SEBARAN BIOTA ASOSIASI CACING KARANG *CHRISTMAS TREE WORM* PADA KARANG *MASSIVE* PORITES DI PERAIRAN CAGAR ALAM PULAU SEMPU, MALANG

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh :

DZIKRILLAH AKBAR

NIM. 155080600111033

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

SEBARAN BIOTA ASOSIASI CACING KARANG *CHRISTMAS TREE WORM* PADA KARANG *MASSIVE PORITES* DI PERAIRAN CAGAR ALAM PULAU SEMPU, MALANG

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

DZIKRILLAH AKBAR

NIM. 155080600111033

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SEBARAN BIOTA ASOSIASI CACING KARANG *CHRISTMAS TREE WORM* PADA KARANG *MASSIVE* PORITES DI PERAIRAN CAGAR ALAM PULAU SEMPU, MALANG

Oleh :

DZIKRILLAH AKBAR

NIM. 155080600111033

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 2 Desember 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 1

(Oktiyas Muzaky Luthfi, ST., M.Sc.)
NIP. 197910312008011007
Tanggal: 19 DEC 2019

Dosen Pembimbing 2

(Andik Isdianto, ST., MT.)
NIP. 201309820981001
Tanggal: 19 DEC 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan

(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT.)
NIP. 19780717 200502 1 004
Tanggal: 19 DEC 2019

repository.ub.ac.id

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **Sebaran Biota Asosiasi Cacing Karang *Christmas Tree Worm* Pada Karang *Massive* Porites di Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Malang**

Nama Mahasiswa : Dzikrillah Akbar
NIM : 155080600111033
Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:
Pembimbing I : Oktiyas Muzaky Luthfi, ST., M.Sc
Pembimbing II : Andik Isdianto, ST., MT

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:
Dosen Penguji I : Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D
Dosen Penguji II : M. Arif As'adi, S. Kel., M.Sc
Tanggal Ujian : Senin, 2 Desember 2019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa syukur atas selesainya Laporan Skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga Laporan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, dan biaya untuk segala kebutuhan penulis, serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan.
3. Bapak Oktiyas Muzaky Luthfi, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Andik Isdianto, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan mulai dari proses pembuatan proposal, proses kegiatan lapang hingga proses pengerjaan laporan Skripsi.
4. Ibu Muliawati Handayani S.Pi., M.Si dan Ir. Aida Sartimbul, M.sc., Ph.D selaku pembimbing akademik yang telah membimbing dalam kelancaran proses akademik hingga saat ini.
5. Seluruh pegawai Dinas Perikanan Pondok Dadap Kabupaten Malang khususnya Mas Anton yang telah banyak memberi informasi dan membantu memfasilitasi jalannya penelitian.
6. Sempu Squad (Ito, Ahim, Aul, Anin, Kholis) dan Denissa yang telah melakukan penelitian bersama dan membantu jalannya penelitian.
7. Sahabat kontrakan (Ito, Aul, Anin, Rosa dan Denissa) yang selalu memberikan semangat, doa serta membantu pengerjaan laporan Skripsi.
8. Seluruh keluarga besar Polaris dan senior Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah mendukung dan menjadi teman diskusi.

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Dzikrillah Akbar. Sebaran Biota Asosisasi Cacing Karang *Christmas Tree Worm* pada Karang *Massive* Porites di Cagar Alam Pulau Sempu, Malang, dibawah bimbingan **Oktiyas Muzaky Luthfi** dan **Andik Isdianto**.

Cagar Alam Pulau Sempu terletak pada Dusun Sendang Biru, Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjeng Wetan, Kabupaten Malang (122°45'32" – 112°47'30" BT; 8°25' – 8°30' LS). Pulau ini berdekatan dengan area pelabuhan perikanan dan pemukiman, maka dari itu kondisi ekosistem disana sangat erat kaitannya dengan aktivitas manusia. Pulau Sempu hanya memilki zona terumbu *crest reef*, dimana pada zona ini di dominasi oleh karang *massive*, *sub-massive* dan karang *branching*. Tingkat tutupan karang yang dimiliki sebesar 22%, termasuk dalam kategori rusak. Biota-biota laut pada ekosistem terumbu karang dapat melemahkan terumbu dan dapat mengubah strukur-struktur terumbu masif menjadi puing (*rubble*), pasir dan sedimen. Proses biologis yang destruktif pada ekosistem terumbu umummnya dapat dianggap sebagai bioerosi dan biota yang melakukan aktivitas bioerosi disebut sebagai *bioeroder*. *Christmas Tree Worm* (CTW) atau yang biasa disebut sebagai cacing pohon natal dari kelas Polychaeta, ordo Sabellida, famili Serpulidae, genus Spirobranchus merupakan salah satu *bioeroder* jenis *drilling*.

Penelitian ini berfokus pada distribusi CTW di perairan Cagar Alam Pulau Sempu. Pengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16-18 Maret 2019 pada stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru. Pengolahan data penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 - 8 April 2019. Pada penelitian ini diambil data parameter oseanografi antara lain, kecerahan, suhu, salinitas, DO dan pH. Pengambilan data CTW dilakukan dengan mengguanakan metode *belt transect* kemudian dilakukan metode sensus pada karang *massive* Porites. Metode sensus digunakan untuk mengukur luas permukaan karang yang nantinya di proses pada *software* ImageJ. Selain itu metode tersebut berguna dalam memudahkan identifikasi spesies CTW. Klasifikasi spesies CTW ditentukan pada bentuk *spine* pada operkulumnya. Data diameter *tube* CTW dilakukan dengan alat ukur penggaris guna mengetahui estimasi usia.

Kelimpahan CTW distasiun Watu Mejo sebesar 8,63 individu/m^2 dan pada stasiun Waru-Waru sebesar 9,04 individu/m^2. *Sprobranchus corniculatus* merupakan spesies CTW yang mendominasi di kedua stasiun dengan nilai ideks dominansi rendah. Kisaran usia CTW di perairan Pulau Sempu yakni 14 - 22 tahun. Didapatkan pula kisaran awal terjadinya asosiasi CTW dengan koloni karang, yakni mulai dari tahun 2009 hingga tahun 1996. H0 penelitian ditolak dan menerima H1 akibat Uji Statistik yang telah dilakukan. Hubungan luasan permukaan koloni karang *massive Porites* sp. dengan jumlah CTW berkorelasi sangat kuat. Hasil *p value* sebesar 0,002 (< α) dengan nilai r= 0,901 serta nilai R-*sq* sebesar 81,14%.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan baik. Penulis ucapkan terimakasih kepada pembimbing :

1. Oktiyas Muzaky Luthfi, ST, M.Sc
2. Andik Isdianto, ST., MT

Tak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada orang tua dan rekan-rekan terdekat penulis yang selalu mendukung penulis. Laporan Skripsi ini berjudul: **SEBARAN BIOTA ASOSIASI CACING KARANG *CHRISTMAS TREE WORM* PADA KARANG *MASSIVE* PORITES DI PERAIRAN CAGAR ALAM PULAU SEMPU, MALANG**.

Penulis menyadari bahwa masih sangat banyak kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis untuk penulisan Laporan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran yang membangun guna pembuatan tulisan-tulisan selanjutnya.

Malang, Januari 2019

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman

UCAPAN TERIMA KASIH ..... **i**
RINGKASAN ..... **ii**
KATA PENGANTAR ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR TABEL ..... **vii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **viii**
I. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 4
1.4 Kegunaan 4
II. TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Cagar Alam Pulau Sempu 5
2.2 Karang *Massive* Porites 6
2.3 Christmas Tree Worm 7
III. METODE PENELITIAN **12**
3.1 Waktu dan Tempat 12
3.2 Alat dan Bahan 13
3.2.1 Alat 13
3.2.2 Bahan 14
3.3 Alur Penelitian 14
3.4 Penentuan Stasiun Penelitian 15
3.5 Metode Pengambilan Data 16
3.5.1 Metode Sensus 16
3.5.2 Identifikasi Morfologi CTW 18
3.5.3 Kisaran Usia CTW 20
3.6 Parameter Oseanografi 21
3.7 Pengolahan Data 21
3.7.1 Kelimpahan CTW 21
3.7.2 Dominansi CTW 22
3.8 Uji Statistika 23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN **24**
4.1 Hasil 24
4.1.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian 24
4.1.2 Kondisi Stasiun Penelitian 26
4.1.3 Kondisi Parameter Fisika dan Kimia 28
4.1.4 Jenis CTW 29
4.1.5 Usia CTW 39
4.1.6 Kelimpahan CTW 41
4.1.7 Dominasi CTW 43
4.1.8 Luas Permukaan Koloni Karang *Massive Porites* sp. 44
4.1.9 Uji Statistika 45
4.2 Pembahasan 47
4.2.2 Kelimpahan CTW 47

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2.3 Usia CTW 49
4.2.4 Hubungan Luasan Koloni Karang *massive* Porites. 50
V. KESIMPULAN DAN SARAN 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 52
DAFTAR PUSTAKA 53
LAMPIRAN 57

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Morfologi *christmas tree worm*. 9
2. Peta lokasi pemgambilan data 12
3. Alur Penelitian 15
4. Metode *Belt Transect* 17
5 . Metode Sensus CTW pada karang Porites 18
6. Klasifikasi operkulum Spirobranchus *sp* 20
7. *Tube* CTW pada koloni karang 20
8. Kondisi stasiun penelitian 27
9. Menentukan spesies *christmas tree worm* 30
10. Morfologi ragam *S. corniculatus* pada stasiun Watu Mejo 31
11. Morfologi ragam *S. cruciger* pada stasiun Watu Mejo 32
12. Morfologi ragam spesies *invalid* pada stasiun Watu Mejo 33
13. Morfologi ragam *S.corniculatus* pada stasiun Waru-Waru 34
14. Morfologi ragam *S. cruciger* pada stasiun Waru-Waru 35
15. Morfologi ragam spesies invalid pada stasiun Waru-Waru 36
16. Spesies *invalid* diluar transek dengan substrat batu 37
17. Pengukuran diameter tube CTW 39
18. Grafik Diameter Operkulum CTW di Stasiun Watu Mejo 40
19. Grafik Diameter Operkulum CTW di Stasiun Waru-Waru 40
20. Grafik Kisaran Usia CTW di Keseluruhan Stasiun Penelitian 41
21. Grafik Keelimpahan Relatif CTW 43
22. Indeks dominasi *Christmas Tree Worm* 44
23. Kisaran distribusi normal 46

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Daftar Alat 13
2. Daftar Bahan 14
3. Koefisien interval statistik Uji Korelasi 23
4. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan di Stasiun Penelitian 28
5. Jumlah CTW pada stasiun penelitian 38
6. Kelimpahan CTW yang ditemukan 42
7. Luas Permukaan Koloni Karang Porites sp. 45

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Data *Christmas Tree Worm* pada seluruh stasiun penelitian 57
2. Hasil Uji Statistika 60
3. Proses perhitungan luas permukaan karang *massive Porites* sp 61
4. Koloni 1 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 64
5. Koloni 2 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 65
6. Koloni 3 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 68
7. Koloni 4 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 70
8. Koloni 5 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 72
9. Koloni 6 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 73
10. Koloni 7 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 76
11. Koloni 8 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo 77
12. Hasil dokumentasi lapang 81

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cagar Alam Pulau Sempu terletak pada Dusun Sendang Biru, Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjeng Wetan, Kabupaten Malang (122°45'32" – 112°47'30" BT; 8°25' – 8°30' LS) merupakan kawasan cagar alam yang dibangun pada pemerintahan kolonial Belanda (Luthfi *et al*., 2016). Pulau ini berdekatan dengan area pelabuhan perikanan dan pemukiman, maka dari itu kondisi ekosistem disana erat kaitannya dengan aktivitas manusia. Pulau Sempu hanya memilki zona terumbu *crest reef*, dimana pada zona ini di dominasi oleh karang dengan bentuk morfologi bercabang, *sub-massive* dan karang *massive* khususnya karang Porites (Luthfi *et al.,* 2016). Karang Porites merupakan penyusun utama terumbu dengan masa pertumbuhan yang lambat dan terdistribusi hampir di seluruh habitat terumbu karang (Luthfi *et al.,* 2016). Luthfi *et al.* (2016) menyatakan bahwa keberadaan karang Porites dapat dikaitkan dengan perlindungan pantai dari abrasi hingga sebagai pemberi informasi kondisi lingkungan perairan laut di masa lalu. Ekosistem terumbu karang dapat berfungsi sebagai tempat mencari makan, membesarkan diri dan sebagai tempat berlindung biota (Sirait dan Kamal, 2009). Terumbu karang di Cagar Alam Pulau Sempu termasuk dalam kategori rusak dengan presentase tutupan karang 22% (Luthfi *et al*., 2018).

Perairan Cagar Alam Pulau Sempu memiliki tipe terumbu karang *fringing reef*, dimana pada perairan tersebut memiliki biota yang bervariasi mulai dari jenis karang, *coralline algae*, biota kalkareus hingga biota yang dapat merusak karang secara biologis (Luthfi *et al.,* 2016). Akvifitas destruktif biologis oleh biota tersebut berupa perubahan strukur-struktur terumbu masif menjadi puing (*rubble*), pasir dan sedimen (Kennedy dan Woodroffe, 2002). Menurut Tioho dan Roeroe (2002),

proses destruktif biologis tersebut dapat dianggap sebagai bioerosi dan biota yang melakukan aktivitas bioerosi tersebut dinamakan bioeroder.

Bioeroder dapat melakukan aktivitas seperti menembus, mengikis dan melemahkan kerangka terumbu (Tioho dan Roeroe, 2002). Menurut Glynn (2015), bioeroder dapat dijumpai dipermukaan terumbu (bioeroder eksternal) dengan ukuran makro dan bioeroder dengan ukuran mikro dapat dijumpai di dalam kalkereus terumbu (bioeroder internal). Menurut Glynn (2015), bioeroder internal dapat dibagi menjadi dua yakni bioreorder yang mendiami lubang atau retakan (*chasmolith*) dan bioeroder yang mengebor dalam kalkareus karang (*endolith*). CTW (*Christmas Tree Worm*) atau yang biasa disebut sebagai cacing pohon natal merupakan biota kelas Polychaeta genus Spirobranchus, tergolong dalam kategori bioeroder internal jenis *endolith* (Glynn, 2015). Biota dengan morfologi seperti pohon natal dari genus tersebut, secara umum memiliki habitat di dalam skeleton karang *massive* Porites dengan membentuk tabung dengan ukuran kecil hingga menuju permukaan karang (Dai dan Yang, 1995).

CTW merupakan biota sesil yang wajib ditemukan pada karang keras di perairan tropis Indo-Pasifik (Hove dan Elena, 2009), terutama melimpah pada karang *massive* Porites (Dai dan Yang, 1995; Rowley, 2008; Willette *et al.,* 2015; Perry *et al.,* 2018). CTW hidup pada karang mulai dari fase larva hingga dewasa (Marsden, 1984). Penelitian Nishi dan Nishihira (1996) menujukkan bahwa CTW dapat hidup pada koloni karang dengan kurun waktu 10 hingga 40 tahun. Dugaan sementara melimpahnya CTW pada karang Porites akibat sifat kecilnya agresi karang pada saat tahap penempelan larva pada permukaan karang (Marsden, 1984; Perry *et al.,* 2017), perlu diketaui bahwa karang dapat melindungi diri dari kompetitor dengan menggunakan sengatan melalui tentakelnya (Perry *et al.,* 2017).

Saat fase larva, CTW beradaptasi dengan agresi karang agar dapat bertahan hidup (Perry *et al*., 2017). Pembentukan tabung kalkareus CTW (*tube*) berkorelasi dengan pertumbuhan karang, sehingga permukaan *tube* selalu muncul diatas permukaan karang (Nishi dan Nishihira, 1996). Awalnya interaksi antara karang dengan CTW sulit untuk dimengerti. Proses penempelan dan pembentukan *tube* pada karang adalah suatu interaksi yang antagonistik. Penelitian lebih lanjut oleh Rowley (2008) menjelaskan pola asosiasi CTW terhadap karang menunjukkan prubahan, dari simbiosis komensalisme beralih menjadi simbiosis mutualisme. Perilaku makan yang dilakukan CTW dapat meningkatkan aliran air dekat dengan permukaan karang, hal ini dapat mencegah terjadinya *bleaching* pada karang (Ben-Tzvi *et al*., 2006). Rowley (2008) berpendapat bahwa aliran air yang dihasilkan dari aktivitas CTW dapat membantu pemulihan karang dari dominasi alga. Silia yang berbentuk seperti cemara digunakan sebagai alat pernafasan mereka, serta operkulum mereka yang menonjol keluar dapat memberikan perlindungan karang oleh mangsa (DeVantier *et al*., 1986). Biota asosiasi CTW yang berada pada koloni karang memiliki dampak yang positif, mengingat kondisi ekosistem terumbu karang di Cagar Alam Pulau Sempu dalam kondisi rusak. Penelitian ini terfokus pada distibusi kelimpahan dan pengetahuan mengenai jenis biota CTW pada Perairan Cagar Alam Pulau Sempu.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Berapakah kelimpahan *christmas tree worm* pada karang *massive* Porites di perairan Cagar Alam Pulau Sempu?
2. Berapakah kisaran usia *christmas tree worm* yang berasosiasi dengan karang *massive Porites* sp. di perairan Cagar Alam Pulau Sempu?
3. Bagaimanakah hubungan antara luasan karang *massive* Porites dengan jumlah *christmas tree worm* di perairan Cagar Alam Pulau Sempu?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Nilai kelimpahan *chirstmas tree worm* pada koloni karang *massive* Porites di perairan Cagar Alam Pulau Sempu.
2. Nilai kisaran usia *christmas tree worm* yang berasosiasi dengan koloni karang *massive Porites* di perairan Cagar Alam Pulau Sempu.
3. Hubungan luasan karang *massive* Porites dengan jumlah *christmas tree worm* di perairan Cagar Alam Pulau Sempu.

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai cacing serpulid *christmas tree worm* pada koloni karang *massive* Porites. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana informasi serta upaya guna pengembangan ekosistem terumbu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cagar Alam Pulau Sempu

Secara umum masyarakat di sekitar Cagar Alam Pulau Sempu memiliki ketergantungan yang kuat terhadap sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya. Hal ini dikarenakan mata pencaharian utama mereka adalah nelayan. Presepsi masyarakat mengenai pemanfaatan Cagar Alam tidak mendukung adanya pemanfaatan kawasan, selain guna kegiatan penelitian (Muttaqin *et al*., 2011). Pendataan keanekaragaman dan kajian penting dilakukan guna upaya konservasi di area Cagar Alam Pulau Sempu. Adanya data keanekaragaman secara spesifik seperti kelimpahan atau populasi akan sangat membantu penentuan program konservasi serta monitoring secara berkala (Yulianti dan Yuda, 2017). Kondisi tersebut wajib untuk diperhatikan dengan adanya peningkatan pariwisata yang kuat di Cagar Alam Pulau Sempu.

Secara administrasi wilayah Cagar Alam Puau Sempu terdapat pada Dusun Sendang Biru, Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Selat Sempu merupakan wilayah periran laut dengan daerah strategis. Hal ini dikarenakan terdapat pelabuhan perikanan, sehingga daerah ini merupakan salah satu pusat perekonomian untuk masyarakat sekitar pantai selatan Kabupaten Malang (Luthfi *et al*., 2018). Terumbu di area perairan Pulau Sempu berbentuk *slope*, dasar perairan yang dangkal langsung menuju ke dalam dengan sudut elevasi dasar perairan lebih dari 30 derajat kebawah (Luthfi *et al.,* 2019). Kondisi seperti ini akan mempengaruhi faktor fisika, kimia dan biologi laut yang ada disana. Secara fisika antara lain arus, transport sedimen, penetrasi cahaya matahari dan perputaran nutrient. Kemiringan dasar perairan juga menjadi faktor pembatas yang penting, semakin tinggi kecuraman maka jumlah karang

yang hidup pada suatu perairan semakin sedikit apabila dibandingkan dengan perairan dengan struktur dasar yang *flat*. Secara kimia akan menjadi pembatas bagi kadar oksigen, karbondioksida bahkan kadar logam berat muncul akibat aktivitas antropogenik. Demikian juga secara biologi, karang yang ada di selat Sempu jumlahnya sedikit dan tesebar di daerah yang *flat* (Luthfi *et al*., 2016).

