

## The Influence of Oceanographic Factors and Sediment Suspended on Transplanted Reef (*Acropora spp.*) in Paiton, Probolinggo

### Pengaruh Faktor Oseanografi dan Suspensi Sedimen terhadap Pertumbuhan dan Mortalitas Karang Transplantasi (*Acropora spp.*) di Paiton, Probolinggo

Supriyadi, Asri Sawiji, Dian Sari Maisaroh

Marine Science Program, Science and Technology of Faculty, UIN Sunan Ampel Surabaya  
 syadi7336@gmail.com

#### ABSTRACT

Coral transplantation is an effort to restore the condition of coral reefs that are increasingly degraded. In this research, This study uses FABA kanstin from “fly ash bottom ash” coal waste generated by Paiton power plant as a medium. *Acropora spp.* transplanted at two different depths. The method of determining observation points uses purposive sampling with consideration of the distance of the transplant location to the location of the seedlings ( $\pm 7$  meters). This study uses an experimental method by comparing the two research conditions, namely transplantation at a depth of 6 m and 8 m with 10 *Acropora formosa* fragments and 10 *Acropora intermedia* fragments at each depth. Observations were carried out every two weeks including oceanographic factors and coral growth rate. The results showed that oceanographic factors in the field showed appropriate values to support coral growth. The highest sedimentation rate is at a depth of 8 m which is 25.57 mg / cm<sup>2</sup> / day which is included in the moderate category and affects coral abundance. This influence was proven by the death of *Acropora spp.* became death coral algae with a mortality index of 0.1. Transplant coral growth rate at a depth of 6 m was 2.2 mm / week for *A. formosa* and 3.1 mm / week for *A. intermedia*, while the depth of 8 m *A. formosa* had a growth rate of 2.0 mm / week and amounted to 2, 4 mm / week for *A. intermedia*. Oceanographic factors with a dominant influence on growth rate are salinity with a correlation coefficient of 0.853 (unidirectional relationship) and depth has an influence with an inverse relationship that is -0.244. Sedimentation rate has a correlation coefficient of 0.8 for growth and 0.54 for mortality.

**Keywords:** Coral transplantation, FABA kanstin, Mortality index, PCA

#### ABSTRAK

Transplantasi karang merupakan salah satu pilihan dalam memulihkan kondisi terumbu karang yang semakin mengalami degradasi. Penelitian ini menggunakan kanstin FABA dari limbah padat batu bara *fly ash bottom ash* yang dihasilkan oleh PLTU Paiton sebagai media. Fragmen karang batu *Acropora spp.* ditransplantasikan pada dua kedalaman berbeda. Metode penentuan titik pengamatan menggunakan *purposive sampling* dengan pertimbangan jarak lokasi transplantasi ke lokasi bibit ( $\pm 7$  meter). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan membandingkan dua kondisi penelitian, yaitu transplantasi pada kedalaman 6 m dan 8 m dengan 10 fragmen *Acropora formosa* dan 10 fragmen *Acropora intermedia* di setiap kedalaman. Pengamatan dilaksanakan setiap dua minggu meliputi faktor oseanografi dan laju pertumbuhan karang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor oseanografi di lapangan menunjukkan nilai yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan karang. Laju sedimentasi tertinggi terdapat di kedalaman 8 m yaitu sebesar 25,57 mg/cm<sup>2</sup>/hari yang termasuk dalam kategori sedang dan mempengaruhi kelimpahan karang. Pengaruh ini dibuktikan adanya kematian *Acropora spp.* menjadi *death coral algae* dengan indeks mortalitas sebesar 0,1. Laju pertumbuhan karang transplantasi pada kedalaman 6 m sebesar 2,2 mm/minggu untuk *A. formosa* dan sebesar 3,1 mm/minggu untuk *A. intermedia*, sedangkan kedalaman 8 m *Acropora formosa* memiliki laju pertumbuhan sebesar 2,0 mm/minggu dan sebesar 2,4 mm/minggu untuk *A. intermedia*. Faktor oseanografi dengan pengaruh dominan terhadap laju pertumbuhan yaitu salinitas dengan koefisien korelasi 0.853 (hubungan searah) dan kedalaman memiliki pengaruh dengan hubungan terbalik yaitu -0.244. Laju sedimentasi memiliki koefisien korelasi sebesar 0.8 terhadap pertumbuhan dan 0.54 terhadap mortalitas.

**Kata kunci:** Transplantasi karang, kanstin FABA, indeks mortalitas, PCA

## PENDAHULUAN

Ekosistem karang merupakan ekosistem dengan keberagaman, kompleksitas, produktivitas yang tinggi dan menjadi tempat pembenihan, pembesaran, serta tempat mencari makan bagi biota laut lainnya. Selain itu, terumbu karang juga memiliki kerentanan tinggi terhadap kerusakan baik secara alami ataupun antropogenik (Kordi, 2010). Menurut COREMAP (2016) bahwa pada tahun 2015 kondisi karang di Indonesia hanya 5% dalam kondisi sangat baik, 27.01% baik, 37.97% sedang, dan 30.02% kondisi buruk. Kerusakan ini disebabkan oleh berbagai faktor, baik alami maupun antropogenik. Tingginya kerusakan yang terjadi di laut terutama ekosistem terumbu karang harus diimbangi dengan upaya restorasi, salah satunya dengan metode transplantasi. Transplantasi dapat dilakukan dengan berbagai media, salah satunya adalah Kanstin FABA dari fly ash dan bottom ash.

PLTU Paiton menghasilkan limbah padat batu bara berupa fly ash bottom ash yang dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk kanstin FABA sebagai media transplantasi (**Gambar 1**). Kegiatan transplantasi yang pernah dilakukan sebelumnya pada media substrat dan rak menunjukkan penurunan tingkat keberhasilan hidup sebesar 27% dalam 3 bulan dengan kondisi perairan sesuai untuk pertumbuhan karang. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dianggap penting untuk memberikan informasi tentang pengaruh faktor oseanografi dan laju sedimentasi terhadap pertumbuhan dan mortalitas *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo. Penelitian ini diharapkan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam upaya restorasi ekosistem terumbu karang terutama di Perairan Paiton Probolinggo.



**Gambar 1.** Media kanstin FABA

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan April-Juni 2019 di Perairan PLTU Paiton Probolinggo dengan koordinat S 07° 42' 51,9" dan E 113° 35' 39,9" yang terdapat aktivitas PLTU (**Gambar 2**). Lokasi transplantasi berada 377 m dari outlet PLTU dan 105 m dari port di darat (**Gambar 3**). Penentuan lokasi pada penelitian ini menggunakan metode purposive sampling, yaitu lokasi transplantasi berada di dekat lokasi bibit fragmen karang ( $\pm 7$  m).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu membandingkan hasil eksperimen pada dua kondisi yang berbeda (sugiyono, 2009). Kondisi yang dibandingkan pada penelitian ini adalah kedalaman, yaitu 6 m dan 8 m dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan faktor oseanografi dan laju sedimentasi setiap kedalaman serta pengaruhnya terhadap laju pertumbuhan dan mortalitas *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton

Probolinggo. Jumlah fragmen transplantasi pada setiap kedalaman sebanyak 20 yang terdiri dari *Acropora formosa* dan *Acropora intermedia*. Pengamatan dilakukan setiap dua minggu dari t1-t5 meliputi faktor oseanografi, laju pertumbuhan dan indeks mortalitas pada setiap kedalaman. Pengukuran laju sedimentasi menggunakan sediment trap (8,2 x 21,5 cm) yang terbuat dari pipa PVC. Laju pertumbuhan dan indeks mortalitas merupakan salah satu variabel untuk mengetahui kesuksesan dari kegiatan transplantasi. Hasil pengukuran faktor oseanografi dan laju sedimentasi selanjutnya akan di uji statistik menggunakan regresi linear dan PCA. Laju sedimentasi perairan dapat dihitung menggunakan persamaan 1, perhitungan laju pertumbuhan dengan persamaan 2, dan perhitungan mortalitas menggunakan persamaan 3.

