5\%$

Figure 3. Live coral cover at each station at a depth of 3 m (top) and 10 m depth (bottom). Different letters above the graph indicate a significant difference based on the results of the analysis of variance-ANOVA at $\alpha=5\%$.

terumbu karang mengacu pada Kepmen LH Nomor 4 Tahun 2001, seperti tersaji pada Tabel. 1.

HASIL DAN BAHASAN

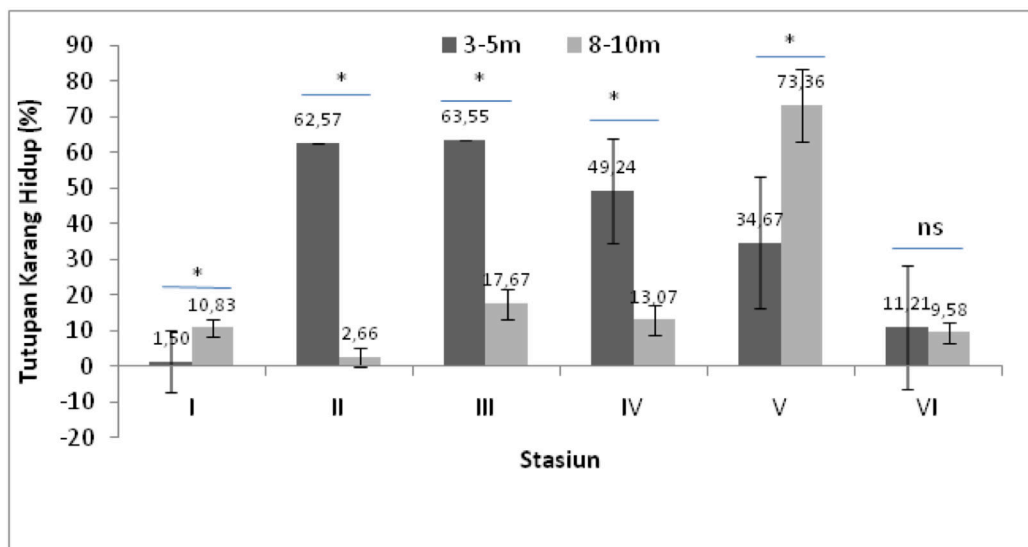
HASIL

Tutupan Karang Hidup dan Tingkat Kerusakan Terumbu Karang

Tutupan karang hidup rata-rata pada kedalaman 3 m berkisar 1.5 – 63.55%, sedangkan pada kedalaman 10 m berkisar 9.58 – 73.36% (Gambar 3). Tutupan karang hidup rata-rata antara kedalaman 3 m dan 10 m pada setiap stasiun berbeda nyata ($P<0.05$) kecuali pada Stasiun VI yang tidak berbeda nyata ($P>0.05$) (Gambar 4). Jenis karang keras hidup (*live coral*/Scleractinia) yang umum ditemukan di sekitar transek di perairan Pulau Liukangloe sebanyak 17 jenis, yaitu *Acropora*

formosa, *Acropora glauca*, *Acropora monticulosa*, *Acropora palifera*, *Turbinaria mesenterina*, *Stylophora pistillata*, *Pocillopora meandrina*, *Diploastrea heliopora*, *Porites lobata*, *Favia favius*, *Goniastrea favulus*, *Echinopora gemmacea*, *Leptoseris tubulifera*, *Fungia fungites*, *Montipora digitate*, *Montipora foliosa*, dan *Montipora cebuensis*.

Tutupan karang hidup rata-rata pada setiap stasiun pada kedalaman 3 m kisarnya relatif besar antara satu stasiun dengan stasiun lainnya. Tutupan karang hidup rata-rata tergolong tinggi didapatkan pada Stasiun II dan III, tergolong sedang didapatkan pada stasiun IV dan V, sedangkan yang tergolong rendah didapatkan pada Stasiun I dan VI. Berdasarkan uji beda nyata, tutupan karang hidup rata-rata pada kedalaman 3 m antara satu stasiun dengan stasiun lainnya ditemukan perbedaan yang nyata ($P<0.05$), kecuali antara



Gambar 4. Tutupan karang hidup pada setiap stasiun pada kedalaman 3 m (atas) dan 10 m (bawah) di terumbu karang Pulau Liukangloe (tanda * menunjukkan perbedaan yang nyata dan simbol ns: menunjukkan perbedaan yang tidak nyata antara kedalaman berdasarkan hasil uji t-student pada $\alpha=5\%$).