2.2 Karang *Massive* Porites

Karang keras (*scleractinian*) merupakan organisme utama penyusun ekosistem terumbu karang, struktur kalsium karbonat yang dibentuk secara kokoh akan membentuk struktur utama terumbu karang serta sebagai penyedia substrat tempat tinggal biota lainnya (Pandolfi, 2003). Banyak karang keras diketahui tumbuh secara tidak pasti, dan dengan demikian secara teoritis memiliki ukuran tubuh yang beragam. Namun, beberapa karang mengurangi tingkat pertumbuhan mereka seiring bertambahnya usia. Menurut Goffredo *et al.*(2004), karang keras memiliki beberapa bentuk pertumbuhan antara lain koloni bercabang (*branching*), koloni *free living*, tidak beraturan (*sub massive*), lembaran (*foliose*), menyerupai substrat (*encrusting*) dan batu padat (*massive*). Spesies karang keras secara umum dapat dideskripsikan dengan menggunakan karakter morfologi guna menentukan batas antar spesies (Wolstenholme *et al.*, 2003). Karang dari genus Porites merupakan salah satu karang keras yang memiliki morfologi bentuk pertumbuhan *massive*. Spesies *Porites lobata* dan *Porites lutea* merupakan karang *massive* Porites berbentuk sirkular dan padat.

Karang Porites merupakan salah satu karang *massive* yang umum dijumpai di perairan Indonesia. Karang ini dapat bertahan pada variasi salinitas perairan dan tingkat sedimentasi yang tinggi. Pertumbuhan karang *massive* dapat diketahui pada endapan kalsium karbonat pada jaringan kecil di bagian permukaan koloni (Luthfi *et al*., 2016). Menurut Siringoringo dan Hadi (2013), karang Porites

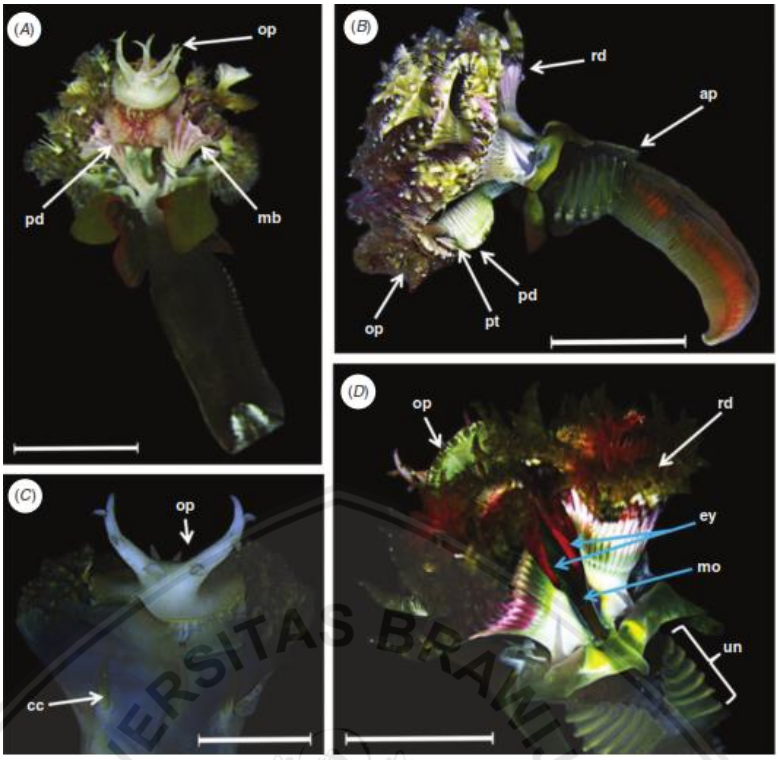
merupakan komponen penyusun utama ekosistem terumbu di Indonesia, namun kondisi karang tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ekstrem. *Porites lobata* dan *Porites lutea* cenderung mendominansi pada wilayah perairan dengan pergerakan air yang rendah (Siringoringo dan Hadi, 2013). Luthfi *et al.* (2016) dalam penelitian mengenai identifikasi morfologi terhadap karang *massive* Porites, menunjukkan bahwa karang *P. lobata* dan *P. lutea* tersebar di perairan Laut Selatan Jawa dan telah teridentifikasi secara mikroskopik dengan melihat struktur skeleton karang.

2.3 Christmas Tree Worm

CTW (*Christmas tree worm*) menurut Pechenik (2005) dalam buku *Biology of Invertebrate* merupakan biota dari filum Annelida, kelas Polychaeta, ordo Sabellida, famili Serpulidae, genus Spirobranchus. CTW hidup *sessile* pada karang hidup di perairan laut tropis dan menjadi biota yang wajib ditemui pada tiap sudut karang keras di wilayah Indo-Pasifik (Willette *et al*., 2015) dari fase larva hingga dewasa (Marsden, 1984). Saat fase larva, CTW melakukan seleksi substrat dan secara langsung beradaptasi dengan agresi karang agar dapat bertahan hidup (Perry *et al*., 2017). Secara morfologi CTW memiliki nilai estetika karena bentuk modifikasi mulut yang unik (seperti pohon cemara) sekaligus sebagai alat respirasi yakni *radiole crown*. *Radiole crown* akan mengembang dan muncul ke permukaan guna mencari makan (*filter feeder*) dan bernafas. Bagian tubuh tersebut memiliki warna yang mencolok dan memiliki pola yang bervariasi pada filamen silianya (Pamungkas, 2011). Biota CTW sensitif terhadap suatu getaran, akibatnya biota ini akan masuk kedalam *tube* guna melindungi diri*. Radiole crown* CTW akan muncul kembali dalam waktu kurang dari 5 menit. CTW memiliki operkulum yang berfungsi sebagai pintu penutup *tube* guna melindungi diri dari predator (DeVantier *et al.,* 1986).

CTW merupakan salah satu biota bioeroder dengan jenis *drilling* atau pengebor (Tioho dan Roeroe, 2002) dan termasuk dalam kateori biorder internal *endolith* (Glyn, 2015). Menurut Tioho dan Roeroe (2002), biota bioerorder dapat melakukan aktivitas bioerosi dengan tiga cara yakni memakan (*grazing*), menggores (*etching*) dan mengebor (*drilling*). CTW tumbuh membentuk tabung dan melakukan pengeboran pada karang dengan arah pertumbuhan yang berkorelasi dengan pertumbuhan karang, sehingga permukaan tabung CTW selalu diatas permukaan (Nishi and Nishihira, 1996). Penelitian Nishi dan Nishihira (1996) menujukkan bahwa CTW dapat hidup pada koloni karang dengan kurun waktu yang lama yakni 10 hingga 40 tahun.

Pemahaman sebelumnya mengenai pola asosiasi CTW terhadap karang menunjukkan asosiasi komensalisme, namun setelah penelitian lebih lanjut simbiosis tersebut beralih menjadi mutualisme (Rowley, 2008). Perilaku makan biota *filter feeder* ini dapat meningkatkan aliran air dekat dengan permukaan karang, hal ini dapat mencegah terjadinya *bleaching* pada karang (Ben-Tzvi *et al*., 2006). Rowley (2008) berpendapat bahwa aliran air yang dihasilkan dari aktivitas CTW dapat membantu pemulihan karang dari dominasi alga pada permukaan karang keras. Alga merupakan kompetitor karang dengan pertumbuhan cepat (Luthfi *et al.,* 2019). *Radiole crown* yang berbentuk seperti cemara dengan berbagai warna digunakan sebagai alat pernafasan mereka, serta operkulum mereka yang menonjol keluar dapat memberikan perlindungan karang oleh mangsa (DeVantier *et al*., 1986).



Gambar 1. Morfologi *christmas tree worm*. ap, *apron*; cc, *collar chaeta*; ey, area mata; mb, membran radiol dalam; mo, mulut; op, operkuum; pd, *penducle*; pt, bercak bulat pemisah *penducle*; rd, mahkota radial; un, *uncinigerous tori* (Perry *et al.,* 2018).

CTW memiliki nilai estetika karena secara morfologi tubuhnya yang memiliki bentuk dan warna yang unik (Pamungkas, 2011). Seperti cacing Annelida lainnya, tubuh CTW juga bersegmen, dengan lebar tubuh tidak lebih dari 5 cm. Hove dan Kupriyanova (2009) berpendapat bahwa cacing dengan famili Serpulidae memiliki tiga bagian tubuh utama, yakni *branchial crown* atau *radiole crown*, thorax dan abdomen. Spiroranchus memiliki dua *prostimal palps* (modifikasi mulut) berbentuk *spiral radiole* pada *radiole crown* (Hove, 1970). Spiral radial tersebut memiliki tinggi tidak kurang dari 4 cm dan lebar 2.5 cm. *Radiole* tersebut digunakan untuk menangkap makanan dan respirasi (Kaushik, 2015). Radial yang berbentuk spiral itulah yang menyebabkan cacing ini terlihat seperti pohon natal (Gambar 1). Terdapat modifikasi dari salah satu *radiole* yang disebut sebagai *operculum* yang berfungsi sebagai alat bantu untuk menutup *radiole* masuk kedalam *tube,* serta menjadi pelindung dari serangan predator (Hove dan

Kupriyanova, 2009; DeVantier *et al*., 1986). Bentuk *operculum* yang unik tersebut dapat digunakan untuk mengklasifikasi spesies cacing Spirobranchus (Willette *et al*., 2015; Rowley, 2008; Perry *et al.,* 2018).

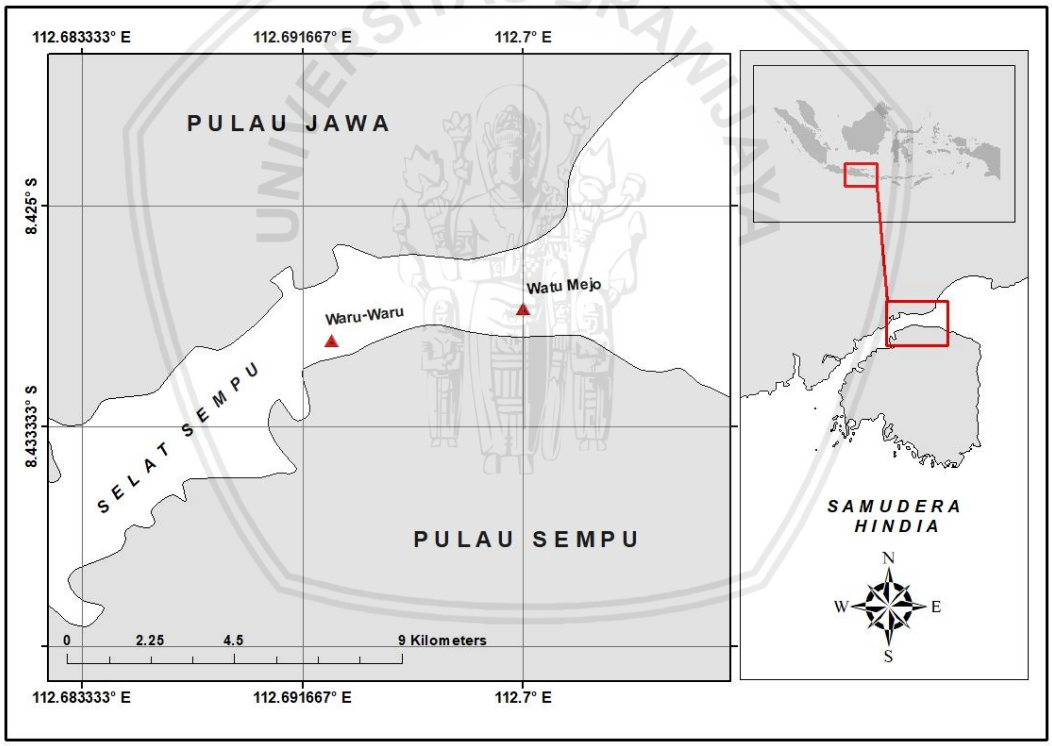
Hove dan Kupriyanova (2009) mengatakan bahwa klasifikasi filogenik dan interaksi antara biota kelas Polychaeta ordo Serpulidae sedikit dimengerti. Klasifikasi biota asosiasi karang ini boleh dibilang cukup rumit akibat sinonim dan revisi nama spesies hingga saat ini (Perry *et al.,* 2017). *Spirobranchus triqueter* dicetus untuk pertamakali pada tahun 1767 oleh Linnaeus di perairan Atlantik Utara. *Spirobranchus giganteus* muncul pada penelitian Pallas tahun 1776 di daerah perairan Karibia yang menjelaskan spesies tunggal genus Spirobranchus. Genus Spirobranchus dibahas lebih lanjut pada tahun 1818 di Blainville, Laurentides. Spirobranchus dijelaskan sebagai biota serpulid *polychaeta* yang berasosiasi dengan karang hermatipik, terdapat pelindung tubuh keras (*calcareous tube*) dan memiliki banyak corak warna serta berbentuk seperti pohon cemara yakni *Spirobranchus taeriatus* oleh Lamark 1818. Setelah itu banyak bermunculan nama-nama spesies Spirobranchus lainnya, *Spirobranchus criniferus* oleh Gray tahun 1843, *Spirobranchus. kraussi* oleh Bavid tahun 1865, *S. gardineri* oleh Pixel pada tahun 1939, S*pirobranchus. coronatus* oleh Stanghan 1967, *Spirobranchus americanus* oleh Day tahun 1973, *Spirobranchus decoratus* oleh Imajima tahun 1982. Penelitian Kupriyanova dan Badyae pada tahun 1998 memperkuat penyebaran CTW akibat *Warm Atlantic Gulf Stream Current*. Pada tahun 1970 Ten Hove mendapatkan banyak perhatian akibat merevisi beberapa taxa CTW dari studi taxonomi morfologi (Perry *et al.,* 2018). Pada tahun 1999, Ten Hove dan Fiege membagi spesies CTW di Indo-Pasifik ke dalam *Spirobanchus corniculatus complex* dengan beberapa spesies menurut morfologi terutama pada operkulum mereka, yakni *Spirobranchus corniculatus, Spirobranchus gaymardi* oleh Quatrefages tahun 1865 dan *Spirobranchus cruciger*

oleh Grube pada tahun 1862. Ketiga spesies CTW ini merupakan *morphotype* dari spesies tunggal yang tidak dibedakan dari *squencing* DNA (Willette *et al*., 2015) atau *single multivariant species* (Perry *et al*., 2018). Penelitian Perry *et al.* (2018) di perairan laut Indo-Pasifik menemukan species *Spirobranchus tetraceros*, *Spirobranchus gardineri* dan spesies baru yang ditemukan di perairan Teluk Eliat yakni *Spirobranchus aloni*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Dusun Sendang Biru, Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Pengambilan data biota asosiasi karang CTW dilakukan pada dua stasiun penelitian, yakni stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru (Gambar 2). Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 16 - 18 Maret 2019. Pengolahan data dilaksanakan dalam 8 hari, yakni pada tanggal 1 – 8 April 2019.



Gambar 2**.** Peta lokasi pemgambilan data

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian akan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Alat

No	Nama	Spesifikasi	Fungsi
1	*Skin dive tool*	-	Sebagai alat bantu penyelaman
2	SCUBA set	-	Sebagai alat bantu penyelaman
3	Sabak	Akrilik	Tempat mencatat data pengamatan
4	Pensil	2B Faber Castell	Menulis data pengamatan
5	Kamera *Underwater*	Olympus Stylus Though TG-5	Dokumentasi hasil pengamatan
6	GPS	Garmin	Menentukan titik lokasi pengamatan
7	Penggaris	30 cm	Mengukur langsung
8	Palu	-	Membantu pemasangan paku pada substrat
9	*Secchi disk*	-	Mengukur kecerahan perairan
10	DO Meter	AZ-8403	Mengukur DO dan suhu perairan
11	Salinometer	ATAGO PAL-ES3	Mengukur kadar garam perairan
12	pH Meter	Lutron PH-208	Mengukur pH perairan
13	*Roll* meter	50 meter	Mengukur panjang transek (25 meter)
14	*Software* Minitab	Minitab 17	Membantu pengolahan Uji Statistik
15	*Software* Image J	-	Menghitung luasan koloni karang *Porites* sp.

3.2.2 Bahan

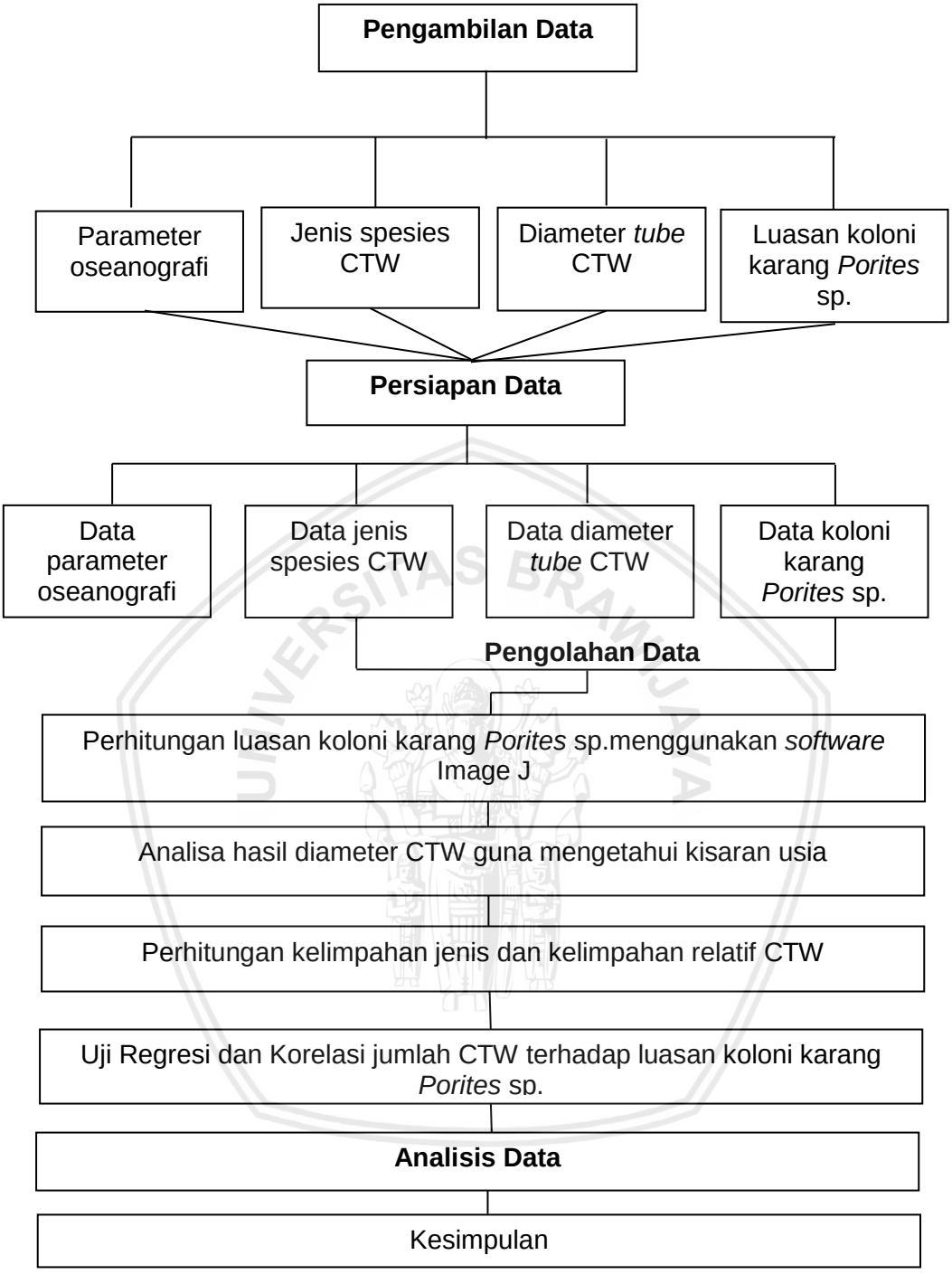
Bahan yang digunakan pada penelitian akan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Bahan

No	Nama	Spesifikasi	Fungsi
1	Benang wol	Warna putih	Membuat garis visual saat metode sensus
2	Paku	-	Sebagai pengait benang saat proses metode sensus
3	Data *Christmas Tree worm* (CTW)	-	Mengetahui jenis dan jumlah biota CTW
4	Data luasan koloni karang *Porites* sp.	-	Sebagai variabel uji statistik

3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian diawali dengan pengambilan data yang dilakukan di lapang, data tersebut antara lain data parameter oseanografi, data jumlah tiap jenis spesies CTW, data diameter *tube* CTW dan data luasan koloni karang *Porites* sp. Tahap kedua adalah persiapan data, dimana pada tahap ini dilakukan penataan data sesuai tujuan. Tahap ketiga yakni pengolahan data yang dilakukan menggunakan *software* Ms. Excel 2013, ImageJ dan Minitab 17. Tahap selanjutnya ialah analisis data berupa presentasi grafik, tabel dan laporan (Gambar 3).