$$LS = \frac{Bs}{\text{jumlah hari} \times \pi \times r^2} \quad (1)$$

dimana:

- LS = Laju sedimentasi (mg/cm<sup>2</sup>/hari)
- Bs = Berat kering sedimen (mg)
- π = konstanta (3,14)
- R = Jari jari lingkaran sedimen traps (cm)

$$\Delta L = \frac{Lt - L0}{t} \quad (2)$$

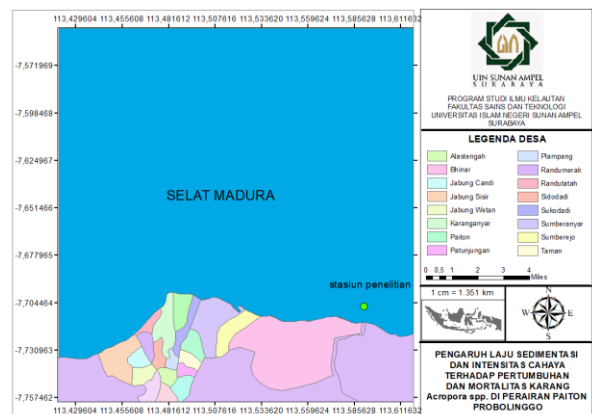
dimana:

- ΔL = pertumbuhan Panjang (mm)
- Lt = panjang akhir (mm)
- L0 = panjang awal (mm)
- t = waktu pengamatan

$$MI = \frac{A}{A+B} \quad (3)$$

dimana:

- MI = Indeks mortalitas
- A = Presentase karang mati (%)
- B = Presentase karang hidup (%)

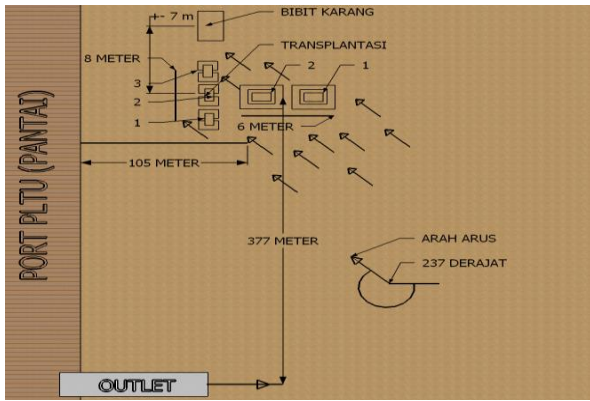


**Gambar 2.** Lokasi penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Faktor oseanografi perairan paiton

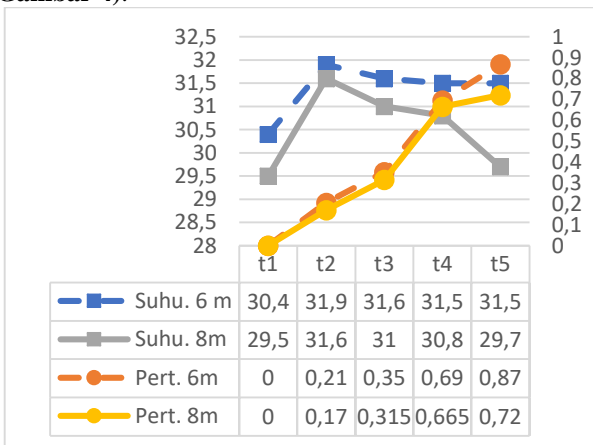
Pengukuran faktor oseanografi yang dilakukan pada kedalaman 6 m dan kedalaman 8 m menunjukkan hasil berbeda. Hasil pengukuran kondisi faktor oseanografi selanjutnya akan dibandingkan dengan baku mutu KepmenLH No. 51 Tahun 2004 lampiran III untuk karang dan hasil penelitian sebelumnya.



Gambar 3. Sketsa lokasi transplantasi

1. Suhu

Pengukuran suhu dilapangan menunjukkan suhu rata-rata sebesar  $31,4 \pm 0,57$  °C pada kedalaman 6 m dan sebesar  $30,5 \pm 0,89$  °C pada kedalaman 8 m. Kedua nilai tersebut berada dalam batas toleransi berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang yang berkisar 28-30 °C dengan nilai toleransi  $<2^{\circ}\text{C}$  (Gambar 4).



Gambar 4. Fluktuasi suhu dan laju pertumbuhan

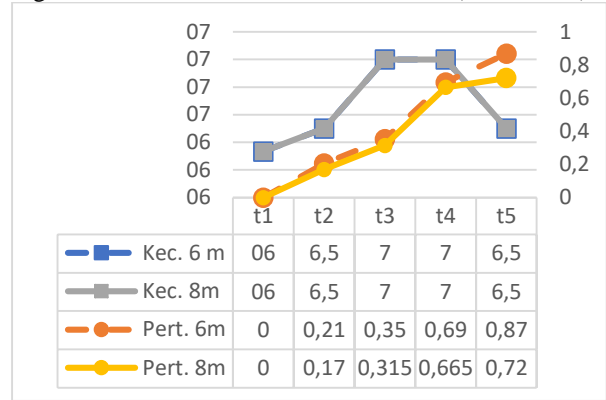
Menurut Guntur (2011) karang dapat tumbuh maksimal pada suhu rata-rata sebesar 23-25 °C dengan batas toleransi hidup mencapai kisaran suhu sebesar 36-40 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran suhu yang terukur di lokasi penelitian masih dalam batas toleransi sehingga mendukung terhadap pertumbuhan karang.

Hasil ini sesuai dengan Gambar 4 bahwa fragmen karang *Acropora* spp. yang ditransplantasikan menunjukkan laju pertumbuhan yang meningkat dari setiap pengamatan dengan suhu fluktuatif di lokasi penelitian. Suhu yang mengalami peningkatan atau penurunan dan tidak diikuti dengan fluktuasi laju pertumbuhan menunjukkan bahwa suhu tidak memberikan pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. transplantasi di Perairan Paiton Probolinggo.

2. Kecerahan

Tingkat kecerahan rata-rata yang terukur di lokasi penelitian menunjukkan hasil sama di kedua kedalaman yaitu  $6,67 \pm 0,31$  m. Hasil ini disebabkan transplantasi kedalaman 6 m dan 8 m berada pada lokasi yang sama. Kecerahan terukur termasuk dalam kategori sesuai berdasarkan

KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang dengan batas bawah kecerahan adalah 5 m (Gambar 5).

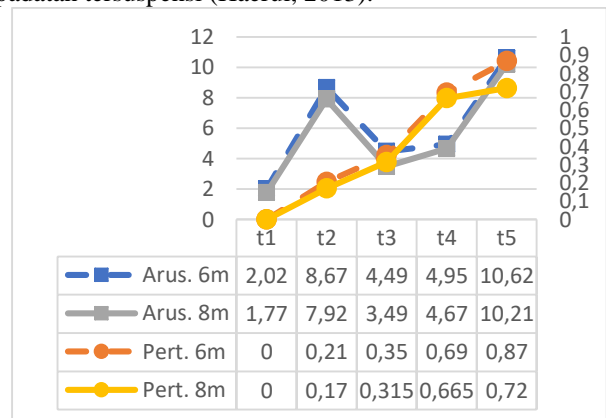


Gambar 5. Fluktuasi kecerahan dan laju pertumbuhan

Menurut Haerul (2013) jika tingkat kecerahan yang diperoleh mencapai kisaran 7 m, maka nilai tersebut baik bagi kehidupan dan pertumbuhan karang. Kecerahan yang berkaitan dengan intensitas cahaya tentu mempengaruhi laju fotosintesis oleh *zooxanthellae* dan akan berpengaruh terhadap proses respirasi dan kalsifikasi. Berdasarkan hasil pengukuran laju pertumbuhan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan selalu mengalami peningkatan dari t1 sampai t5 meskipun intensitas cahaya tidak mengalami perubahan dari t3 ke t4 dan menurun pada t5. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat kecerahan, tapi juga dipengaruhi oleh faktor lain.