Figure 4. Live coral cover at each station at a depth of 3 m (top) and 10 m (bottom) on the coral reefs of Liukangloe Island (* marks indicate significant differences and symbol ns: indicates non-significant differences between depths based on the results of the t-test student at $\alpha=5\%$).

Stasiun II, III, dan IV yang tidak berbeda nyata ($P>0.05$). Tutupan karang hidup rata-rata antara Stasiun II, III, dan IV lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun I, V, dan VI; Stasiun V dan VI lebih tinggi dari pada Stasiun I; dan Stasiun V lebih tinggi daripada Stasiun VI (Gambar 3 dan Gambar 4).

Tutupan Karang Mati dan Peristiwa Coral Bleaching

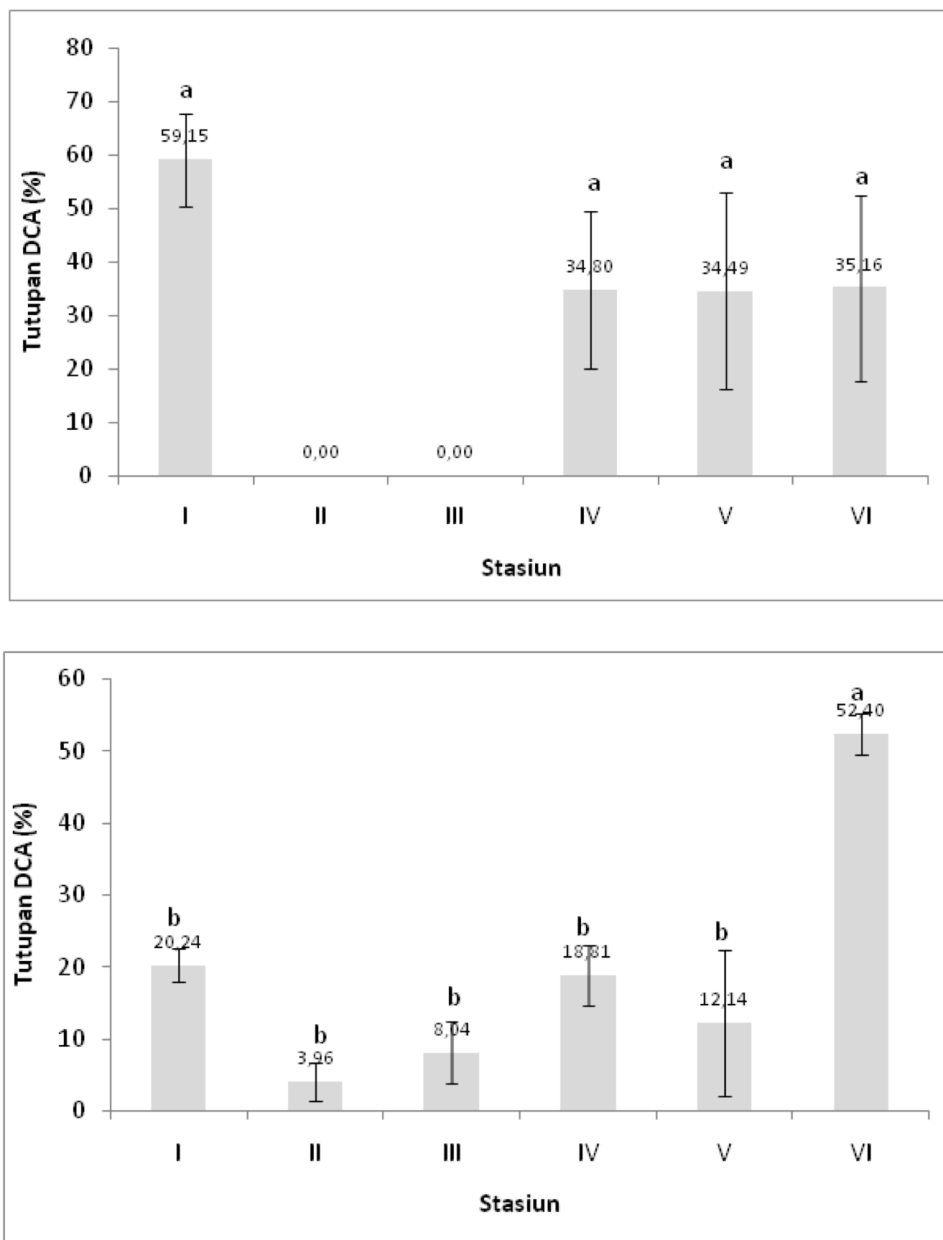
Tutupan karang mati (DCA) pada kedalaman 3 m memiliki nilai rata-rata berkisar 0.00 – 35.16%, sedangkan pada kedalaman 10 m berkisar 3.96 – 52.40% (Gambar 5). Rata-rata nilai tutupan karang mati antara kedalaman 3 m dengan 10 menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P>0.05$), kecuali antara Stasiun I dan II yang berbeda nyata ($P<0.05$), dimana kedalaman 3 m tutupan karang matinya lebih tinggi daripada kedalaman 10 m (Gambar 6).