Gambar 3. Alur Penelitian

3.4 Penentuan Stasiun Penelitian

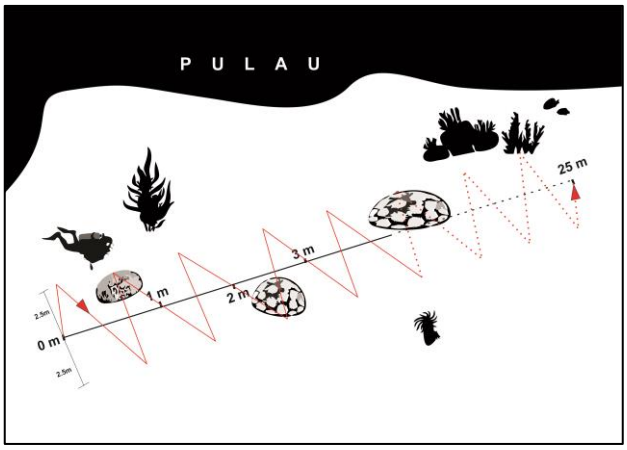
Stasiun penelitian ditentukan berdasarkan hasil survei penelitian yang telah dilakukan. Pelaksanaan survei penelitian dilakukan seminggu sebelum pelaksanaan penelitian, yakni pada tanggal 9 Maret 2019. Stasiun dipilih berdasarkan faktor-faktor yang mendukung dengan penelitian. Faktor-faktor

pendukung tersebut yakni sebaran karang *massive Porites* sp. sebagai substrat hidup CTW yang ditentukan secara *purposive sampling*. Menurut Luthfi *et al*. (2017) dalam penelitian mengenai kandungan logam berat pada karang Porites di Cagar Alam Pulau Sempu, karang Porites tersebar dengan tutupan tinggi pada stasiun Waru-Waru dan Watu Mejo.

3.5 Metode Pengambilan Data

3.5.1 Metode Sensus

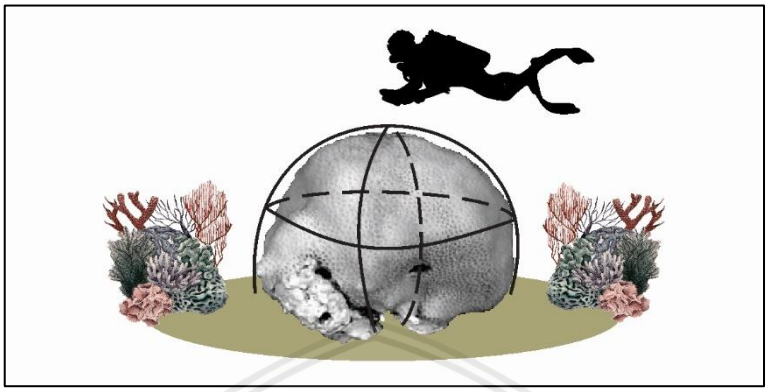
Penelitian ini bersifat deskriptif dengan metode pengambilan sampel *purposive sampling,* dimana *purposive sampling* merupakan suatu metode pengambilan sampel penelitian berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2010). Pengambilan data penelitian ini di ambil di stasiun Waru-waru dan Watu Mejo berdasarkan pertimbangan bahwa karang yang mendominsi di area tersebut adalah karang *massive* Porites. Luthfi *et al.* (2019) menyatakan bahwa stasiun Waru-Waru memiliki substrat *living* HC (*hard coral*) dengan tutupan 30% didominasi oleh karang Porites dan nilai substrat OT (*others*) tertinggi dengan tutupan 3% oleh biota CTW. Stasiun Watu Mejo juga di dominasi oleh karang Porites, namun denga tutupan HC 8%. Karang Porites tersebar dan membentuk koloni dengan berbagai ukuran di sebelah barat pulau Teluk Semut yakni stasiun Waru-Waru dan stasiun Watu Mejo. Koloni karang Porites juga menempel pada tebing karang dengan ukuran besar (>2 m) hingga berukuran kecil (<60 cm) (Luthfi *et al*., 2017).



Gambar 4. Metode *Belt Transect*

Menurut Dai dan Yang (1995), tahap pengumpulan data CTW diawali dengan pemasangan *line trasnect. Line transect* dipasang sepanjang 25 m diatas substrat terumbu dengan kontur yang konstan. Survei karang Porites sebagai tempat sesil CTW dilakukakan dengan berberak zig-zag (*belt transect)*, dimana transek memiliki lebar 5 m (Gambar 4). Metode sensus digunakan untuk mempermudah perhitungan individu CTW pada permukaan karang *massive* Porites setelah ditemukannya koloni karang Porites menggunakan metode sebelumnya. Metode ini dapat dilakukan dengan memberi garis secara tegak lurus di setiap sisi karang Porites dengan menggunakan tali atau benang wol, dimana metode ini sebelumnya juga di kembangkan dalam penelitian Luthfi dan Siagian (2017) guna memonitor ikan koralivora pada karang Porites. Tali yang terpasang akan mengikuti bentuk kontur karang (Gambar 5). Jumlah petak pada karang akan disesuaikan dengan besar karang dan kondisi bentuk karang sehingga dapat memudahkan identifikasi dan pemotretan guna persiapan data luasan permukaan karang. Dai dan Yang (1995) menemukan CTW di sebagian besar mendiami karang Porites dimana perhitungan sebarannya dilakukan menggunakan luas permukaan diatasnya ($2\pi r^2$). Pada penelitian ini akan diukur secara keseluruhan baik tegak lurus mengenai permukaan karang *massive* Porites menggunakan kamera *underwater* Olympus tipe TG-5. Hasil dokumentasi pada metode ini dapat

diproses lebih lanjut dengan menggunakan *software* ImageJ guna diketahui luas permukaan koloni karang *massive* Porites.

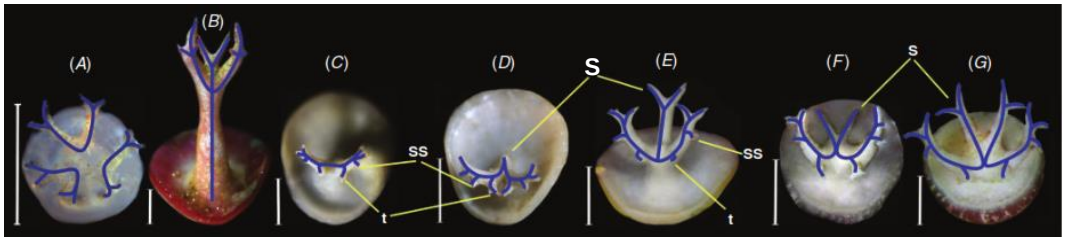


Gambar 5 . Metode Sensus CTW pada karang Porites

3.5.2 Identifikasi Morfologi CTW

Penentuan klasifikasi CTW dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi pada opekulum mereka (Gambar 6). Setiap spesies CTW memiliki bentuk operkulum yang spesifik (Perry *et al*., 2017). S. *corniculatus complex* merupakan CTW yang wajib di Indo Pasifik, spesies antaralain adalah *S. gaymardii, S. corniculatus* dan *S. cruriger* (Willette *et al*., 2015). Willette *et al*. (2015) menyatakan bahwa spesies *morphotype S. corniculatus* tidak dibedakan secara molekuler, dengan kata lain molekuler dari ketiga spesies morfotipe ini adalah sama. Selain spesies *morphotype* CTW *S. corniculatus complex,* menurut Perry *et al.* (2017) terdapat *S. tetraceros* dan spesies CTW baru yang ditemukan di Teluk Eliat, Israel yakni *S. aloni* (Perry *et al.,* 2018). Penentuan klasifikasi CTW dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi pada operkula mereka dengan pengamatan secara langsung serta dokumentasi menggunakan kamera bawah air. Setiap spesies CTW memiliki bentuk operkulum yang spesifik (Perry et al., 2017). *S. corniculatus complex* merupakan CTW yang wajib mendiami wilayah Indo Pasifik. Ketiga *morphospecies* biota tersebut antaralain adalah *S. gaymardi*, *S. corniculatus* dan *S. cruriger* (Willette *et al.,* 2015).

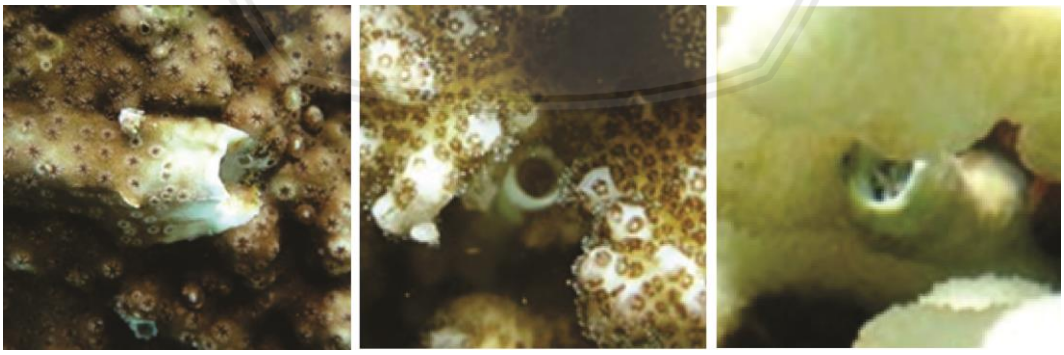
Menurut penelitian Perry *et al.* (2018) klasifikasi morfologi operkulum *S. corniculatus complex* memiliki ciri khas masing-masing. *S. corniculatus* memiliki operkulum yang lebih sederhana daripada operkulum spesies *morphotype S.corniculatus complex* lainnya. Corong operkulum melingkar dan terlihat lebih polos. Memiliki sepasang tanduk utama (*spine*) sehingga tanduk seperti berbentuk "U", tiap *spine* terdapat anakan tanduk (*secondary spine*) dan memiliki sepasang sepasang *tine. Tine* merupakan tanduk yang ukurannya seperti *secondary spine* namun arahnya tegak lurus dengan *spine* yang letaknya terdapat tepat di bagian bawah *spine*. Terdapat tiga *spine* pada operkulum *S. gaymardi* sehingga berbentuk seperti "W", memiliki *secondary spine* kecuali pada *spine* bagian tengah serta memiliki sepasang *tine*. *S. cruciger* hampir sama dengan operkulum *S. gaymardi* namun terdapat percabangan pada *spine* bagian tengah (Fiege dan Hove, 1999). Operkulum *S. aloni* memiliki tiga pasang *spine* dimana pada tiap ujung *spine* terdapat dua *secondary spine*. *S. gardineri* memiliki bentuk tanduk yang mirip dengan *S. aloni* namun ukurannya lebih kecil. Ciri khas yang dimiliki *S. gardineri* adalah memiliki pangkal tanduk yang panjang. S. tetraceros memiliki tiga pasang *spine.* Pengambilan sampel masing-masing CTW dilakukan di kedua stasiun guna dokumentasi operkulum secara spesifik pada saat didarat. Selain bentuk morfologi *spine* operkulum, Hove (1970) menyatakan bahwa *S. giganteus corniculatus* memiliki 4-6 lingkar *filament branchial (radiole crown*). Perlu diketahui bahwa CTW sangat sensitif sekali terhadap pergerakan atau getaran, sehingga mengakibatkan CTW masuk kedalam *tube*. Maka dari itu perlu dilakukan identifikasi dengan kehati-hatian yang tinggi.



Gambar 6. Klasifikasi operkulum Spirobranchus*. S. tetraceros* (A); *S. gardineri* (B); *S. corniculatus complex*: *S. corniculatus* (C), *S. gaymardi* (D)*; S. cruciger* (E)*; S. aloni* (F, G). S: *spine*; ss: *secondary spine*; t: *tine*. Skala bar: 1.5 mm *(*Perry *et al.,* 2018).

3.5.3 Kisaran Usia CTW

Beberapa taksa CTW seperti *S. giganteus* di perairan laut Karibia dan *S. corniculatus* di Indo Pasifik dianggap sebagai penghuni karang hidup yang wajib ditemukan (Perry *et al.*, 2017). Tingkat pertumbuhan dan sudut badan tabung (*tube*) cacing berkorelasi dengan karang, sehingga ujung pembuka tabung selalu akan berada diatas permukaan karang (Nishi dan Nishihira, 1996). Bedasarkan hasil penelitian Nishi dan Nishihira (1996), pertumbuhan diameter *tube* polychaete berkisar 0,2 hingga 1 mm pertahun dengan rata-rata 0,6 mm dari 31 jumlah sampel yang diidentifikasi. CTW dengan diameter *tube* >10 mm memiliki kisaran umur 7 hingga 10 tahun. Pengukuran diameter *tube* CTW dapat dilakukan secara langsung menggunakan penggaris dengan kisaran 0,6 mm pertahunnya.



Gambar 7. *Tube* CTW pada koloni karang

3.6 Parameter Oseanografi

Data parameter oseanografi diambil guna mengetahui kondisi perairan stasiun penelitian. Pengambilan data parameter di awali dengan pengambilan data parameter oseanografi fisika air laut. Parameter oseanifrafi fisika air laut yang dimaksud adalah parameter suhu perairan dan kecerahan perairan. Suhu perairan di hitung menggunakan alat DO meter AZ-8403, sedangkan kecerahan data dihitung menggunakan *sechi disk*. Selanjutnya perhitungan parameter oseanografi kimia air laut antara lain DO (*Dissolved Oxygen)* perairan, pH dan salinitas perairan. Pengambilan parameter DO dilakukan menggunakan alat DO meter AZ-8403. Pengambilan data salinitas perairan dilakukan menggunakan alat salinometer ATAGO PAL-ES3. Nilai pH perairan didapatkan menggunakan alat pH meter Lutron PH-208. Kalibrasi pada setiap pemakaian alat sangat penting dilakukan guna meminimalisir kerusakan alat parameter tersebut.

3.7 Pengolahan Data

3.7.1 Kelimpahan CTW

Kelimpahan merupakan suatu jumlah individu terhadap total luas area permukaan koloni karang *massive* Porites. CTW di hitung tiap spesies individu pada karang porites, dimana jumlah spesies di bandingkan dengan luas area transek metode sensus (luasan tutupan permukaan karang porites). Kelimpahan jenis CTW dapat dihitung menggunakan rumus 1 (Alwi *et al*., 2018) sebagai berikut:

$$\mathrm{A} = \frac{xi}{\mathrm{ni}} \quad \text{……. (1)}$$

Dimana:

A = Kelimpahan (indvidu/m^2)

xi = Jumlah individu jenis *i*

ni = Luasan permukaan koloni karang *massive* Porites

Presentase kelimpahan relatif individu dapat dihitung menggunakan rumus 2 (Odum dan Srigandono, 1993) sebagai berikut:

$$KR = \frac{xi}{N} \times 100\% \quad \text{..... (2)}$$

Dimana:

KR = Kelimpahan Relatif individu (%)

xi = Jumlah individu CTW jenis *i*

N = Jumlah total individu CTW

3.7.2 Dominansi CTW

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui informasi mengenai jenis CTW yang mendominasi pada suatu komunitas tiap habitat. Data yang diperoleh dapat dimasukkan dalam rumus 3 (Odum dan Srigandono, 1993) sebagai berikut:

$$Di = \left(\frac{ni}{N}\right)^2 \quad \text{..... (3)}$$

Dimana:

Di = Indeks Dominasi

ni = Jumlah individu CTW jenis i

N = Jumlah total spesies CTW

Kriteria Indeks Dominansi menurut (Odum dan Srigandono, 1993) adalah sebagai berikut:

0 < C ≤ 0,5 = Dominasi biota rendah

0,5 < C ≤ 0,75 = Dominasi biota sedang

0,75 < C ≤ 1 = Dominasi biota tinggi

3.8 Uji Statistika

Penelitian ini menggunakan dua metode analisa, yakni deskriptif dan melakukan uji statistika. Analisa deskriptif digunakan untuk menyajikan keseluruhan data yang diperoleh. Metode statistika ini menyajikan grafik keseluruhan data CTW yang diperoleh berdasarkan stasiun pengamatan. Hasil grafik akan dijelaskan dan dianalisa dalam bentuk paragraf. Hal ini akan membantu peneliti mengetahui secara rinci kondisi biota CTW setiap stasiun pengamatan.

Analisa statistik kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji Korelasi dan Uji regresi antara dua variabel yang dilakukan pada *software* Minitab17. Variabel yang dimaksud ialah jumlah CTW dan luas permukaan karang *Porites* sp. Uji Korelasi berguna untuk mengetahui seberapa besar keeratan kedua variable tersebut. Selanjutnya Uji Regresi berguna untuk mengetahui pengaruh kedua variabel tersebut. Berikut adalah hipotesis penelitian ini antaralain:

H0 : Tidak ada hubungan antara besar luasan karang *massive* Porites dan jumlah CTW yang hidup *sessile* pada karang.

H1 : Terdapat hubungan antara besar luasan karang *massive* Porites dan jumlah CTW yang hidup *sessile* pada karang.

Tabel 3. Koefisien interval statistik Uji Korelasi (Sugiyono, 2008)

Intervak Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Pulau Sempu adalah kawasan Cagar Alam yang terletak di sebelah selatan Pulau Jawa, Kabupaten Malang. Perairan Cagar Alam Pulau Sempu merupakan sebuah selat. Cagar Alam Pulau Sempu termasuk dalam wilayah administrasi Dusun Sendang Biru, Desa Sitiarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Pulau Sempu merupakan satu-satunya cagar Alam yang berada di kawasan Kabupaten Malang. Pulau Sempu dikelola oleh Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Jawa Timur. Cagar Alam Pulau Sempu merupakan sumberdaya alam Indonesia yang unik karena terbentuk dari karang yang terangkat yakni *atoll* (Sulistiyowati, 2009).

Luasan Pulau Sempu kurang lebih 877 ha yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi Jawa Timur sejak tanggal 15 Maret 1928 oleh Gubernur Jendral Hindia Belanda Nomor 46 Stbl No.69. Penetapan kawasan tersebut berdasarkan faktor hayati antaralain botanis, estetis dan topografis (Purnomo *et al*., 2013). Kawasan Cagar Alam Pulau Sempu beberapa tahun terakhir menghadapi permasalahan pengelolaan yakni adanya kegiatan wisata alam dalam kawasan cagar alam. Hal ini bertentangan dengan Undang-Undang RI No.5 tahun 1990 pasal 17 ayat 1 mengenai pembatasan kegiatan. Cagar Alam hanya dapat dilakukan kegiatan penelitian, pendidikan, pengembangan ilmu pengetahuan dan kegiatan yang menunjang kebudayaan. Masyarakat umum menerjemahkan peraturan perundang-undangan yang berlaku tidak memungkinkan untuk dilakukannya pemanfaatan selain untuk penelitian. Hal tersebut bertentangan

dengan regulasi yang berlaku guna mendukung adanya pemanfaatan kawasan Cagar alam dengan kegiatan wisata terbatas (Muttaqin *et al*., 2011).