3. Arus

Data arus yang digunakan merupakan hasil peramalan dari website *Hycom.org* dan divalidasi dengan beberapa data lapangan menunjukkan kecepatan arus rata-rata sebesar  $6,2 \pm 3,4$  cm/s pada kedalaman 6 m dan sebesar  $5,6 \pm 3,4$  cm/s di kedalaman 8 m. Fluktuasi kecepatan arus dapat dilihat pada Gambar 6. Pengukuran arus lapangan dilakukan menggunakan *current meter* dengan metode Eulerian yang menyesuaikan kedalaman transplantasi. Arus menyebabkan sirkulasi perairan sehingga membawa zooplankton, oksigen, nutrisi, planula karang dan juga padatan tersuspensi (Haerul, 2013).



Gambar 6. Fluktuasi arus dan laju pertumbuhan

Menurut Joni dkk. (2015) arus memiliki peranan penting dalam purifikasi air dan *sedimen rejection*. Arus sebagai *sediment rejector* memiliki efek positif terhadap reduksi penutupan sedimen di permukaan karang. Fungsi arus dalam *sedimen rejection* memiliki pengaruh positif

terhadap pertumbuhan karang yang ditransplantasi (Tabel 1).

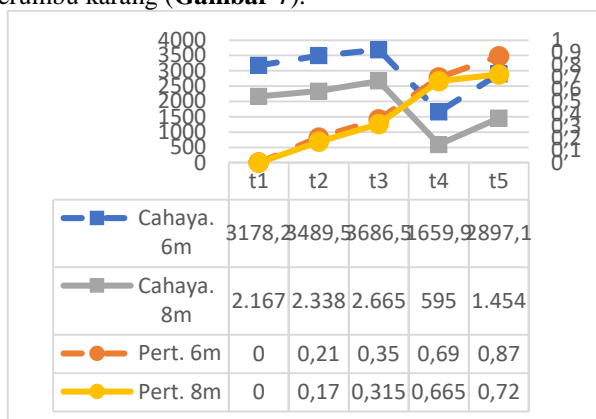
Tabel 1. Pengaruh arus terhadap pertumbuhan karang

Kedalaman	Modul	Laju Pertumbuhan (mm)	
		Arus Langsung	Arus Residu
6 meter	Modul 1	4.59	3.63
	Modul 2	5.75	5.44
8 meter	Modul 3	4.50	4.25
	Modul 4	7.33	4.13
	Modul 5	5.40	4.69

Terlihat bahwa terdapat perbedaan laju pertumbuhan antara fragmen karang yang terkena arus langsung dan arus residu. Fragmen karang dengan arus langsung memiliki laju pertumbuhan lebih cepat dibandingkan fragmen dengan arus residu di kedua kedalaman. Hal ini disebabkan pada arus langsung tingkat sedimentasi di permukaan karang menjadi lebih kecil akibat fungsi *sediment rejector* oleh arus. Tingkat cekaman pada fragmen karang yang terkena arus langsung menjadi lebih rendah, sehingga tidak mengganggu laju pertumbuhan dari fragmen karang. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Jipriandi dkk. (2017) bahwa adanya pergerakan arus akan membantu terumbu karang untuk mempercepat proses *sedimen rejection* yang terdapat di permukaan tubuhnya sehingga proses pemulihan fisiologis karang berlangsung lebih cepat.

4. Intensitas Cahaya

Hasil pengukuran yang sudah dilakukan menunjukkan intensitas cahaya rata-rata pada kedalaman 6 m sebesar  $2982.2 \pm 798$  lux dan  $1844 \pm 826.7$  lux pada kedalaman 8 m. Fluktuasi intensitas cahaya yang mencapai terumbu karang (Gambar 7).



Gambar 7. Fluktuasi intensitas cahaya dan laju pertumbuhan

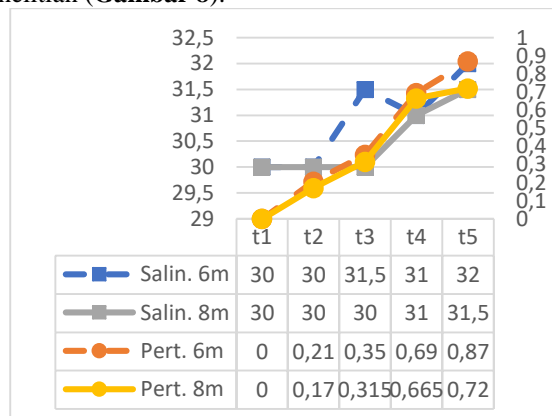
Perbedaan intensitas cahaya di kedua kedalaman disebabkan oleh semakin menurunnya kemampuan cahaya untuk mencapai perairan lebih dalam. Hal ini sesuai dengan Partini (2009) bahwa intensitas cahaya yang menembus perairan akan semakin menurun dengan semakin

bertambahnya kedalaman. Menurut Joni dkk. (2015) bahwa perbedaan intensitas cahaya yang mencapai terumbu karang akan mempengaruhi laju fotosintesis dan pembentukan kalsium karbonat dalam pertumbuhan karang oleh *zooxhantella*. Makanan yang dibutuhkan oleh karang untuk pertumbuhan 90 % nya disediakan oleh *zooxhantellae* melalui proses fotosintesis, sehingga cahaya merupakan faktor penting bagi kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan karang.

Hewan karang memiliki titik kompensasi terhadap cahaya yang berkisar antara 200-700 footcandle atau setara dengan 2152.8-7534.7 lux (Ismail, 2010). Berdasarkan kategori tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya terukur di lokasi penelitian termasuk dalam titik kompensasi karang kecuali pada t4 yang mengalami penurunan di setiap kedalaman dan t5 pada kedalaman 8 m dengan intensitas cahaya terukur dibawah 2152.8 lux. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa peningkatan laju pertumbuhan pada *Acropora* spp. transplantasi sejalan dengan peningkatan intensitas cahaya, kecuali pada t4 dan t5. Terjadinya penurunan intensitas cahaya pada t4 dan t5 yang diikuti laju pertumbuhan lebih cepat menunjukkan bahwa cahaya bukan satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo.

5. Salinitas

Hasil pengukuran kadar salinitas di lapangan menunjukkan nilai rata-rata sebesar  $31 \pm 0,89$  ppt pada kedalaman 6 m dan sebesar  $30,5 \pm 0,71$  ppt pada kedalaman 8 m. Berdasarkan baku mutu KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang menyatakan bahwa kadar salinitas yang terukur di kedalaman 6 m dan 8 m berada dalam batas toleransi sehingga mendukung terhadap laju pertumbuhan karang. Fluktuasi kadar salinitas selama masa penelitian (Gambar 8).