Tutupan karang mati rata-rata pada kedalaman 3 m antar satu stasiun dengan stasiun lainnya tidak berbeda nyata ($P>0.05$) (Stasiun II dan III nilainya 0/tidak memiliki varians). Pada kedalaman 10 m juga tidak berbeda nyata ($P>0.05$), kecuali stasiun VI dengan semua stasiun yang berbeda nyata ($P<0.05$), dimana tutupan karang mati rata-rata stasiun 6 lebih tinggi daripada semua stasiun lainnya.

BAHASAN

Gambar 3, menunjukkan bahwa pada kedalaman 10 m, tutupan karang hidup rata-rata antar satu stasiun dengan stasiun lainnya tidak berbeda nyata ($P>0.05$), kecuali pada Stasiun VI dengan berbeda nyata dengan stasiun lainnya. Tutupan rata-rata karang hidup pada Stasiun V lebih tinggi daripada semua stasiun penelitian. Kondisi ini kemungkinan besar disebabkan oleh karena stasiun IV berada pada selat atau celah yang sempit dimana arus laut cukup kencang, seperti yang dijelaskan oleh Hapsari et al (2021) bahwa di laut Sulawesi kecepatan arus berbalik dengan suhu permukaan air laut, semakin kencang arus maka semakin rendah suhu permukaan air laut. Rendahnya suhu kemungkinan menjadi penyebab tinggi tutupan karang hidup di stasiun IV.

Berdasarkan tutupan karang hidup pada Gambar 4. Bahwa pada kedalaman 3 m, Stasiun I dan VI memiliki kondisi terumbu karang yang tergolong “rusak” (tutupan karang hidup 0 – 24.9%), Stasiun IV dan V tergolong “kritis” (tutupan karang hidup 25 – 49.9%), dan Stasiun II dan III tergolong “baik” (tutupan karang hidup 50 - 74.9%), sedangkan pada kedalaman 10 m, Stasiun I, II, III, IV, dan VI sudah tergolong “rusak” dan hanya Stasiun V yang tergolong “baik”. Fakta ini menunjukkan bahwa peristiwa *coral bleaching* sepanjang tahun 2016 dapat menurunkan tutupan karang hidup secara drastis dalam skala spasial yang luas.