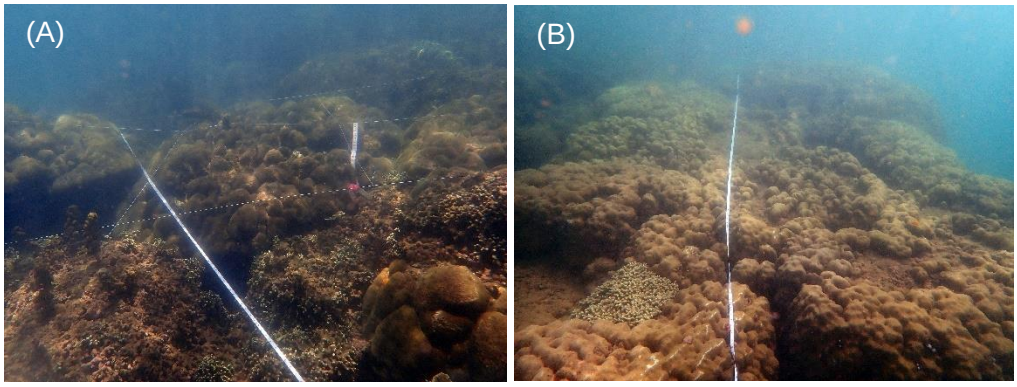
Nilai estetika yang tinggi yang dimiliki Cagar Alam Pulau Sempu dapat menjadi daya tarik pariwisata. Daya tarik pariwisata tersebut terletak pada ekosistem yang dimiliki Cagar Alam Pulau Sempu antara lain ekosistem hutan mangrove dan ekosistem terumbu karang. Ekosistem terumbu karang yang terdapat di sepanjang selat sempu termasuk dalam kategori *fringing reef* dan beragam jenis ikan karang. Cagar Alam Pulau Sempu memiliki luasan terumbu karang kurang dari 10 ha (Luthfi *et al.,* 2018) dan memiliki keanekaragaman jenis mangrove yang rendah akibat distribusi jenis mangrove yang terbatas secara individual (Sulistiyowati, 2009). Ekosistem terumbu karang pada perairan Cagar Alam Pulau Sempu dapat dijumpai pada kedalaman 2 hingga 7 meter. Terdapat keanekaragaman *life form* karang yang mencerminkan ciri tiap wilayah selat. Terdapat 9 *Life form* karang yang tersebar pada perairan Cagar Alam Pulau Sempu tersebut, antaralain *acropora branching, acropora tabulate, coral branching, coral foliose, coral massive, coral encrusting, coral submassive, coral mushroom* dan *coral meliopora.* Mulai dari wilayah barat selat yang didominasi oleh karang *foliose* hingga ujung timur selat didominasi oleh karang *massive*. Namun beberapa hasil penelitian terbaru menujukkan bahwa ekosistem terumbu karang dalam kondsi rusak dengan presentase tutupan karang yang terus menurun. Hal ini dibuktikan dengan banyak ditemukannya patahan atau *rubble* serta sampah di area ekosistem terumbu karang Cagar Alam Pulau Sempu.

Banyak ditemukan sampah di area perairan Pulau Sempu yang menjadi faktor timbulnya pencemaran perairan dan mengakibatkan dampak bagi biota di dalamnya. Berdasarkan kajian data kekayaan hayati dan ekologi terbaru di Cagar Alam Pulau Sempu tergolong dalam status rendah. Limbah domestik kaya akan fosfat dapat memicu tumbuhnya *blooming* alga yang nantinya berujung pada

perairan *dead zone*. Lokasi Cagar Alam Pulau Sempu sendiri berda pada selat Sempu masih terpengaruh oleh angin musim (*monsoon*), yakni angin musim barat dan angin musim timur. Angin Musim barat terjadi pada Desember-Februari, musim peralihan I pada Mei-Maret, musim timur terjadi pada Juni-Agustus dan musim peralihan II terjadi pada September-November (Luthfi dan Jauhari, 2013). Kajian yang dilakukan untuk menyediakan informasi yang digunakan sebagai acuan penentuan kebijakan dan pengelilaan kawasan Cagar Alam Pulau Sempu (Yulianti dan Yuda, 2017).

4.1.2 Kondisi Stasiun Penelitian

Penelitian dilakukan pada saat musim peralihan I (Maret - Mei), dimana dalam hal ini kondisi arus di Cagar Alam Pulau Sempu tidak menentu dan umumnya lebih tenang (Luthfi dan Jauhari, 2013). Penelitian mengenai sebaran biota asosiasi karang CTW pada karang Porites dilakukan pada stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru. Kedua stasiun terletak pada bagian utara Cagar Alam Pulau Sempu. Stasiun Watu Mejo berada pada area mulut selat dekat dengan laut lepas, namun stasiun berada pada tengah selat Cagar Alam Pulau Sempu. Pengambilan data pada stasiun Watu Mejo dilakukan pada kedalaman 4 meter, sedangkan pada stasiun Waru-Waru diambil pada kedalaman 5,5 meter (Gambar 8). Arus dan gelombang tinggi terjadi pada stasiun Watu Mejo akibat dekat dengan perairan laut lepas. Berbeda pada stasiun Waru-Waru kekuatan arus dan gelombang lebih tenang, hal ini diakibatkan oleh kedalaman topografi stasiun Waru-Waru yang lebih dalam. Topografi Stasiun Waru-Waru tergolong dalam kategori *slope*.



Gambar 8. Kondisi stasiun penelitian. Stasiun Watu Mejo (A), Stasiun Waru-Waru (B)

Karang *massive* yang mendominasi di wilayah perairan Sempu adalah jenis *Porites* (Luthfi *et al.,* 2019). Berdasarkan pengamatan pada saat penelitian, luasan karang pada stasiun Watu Mejo lebih rendah dari pada stasiun Waru-Waru. Pada stasiun Waru-Waru diketahui bahwa terdapat koloni dengan luasan karang lebih dari 5 m^2 dan pada stasiun Watu Meja terdapat koloni karang sebesar 2 m^2 (Tabel 7). Luasan koloni karang yang ekstrem di stasiun Waru-Waru memiliki potensi kerusakan tinggi. Hal ini diakibatkan Waru-Waru merupakan tempat wisata favorit area Cagar Alam Pulau Sempu. Diketahui pada saat penelitian banyak sekali wisatawan yang melakukan kegiatan seperti berenang dan memancing di area stasiun Waru-Waru. Substrat pada perairan stasiun Waru-Waru ditemukan beberapa sampah plastik (kantong plastik dan bungkus makanan ringan) yang dapat mengganggu kelangsungan hidup biota, khususnya terumbu karang. Diduga sampah tersebut berasal dari wisatawan yang berkunjung di pantai Waru-Waru, karena di area pantai terdapat tumpukan sampah dan terbawa oleh ombak saat surut. Berbeda dengan Waru-Waru, stasiun Watu Mejo terdapat hanya sekelompok pemancing ikan di area atas tebing. Kegiatan wisatawan seperti memancing, kanoing, diving, menginjak dan membolak balikan karang pada saat surut terendah dapat memberikan efek negatif pada karang (Luthfi, 2016).

4.1.3 Kondisi Parameter Fisika dan Kimia

Parameter perairan yang diukur pada lokasi penelitian antaralain suhu, salinitas, pH, kecerahan dan DO (*Dissolved Oxygen*) (Tabel 3). Perhitungan parameter perairan tersebut diukur menggunakan alat sebagai berikut, salino meter yang dilengkapi *thermometer* untuk mengukur suhu, salino meter untuk salinitas, pH meter untuk pH, *sechidisk* untuk mengukur nilai kecerahan dan DO meter untuk mengukur DO.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan di Stasiun Penelitian

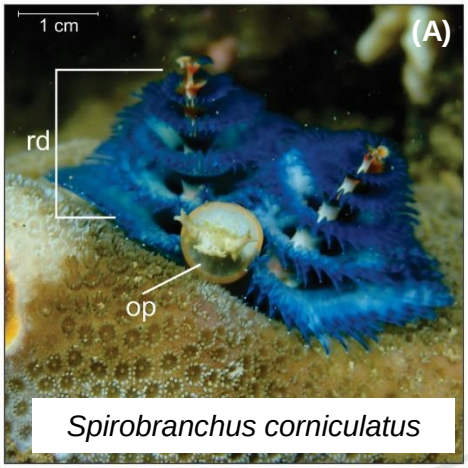
Stasiun	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	DO (ppm)	pH	Kecerahan (m)		
					D1	D2	Total
Waru-waru	29,5	33	4,37	8,8	12,19	11,65	11,92
Watu Mejo	30	34	4,09	8,5	6,28	5,8	6,04

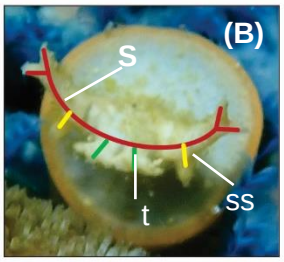
Hasil pengukuran parameter suhu perairan pada stasiun Watu-Waru sebesar 29,5°C dan Watu Mejo sebesar 30°C. Pengukuran salinitas sebesar 33 ppt pada stasiun Waru-Waru dan 34 ppt pada stasiun Watu Mejo. Pengukuran pH perairan sebesar 8,8 pada stasiun Waru-Waru, sedangkan pada stasiun Watu Mejo sebesar 8,5. Pengukuran kecerahan pada stasiun Waru-Waru sebesar 11,92 meter, pada stasiun Watu Mejo sebesar 6,04. Pengukuran DO juga dilakukan pada dua stasiun, yakni pada stasiun Waru-Waru sebesar 4,37 ppm dan pada stasiun Watu Mejo 4,09 ppm.

4.1.4 Jenis CTW

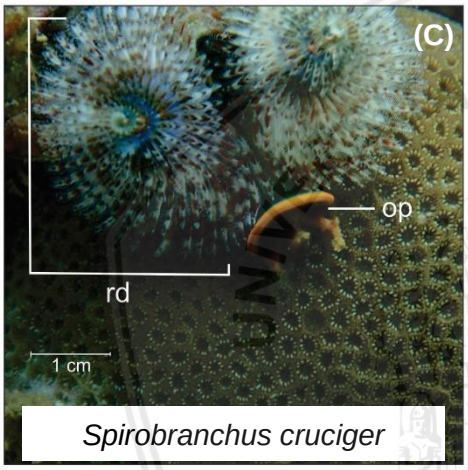
CTW yang hidup *sessile* pada karang *massive* Porites dapat ditemukan di perairan Cagar Alam Pulau Sempu dengan kedalaman 3 – 5,5 meter. Sebanyak 108 individu CTW ditemukan pada delapan koloni karang *massive* Porites di dua stasiun penelitian. Pada stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru ditemukan masing-masing empat koloni *Porites* sp. CTW yang ditemukan tersebut terdiri dari dua jenis spesies yang diklasifikasikan menurut bentuk tanduk operkulum yakni *S. corniculatus* dan *S. cruciger* dimana spesies yang terdentifikasi merupakan spesies *morphotype S.corniculatus complex* (Gambar 9). Sebanyak 73 individu *S. corniculatus* yang ditemukan di kedua stasiun penelitian antara lain 42 individu pada stasiun Waru-Waru dan 31 individu pada stasiun Watu Mejo. Hasil identifikasi jumlah CTW pada keseluruhan koloni karang (Tabel 5), *S. cruciger* ditemukan sedikit daripada *S. corniculatus* yakni dengan total 6 individu dengan rincian 3 individu pada tiap stasiun.

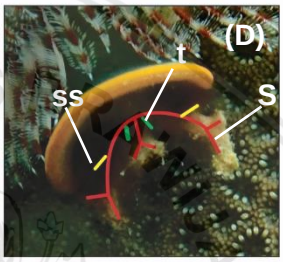
Tidak ditemukan spesies *S. gaymardii, S. gardineri, S. tetraceros* dan *S. aloni* di kedua stasiun penelitian, namun terdapat spesies yang tidak dapat di identifikasi (*invalid*) secara visual akibat operkulum tertutup penuh dengan alga (Gambar 9 F). Terdapat 21 individu dengan kategori *invalid* pada stasiun Waru-Waru dan 8 individu pada stasiun Watu Mejo. Tutupan alga yang sedikit pada operkulum CTW masih dapat diidentifikasi karena alga yang terdapat pada *opercula* tumbuh mengikuti bentuk motif tanduk (*spine*) pada operkulum.



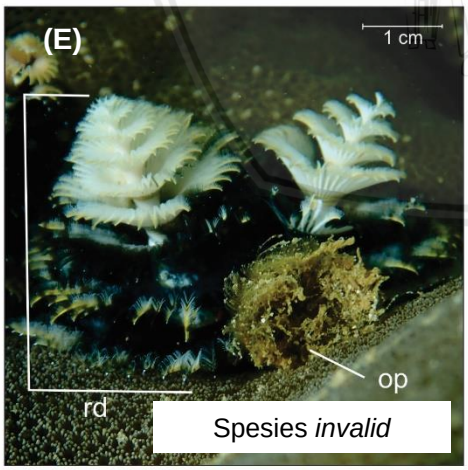


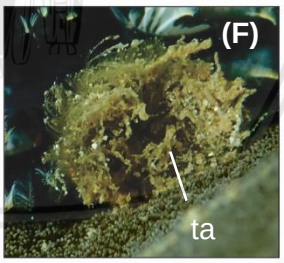
Operkulum: Memiliki sepasang *spine*, sepasang *secondary spine* dan sepasang *tine* (Perry *et al.,* 2018).
Radial: 4-6 lingkaran *branchial filament* (Hove, 1970).





Operkulum: Memiliki 3 *spine*, sepasang *secondary spine* dan sepasang *tine* (Perry *et al.,* 2018).
Radial: 4-6 lingkaran *branchial filament* (Hove, 1970).

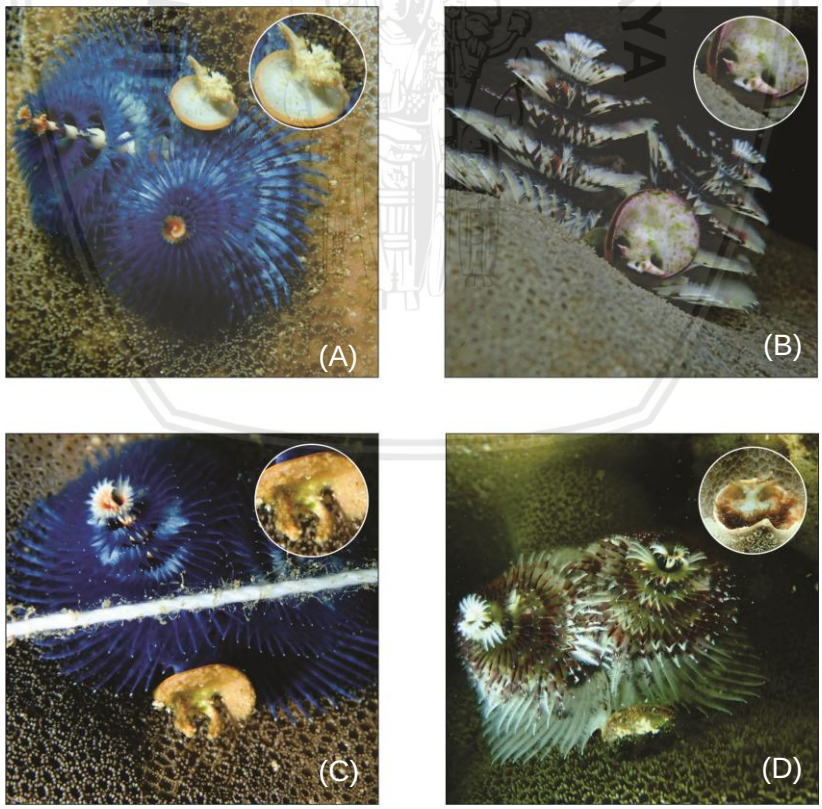




Operkulum: Permukaan di tumbuhi *turf algae* / biota asosiasi lainnya.
Radial: -

Gambar 9. Menentukan spesies CTW. (A,B) *S.cornicullatus,* operkulum S.corniculatus; (C,D) *S.cruciger*, operkulum *S.cruciger*; (E,F) Spesies *invalid*, operkulum spesies *invalid*. op: operkulum; rd: mahkota *radiole*; S: *spine*; ss: *secondary spine*; t: *tine*; ta: *turf algae*.

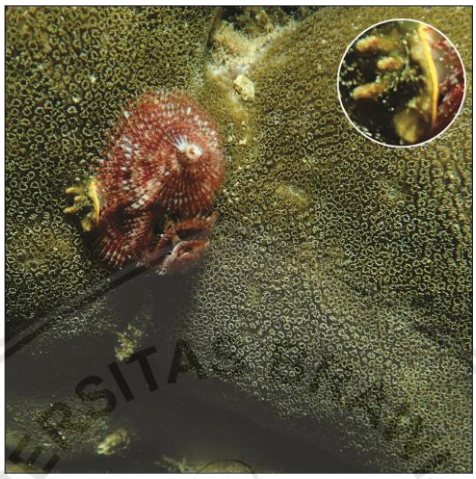
Hasil dokumentasi lapang terbatas akibat jumlah kamera, daya baterai dan memori penyimpanan pada saat pengamatan. Berikut terdapat morfologi ragam yang berhasil di dokumentasikan pada setiap spesies CTW seluruh stasiun penelitian. *S. corniculatus* pada stasiun Watu Mejo ditemukan sebanyak 31 individu dengan ragam warna *branchial filament* atau mahkota radial sebanyak 2 macam warna, biru (Gambar 9 A,C) dan putih dengan bercak coklat (Gambar 9 B,D). Operkulum pada ke empat operkula terdapat bercak serabut yang diduga adalah *turf algae*, namun bentuk tanduk masih terlihat jelas. Operkulum CTW pada gambar 9 B terlihat berbeda, *spine* dan *tine* nampak pendek dan tidak terdapat *secondary spine*. Selain itu, tepi sisi operkulum berwarna coklat berbeda dengan milik CTW A,C dan D yang berwarna oranye. Jumlah lingkaran filament radial masing-masing adalah sama, yakni 7 lingkar.



Gambar 10. Morfologi ragam *S. corniculatus* pada stasiun Watu Mejo

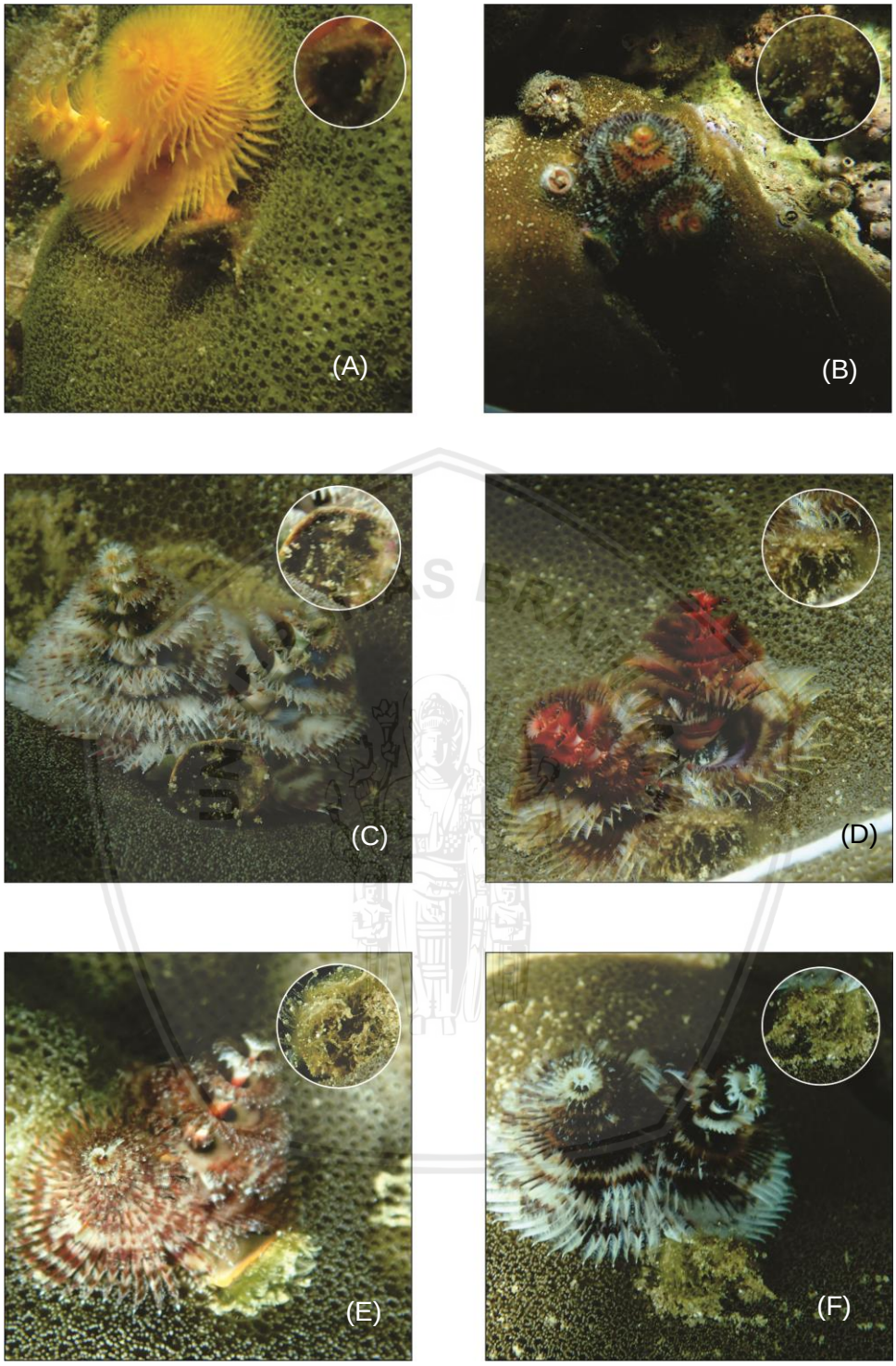
Salah satu ragam spesies *S. cruciger* yang berhasil di dokumentasikan di stasiun Watu Mejo berwarna merah tua dengan bercak putih pada filamen radial

(Gambar 10). Jumlah lingkar filamen sama denagan spesies sebelumnya, yakni sebesar 6 lingkar. Operkulum pada spesies S.cruciger ini terdapat *turf algae*. Namun bentuk *spine* masih terlihat, meskipun ujung percabangan terlihat tumpul. Sisi tepi operkulum terdapat warna oranye pada spesies ini.