Gambar 8. Fluktuasi salinitas dan laju pertumbuhan

Kadar salinitas terukur di kedalaman 6 m dan 8 m masih dikategorikan dalam kondisi normal yaitu pada kisaran 30-35 ppt sehingga kondisi perairan di lokasi penelitian sesuai untuk kehidupan terumbu karang. Secara garis besar terumbu karang memiliki kemampuan toleransi terhadap perubahan salinitas yaitu berkisar antara 25 – 40 ppt yang akan berbeda pada jenis karang dan letak geografis (Guntur, 2011). Terjadinya peningkatan salinitas pada t3-t5 di kedalaman 6 m dan t4-t5 di kedalaman 8 m yang berada pada Bulan Mei-Juni disebabkan oleh semakin rendahnya intensitas hujan pada bulan tersebut. Berdasarkan data BMKG yang diakses melalui [www.google.com](http://www.google.com) pada 18 Juli

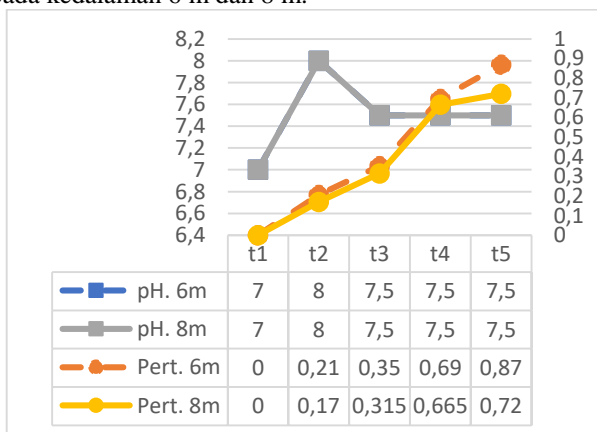


2019 menunjukkan bahwa Bulan April memiliki intensitas hujan dalam kategori menengah, sedangkan pada bulan Mei dan Juni dalam kategori rendah sehingga salinitas menjadi lebih tinggi (Haerul, 2013). Gambar 4.5 menunjukkan bahwa peningkatan kadar salinitas sejalan dengan peningkatan laju pertumbuhan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar salinitas memiliki pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo.

## 6. pH

Pengukuran nilai pH rata-rata di lokasi penelitian menunjukkan hasil yang sama pada kedalaman 6 m dan 8 m, yaitu sebesar  $7,5 \pm 0,35$ . pH merupakan derajat keasaman perairan dengan fungsi untuk mengontrol laju dan tipe reaksi kimia yang terjadi di suatu perairan. Fluktuasi kadar pH selama masa penelitian (**Gambar 9**).

Nilai pH yang terukur termasuk dalam kategori sesuai bagi kehidupan biota laut karena berada dalam ambang batas baku mutu berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang dengan rentang pH antara 7-8.5. Menurut Jipriandi dkk. (2017) bahwa nilai pH yang berada dalam ambang batas baku mutu merupakan faktor penunjang kehidupan bagi makhluk biotik di perairan, termasuk terumbu karang. Hasil pengukuran pH menunjukkan adanya peningkatan pada t2 dan stabil pada t3-t5 dengan laju pertumbuhan *Acropora* spp. transplantasi yang terus mengalami peningkatan dari t1-t5. Hal ini menunjukkan bahwa kadar PH perairan tidak memberikan pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo pada kedalaman 6 m dan 8 m.



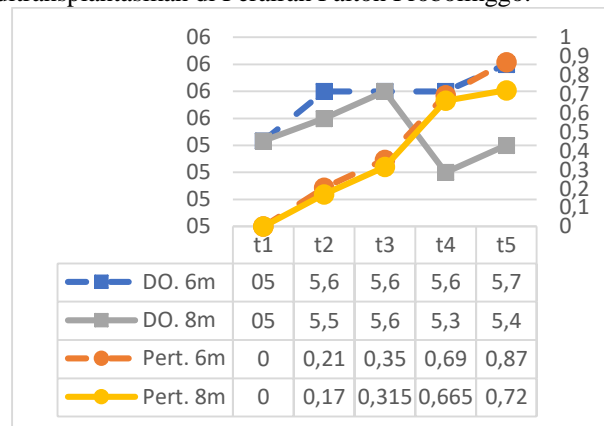
**Gambar 9.** Fluktuasi kecerahan dan laju pertumbuhan

## 7. Dissolved Oxygen (DO)

Hasil pengukuran DO yang dilakukan di lokasi penelitian menunjukkan nilai rata-rata sebesar  $5,6 \pm 0,11$  mg/l pada kedalaman 6 m dan sebesar  $5,4 \pm 0,11$  mg/l pada kedalaman 8 m. DO yang didapatkan tergolong dalam kategori sesuai bagi kehidupan karang berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang dengan nilai DO diatas 5 mg/l sebagai DO penunjang kehidupan bawah laut terutama terumbu karang. Fluktuasi nilai DO selama masa penelitian (**Gambar 10**).

DO merupakan faktor yang berperan penting terhadap berjalanya proses kimia ataupun biologi di perairan (Joni dkk., 2015). Selain itu, menurut Jipriandi dkk. (2017) DO merupakan faktor yang dibutuhkan terumbu karang dalam proses metabolisme dan berkembang biak. Konsentrasi DO yang menurun akan menyebabkan

peningkatan toksisitas dari suatu bahan pencemar di perairan sehingga menyebabkan dampak buruk bagi kelangsungan hidup karang dengan mengganggu pertumbuhan ataupun mematikan karang. Berdasarkan hasil pengukuran DO di lapangan menunjukkan kondisi stabil dari t2-t4 pada kedalaman 6 m dengan laju pertumbuhan yang semakin meningkat di setiap pengamatan. Kadar DO juga mengalami penurunan pada t4 dan t5 di kedalaman 8 m namun disertai laju pertumbuhan yang semakin cepat pada t4 dan t5. Hal ini menunjukkan bahwa kadar DO perairan tidak memberikan pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo.



**Gambar 10.** Fluktuasi DO dan laju pertumbuhan

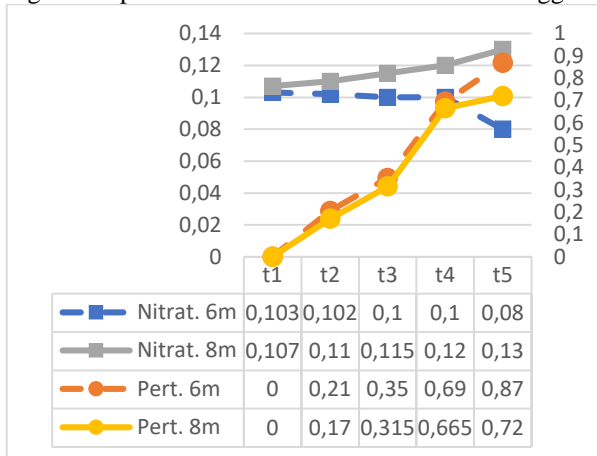
## 8. Nitrat

Pengukuran kandungan nitrat perairan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa pada kedalaman 6 m kandungan nitrat rata-rata sebesar  $0,097 \pm 0,01$  mg/l, dan lebih tinggi pada kedalaman 8 m yaitu sebesar  $0,116 \pm 0,01$  mg/l. Nitrat yang terukur di kedua kedalaman termasuk dalam kategori melebihi batas berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang dengan nilai maksimal sebesar 0.008 mg/l, namun menurut Effendi (2003) kandungan nitrat tersebut berada dalam batas toleransi perairan yaitu 0,2 mg/l sehingga masih mendukung terhadap pertumbuhan karang. Fluktuasi kandungan nitrat di lokasi penelitian (**Gambar 11**).