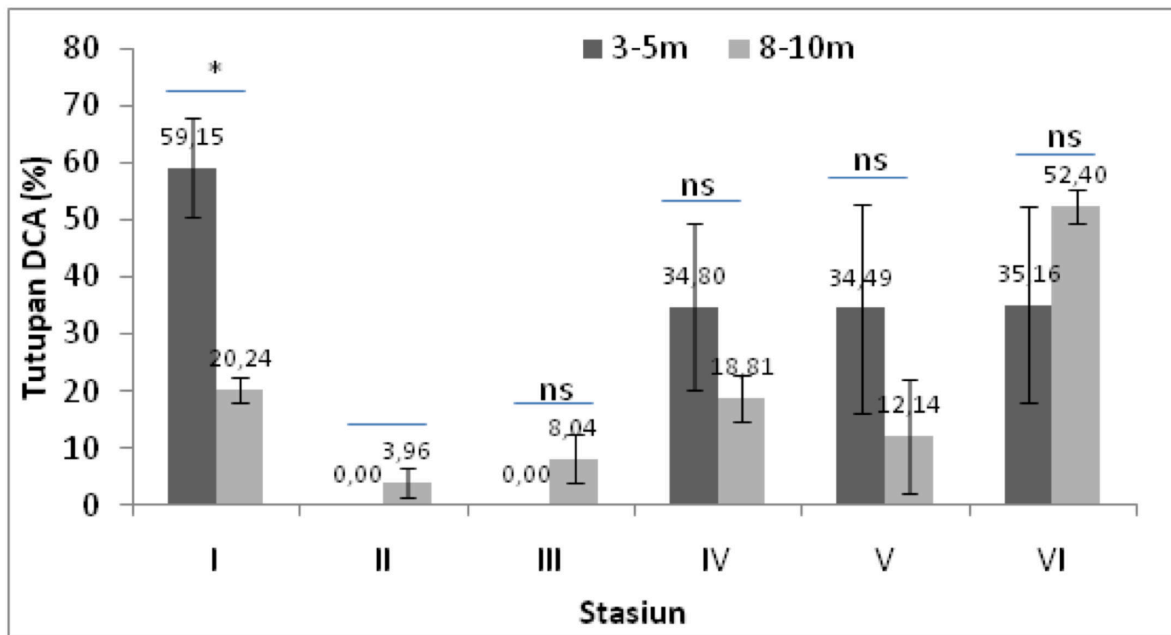
Gambar 5. Tutupan karang mati (DCA) pada setiap stasiun pada kedalaman 3-5 m (atas) dan 8-10 m (bawah). Huruf yang berbeda di atas grafik menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan hasil analisis ragam-ANOVA pada $\alpha=5\%$

Figure 5. Dead coral cover (DCA) at each station at a depth of 3-5 m (top) and 8-10 m (bottom). Different letters above the graph indicate a significant difference based on the results of the analysis of variance-ANOVA at $\alpha=5\%$

Menurut Mishal et al., (2018) penurunan tutupan karang hidup terjadi pada daerah yang mengalami *bleaching* tergolong parah, terjadi di awal sampai pertengahan tahun 2016, seperti di Comoros, Kenya, Madagascar, Mauritius, Seychelles, South Afrika dan Tanzania. Menurut Couch et al., (2017) tutupan karang hidup rata-rata pada tempat pemantauan permanen turun 68%, yang mengakibatkan pengurangan kompleksitas habitat secara cepat.

Berdasarkan nilai tutupan karang mati (DCA) sebagai dampak peristiwa *bleaching*, maka dapat dinyatakan bahwa pada kedalaman 3 m, dampak *bleaching* tergolong tinggi terjadi pada semua stasiun (Stasiun I, IV, V, dan VI), kecuali Stasiun II dan III, sedangkan pada kedalaman 10 m, dampak *bleaching* terbesar terjadi di Stasiun VI (Gambar 5).

Tutupan karang mati rata-rata yang didapatkan pada penelitian ini relatif berbeda dengan tutupan



Gambar 6. Tutupan karang mati (DCA) antara kedalaman disetiap stasiun di terumbu karang Pulau Liukangloe Liukangloe (tanda * menunjukkan perbedaan yang nyata dan simbol ns: menunjukkan perbedaan yang tidak nyata antara kedalaman berdasarkan hasil uji t-student pada $\alpha=5\%$)
 Figure 6. Dead coral cover (DCA) between depths at each station on the coral reefs of Liukangloe Liukangloe Island (* marks indicate significant differences and symbols ns: indicates insignificant differences between depths based on student t-test results at $\alpha=5\%$)



Gambar 7. Crustose Coralline Algae (CCA) pada kedalaman 3 m (kiri) dan 10 m (kanan)
 Figure 7. Crustose Coralline Algae (CCA) at a depth of 3 m (left) and 10 m (right)

karang mati rata-rata yang didapatkan oleh peneliti lain di tempat yang sama. Nirwan (2017) mendapatkan tutupan karang mati rata-rata pada kedalaman 3 m sebesar 41,47% dan pada kedalaman 10 m sebesar 38,66%. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan waktu penelitian. Nirwan (2017) melakukan penelitian pada tahun 2016, yaitu saat peristiwa *coral bleaching*, sedangkan penelitian ini dilakukan pada tahun 2017, yaitu setelah peristiwa *coral bleaching*. Perbedaan waktu penelitian selama kurang lebih satu tahun dapat

memberikan pemulihan terumbu karang secara alami dengan indikator adanya penurunan tutupan karang mati dan peningkatan tutupan karang hidup.