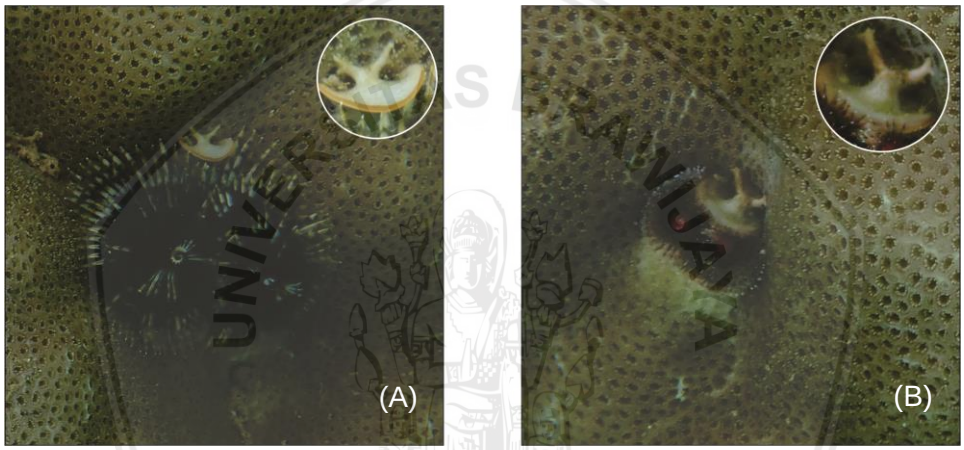
Gambar 11. Morfologi ragam *S. cruciger* pada stasiun Watu Mejo

Spesies invalid pada stasiun Watu Mejo memiliki 6 morfologi ragam warna filamen radial yang berhasil di dokumentasikan. Terdapat spesies invalid dengan warna kuning (Gambar 11 A), oranye dan putih dengan ujung filamen berwarna coklat (Gambar 11 B), putih dengan bercak coklat (Gambar 11 C), merah dan putih dengan bercak coklat (Gambar 11 D), putih dengan garis coklat yang melingkar (Gambar 11 E) dan putih dengan bercak coklat pada bagian tengah filamen (Gambar 11 F). Jumlah lingkar filament radial sama, yakni 6 lingkar. Operkulum yang memiliki *turf algae* tebal terdapat pada spesies invalid E dan F.



Gambar 12. Morfologi ragam spesies *invalid* pada stasiun Watu Mejo

Stasiun Waru-Waru terdapat 2 spesies *S. corniculatus* yang berhasil di dokumentasikan. Kedua spesies tersebut memiliki warna dominan gelap daripada spesies *S.corniculatus* di stasiun Watu Mejo, yakni hitam dengan bercak putih pada ujung filamen radial (Gambar 12 A) dan merah tua dengan bercak putih pada ujung filamen radial (Gambar 12 B). Kedua operkulum spesies *S.corniculatus* ini terlihat jelas, sepasang *spine* terlihat dari bagian atas. Namun jumlah lingkar filament radial radial tidak dapat diidentifikasi akibat minimnya jarak visual hasil dokumentasi.

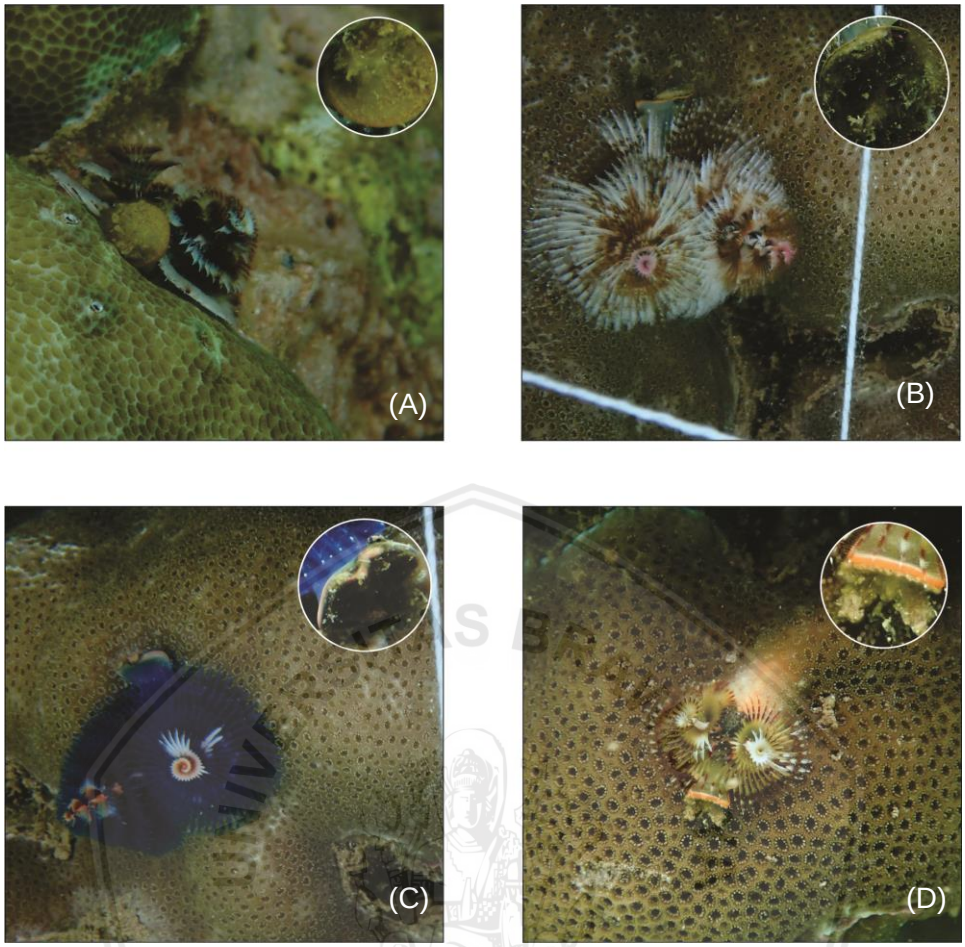


Gambar 13. Morfologi ragam spesies *S. corniculatus* pada stasiun Waru-Waru

Hasil dokumentasi hanya menangkap satu spesies *S. cruciger* pada stasiun Waru-Waru. Berbeda dengan spesies *S.cruciger* di stasiun Watu Mejo, warna filamen radial pada spesies ini berwarna putih dengan bercak titik yang menyebar diseluruh filamen. Operkulum pada spesies ini mirip sperti pada stasiun Watu Mejo, terdapat 3 *spine* dan sedikit beralga (Gambar 13). Warna oranye pada tepi operkulum begitu jelas. Terdapat 6 lingkar radial pada spesies *S.cruciger* ini.

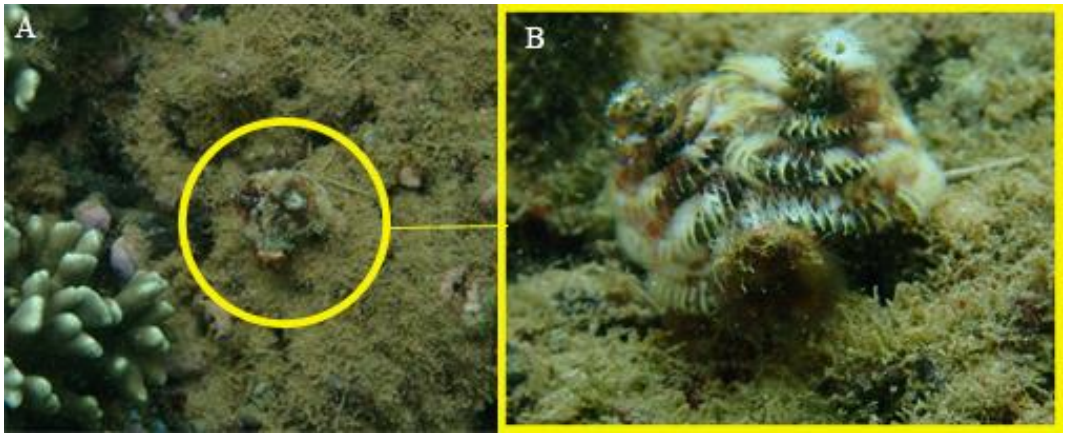
Gambar 14. Morfologi ragam *S. cruciger* pada stasiun Waru-Waru

Terdapat empat hasil dokumentasi spesies *invalid* pada stasiun Waru-Waru. Keempat spesies tersebut memiliki bercak warna filamen radial. Keempat spesies tersebut memiliki warna radial putih dengan bercak coklat (Gambar 14 A), warna putih dengan sedikit bercak coklat muda (Gambar 14 B), warna biru dengan sedikit bercak putih di ujung radial filamen (Gambar 14 C) dan warna coklat dengan bercak putih melingkar pada ujung filamen. Tepi operkula dengan warna kuning terdapat pada Gambar 14 C dan terdapat warna oranye pada tepi operkula Gambar 14 D. Jumlah lingkar filamen spesies pada stasiun ini tidak dapat diidentifikasi.



Gambar 15. Morfologi ragam spesies *invalid* pada stasiun Waru-Waru

Terdapat satu spesies CTW *invalid* yang mampu hidup pada substrat batu di stasiun Waru-Waru. Spesies ini di temukan di kedalaman 3 m dan tidak terdapat spesies CTW lain di sekitar substrat. Permukaan substrat tertutup penuh dengan *turf algae* begitu pula dengan operkulum CTW ini. Sekeliling substrat CTW di huni oleh koloni karang keras dengan bentuk *life form branching*. Spesies ini tidak termasuk dalam data penelitian dikarenakan diluar dari transek atau diluar metode pengamatan penelitian.



Gambar 16. Spesies *invalid* diluar transek dengan substrat batu (A); operkulum tertutup *turf algae* (B).

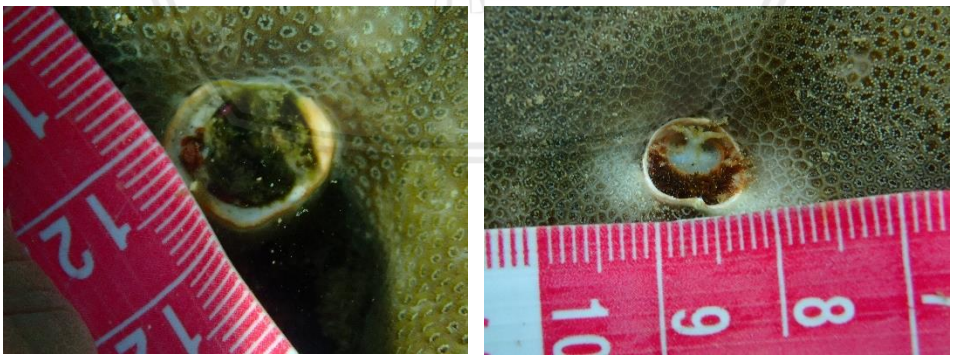
repository.ub.ac.id

Tabel 5. Jumlah CTW pada stasiun penelitian

No	Spesies CTW	Stasiun Watu Mejo				Stasiun Waru-Waru				Total
		Koloni 1	Koloni 2	Koloni 3	Koloni 4	Koloni 5	Koloni 6	Koloni 7	Koloni 8	
1	*Spirobranchus corniculatus*	0	7	11	13	0	13	2	27	**73**
2	*Spirobranchus cruciger*	0	0	3	0	1	0	0	2	**6**
3	Spesies *Invalid*	1	0	2	5	0	5	1	15	**29**
	Total	**1**	**7**	**16**	**18**	**1**	**18**	**3**	**44**	**108**

4.1.5 Usia CTW

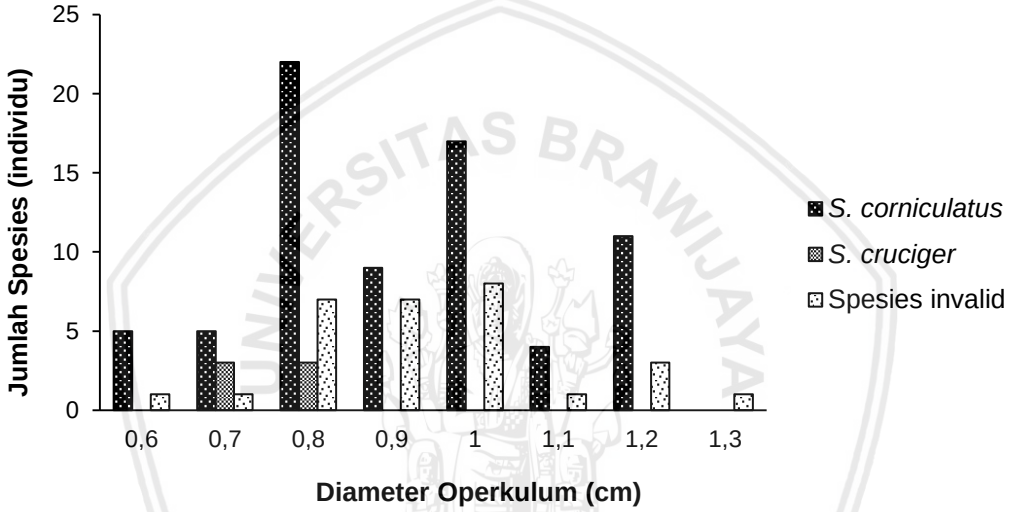
CTW termasuk dalam kelas polychaeta, yakni jenis kelas cacing anelida yang dapat membentuk *tube* sebagai pelindung tubuh yang menempel pada karang sekaligus rumah mereka. CTW diukur menggunakan penggaris setelah melakukan identifikasi operkulum. Terdapat 8 kategori diameter *tube* CTW yang didapatkan dari 108 individu, selanjutnya di kaitkan dengan kisaran umurnya. Kategori diameter *tube* tersebut yakni mulai dari 0,6 cm - 1,3 cm dengan kelipatan 0,1 cm tiap diameternya. Kategori *S. corniculatus* pada stasiun Watu Mejo tertinggi pada diameter 0,8 cm sebanyak 14 individu dengan kisaran usia 14 tahun dan kategori terendah pada kategori diameter 0,9 cm sebesar satu individu dengan kisaran usia 15 tahun. Kategori *Spirobranchus cruciger* tertinggi pada kategori 0,7 cm dengan kisaran usia 12 tahun dan nilai terendah pada kategori diameter 0,8 cm sebesar satu individu dengan kisaran usia 14 tahun. Spesies *invalid* tertinggi yakni pada kategori diameter 1 cm sebanyak 3 individu dengan kisaran usia 17 tahun dan nilai terendah pada kategori diameter 0,6, 0,7 dan 0,8 cm dengan kisaran usia 10 sampai 14 tahun.



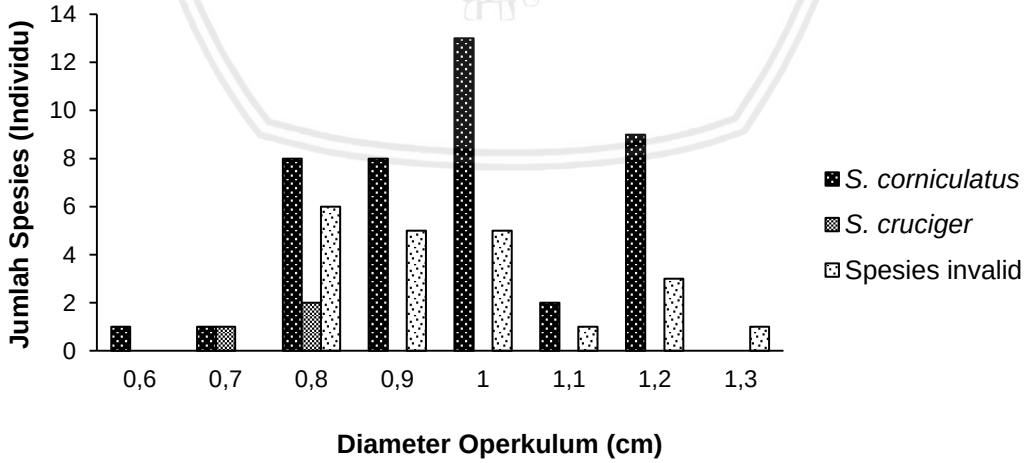
Gambar 17. Pengukuran diameter tube CTW

Pada stasiun Waru-Waru, kategori diameter *tube Spirobrancus corniculatus* diameter 1 cm merupakan kategori dengan nilai tertinggi yakni sebesar 13 individu dengan kisaran umur 17 tahun, dan kategori terendah pada 0,6 cm dan 0,7 cm dengan nilai masing-masing adalah satu individu memiliki

kisaran usia 10 hingga 12 tahun (Gambar 19). Kategori dengan nilai tertinggi *S. cruciger* adalah 0,8 cm sebanyak 2 individu dengan kisaran usia 14 tahun dan kategori dengan nilai terendah pada diameter *tube* 0,7 cm dengan kisaran usia 12 tahun. Kategori yang tidak dapat diidentifikasi (*invalid*) memiliki nilai tertinggi pada *tube* dengan diameter 0,8 cm sebesar 6 individu berkisar pada usia 14 tahun. Kategori diameter 1,1 cm dan 1,3 cm memliki nilai terendah yaknii masing-masing satu individu dengan kisaran usia diatas 15 tahun yakni 19 tahun dan 22 tahun.

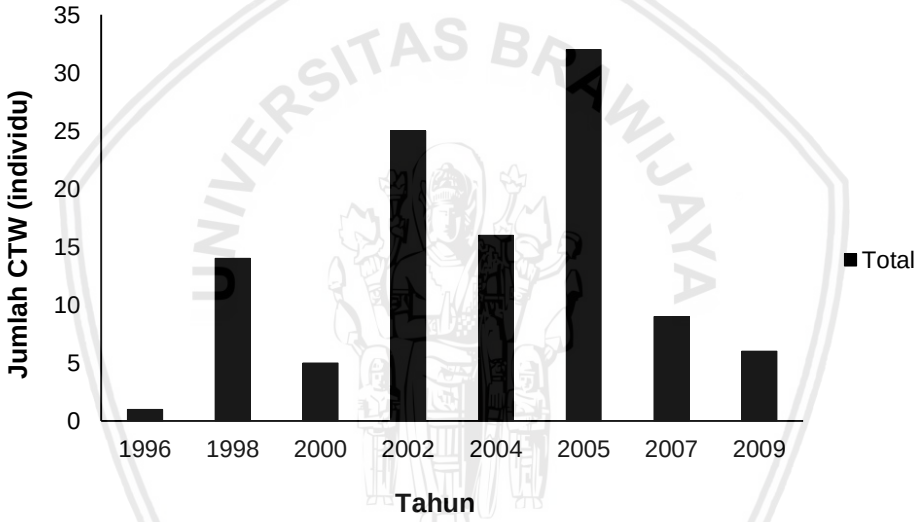


Gambar 18. Grafik Diameter Operkulum CTW di Stasiun Watu Mejo



Gambar 19. Grafik Diameter Operkulum CTW di Stasiun Waru-Waru

Total 108 individu CTW yang telah terkumpul, dapat digambarkan kisaran awal tahun mereka berasosiasi pada koloni karang *Porites* sp. (Gambar 19). Hasil nilai kisaran usia terendah yakni 10 tahun didapatkan pada 6 individu CTW yang mulai berasosiasi dengan karang pada kisaran tahun 2009. Terdapat peningkatan jumlah individu tertinggi pada koloni karang *massive* Porites sebesar 32 spesies CTW di tahun 2005. Peningkatan tersebut yakni oleh sepsies CTW dengan kisaran usia 14 tahun. Terdapat satu spesies CTW dengan kisaran usia tertingi yakni 22 tahun dengan kisaran awal asosiasi sejak tahun 1996 (Gambar 20).