Kandungan nitrat yang lebih tinggi pada kedalaman 8 m diduga disebabkan adanya penggunaan nitrat untuk proses fotosintesis oleh fitoplankton pada kedalaman 6 m, sehingga tingkat konsumsi terhadap nitrat menjadi lebih tinggi (Wulandari, 2009). Selain aktivitas fitoplankton, kandungan nitrat lebih tinggi di kedalaman 8 m yang berada dekat dasar perairan dipengaruhi oleh adanya produksi nitrat oleh sedimen dari biodegradasi bahan organik menjadi ammonia dan teroksidasi menjadi nitrat (Patty, 2015). Kadar nitrat lebih tinggi pada kedalaman 8 m sesuai berdasarkan Hutagulung dan Rozak (1997) yang menyatakan bahwa kadar nitrat akan meningkat jika kedalaman bertambah (sebaran vertikal) dan akan menurun jika menjauhi pantai (sebaran horizontal).

Nitrat merupakan salah satu nutrisi yang dibutuhkan oleh terumbu karang dan dapat mempengaruhi laju pertumbuhannya, namun hanya dibutuhkan dalam jumlah sedikit yaitu kurang dari 0.2 mg/l. Kandungan nitrat perairan  $\geq 0.2$  mg/l sangat berpotensi untuk terjadinya eutrofikasi (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil pengukuran

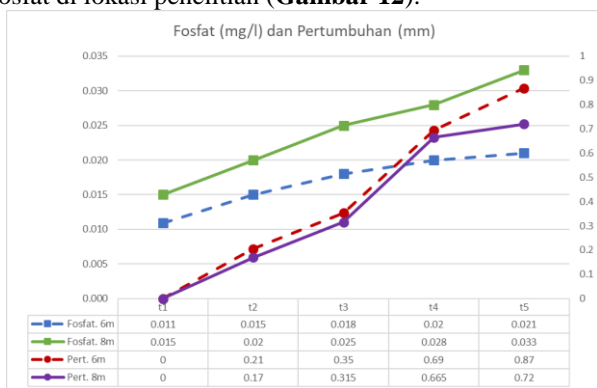
menunjukkan semakin cepatnya laju pertumbuhan berbanding lurus dengan meningkatnya kandungan nitrat di kedalaman 8 m dan berbanding terbalik pada kedalaman 6 m. Hal ini menunjukkan bahwa nitrat tidak memiliki pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo.



Gambar 11. Fluktuasi nitrat dan laju pertumbuhan

## 9. Fosfat

Hasil pengukuran kandungan fosfat lokasi penelitian menunjukkan hasil berbeda di kedua kedalaman. Kandungan fosfat rata-rata pada kedalaman 6 m sebesar  $0,017 \pm 0,004$  mg/l dan sebesar  $0,024 \pm 0,007$  mg/l pada kedalaman 8 meter. Kandungan fosfat terukur melebihi batas maksimal berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk Karang dengan nilai maksimal sebesar 0.015 mg/l, namun menurut Patty (2015) kandungan fosfat terukur berada dalam batas toleransi perairan yaitu  $< 0,087$  mg/l sehingga masih mendukung terhadap laju pertumbuhan karang. Fluktuasi kandungan fosfat di lokasi penelitian (Gambar 12).



Gambar 12. Fluktuasi fosfat dan laju pertumbuhan

Kandungan fosfat yang lebih rendah pada kedalaman 6 m kemungkinan disebabkan akibat penggunaan kandungan fosfat untuk proses fotosintesis oleh fitoplankton di perairan lebih dangkal (Muchtar dan Simanjuntak, 2008). Hal ini sesuai dengan pernyataan Nontji (2008) bahwa kandungan nutrisi akan memiliki nilai lebih rendah pada lokasi dengan kelimpahan fitoplankton yang tinggi. Tingginya kandungan fosfat pada kedalaman 8 m yang berada di dekat dasar perairan disebabkan tingginya unsur zat hara baik berasal dari dekomposisi sedimen, ataupun dekomposisi senyawa organik flora fauna (Patty, 2015).

## Analisa Butir Sedimen

Berdasarkan hasil analisa butiran diperoleh komposisi kelas sedimen berdasarkan ukurannya. Berat sedimen pada kedalaman 6 m sebesar 44,5 gr dengan komposisi sedimen berupa pasir kasar (CS) 6,7%, pasir sedang (MS) 6,7%, pasir halus (FS) 11,2%, pasir sangat halus (VFS) 31,5%, lumpur kasar (CSi) 33,7%, dan lumpur sedang (MSi) 10,1%. Jumlah berbeda diperoleh pada kedalaman 8 m yaitu 121,5 gr dengan komposisi sedimen berupa pasir sangat kasar (VCS) 0,2%, pasir kasar (CS) 1,6%, pasir sedang (MS) 6,6%, pasir halus (FS) 19,8%, pasir sangat halus (VFS) 32,9%, lumpur kasar (CSi) 36,2%, dan lumpur sedang (MSi) 2,7%.

Jumlah yang lebih besar pada kedalaman 8 m disebabkan letak media di dekat dasar perairan sehingga lebih rentan terhadap sedimentasi. Komposisi sedimen didominasi oleh kelas lumpur kasar yang memiliki ukuran sangat kecil yaitu antara  $31,25 \mu\text{m} - 62,5 \mu\text{m}$  sehingga mudah terbawa oleh arus. Hal ini disebabkan arus yang lemah di lokasi penelitian sehingga tidak mampu memindahkan sedimen dengan yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Partini (2009) bahwa sedimen dengan fraksi kecil merupakan sedimen terbanyak yang dapat ditransportasikan oleh arus dibandingkan dengan sedimen dengan fraksi kasar.

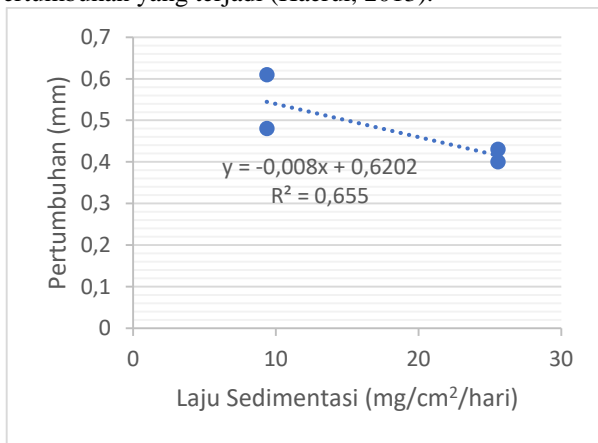
## Pengaruh Laju Sedimentasi terhadap Laju Pertumbuhan

Sedimentasi pada ekosistem terumbu karang memberikan dampak negatif melalui proses *shading* dan *covering* (Partini, 2009). Laju sedimentasi pada kedalaman 6 m berkisar  $9,37 \text{ mg/cm}^2/\text{hari}$  dan berkisar  $25,57 \text{ mg/cm}^2/\text{hari}$  pada kedalaman 8 m. Perbedaan laju sedimentasi di kedua kedalaman disebabkan oleh berbagai hal diantaranya adalah jarak antara media dengan dasar perairan. Transplantasi pada kedalaman 8 m memiliki jarak media yang lebih dekat dengan dasar perairan sehingga lebih beresiko terhadap adanya sedimentasi di karang transplantasi. Sedimentasi di ekosistem terumbu karang memiliki dampak secara langsung dan tidak langsung.

Dampak tidak langsung dari adanya sedimentasi adalah terjadinya penurunan intensitas cahaya yang mencapai terumbu karang karena sedimen akan meningkatkan kekeruhan perairan. Hal tersebut disebabkan terhalangnya cahaya yang masuk perairan oleh sedimen. Penurunan intensitas cahaya ini memiliki dampak negatif terhadap ekosistem karang yaitu terjadinya penghambatan terhadap laju pertumbuhan bagi fragmen karang yang ditransplantasikan, sedangkan dampak langsung dapat merusak jaringan karang akibat tertutupnya permukaan karang oleh sedimen (Adriaman dkk., 2013). Selain itu, dilakukan juga uji korelasi dengan regresi linear untuk mengetahui pengaruh laju sedimentasi terhadap laju pertumbuhan (Gambar 13).