Tingginya tutupan karang mati pada kedalaman 3 m daripada 10 m pada Gambar 6, baik secara deskriptif maupun hasil uji beda nyatanya menunjukkan bahwa zonasi terumbu karang berpengaruh terhadap tingkat keparahan (*severity*) *coral bleaching*. Menurut Bridge et al. (2013), kematian akibat *coral bleaching* sering berkurang

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kerusakan terumbu karang berdasarkan persentase penutupan karang hidup (Kepmen LH, 2001)
 Table 1. Criteria for the degree of damage to coral reefs are based on the percentage of live coral cover (Kepmen LH, 2001)

Tutupan Karang Hidup (%)	Tingkat Kerusakan terumbu Karang
0.0 – 24.9	Rusak
25.0 – 49.9	Kritis/ Sedang
50.0 – 74.9	Bagus
75.0 – 100.0	Sangat Bagus

dengan bertambahnya kedalaman, namun zonasi kedalaman yang jelas pada komunitas karang dan terbatasnya tumpang tindih pada komposisi spesies di antara habitat terumbu karang dalam dan dangkal menyebabkan habitat karang yang dalam akan memberikan perlindungan terbatas dari pemutihan untuk sebagian besar spesies. *Upwelling* air dingin mungkin telah berkontribusi terhadap kematian yang lebih rendah yang diamati pada semua kecuali kedalaman dangkal. Hasil ini menunjukkan bahwa kedalaman menyediakan perlindungan bagi individu dari proporsi spesies yang tinggi. Ketahanan populasi karang yang lebih dalam dapat memberikan sumber anakan penting untuk membantu pemulihan terumbu karang dangkal yang berdekatan.

Karakter koloni-koloni karang mati (DCA) yang didapatkan pada stasiun-stasiun penelitian sebagian tertutupi oleh crustose coralline algae (alga berkapur berkerak) (Gambar 7) dan memiliki kerangka yang umumnya masih relatif utuh, serta bersih dari terrigenous sediment. Fakta ini memberikan keuntungan untuk pemulihan terumbu karang secara alami di tempat tersebut. Kerangka-kerangka koloni karang mati yang tertutupi oleh *crustose coralline algae* (CCA) merupakan media yang cocok untuk perlekatan planula karang. Hasil penelitian Harrington et al. (2004) menunjukkan bahwa senyawa kimia yang disekresikan oleh beberapa spesies CCA (*Neogoniolithon fosliei*, *Porolithon onkodes*, *Hydrolithon reinboldii*, *Titanoderma prototypum*, dan *Lithoporella melobesoides*) telah terbukti dapat menstimulasi atau menginduksi perlekatan planula karang menjadi lebih kuat daripada yang lainnya pada permukaan CCA atau di dekatnya, yang menunjukkan preferensi dan spesifisitas isyarat yang terkait dengan spesies tersebut.

Selain itu, Negri et al. (2001) menjelaskan bahwa mikroorganisme dapat menginduksi atau merangsang metamorfosis pada karang. Strain A3, spesies *Pseudoalteromonas* sp. yang diisolasi dari

CCA *Hydrolithon onkodes*, mampu menginduksi metamorfosis larva *Acropora willisae* dan *A. millepora* secara signifikan (sampai 51,5% ± 5,8 SE) pada skala uji laboratorium. Selanjutnya Negri et al. (2001) menjelaskan bahwa lebih dari 80% planula karang menempel pada biofilm bakteri, yang menunjukkan bahwa komunitas mikroba kemungkinan besar bertanggung jawab untuk menghasilkan sinyal perlekatan bagi planula karang. Erwin et al. (2008) juga menjelaskan bahwa CCA dan biofilm bakteri dapat menginduksi penempelan planula karang (*Acropora palmata*). Hasil penelitian ini menunjukkan bukti bahwa CCA dan bakteri asosiasinya dapat mempercepat rekrutmen karang dan pemulihan kondisi terumbu karang ke depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa persen tutupan karang hidup berkisar antara 1,5 hingga 63,55% pada kedalaman 3 meter, dan 2,66 hingga 73,36% pada kedalaman 10 meter dan tutupan karang mati berkisar antara 0 hingga 59,15% untuk kedalaman 3 meter, dan 3,96 hingga 52,40% untuk kedalaman 10 meter. Hasil analisis variansi antar stasiun menunjukkan perbedaan yang nyata baik untuk tutupan karang hidup maupun tutupan karang mati untuk masing-masing kedalaman, Dampak peristiwa bleaching tertinggi terdapat di Stasiun I, IV dan V untuk kedalaman 3 meter, sedangkan pada kedalaman 10 m dampak terbesar terjadi di Stasiun VI. Dari enam stasiun penelitian, dua stasiun kondisi terumbu karang dalam kondisi buruk (Stasiun I dan VI), dua lainnya dalam kondisi sedang (Stasiun IV dan V), dan hanya dua kawasan yang dalam kondisi baik (Stasiun II dan III). Fenomena bleaching terumbu karang yang terjadi pada tahun 2016 di Pulau Liukangloe, menimbulkan dampak ekologi berupa kerusakan terumbu karang pada 4 dari 6 stasiun di kedalaman 3 – 10 m dan Proteksi kedalaman perairan mengurangi kejadian bleaching pada karang keras.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran kegiatan penelitian ini. Terkhusus kepada Tim Enumerator MDPI Site Kabupaten Bone, ABK Kapal pancing Ulur dan Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan atas bantuan dana penelitian terpusat (BIMA) tahun 2024. No. B.715/BPPSDM.4/TU.210/III/2024.