Gambar 20. Grafik kisaran usia CTW di keseluruhan stasiun penelitian

4.1.6 Kelimpahan CTW

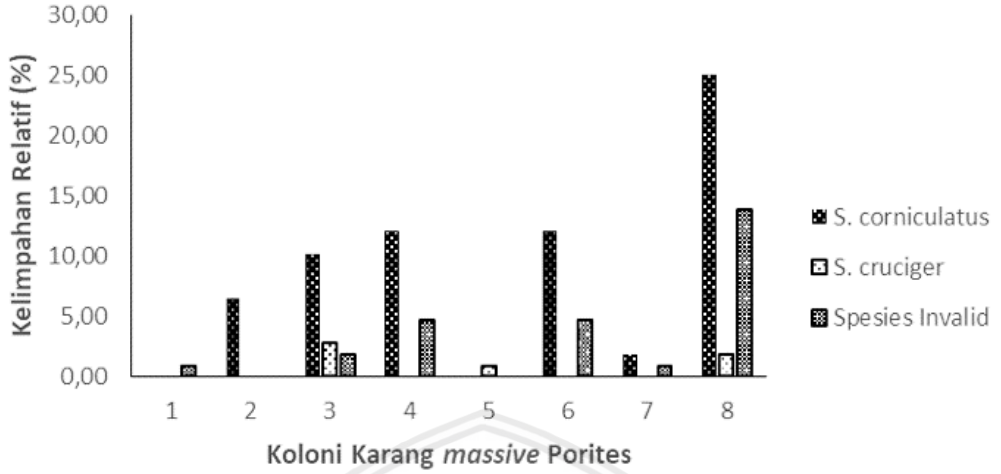
Kelimpahan jenis CTW yang dimaksud ialah jumlah individu CTW sejenis yang dibagi dengan luas permukaan koloni karang Porites pada tiap stasiun penelitian. Nilai kelimpahan CTW tertinggi pada stasiun Watu Mejo sebesar 2,67 individu/m^2 oleh *S. corniculatus* pada koloni karang ke-4, sedangkan nilai kelimpahan terkecil sebesar 0,21 individu/m^2 oleh spesies *invalid* pada koloni karang ke-1. Pada stasiun Waru-Waru nilai kelimpahan tertinggi oleh *Spirobranchus corniculatus* sebesar 3,70 individu/m^2 pada koloni ke-8. Kelimpahan dengan nilai terkecil pada stasiun Waru-Waru sebesar 0,14

individu/m^2 oleh spesies *invalid* pula yakni pada koloni ke-7. Kelimpahan secara keseluruhan *S. corniculatus complex* (*Christmas Tree Worm)* pada stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru secara berturut-turut adalah 8,63 individu/m^2 dan 9,04 individu/m^2 (Tabel 6).

Tabel 6. Kelimpahan CTW pada stasiun penelitian

Stasiun	Koloni	Kelimpihan (individu/m^2)		
		S. corniculatus	***S. cruciger***	**Invalid sp.**
Watu Mejo	1	0	0	0,21
	2	1,44	0	0
	3	2,26	0,62	0,41
	4	2,67	0	1.03
Waru-Waru	5	0	0,14	0
	6	1,78	0	0,68
	7	0,27	0	0,14
	8	3,70	0,27	2,05
Total		**12,12**	**1,03**	**4,52**

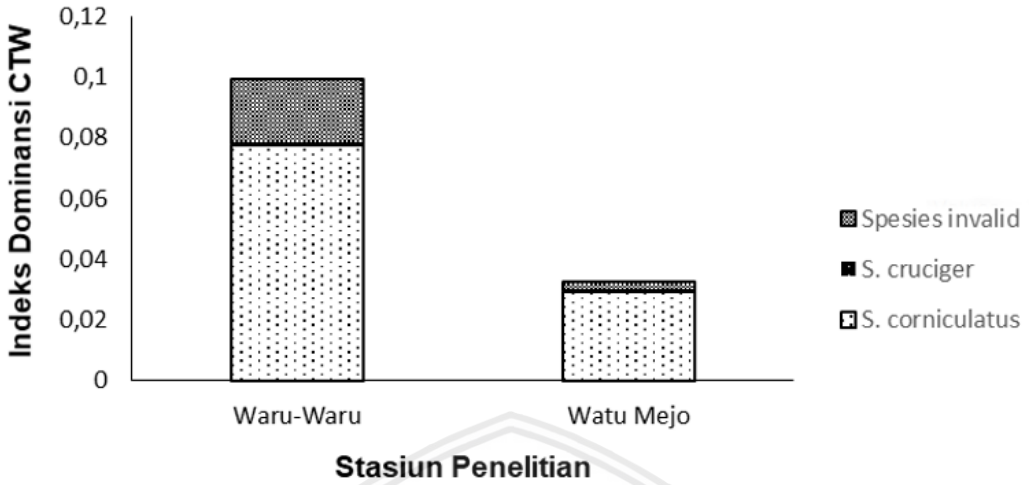
Selain kelimpahan jenis, terpdapat pula kelimpahan relatif yang di hasilkan berdasarkan data penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan relatif CTW pada tiap koloni karang *massive* Porites di stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru berkisar antara 0,93% hingga 25 %. Kelimpahan relatif terendah dengan nilai 0,93% terdapat pada spesies *invalid* di koloni ke-1, stasiun Watumejo. Kelimpahan tertinggi sebesar 25% terdapat pada spesies *Spirobranchus corniculatus* di koloni ke-8. Jenis CTW dengan total kelimpahan relatif tertinggi di seluruh stasiun penelitian terdapat pada spesies *S. corniculatus* sebesar 67,6 %, diikuti oleh kelimpahan relatif spesies *invalid* sebesar 26,85 % dan spesies *S. cruciger* yakni sebesar 5,55 % (Gambar 21).



Gambar 21. Grafik Kelimpahan Relatif CTW

4.1.7 Dominasi CTW

Nilai indeks dominasi pada keseluruhan stasiun menunjukkan dominasi spesies biota yang rendah (0 < Di < 0,5). Nilai indeks dominasi tertinggi yakni oleh *S. corniculatus* dari keseluruhan stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru secara berturut-turut sebesar 0,0291 dan 0,0773. Nilai indeks dominasi terendah terdapat pada spesies *S. cruciger*. Indeks dominasi *S. cruciger* secara berturut-turut dari stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru adalah 0,0008 dan 0,0004 (Gambar 21). Nilaii indeks dominasi spesies *invalid* dari stasiun Watu Mejo dan Waru-Waru secara berturut-turut sebesar 0,0025 dan 0,0215.



Gambar 22. Indeks dominasi CTW pada kooni karang *massive* Porites

4.1.8 Luas Permukaan Koloni Karang *Massive* Porites

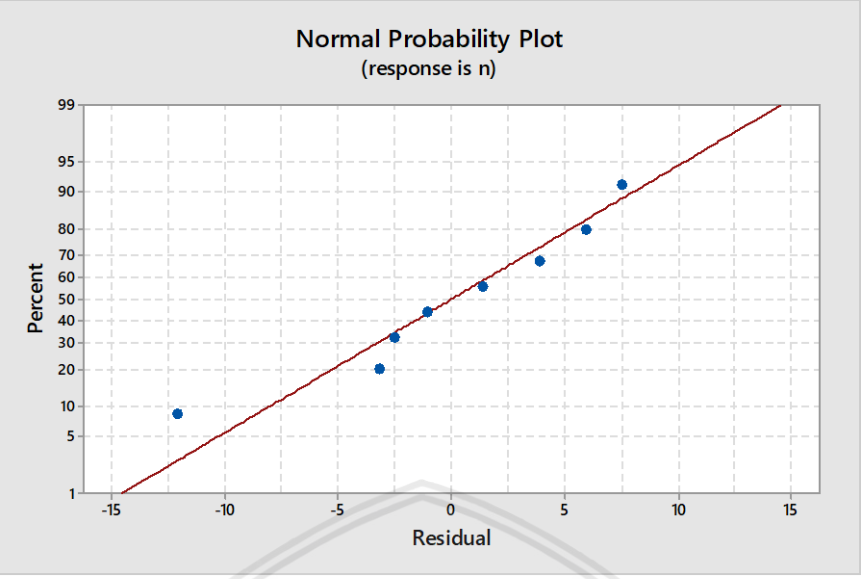
Luas permukaan karang *massive* Porites dihitung melalui proses digitasi pada hasil foto *underwater* yang diolah menggunakan *software* ImageJ dengan pengulangan tiga kali. Berdasarkan teknik sampling *belt transect,* didapatkan delapan koloni karang *massive* Porites pada dua stasiun penelitian guna dihitung luas area permukaannya. Tiap stasiun penelitian ditemukan masing-masing empat koloni karang *massive* Porites. Hasil dari perhitungan menggunakan *software* ImageJ menujukkan rata-rata total luasan peermukaan karang sebesar 0,1648 m^2. Nilai luasan area permukaan karang tertinggi terdapat pada stasiun Waru-Waru yakni koloni 8 sebesar 5,8357 m^2. Nilai luasan area permukaan terendah terdapat pada koloni 7 sebesar 0,119 m^2 yang terdapat pada stasiun Waru-Waru pula (Tabel 7).

Tabel 7. Luas Permukaan Koloni Karang *Porites* sp.

Stasiun	Koloni	Luas Permukaan (m^2)	Jumlah CTW
Watu Mejo	1	0,1356	1
	2	2,3435	7
	3	1,3182	16
	4	1,0684	18
Waru-Waru	5	0,0413	1
	6	1,306	18
	7	0,119	3
	8	5,8357	44

4.1.9 Uji Statistika

Penelitian ini menggunakan metode Uji Statistik Korelasi dan Regresi. Metode Uji Korelasi digunakan untuk mengetahui tingkat keeratan antara luasan koloni karang dengan jumlah CTW. Metode Uji Regresi berguna untuk mengetahui besar pengaruh kedua variabel tersebut. Hasil Uji Korelasi dilakukan menggunakan bantuan *software* Miniab 17 didapatkan nilai *r* = 0,901 dan *P Value* = 0,002. Hasil Uji Regresi meunjukkan nilai determinan sebesar 81,14% luasan permukaan karang *Massive* mempengaruhi jumlah CTW. Persamaan regresi yang diperoleh yakni n= 3,32 + 6,75 A, hal ini berguna untuk mengetahui besar kisaran jumlah CTW tiap meter luasan karang. Nilai normalitas atau nilai residual dapat dilakukan sebelum melakukan uji regresi guna lebih memastikan bahwa data memiliki keeratan terhadap dua variabel (Gambar 23).



Gambar 23. Kisaran distribusi normal antara Luasan Karang dengan jumlah CTW

4.2 Pembahasan

4.2.2 Kelimpahan CTW

Spesies CTW ditemukan di kedalaman 3 - 6 meter sebesar delapan koloni karang *massive* Porites. CTW hidup *sessile* pada karang di kedalaman perairan yang dangkal (Dufeal, 2016) antara 6-17 meter (Dai dan Yang, 1995). Spesies CTW yang ditemukan dari seluruh stasiun penelitian dengan total 108 individu diantaranya terdapat *S. corniculatus*, *S. cruciger* dan spesies *invalid*. Spesies invalid merupakan spesies CTW yang tidak dapat diidentifikasi secara morfologi akibat operkulum CTW yang tertutup *turf algae*. Menurut Perry *et al.* (2017) *turf algae*, spong dan *spirobis* dijumpai pada operkulum CTW. Operkulum berfungsi seperti pintu, membuka dan sebagai penutup *tube* sekaligus melindungi CTW dari predator (Willette *et al*., 2015). Fungsi operkulum layaknya sebagai pintu tersebut diduga dapat memudahkan organisme epibiotik seperti *turf algae* mudah menempel pada operkulum. Selain itu hasil penelitian didapatkan CTW dengan berbagai macam warna filamen pada mahkota radial, mulai dari biru, kuning, coklat, hitam dan warna dengan motif bercak. Klasifikasi biota Spirobranchus secara genetik tidak dapat di identifikasi melalui warna filamen *radiole crown* mereka, bahkan mereka memiliki berbagai macam warna dan corak yang unik (Willete *et al*., 2015). Song (2006) menyatakan bahwa tidak ada pengaruh distibusi warna *radiole crown* terhadap jenis karang dan posisi sesil CTW pada karang, namun diduga kuat karena perpaduan faktor abiotik lingkungan dengan genetik mereka (*phenotype*).

Hasil kelimpahan total CTW di stasiun penelitian Watu Mejo sebesar 8,63 individu/m^2, sedangkan kelimpahan CTW di Stasiun Waru-Waru sebesar 9,04 individu/m^2. Kelimpahan CTW di seluruh stasiun tiap spesies antara lain *S, corniculatus* yang ditemukan sebesar 73 individu dengan nilai kelimpahan 12,12 individu/m^2, *S. cruciger* ditemukan 6 individu dengan nilai kelimpahan 1,03

individu/m^2 dan spesies *invalid* ditemukan 29 individu dengan nilai kelimpahan 4,52 individu/m^2. Penelitian ini menunjukan bahwa *S. corniculatus* merupakan spesies yang mendominasi dengan nilai indeks dominasi rendah. Penelitian Willette *et al*. (2015) menyatakan bahwa *S.corniculatus* mudah ditemukan di wilayah Indo-Pasifik, dimana ia menemukan spesies *morphotype S. corniculatus* di wiliayah Indonesia yakni di Pulau Cendrawasih, Puau Halmahera, Pulau Weh dan Raja Ampat dengan total 51 individu.

Arus menjadi faktor utama distibusi CTW pada saat fase larva planktonic (Marsden, 1984). Kondisi sirkulasi arus yang lebih kencang di stasiun Watu Mejo akibat dekat lepas pantai diduga akibat dari hasil CTW yang didapatkan lebih kecil daripada di stasiun Waru-Waru. Menurut Rodriguez *et al*. (1993) kelimpahan biota invertebrata sesil pada dasarnya ditentukan oleh dua proses, yakni *recruitment* dan *post recruitment*. *Recruitment* diawali dengan larva yang berada pada kolom perairan, lalu bertahan hidup saat tahap juvenile dan ketersediaannya substrat bagi biota tersebut. Perlu diketahui pula bahwa larva plankton *trochopore* Spirobranchus termasuk dalam kategori fototaksis positif, memiliki kecepatan berenang yang lambat yakni 1,7 - 2,5 mm/s serta akan selalu berada pada atas permukaan subtrat yang telah dipilihnya (Marsden, 1984). Didapatkan hasil parameter perairan dengan variasi yang tidak jauh beda diantara kedua stasiun penelitian. Rowley (2008) menyatakan bahwa nilai kecerahan akan berkorelasi terbalik dengan nilai turbiditas. Erftemeijer *et al.* (2012) menyatakan bahwa tingginya turbiditas periaran akan mempengaruhi penetrasi cahaya yang masuk pada perairan. Partikel sedimen yang terlalu tinggi akan menggangu proses penempelan hewan *sessile* pada saat tahap larva, bahkan kematian biota karang sebagai inang. Diketahui bahwa hasil kecerahan perairan di kedua stasiun termasuk dalam baku mutu, yakni lebih dari 5 m (Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2004).

Terdapat spesies *invalid* yang mendiami substrat batu dengan jumlah satu spesies diluar transek pada stasiun Waru-Waru. Permukaan substrat batu tersebut penuh dengan *turf algae*. CTW dapat hidup selain pada substrat karang *Porites* sp. seperti pada penelitian Perry *et al.* (2017) mengenai seleksi substrat oleh CTW. CTW dapat hidup pada karang *Pocillopora, Seriatopora, Stylopjora, Acropora, Milleopora, Cyphastrea* (Perry *et al*., 2017), *Fungidae* (Hoeksama dan Hove, 2014), anemon (Skinner *et al*., 2012), *rubble* (Nygard, 2008), bahkan *giant clam* (Schoot *et al*., 2016). Hal tersebut mendukung jika CTW yang berasosiasi dengan substrat tak hidup (*non living*) maka tidak dapat melakukan pertumbuhan. (Nishi dan Nishihira, 1996) menyatakan bahwa pertumbuhan Spirobranchus searah dengan pertumbuhan karang, yakni kearah permukaan. Selain itu, Nishi dan Nishihira (1996) berasumsi bahwa lubang *tube* (*opening tube*) CTW akan selalu terdapat pada bagian permukaan karang.

4.2.3 Usia CTW

Penentuan kisaran usia CTW yang dilakukan dengan mengukur diameter *tube* (0,06 cm/tahun) pada CTW menghasilkan delapan kategori diameter *tube* antaralain 0,6 cm – 1,3 cm. CTW dengan diameter *tube* 0,6 cm memiliki kisaran usia 10 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *Porites* sp. sejak tahun 2009. Diameter *tube* 0,7 cm memiliki kisaran usia 12 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *massive* Porites. sejak tahun 2007. CTW dengan diameter *tube* 0.8 cm memiliki kisaran usia 14 tahun dengan. CTW dengan diameter *tube* 0.9 cm memiliki kisaran usia 15 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *massive* Porites. sejak tahun 2004. Spesies CTW dengan diameter *tube* 1 cm memiliki kisaran usia 17 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *massive* Porites sejak tahun 2002. CTW dengan diameter *tube* 1,1 cm memiliki kisaran usia 19 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *massive* Porites sejak tahun 2000. CTW dengan diameter *tube* 1,2 cm memiliki kisaran usia 20 tahun yang

berasosiasi dengan koloni karang *massive* Porites sejak tahun 1998. CTW dengan diameter *tube* 1,3 cm memiliki kisaran usia 22 tahun yang berasosiasi dengan koloni karang *Porites* sp. sejak tahun 1996. Menurut (Nishi dan Nishihira, 1996), CTW dengan ukuran diameter *tube* antara 3 – 12 mm ditemukan di perairan Okinawa Jepang. CTW termasuk biota yang memiliki umur panjang dengan rata-rata usia 10 sampai 20 tahun, dan usia diatas 20 hingga 30 tahun langka untuk ditemukan (Nishi dan Nishihira, 1996). CTW yang ditemukan diluar transek dengan jenis inang substrat batu tidak dapat dilakukan pengukuran estimasi akibat *tube* kalkareus CTW tidak dapat tumbuh. Pertumbuhan *tube* biota asosiasi CTW akan searah dengan pertumbuhan karang keras (Nishi dan Nishihira, 1996). Metode ini hanya dapat dilakukan pada CTW dengan inang substrat karang keras yang hidup.

4.2.4 Hubungan Luasan Koloni Karang *Porites* sp. dengan Jumlah CTW

Luas permukaan karang *Porites* sp. dari delapan koloni pada seluruh stasiun penelitian adalah 0,0413 m^2 hingga 5,8357 m^2, dimana luasan karang terbesar tersebut terdapat pada stasiun Waru-Waru. Watu Mejo memiliki total luas koloni karang *massive* Porites sebesar 4,9572 m^2 sedangkan pada stasiun Waru-Waru sebesar 7,302 m^2. Menurut (Luthfi *et al*., 2017) karang massif Porites tersebar membentuk koloni dengan berbagai macam ukuran mulai dari 60 cm^2 hingga lebih dari 2 m^2 di timur satsiun Teluk Semut yakni Waru-Waru dan Watu Mejo. Begitu pula dengan jumlah CTW yang mendiami tiap koloni karang tersebut, pada koloni karang ke-5 dengan luasan terendah yakni 0,0413 m^2 di huni oleh satu individu CTW. Koloni terluas dengan nilai 5,8357 m^2 dihuni oleh 44 individu CTW. Karang massive Porites ditemukan dengan ukuran lebih dari 5 m dengan kisaran usia lebih dari 100 tahun di perairan Okinawa Jepang (Nishi dan Nishihira, 1996).