Grafik ini menandakan penurunan yang berarti bahwa variabel bebas (laju sedimentasi) memiliki dampak negatif terhadap variabel terikat (laju pertumbuhan). Semakin meningkatnya laju sedimentasi maka akan menyebabkan penurunan laju pertumbuhan karang. Nilai  $r$  merupakan koefisien korelasi menunjukkan nilai sebesar 0.8 yang berarti bahwa terdapat hubungan kuat antara laju sedimentasi terhadap laju pertumbuhan *Acropora* spp. transplantasi di Perairan Paiton Probolinggo (Suyitno dan

Heriawati, 2015). Laju sedimentasi perairan akan mereduksi laju pertumbuhan karang, yaitu semakin tinggi laju sedimentasi maka akan semakin rendah laju pertumbuhan yang terjadi (Haerul, 2013).



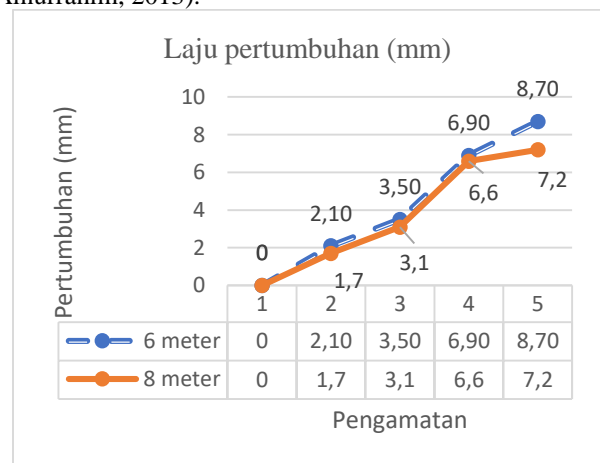
**Gambar 13.** Grafik linearitas sedimentasi dan pertumbuhan

#### Laju Pertumbuhan *Acropora* spp.

Laju pertumbuhan pada setiap kedalaman menunjukkan hasil yang berbeda, dimana laju pertumbuhan pada transplantasi 6 m memiliki laju pertumbuhan lebih cepat (**Gambar 14**). Laju pertumbuhan *Acropora* spp. juga menunjukkan adanya perbedaan di variasi kedalaman dan spesies (Tabel 2). Laju pertumbuhan rata-rata di kedalaman 6 m sebesar 3,1 mm/minggu untuk *A. intermedia* dan sebesar 2,15 mm/minggu untuk *A. formosa*. Laju pertumbuhan pada kedalaman 8 m menunjukkan hasil yang sama dimana *A. intermedia* tumbuh lebih cepat sebesar 2,4 mm/minggu dibandingkan *A. formosa* dengan laju pertumbuhan sebesar 2,0 mm/minggu. Laju pertumbuhan

yang berbeda pada variasi kedalaman dan spesies ini disebabkan oleh berbagai hal, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan diduga adalah ukuran fragmen. Ukuran fragmen karang akan mempengaruhi tingkat adaptasi dan stress karang terhadap kondisi lingkungan.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Kambey (2013) bahwa ukuran fragmen karang yang kecil memiliki laju pertumbuhan lebih lambat dikarenakan penggunaan energi untuk memproduksi mucus ataupun pembentukan koloni. Laju pertumbuhan yang lebih cepat pada *Acropora intermedia* diduga karena *Acropora intermedia* memiliki percabangan lebih banyak dengan ujung cabang selalu membentuk percabangan sehingga memiliki lebih banyak *zooxanthellae* (Suharsono, 2008). Jumlah *zooxanthellae* yang lebih banyak pada karang akan mempercepat laju fotosintesis dan menghasilkan kalsium karbonat lebih banyak dalam menunjang laju pertumbuhan (Effendi dan Ainurrahim, 2013).



**Gambar 14.** Grafik laju pertumbuhan karang transplantasi

**Tabel 2.** Pengukuran laju pertumbuhan mingguan

Kedalaman	Modul	Laju Pertumbuhan (mingguan)			
		Spesies	Pertumbuhan (mm/minggu)	Rata-rata	
6 meter	1	<i>A. formosa</i>	1,8	2,15	
		<i>A. intermedia</i>	2,8		
	2	<i>A. formosa</i>	2,6	3,1	
		<i>A. intermedia</i>	3,4		
8 meter	3	<i>A. formosa</i>	2,0	2,0	
		<i>A. intermedia</i>	2,8		
	4	<i>A. formosa</i>	2,0		
		<i>A. intermedia</i>	2,6		
	5	<i>A. formosa</i>	1,9		2,4
		<i>A. intermedia</i>	2,0		

#### Indeks Mortalitas *Acropora* spp.

Indeks mortalitas merupakan nilai yang menunjukkan laju perubahan dari karang hidup menjadi karang mati baik patahan ataupun *death coral algae* (DCA) (Partini, 2009). Indeks mortalitas pada kedalaman 6 m hanya sebesar 0,05 dan sebesar 0,1 pada kedalaman 8 m. Indeks mortalitas setiap kedalaman termasuk dalam kategori rendah karena mendekati nol (**Tabel 3**). Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang besar dari karang hidup menjadi karang mati pada *Acropora* spp. yang

ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo (Partini, 2009).

Kematian 1 fragmen menjadi death coral algae pada kedalaman 8 m diduga disebabkan akibat tingginya cekaman sedimentasi pada kedalaman tersebut. Laju sedimentasi pada kedalaman 8 m termasuk kategori sedang-bahaya yaitu 25,57 mg/cm<sup>2</sup>/hari dan kategori ini dapat menurunkan kelimpahan karang (Kordi, 2010). Terjadinya kematian karang akibat sedimentasi melalui dua mekanisme, yaitu penurunan intensitas cahaya akibat

meningkatnya kekeruhan oleh sedimen dan rusaknya jaringan karang akibat penutupan oleh sedimen.

#### Analisis Komponen Utama (PCA)

PCA merupakan metode analisis statistik yang dapat digunakan terhadap segala bentuk data penelitian dengan mengatasi pelanggaran asumsi klasik dengan menghasilkan variabel bebas yang baru. Hasil pengolahan data berupa matriks tabel dan grafik korelasi yang menunjukkan hubungan antar variabel baik berupa korelasi positif maupun korelasi negatif. Terdapat korelasi positif dan korelasi negatif antara berbagai faktor terhadap variabel pertumbuhan karang (**Tabel 4**). Korelasi negatif terdapat pada faktor kedalaman, nitrat dan mortalitas dengan koefisien korelasi kurang dari 0.5. Nilai tersebut berarti bahwa tidak ada pengaruh yang berarti antara kedalaman, nitrat dan mortalitas terhadap laju pertumbuhan dengan hubungan korelasi terbalik yaitu semakin tinggi faktor tersebut akan menurunkan laju pertumbuhan. Nitrat merupakan nutrisi yang dibutuhkan karang untuk proses metabolisme, sehingga dengan jumlah nitrat semakin menurun dari t1-t5 menunjukkan bahwa konsumsi nitrat

semakin meningkat oleh karang dengan semakin tingginya laju pertumbuhan dari t1-t5. Grafik yang berjarauhan antara faktor kedalaman, nitrat dan mortalitas terhadap pertumbuhan dengan korelasi negatif ( $>900$ ) (**Gambar 15**).