REFERENCES

- AIMS, (2005). Coral Reef and Climate Changes. Website: <http://www.aims.gov.au/pages/about/communications/issues/coral-reefs-and-climate-changes-2005.html>.
- Ampou, E. E., Johan, O., Menkes, C. E., Niño, F., Birrol, F., Ouillon, S., & Andréfouët, S. (2017). Coral mortality induced by the 2015-2016 El-Niño in Indonesia: the effect of rapid sea level fall. *Biogeosciences*, 14(4), 817-826. doi:10.5194/bg-14-817-2017 <https://doi.org/10.5194/bg-14-817-2017>
- Ainsworth, T. D., Knack, B., Ukani, L., Seneca, F., Weiss, Y., & Leggat, W. (2015). In situ hybridisation detects pro-apoptotic gene expression of a Bcl-2 family member in white syndrome-affected coral. *Diseases of aquatic organisms*, 117(2), 155-163. <https://doi.org/10.3354/dao02882> <https://doi.org/10.3354/dao02882>
- Ateweberhan, M., Feary, D. A., Keshavmurthy, S., Chen, A., Schleyer, M. H., & Sheppard, C. R. C. (2013). Climate change impacts on coral reefs: Synergies with local effects, possibilities for acclimation, and management implications. *Marine Pollution Bulletin*, 74(2), 526-539. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.011>
- Bridge, T. C., Hoey, A. S., Campbell, S. J., Muttaqin, E., Rudi, E., Fadli, N., & Baird, A. H. (2013). Depth-dependent mortality of reef corals following a severe bleaching event: implications for thermal refuges and population recovery. *F1000Research*, 2, 187. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-187.v3>
- Bulukumba coral reefs threatened with extinction (2016, March 18). The Jakarta Post. Website: <https://www.thejakartapost.com/news/2016/03/18/bulukumba-coral-reefs-threatened-with-extinction.html>
- Climate Council of Australia (2016). Climate Council Communications Guide: Great Barrier Reef Bleaching Event February - April 2016. Published By The Climate Council of Australia Limited. p16 website : <https://www.climate-council.org.au/uploads/39302a4a6549b6b630766f32eb25b857.pdf>
- Couch, C. S., Burns, J. H. R., Liu, G., Steward, K., Gutlay, T. N., Kenyon, J., Mark Eakin, C.M., & Kosaki, R. K. (2017). Mass coral bleaching due to unprecedented marine heatwave in Papahānaumokuākea Marine National Monument (Northwestern Hawaiian Islands). *PLOS ONE*, 12(9), e0185121. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185121>
- Done, T., & Jones, R. (2006). Tropical Coastal Ecosystems and Climate Change Prediction: Global and Local Risks Coral Reefs and Climate Change: Science and Management (pp.5-32). <https://doi.org/10.1029/61CE03>
- English, S.C., Wilkinson & Baker, V., (1997). Survey Manual for Tropical Marine Resources. Asean. ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources. p390. Website: <https://www.aims.gov.au/sites/default/files/Survey%20Manual-sm01.pdf>
- Erwin, P.M., Song, B. & Szmant, A.M., (2008). Settlement behavior of *Acropora palmata* planulae: Effects of biofilm age and crustose coralline algal cover. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008 Session number 24.
- Glynn, P. W. (1993). Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/BF00303779>
- Hapsari, S. N., Syamsuddin, M. L., Riyantini, I., & Sunarto, S. (2021). Seasonal Variations of Sea Surface Temperature and Sea Current in the Celebes Sea. *World News of Natural Sciences*, 35,135-143.
- Harrington, L., Fabricius, K., De'ath, G., & Negri, A. (2004). Recognition and selection of settlement substrata determine post-settlement survival in corals. *Ecology*, 85(12), 3428-3437. doi:<https://doi.org/10.1890/04-0298> <https://doi.org/10.1890/04-0298>
- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50(8), 839-866. <https://doi.org/10.1071/MF99078>
- Hoegh-Guldberg O, Poloczanska ES, Skirving W and Dove S (2017) Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification. *Front. Mar. Sci.* 4:158. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158>
- Hoodonk, R. V., Maynard, J. A., Manzello, D., &