Hasil Uji Korelasi menunjukkan bahwa nilai r = 0,901 dan *p value* = 0,002. Nilai *p value* yang lebih kecil dari α (0,05) membuat penolakan pada hipotesa

penelitian. Nilai r = 0,901 termasuk dalam interval korelasi 0,80 – 1.00 dimana nilai tersebut tergolong dalam korelasi sangat kuat (Sugiyono, 2008). Hasil korelasi tersebut menunjukan bahwa hubungan antara luasan permukaan karang Porites dengan jumlah CTW berkaitan sangat erat. Uji Regresi menghasilkan nilai determinan R-*sq* sebesar 81,14%, dimana dalam hal ini menujukkan bahwa nilai luasan karang pada saat penelitian berpengaruh sebesar 81,14% terhadap jumlah CTW. Grafik kenormalan distribusi juga menunjukkan bahwa nilai residu data mendekati garis diagonal normalitas pada grafik. Hasil uji statistik menyatakan bahwa H0 tidak diterima, dan menerima H1. Terdapat hubungan antara besar luasan koloni karang *massive Porites* sp. dan jumlah CTW yang hidup *sessile* pada karang. Maka didapatkan asumsi bahwa semakin besar luas permukaan koloni karang *massive Porites* sp. maka semakin tinggi pula jumlah CTW yang hidup *sessile* pada koloni karang tersebut dan sebaliknya. Menurut (Dai dan Yang, 1995), luasan koloni permukaan karang positif berkorelasi dengan jumlah CTW yang tersebar di stasiun penelitian. Pada penelitian tersebut CTW banyak ditemukan pada koloni karang yang memiliki permukaan datar dan luas.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian Sebaran Biota Asosiasi Cacing Karang *Christmas Tree Worm* Pada Karang Keras Porites Di Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Malang adalah sebagai berikut:

1. Hasil kelimpahan CTW di stasiun penelitian Watu Mejo sebesar 8,63 individu/m^2 dan Stasiun Waru-Waru memiliki nilai kelimpahan yang lebih tinggi yakni sebesar 9,04 individu/m^2.
2. Spesies *christmas tree worm* di perairan Cagar Alam Pulau Sempu memiliki kisaran umur 14 – 22 tahun dengan kisaran awal asosiasi dengan karang sejak tahun 2009 hingga tahun 1996.
3. Hubungan luasan permukaan karang dengan jumlah *christmas tree worm* pada stasiun penelitian menolak H0 dan menerima H1 dengan korelasi sangat kuat, hal ini dikarenakan nilai *p value* < α dengan nilai r = 0,901 serta nilai R-*sq* luasan koloni karang *massive* Porites terhadap jumlah CTW berpengaruh sebesar 81,14% .

5.2 Saran

Lebih dipersiapkan alat dan bahan penelitian serta memerhatikan efisiensi waktu saat pengambilan data. Hal ini dikarenakan alat dan bahan yang cukup banyak dan proses pemasangan metode sensus yang rumit. Tetap menggunakan kamera *underwater* dengan kualitas tinggi (mode makro), agar dapat melihat bagian tubuh CTW dengan jelas. Penulis berharap agar ada penelitian selanjutnya mengenai biota asosiasi CTW di waktu yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Alwi, D., Muhammad, S., Bisi, S., 2018. Inventarisasi Organisme Avertebrata Terumbu Karang di Periaran Tanjung Dehegila Kabupaten Pulau Morotai. Jurnal Ilmu Kelautan. Vol. 1 No.1: 71 - 83.

Ben-Tzvi, O., Einbinder, S., Brokovich, E., 2006. A Beneficial Association Between a Polychaete Worm and A Scleractinian Coral. *Coral Reefs*. Vol. 25: 98–98.

Dai, C. F., Yang, H. P., 1995. Distribution of *Spirobranchus giganteus cornicuiatus* (Hove) on the Coral Reefs of Southern Taiwan*. Zoological Studies*. Vol. 34 No 2: 117-125.

DeVantier, L. M., Reichelt, R.E., Bradbury, R.H., 1986. Does *Spirobranchus giganteus* Protect Host Porites from Predation by *Acanthaster planci*: predator pressure as a mechanism of coevolution*. Marine Ecology Progress Series*. Vol. 32: 307-310.

Dufeal, D., 2016. Spirobranchus giganteus. *Spirobranchus giganteus*. *The Online Guide to the Animals of Trindad and Tobago*. UWI Ecology.

Erftemeijer, P. L., Riegl, B., Hoeksema, B. W., & Todd, P.A., 2012. Environmental Impacts of Dredging and Other Sediment Disturbances on Corals: A Review. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 64 No.9: 1737-1765.

Fiege, D., T. Hove, 1999. Redescription of *Spirobranchus gaymard*i (Quatrefages, 1866) (Polychaeta: Serpulidae) from the Indo-Pacific with remarks on the *Spirobranchus giganteus complex*. *Zoological Journal of the Linnean Society*. No 126: 355–364.

Glynn, P.W., 1997. Bioerosion and Coral Reef Growth: A Dynamic Balance. *In Coral reefs in the Anthropocene* (Inpress). Springer, Dordrecht: 67-97.

Goffredo, S., Mezzomonaco, L., Zaccanti, F., 2004. Genetic Differentiation Among Populations of the Mediterranean Hermaphroditic Brooding Coral *Balanophyllia europaea* (Scleractinia: Dendrophylliidae)*. Marine Biology* No. 145: 1075–1083.

Hove, H. A. T., 1970. Serpulinae (Polychaeta) from the Caribbean :1-The Genus Spirobranchus. *Studies on The Fauna of Curacao and Other Caribbean Islands.* No. 117. Zoologisch Laboratorium: Utrecht

Hove, H. A. T., Elena K. Kupriyanova, 2009. Taxonomy of Serpulidae (Annelida, Polychaeta): The state of affairs. *Zootaxa 2036*. 126 pp. Magnolia Press: New Zeland

Kaushik, K., 2015. The Christmas Tree Worm. *Amusing Planet.* URL http://www.amusingplanet.com/2015/12/the-christmas-tree-worm.html diakses pada tanggal 4 April 2019.

Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Penetapan Mutu Air.

Kennedy, D. M., & Woodroffe, C. D., 2002. Fringing Reef Growth and Morphology: a Review. Elsevier. *Earth-Science Reviews*. Vol. 57 No. 4: 255–277.

Luthfi, O. M., Jauhari, A., 2013. Assesment Kondisi Fisika-Kimia Perairan Pulau Sempu Malang Selatan sebagai Parameter Penentuan Lokasi Pembuatan Taman Karang. *Prosiding PIT X ISOI 2013*. 1

Luthfi, O.M., 2016. Konservasi Terumbu Karang di Pulau Sempu Menggunakan Konsep Taman Karang. *Journal of Innovation and Applied Technology.* Vol 2 No. 1: 210–216.

Luthfi, O.M., Guntur, Novendra A.N., 2016. Identifikasi Morfologi Karang *Massive* Porites di Perairan Laut Selatan Jawa. *Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI*. FPIK Universitas Brawijaya: Malang.

Luthfi, O. M., Pujarahayu, P., S, K. F., Wahyudiarto, A., Fakri, S. R., Sofyan, M., Abdi, F., 2016. Biodiversitas dan Populasi Ikan Karang di Perairan Selat Sempu Sendang Biru Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. Vol. 9 No.1: 43-49.

Luthfi, O.M., Varaghi, D., Fakri, S.R., Jauhari, A., 2016. Laju Pertumbuhan Karang Kosmopolit Porites Di Laut Selatan Jawa. *Seminar Nasional dan Kelautan VI :* 550-555.

Luthfi, O.M., Siagian J.A., 2017. Monitoring of Corallivorouus Fish Bites on Porites lobata at South Java Sea, Indonesia. *Internasional Journal of Applied Environtmental Sciences.* Vol 12 No.1: 145-154.Luthfi, O.M., Jauhari, A., 2013. Assesmen Kondisi Fisika-Kimia Oseanografi Perairan Pulau Sempu Malang Selatan sebagai Parameter Penentuan Lokasi Pembuatan Taman Karang. *Prosiding PIT X ISO*. Vol. 1 No. 12.

Luthfi, O.M., Rijatmoko, S., Isdianto, A., Setyohadi, D., Jauhari, A., Arman, A., 2017. Kandungan Logam Esensial Tembaga (Cu) di Lingkaran Tahun Karang *Porites lutea* dari Perairan Cagar Alam Pulau Sempu Malang. *Dinamika Maritim*. Vol. 6 No. 1.

Luthfi, O.M., Rahmadita, V.L., Setyohadi, D., 2018. Melihat Kondisi Kesetimbangan Ekologi Terumbu Karang di Pulau Sempu, Malang Menggunakan Pendekatan Luasan Koloni Karang Keras (Scleractinia). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.16 No. 1: 1-8.

Luthfi, O.M., Rosyid, A., Isdianto, A., Jauhari, A., Setyohadi, D., 2018. The Compromised healt of Coral at South Java Sea: Study area Prigi Bay. *AIP Conference Proceedings, 2019*(1), 50007. AIP Publishing.

Luthfi, O.M., Yulianto, F., Pangaribuan, S.P.C., Putranto, D.B.D., Alim, D.S., Sasmitha, R.D., 2019. Kondisi Substrat Dasar Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Kabupaten Malang. *Journal of Marine Aquatic Sciences.* Vol. 5 No. 1 : 77-83.

Luthfi, O.M., Dzikrillah A., M. Gilang R., Mujibur R., N. Kholis W., 2019. Studi Komparatif Tutupan Living dan Non Living Substrat Dasar Perairan Pulau

Sempu Kabupaten Malang Menggunakan Metode Reef Check. *Journal of Fisheries and Marine Science*. Vol. 3 No. 2: 127-134.

Marsden, J. K., 1984. Swimming in Response to Light by Larvae of The Tropical Serpulid *Spirobranchus giganteus*. *Marine Biology*. Vol. 83: 13-16.

Muttaqin, T., Purwanto, R.H., Rufiqo, S.N., 2011. Kajian Potensi Dan Strategi Pengembangan Ekowisata Di Cagar Alam Pulau Sempu Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *GAMMA*. Vol. 6 No.10: 152-161.

Nishi, E., Nishihira, M., 1996. Age-estimation of Christmas Tree Worm *Spirobranchus giganteus* (Polychaeta, Serpulidae) Living Buried in the Coal Skeleon from the Coral-growth of the Host Coral*. Fisheries Science*. Vol. 62 No. 3: 400–403.

Nygard, L., 2008. Size Distribution of *Spirobranchus giganteus* in Bonaire: Is There a Benefit of Recruitment to Live Coral*. Physis Journal of Marine Science* Vol. 3: 25–30.

Odum, E.P., Srigandono, B., 1993. Dasar-dasar Ekologi. *Gadjah Mada University Press*: Yogyakarta.

Pamungkas, J., 2011. Cacing Laut dan Keindahannya. *Oseana*. Vol. 36 No.2: 21–29.

Pandolfi, J.M., 2003. Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems. Science Vol. 301: 955–958.

Pechenik. 2005. Biology of The Invertebrates, Fifth Edition. *The McGraw-Hill Companies*. ISBN 0-07-111175-1. America: New York.

Perry, O., Brostein, O., Bletcher, N.S., Atkins, A., Elena, K., Hove, H.T., Levy, O., Fine, M., 2018. On the Genus Spirobranchus (Annelida, Serpulidae) from the Northen Red Sea and A Description of New Species. *CSIRO Publishing.*Vol. 32: 605-626.

Perry, O., Sapir, Y., Perry, G., Ten Hove, H., Fine, M., 2017. Substrate Selection of Christmas tree worms (Spirobranchus spp.) in the Gulf of Eilat, Red Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* Vol. 98: 791–799.

Purnomo, H., Sulistyantara, B., Gunawan, A., 2013. Peluang Usaha Ekowisata di Kawasan Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan.* Vol. 10 No. 4: 247–263.

Rodriguez S. R., F. P. Ojeda, N. C. Inestrosa., 1993. Settlement of Benthic Marne Invertebrates. *Marine Ecology Proges Series*. Vol. 97:193-207

Rowley, S., 2008. A critical evaluation of the symbiotic association between tropical tube-dwelling Polychaetes and their Hermatypic coral hosts, with a focus on *Spirobranchus giganteus* (Pallas, 1766). *The Plymouth Student Scientist*. Vol. 1 No. 2: 335-353.

Schoot, V., Scott, C., Ten Hove, H., Hoeksama, B., 2016. Christmas Tree Worm as Ephibionts of Giant Clams as Koh Tao Gulf of Thailand. *Mar Biodiv Oceanarium*. Vol. 46: 751–752.

Sirait, H., Kamal, M.M., 2009. Kajian Komunitas Terumbu Karang Daerah Perlindungan Laut Perairan Sitardas Kabupaten Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. Vol. 16 No.2 : 111-118.

Siringoringo, R., Hadi, T., 2013. Kondisi dan Distribusi Karang Batu (scleractinian corals) di Perairan Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 5 No.2: 273–285.

Song, Daniel S., 2006. Christmas Colors: Colormorph Distribution of Spirobranchus Gianteus Pallas 1766 on Moorea, French Polynesia. *Student Reseach Papers, Fall.* Environmental Science University of California: Amerika Serikat.

Sugiyono, P.D., 2010. Metode Penelitian Pendidikan. *Alfabeta*: Bandung.

Sulistiyowati, H., 2009. Biodiversitas Mangrove di Cagar Alam Pulau Sempu. Jurnal Saintek 8, 59–61.

Tioho, H., Roeroe, K.A., 2002. Kerusakan Terumbu Karang Akibat Proses Biologis. *EKOTON.* Vol. 2 No. 1: 55-59.

Willette, D.A., Iñiguez, A.R., Kupriyanova, E.K., Starger, C.J., Varman, T., Toha, A.H., Maralit, B.A., Barber, P.H., 2015. Christmas tree worms of Indo-Pacific coral reefs: untangling the *Spirobranchus corniculatus* (Grube, 1862) *complex*. *Coral Reefs*. Vol. 34: 899–904.

Wolstenholme, J.K., Wallace, C.C., Chen, C.A., 2003. Species Boundaries within the *Acropora humilis* Species Group (Cnidaria; Scleractinia): a Morphological and Molecular Interpretation of Evolution. *Coral Reefs.* Vol. 22: 155-166.

Yulianti, I., Yuda, P., 2017. Eksplorasi Biodiversitas dan Kajian Ekologi Cagar Alam Pulau Sempu Indonesia. Laporan Penelitian Internal Kelompok Monodisiplin. *Teknobiologi*. No. 113.

repository.ub.ac.id

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data *Christmas Tree Worm* pada seluruh stasiun penelitian

No	St	Col	Wcol (cm^2)	Sp	DOP (cm)	DOP sta
1	WM	1	837.9	INV	0.6	HCA
2	WM	2	2343.5	S.corn	0.7	OLA
3	WM	2	2343.5	S.corn	0.6	CO
4	WM	2	2343.5	S.corn	0.8	OLA
5	WM	2	2343.5	S.corn	0.8	OLA
6	WM	2	2343.5	S.corn	0.8	CO
7	WM	2	2343.5	S.corn	1	OLA
8	WM	2	2343.5	S.corn	0.8	CO
9	WM	3	1883.1	S.corn	0.7	CO
10	WM	3	1883.1	S.cru	0.7	CO
11	WM	3	1883.1	S.corn	0.8	CO
12	WM	3	1883.1	S.corn	0.8	OLA
13	WM	3	1883.1	INV	0.9	HCA
14	WM	3	1883.1	S.corn	0.6	CO
15	WM	3	1883.1	S.corn	0.8	OLA
16	WM	3	1883.1	INV	1	HCA
17	WM	3	1883.1	S.cru	0.7	CO
18	WM	3	1883.1	S.cru	0.8	OLA
19	WM	3	1883.1	S.corn	1.1	CO
20	WM	3	1883.1	S.corn	0.7	CO
21	WM	3	1883.1	S.corn	0.8	CO
22	WM	3	1883.1	S.corn	0.8	OLA
23	WM	3	1883.1	S.corn	1	OLA
24	WM	3	1883.1	S.corn	0.6	CO
25	WM	4	1335.5	S.corn	0.8	OLA
26	WM	4	1335.5	S.corn	0.8	OLA
27	WM	4	1335.5	S.corn	0.9	CO
28	WM	4	1335.5	INV	1	HCA
29	WM	4	1335.5	S.corn	1.2	CO
30	WM	4	1335.5	S.corn	1	CO
31	WM	4	1335.5	S.corn	0.6	CO
32	WM	4	1335.5	INV	0.7	HCA
33	WM	4	1335.5	INV	0.8	HCA
34	WM	4	1335.5	S.corn	1.2	CO
35	WM	4	1335.5	S.corn	1	CO
36	WM	4	1335.5	INV	1	HCA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

No	St	Col	Wcol (cm^2)	Sp	DOP (cm)	DOP sta
37	WM	4	1335.5	S.corn	0.8	CO
38	WM	4	1335.5	INV	0.9	HCA
39	WM	4	1335.5	S.corn	0.8	CO
40	WM	4	1335.5	S.corn	0.7	OLA
41	WM	4	1335.5	S.corn	1.1	OLA
42	WM	4	1335.5	S.corn	0.8	CO
43	WW	5	412.8	S.cru	0.8	CO
44	WW	6	1088.4	S.corn	1	CO
45	WW	6	1088.4	S.corn	0.8	OLA
46	WW	6	1088.4	S.corn	0.9	CO
47	WW	6	1088.4	INV	0.8	HCA
48	WW	6	1088.4	INV	1	HCA
49	WW	6	1088.4	S.corn	1	CO
50	WW	6	1088.4	S.corn	1.1	CO
51	WW	6	1088.4	S.corn	1	CO
52	WW	6	1088.4	S.corn	0.9	CO
53	WW	6	1088.4	INV	1.2	OLA
54	WW	6	1088.4	S.corn	1	CO
55	WW	6	1088.4	S.corn	0.8	CO
56	WW	6	1088.4	S.corn	1.2	CO
57	WW	6	1088.4	INV	1.2	HCA
58	WW	6	1088.4	S.corn	0.9	CO
59	WW	6	1088.4	S.corn	1.2	CO
60	WW	6	1088.4	S.corn	1	CO
61	WW	6	1088.4	INV	0.9	HCA
62	WW	7	594.6	S.corn	1	CO
63	WW	7	594.6	S.corn	1.2	CO
64	WW	7	594.6	INV	0.8	HCA
65	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	OLA
66	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	CO
67	WW	8	4168.3	S.corn	1	CO
68	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	OLA
69	WW	8	4168.3	S.corn	1.1	OLA
70	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	CO
71	WW	8	4168.3	S.corn	1	CO
72	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	OLA
73	WW	8	4168.3	S.corn	0.9	OLA
74	WW	8	4168.3	S.corn	1	CO
75	WW	8	4168.3	S.corn	1	OLA
76	WW	8	4168.3	INV	0.8	HCA
77	WW	8	4168.3	INV	0.9	HCA
78	WW	8	4168.3	S.cru	0.8	OLA

No	St	Col	Wcol (cm^2)	Sp	DOP (cm)	DOP sta
79	WW	8	4168.3	S.corn	0.9	OLA
80	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	CO
81	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	CO
82	WW	8	4168.3	INV	0.8	HCA
83	WW	8	4168.3	S.corn	1	OLA
84	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	OLA
85	WW	8	4168.3	INV	1	HCA
86	WW	8	4168.3	INV	1.1	HCA
87	WW	8	4168.3	S.corn	1.2	OLA
88	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	CO
89	WW	8	4168.3	S.corn	0.7	CO
90	WW	8	4168.3	S.corn	0.6	CO
91	WW	8	4168.3	INV	0.9	HCA
92	WW	8	4168.3	INV	1	HCA
93	WW	8	4168.3	INV	0.8	HCA
94	WW	8	4168.3	S.corn	0.9	CO
95	WW	8	4168.3	S.cru	0.7	CO
96	WW	8	4168.3	INV	0.9	OLA
97	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	OLA
98	WW	8	4168.3	S.corn	1	CO
99	WW	8	4168.3	S.corn	1	CO
100	WW	8	4168.3	INV	0.9	HCA
101	WW	8	4168.3	S.corn	0.9	CO
102	WW	8	4168.3	INV	0.8	HCA
103	WW	8	4168.3	INV	1	HCA
104	WW	8	4168.3	INV	1	HCA
105	WW	8	4168.3	S.corn	0.9	CO
106	WW	8	4168.3	S.corn	0.8	CO
107	WW	8	4168.3	INV	1.3	HCA
108	WW	8	4168.3	INV	1.2	HCA