Keterkaitan faktor terhadap indeks mortalitas juga ditunjukkan oleh Tabel 4 Korelasi negatif ditunjukkan oleh faktor kedalaman, pertumbuhan, salinitas, kecerahan, pH, fosfat, dan arus dengan koefisien korelasi kurang dari 0,5 yang berarti bahwa keeratan hubungan yang terjadi lemah. Faktor dengan hubungan korelasi negatif kuat hanya ditunjukkan oleh nitrat dengan koefisien korelasi  $>0.5$  yang berarti bahwa semakin tinggi nilai nitrat akan menyebabkan indeks mortalitas menjadi kecil. Hal ini berkaitan dengan fungsi nitrat sebagai nutrisi karang dalam proses fotosintesis, sehingga semakin tinggi nitrat (di bawah baku mutu) menjadikan laju fotosintesis meningkat dan resiko kematian menurun (Wulandari, 2009). Hubungan yang saling berkebalikan juga diperkuat oleh Gambar 14 yang menunjukkan grafik berjarauhan antara faktor tersebut dengan indeks mortalitas dengan derajat hubungan melebihi 900.

**Tabel 3.** Indeks mortalitas pada dua variasi kedalaman

Jenis Karang	Indeks Mortalitas	Karang Hidup	%	Karang Mati	%	Variasi Kedalaman
<i>A. formosa</i>	0,1	9	90%	1	10%	6 meter
<i>A. intermedia</i>	0	10	100%	0	0%	
	<b>0,05</b>		<b>Mortalitas Rata-Rata</b>			
<i>A. formosa</i>	0	10	100%	0	0%	8 meter
<i>A. intermedia</i>	0,2	8	80%	2	20%	
	<b>0,1</b>		<b>Mortalitas Rata-Rata</b>			

Korelasi positif ditunjukkan oleh faktor suhu, pH, DO terhadap laju pertumbuhan dengan koefisien korelasi  $< 0.5$  yang menunjukkan hubungan korelasi lemah antara faktor tersebut terhadap pertumbuhan. Hubungan korelasi kuat searah ditunjukkan oleh faktor salinitas, kecerahan, fosfat, intensitas cahaya dan arus dengan koefisien korelasi  $>0.5$  yang berarti bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh kuat terhadap laju pertumbuhan. Gambar 15 menunjukkan kedekatan antara faktor berkorelasi positif terhadap laju pertumbuhan dengan derajat hubungan kurang dari 900. Faktor dengan korelasi positif juga ditunjukkan oleh suhu, DO, dan intensitas cahaya terhadap mortalitas dengan koefisien korelasi  $< 0.5$  yang berarti bahwa ketiga faktor tersebut tidak memberikan pengaruh besar terhadap mortalitas. Hasil ini diperkuat oleh Gambar 15 yang menunjukkan kedekatan grafik dengan derajat hubungan kurang dari 900. Menurut Kinasih dkk. (2018) nilai koefisien korelasi yang mendekati nol ( $<0,5$ ) baik positif maupun negatif tidak dapat memberikan pengaruh besar bagi variabel terikat. Suatu korelasi dengan nilai positif mendekati satu menunjukkan bahwa terjadi hubungan berbanding lurus, sedangkan korelasi dengan nilai mendekati negatif satu menunjukkan bahwa terjadi hubungan berbanding terbalik yang terjadi antar variabel.

Pertumbuhan dipengaruhi nyata oleh salinitas, kecerahan, intensitas cahaya, fosfat, dan arus dengan nilai korelasi mendekati satu (**Gambar 15**). Korelasi yang terjadi berupa hubungan positif yaitu semakin meningkatnya salinitas, kecerahan, intensitas cahaya, fosfat, dan arus akan meningkatkan laju pertumbuhan. Nilai korelasi kelima variabel tersebut berada diatas 0,5 yang

menunjukkan hubungan korelasi yang kuat dan dibuktikan dengan kedekatan antar variabel dengan variabel pertumbuhan (Kinasih, 2018). Hal ini sesuai dengan pengukuran pertumbuhan yang dilakukan bahwa pertumbuhan yang pesat sejalan dengan meningkatnya salinitas, kecerahan, intensitas cahaya, fosfat, dan arus tanpa melebihi baku mutu. Biplot gabungan antara score plot dan loading plot yang menunjukkan keterkaitan antara variabel dengan nilai sebesar 67,48% pada komponen F1 dan F2 yang merupakan nilai eigen. Nilai ini sudah memenuhi syarat minimum yang digunakan untuk menentukan banyaknya komponen yang diambil yaitu 60% (Supriyanto, 2004). Menurut Maqbool dkk. (2016) bahwa F1 dan F2 merupakan faktor yang dapat menggambarkan variabilitas tertinggi.

**Tabel 4.** Hasil analisis PCA

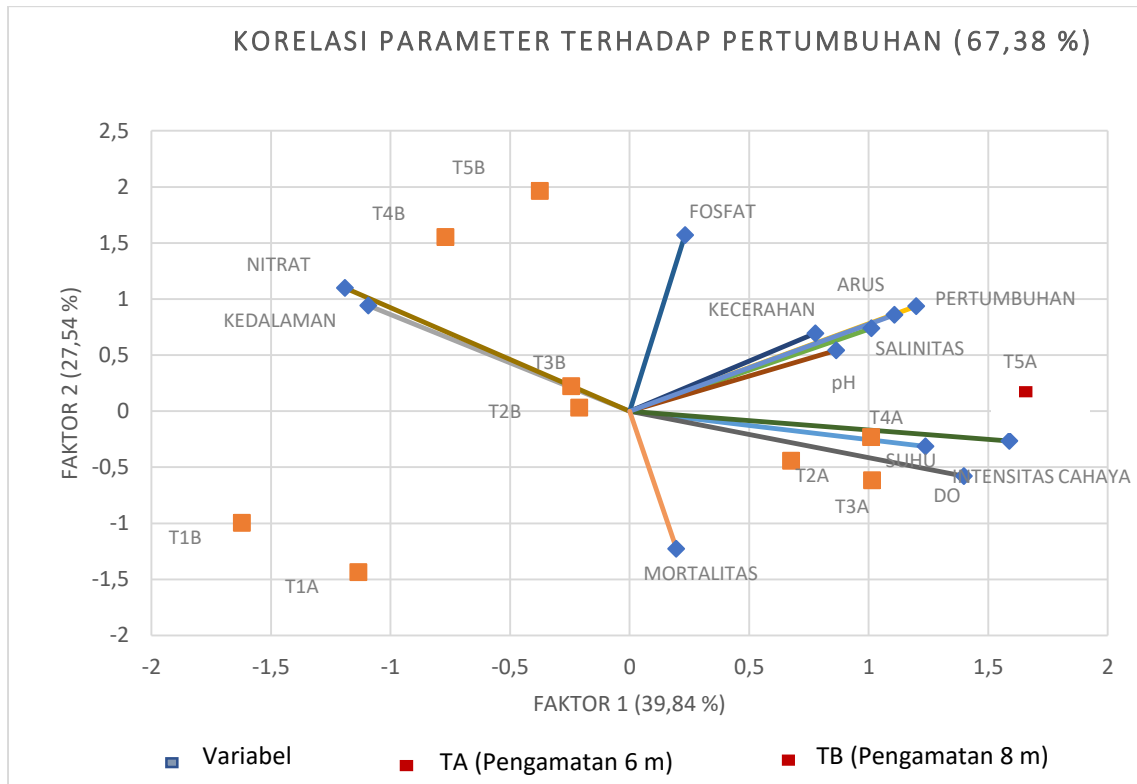
Variabel	Hasil korelasi Spearman	
	Pertumbuhan	Mortalitas
Kedalaman	<b>-0,244</b>	<b>-0.258</b>
Pertumbuhan	1	-0.225
Suhu	0,165	0.113
Salinitas	0,853	-0.181
Kecerahan	0,571	-0.048
Ph	0,220	-0.306
Do	0,358	0.454
Nitrat	-0,231	-0.541
Fosfat	0,671	-0.441
Intensitas cahaya	0,588	0.247
Arus	0,673	-0.449