- Planes, S. (2014). Opposite latitudinal gradients in projected ocean acidification and bleaching impacts on coral reefs. *Global Change Biology*, 20(1), 103-112. <https://doi.org/10.1111/gcb.12394>
- Ibrahim, N., Mohamed, M., Basheer, A., Ismail, H., Nistharan, F., Schmidt, A., Naeem, R., Abdulla, A., and Grimsditch, G., (2017), Status of Coral Bleaching in the Maldives in 2016, Marine Research Centre, Malé, Maldives, p47. Website: <http://mrc.gov.mv/en/publications/show/status-of-coral-bleaching-in-the-maldives-2016>
- IPCC, (2001), *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- IPCC, (2007), *Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Website: <http://www.ipcc.ch>.
- Johannes, R. E. (1975). Chapter 2. Pollution and Degradation of Coral Reef Communities. In E. J. F. Wood & R. E. Johannes (Eds.), *Elsevier Oceanography Series Vol. 12*, pp. 13-51; Elsevier [https://doi.org/10.1016/S0422-9894\(08\)71107-3](https://doi.org/10.1016/S0422-9894(08)71107-3)
- Jokiel, P.L., & Coles, S.L., (1974) .Effect of heated effluent on hermatypic corals at Kahe Point.Oahu. *Pac. Sci.* 28, 1-24
- Jokiel, P. L., & Coles, S. L. (1990). Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs*, 8(4), 155-162. <https://doi.org/10.1007/BF00265006>
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2001. Kepmen LH Nomor 4 Tahun 2001. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Inodnesia, Jakarta.
- Mann M.E & Kump. L.R., (2008). Dire prediction: understanding global warming, Taylor & Franci. *Weatherwise* 62; 3.
- Mishal Gudka, David Obura, Jelvas Mwaura, Sean Porter, Saleh Yahyaand Randall Mabwa (2018). Impact of the 3rd Global Coral Bleaching Event on the Western Indian Ocean in 2016. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/25700>.
- Negri, A. P., Webster, N. S., Hill, R. T., & Heyward, A. J. (2001). Metamorphosis of broadcast spawning corals in response to bacteria isolated from crustose algae. *Marine Ecology Progress Series*, 223, 121-131. <https://doi.org/10.3354/meps223121>
- Neudecker, S. (1987). Environment Effects of Power Plants on Coral Reefs and Ways to Minimize Them. In *Human Impcats on Coral Reefs: Facts and Recommendations* B Salvant (Eds). Antenne de Tahiti Museum EPHE (Pp.103-118), Papetoai, Moorea, Polynesia Francaise.
- Nirwan, Syahdan, M. & Salim, D., (2017). Studi Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang Di Kawasan Wisata Bahari Pulau Liukang Loe Kabupaten Bulukumba Provinsi Sulawesi Selatan. *Marine, Coastal & Small Islands Journal*. 1(1), 11-22. <https://doi.org/10.20527/m.v1i1.3304>
- Santer, B.D., Mears, C., Wentz, F.J., Taylor, K.E., Gleckler, P.J., Wigley, T.M.L., Barnett, T.P., Boyle, J.S., Bruggemann, W., Gillett, N.P., Klein, S.A., Meehl, G.A., Nozawa, T., Pierce, D.W., Stott, P.A., Washington, W.M., Wehner, M.F., (2007). Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104, 15248-15253. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702872104>
- WMO, 2015; 2015 likely to be Warmest on Record, 2011-2015 Warmest Five Year Period; Retrieved from <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-2015-likely-be-warmest-record-2011-2015-warmest-five-year-period>.