Hasil korelasi Spearman		
Variabel	Pertumbuhan	Mortalitas
Kedalaman	-0,244	-0.258
Mortalitas	-0,225	1

Adanya kedekatan antara T5A dengan pH, arus, salinitas, pertumbuhan, kecerahan, dan fosfat pada kuadran 1. Kuadran 2 menunjukkan T5B, T4B, T3B, dan T2B memiliki karakteristik spesifik terhadap variabel nitrat dan kedalaman. Hal ini berarti bahwa pada T5B, T4B, T3B, dan T2B memiliki nilai dominan terhadap kedalaman dan nitrat. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang

menunjukkan bahwa nitrat dan kedalaman memiliki nilai tinggi pada T5B, T4B, T3B, dan T2B. Kuadran 3 menunjukkan T1A dan T1B tidak memiliki karakteristik terhadap variabel tertentu. Kuadran 4 menunjukkan T2A, T3A, T4A memiliki karakteristik spesifik terhadap variabel suhu, DO, intensitas cahaya, dan mortalitas. Hal ini dibuktikan bahwa titik tersebut memiliki nilai dominan terhadap variabel suhu, DO, dan intensitas cahaya. Nilai yang berbeda pada mortalitas dimana variabel spesifik dicirikan dengan nilai terendah karena mortalitas memiliki nilai negatif akibat pengurangan dari karang hidup menjadi karang mati.



Gambar 15. Biplot parameter lingkungan dan karang

## KESIMPULAN

Kondisi faktor oseanografi di Perairan Paiton Probolinggo termasuk dalam kategori sesuai berdasarkan KepmenLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III untuk karang dan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor oseanografi di lokasi penelitian mendukung terhadap pertumbuhan *Acropora spp.* yang ditransplantasikan di Perairan Paiton Probolinggo. Uji statistik menunjukkan bahwa salinitas memiliki pengaruh dominan terhadap laju pertumbuhan dengan koefisien korelasi sebesar 0.8 berhubungan searah. Koefisien korelasi dengan hubungan negatif ditunjukkan oleh kedalaman, nitrat dan mortalitas dengan nilai rata-rata sebesar -0.2. Sementara laju sedimentasi pada kedalaman 6 m termasuk dalam kategori ringan-sedang dengan laju sedimentasi sebesar 9.37 mg/cm<sup>2</sup>/hari dan dikategorikan sedang-bahaya pada kedalaman 8 m dengan laju sedimentasi sebesar 25.57 mg/cm<sup>2</sup>/hari. Uji regresi linear dilakukan antara laju sedimentasi terhadap laju pertumbuhan dan indeks mortalitas menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0.8 dan 0.55 yang berarti bahwa terdapat hubungan kuat antara kedua variabel. Dengan demikian, transplantasi yang dilakukan menunjukkan hasil positif dengan laju

pertumbuhan mingguan rata-rata pada kedalaman 6 m sebesar 3.1 ± 0.8 mm untuk *Acropora intermedia* dan sebesar 2.15 ± 0.7 mm untuk *Acropora formosa* dengan indeks mortalitas 0.05. Laju pertumbuhan rata-rata pada kedalaman 8 m sebesar 2.4 ± 0.9 cm untuk *Acropora intermedia* dan 2.0 ± 0.7 mm untuk *Acropora formosa* dengan indeks mortalitas 0,1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriman, Arif P., Sugeng B., Ario D. 2013. *Pengaruh Sedimentasi terhadap Terumbu Karang di Kawasan Konservasi Laut Daerah Bintang Timur Kepulauan Riau*. Berkala Perikanan Terubuk. Vol. 41 (1): 90-101.
- Direktur konservasi dan keanekaragaman hayati laut. 2016. *Rencana Aksi Nasional Konservasi Karang 2017-2021*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Effendi, F.W. dan Aunurohim. 2012. *Densitas Zooxanthellae dan Pertumbuhan Karang Acropora formosa dan Acropora nobilis di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo, Jawa Timur*.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- Guntur. 2011. *Ekologi Karang Pada Terumbu Buatan*. Ghalia Indonesia: Bogor
- Haerul. 2013. *Analisis Keragaman dan Kondisi Terumbu Karang di Pulau Pulau Sarappolompo Kabupaten Pangkep*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Hutagulung, H.P. dan Rozak, A. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen, dan Biota*. Buku 2. Pisat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Joni, Irawan H., dan Arief P. 2015. *Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Acropora formosa Hasil Transplantasi pada Kedalaman Berbeda*. <http://reearchgate.net/publication/313396342>.
- Ismail. 2010. *Kajian Kepadatan Zooxanthellae di dalam Jaringan Polip Karang pada Tingkat Eutrofikasi yang Berbeda di Kepulauan Spermonde Kota Makassar Provinsi Suawesi Selatan*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jipriandi, Arief P., dan Henky I. 2017. *Pertumbuhan Karang Acropora formosa dengan Teknik Transplantasi pada Ukuran Fragmen yang Berbeda*. <http://reearchgate.net/publication/322055700>.
- Kambey, A. D. 2013. *The Growth of Hard Coral (Acropora sp.) Transplants in Coral Reef of Malalayang Waters, North Sulawesi, Indonesia*. Jurnal Ilmiah Platax.
- KEPMEN LH No. 51 Tahun 2004. 18 April 2019. Baku Mutu Air Laut untuk Air Laut. Jakarta.
- Khasanah, R. I. dkk. 2018. *Monitoring Report Triwulan II (April – Juni)*. Program Transplantasi Terumbu Karang. Probolinggo.
- Kinasih, A.G., Rizqi A. P., dan Misbakhul M. 2018. *Studi Hubungan Struktur Komunitas dan Indeks Ekologi Makrobenthos dengan Kualitas Perairan di Rumah Mangrove Wonorejo, Surabaya*. Proseding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV.
- Kordi, K.M. Ghufron H. 2010. *Ekosistem Terumbu Karang: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan*. Cetakan Pertama. P.T. Rineka Cipta. Jakarta.
- Muchtar, M. dan Simanjuntak. 2008. *Karakteristik dan Fluktuasi Zat Hara Fosfat, Nitrat, dan Derajat Keasaman (pH) di Estuaria Cisadane*. LIPI: 139-148.
- Nontji A. 2008. *COREMAP Tahap I: Upaya Anak Bangsa dalam Penyelamatan dan Pemanfaatan Lestari Terumbu Karang*. Kantor Pengelola Program COREMAP. Pusat Penelitian Oseanografi. LIPI.
- Partini. 2009. *Efek Sedimentasi terhadap Terumbu Karang di Pantai Timur Kabupaten Bintan*. Skripsi. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Patty, Simon I. 2015. *Karakteristik Fosfat, Nitrat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembah, Sulawesi Utara*. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. Vol. 2 (1).
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan, Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung. Alfabeta. Hal 42
- Suharsono. 2008. *Jenis-Jenis Karang di Indonesia*. Jakarta. LIPI Press. 344 hal.
- Suyitno, P.P.W. dan Heriawati. 2015. *Metode Regresi Linear Berganda Kualitas Super Member Supermall terhadap Peningkatan Jumlah Pengunjung pada Supermall Karawang*. Bina Insani ICT Journal. Vol. 2 (2): 101-116.
- Wulandari, D. 2009. *Keterikatan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisika-Kimia di Estuaria Sungai Brantas (Porong) Jawa Timur*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. FPIK.IPB.