Keterangan:

St : Stasiun
Col : *Coloni*
Sp : Spesies
DOP : *Diameter of opercula*
DOP sta : DOP status
Wcol : *Wide of colony*
N : *Number of CTW*
HCA : *High Covered by Algae*
OLA : *Opercula with a Little Algae*
CO : *Clear Opercula*

S.cru : *Spirobranchus cruciger*
INV : Spesies invalid
S.corn : *Spirobranchus corniculatus*

Lampiran 2. Hasil Uji Statistika

Correlation: A, n

Pearson correlation of A and n = 0.901
P-Value = 0.002

Regression Analysis: n versus A

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	1170.1	1170.10	25.82	0.002
A	1	1170.1	1170.10	25.82	0.002
Error	6	271.9	45.32		
Total	7	1442.0			

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	3.23	3.12	1.03	0.341	
A	6.75	1.33	5.08	0.002	1.00

Regression Equation

n = 3.23 + 6.75 A

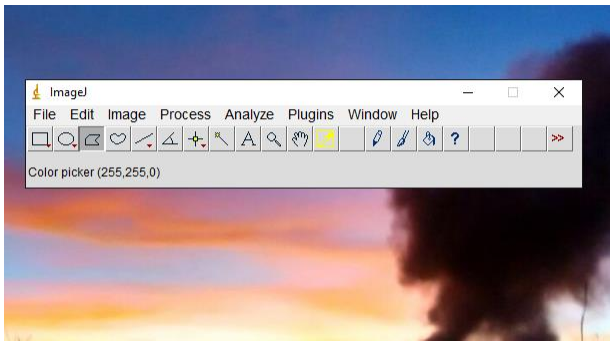
Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	n	Fit	Resid	Std Resid	
8	44.00	42.64	1.36	0.52	X

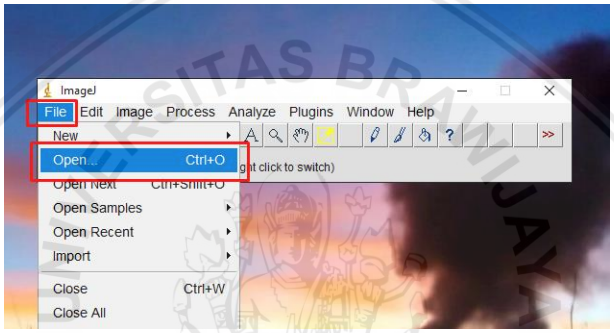
Gambar 24. Hasil analisis korelasi dan regresi menggunakan *software* Minitab17

Lampiran 3. Proses perhitungan luas permukaan karang *massive Porites* sp. pada *software* ImageJ

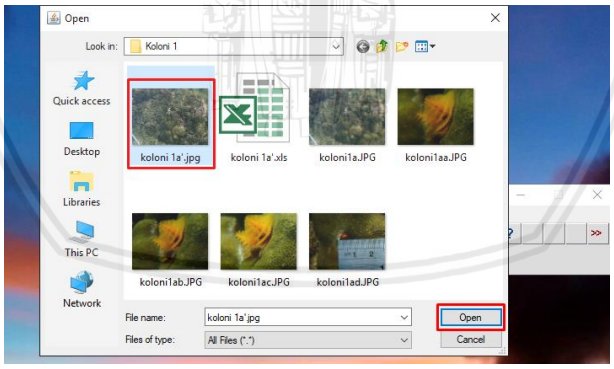
1. Membuka *software* ImageJ.



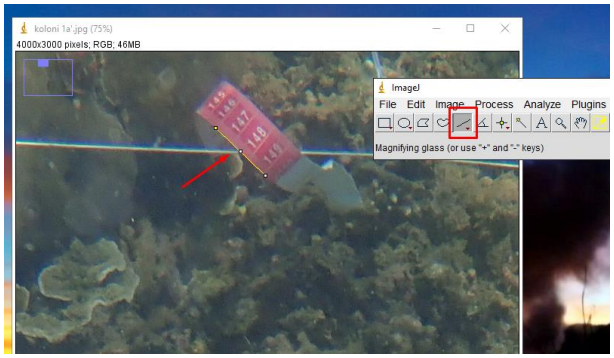
2. Klik *File*, lalu *klik Open.*



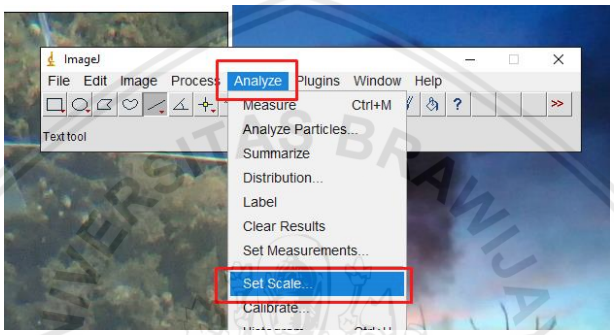
3. Pilih *file* gambar yang akan di proses, klik *open.*



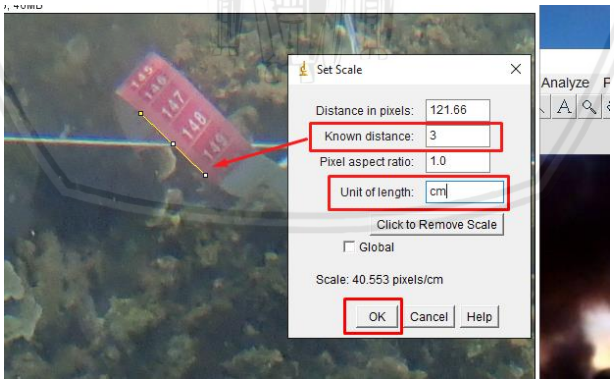
4. Klik ikon *straight* pada *toolbar*, buat bidang garis pada rol meter .



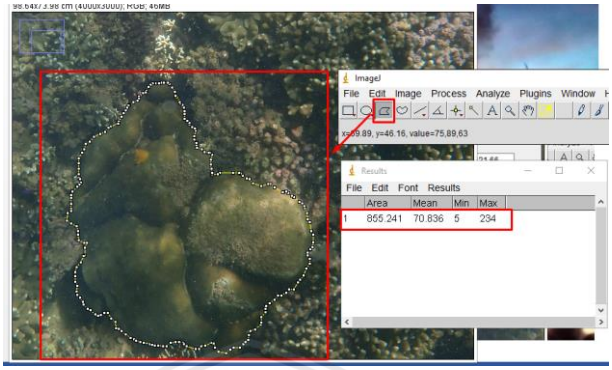
5. Klik *Analyze* pada menu bar, Klik *Set Scale.*



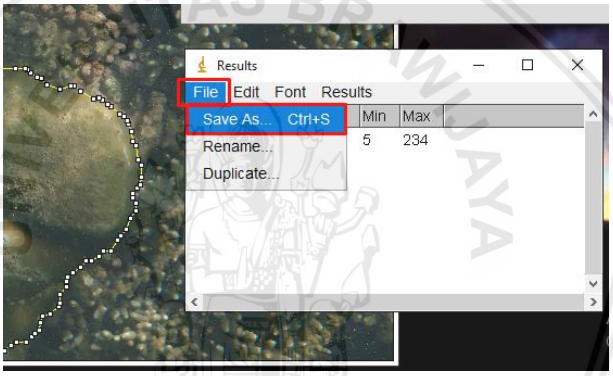
6. Mengisi kolom *Known distance* sesuai besar nilai yang telah dibuat dengan *straight tool* pada rol meter. Setelah itu isi kolom *unit length* sesuai satuan rol meter (cm). Klik *OK*.



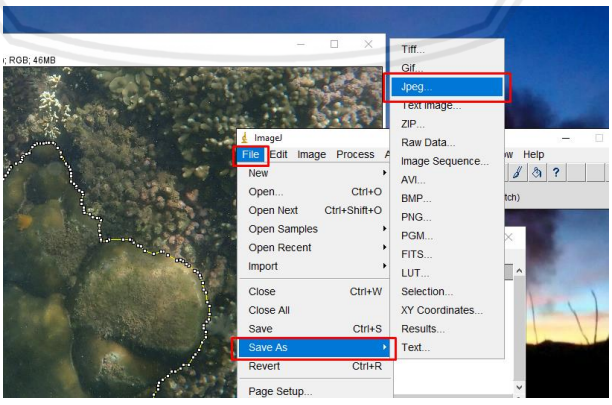
7. Kemudian Klik ikon *Polygon* pada *toolbar* guna digitasi luasan koloni karang *massive* Porites sp. Setelah itu klik ctrl + M guna mengetahui hasil luasan tersebut pada jendela *result*.



8. Simpan hasil tersebut dengan cara klik *file*, pilih Save As, pilih folder sesuai yang diinginkan lalu klik *OK.*



9. Pada jendela gambar hasil digitasi juga disimpan dengan cara klik *File, Save As,* pilih format *Jpeg*. Mengulangi metode ini sebanyak tiga kali ulangan.

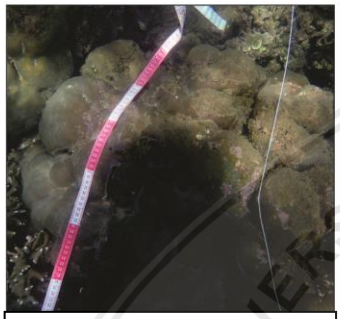
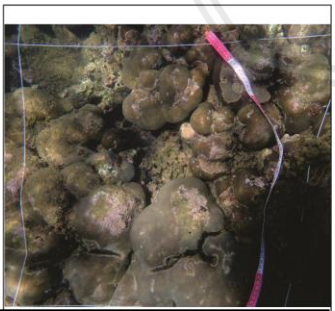


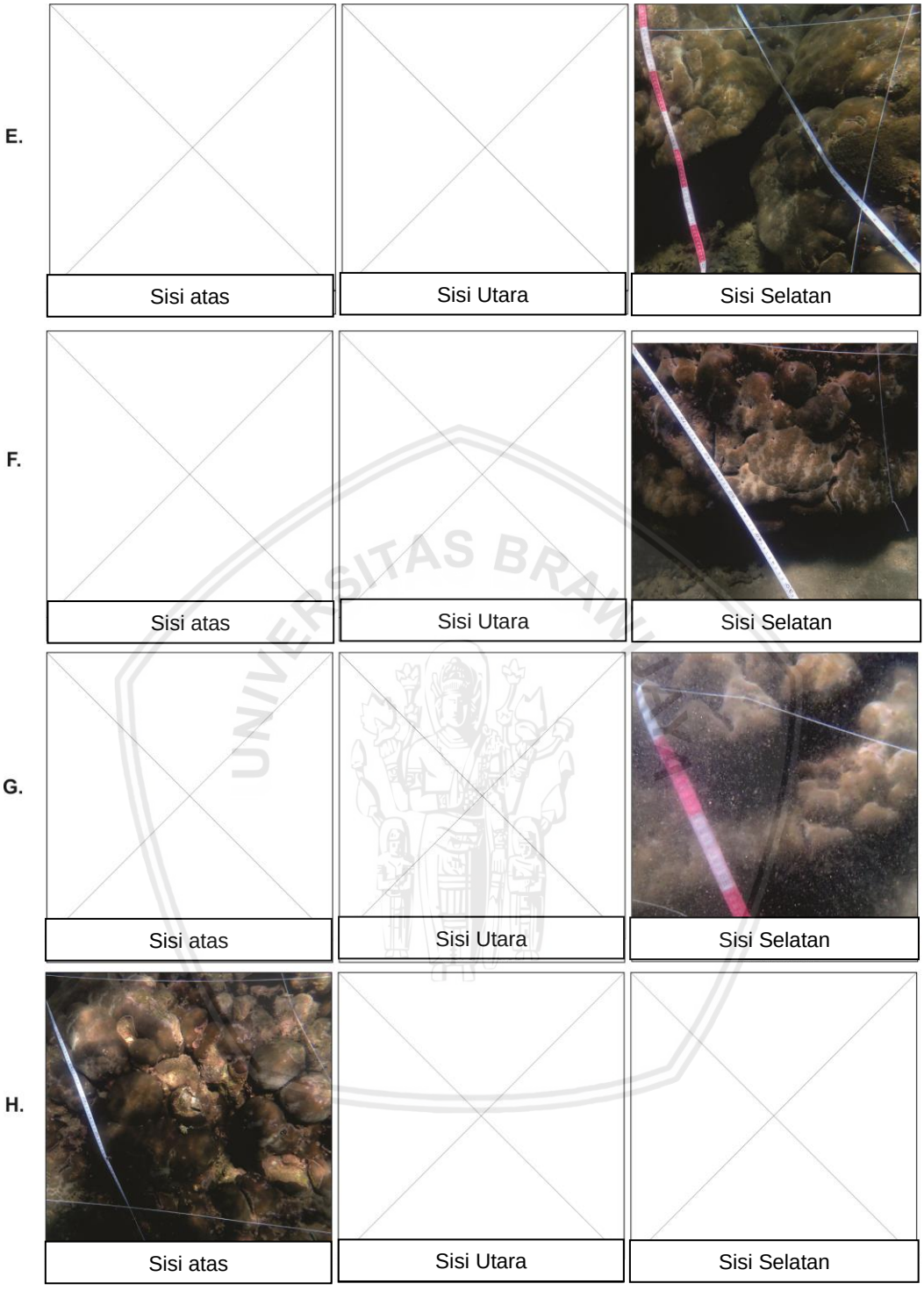
Lampiran 4. Koloni 1 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

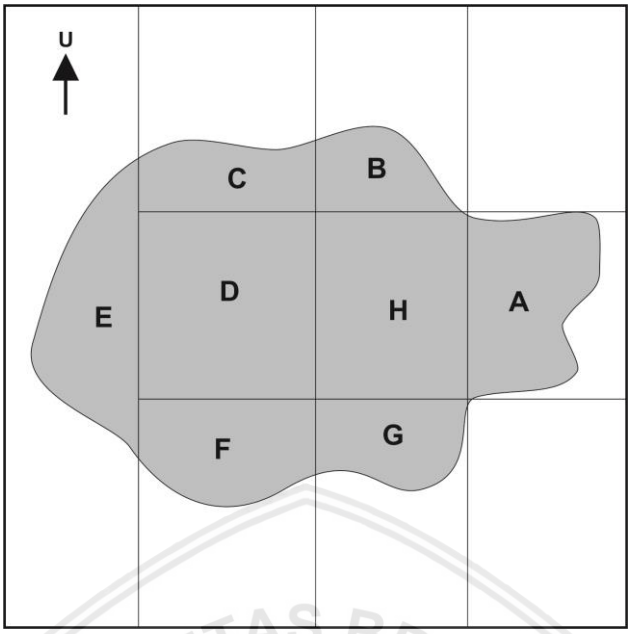
Gambar 25. Posisi bagian atas koloni 1 karang *massive Porites* sp.

Lampiran 5. Koloni 2 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
B.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
C.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
D.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

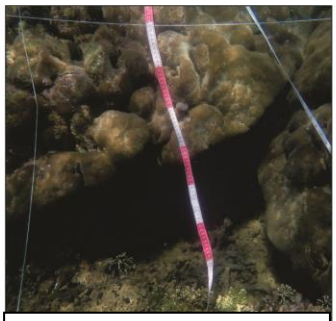
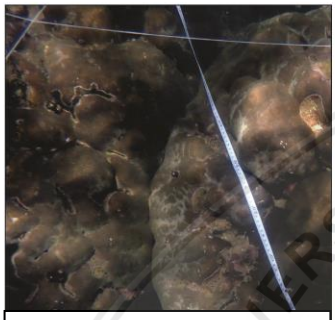
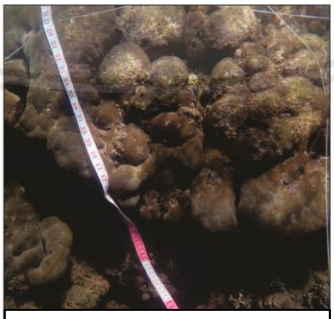


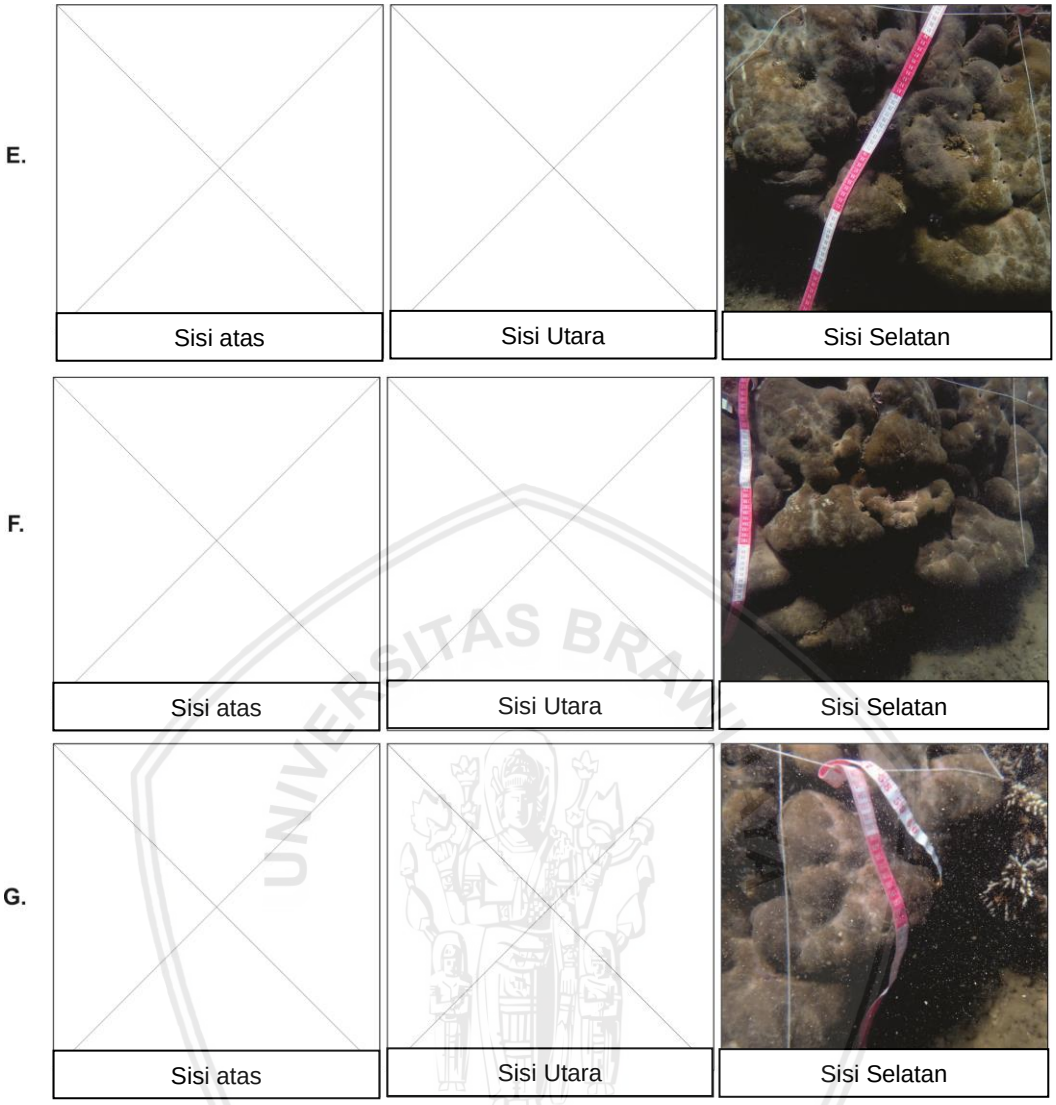
Gambar 26. Posisi bagian atas koloni 2 karang *massive Porites* sp.



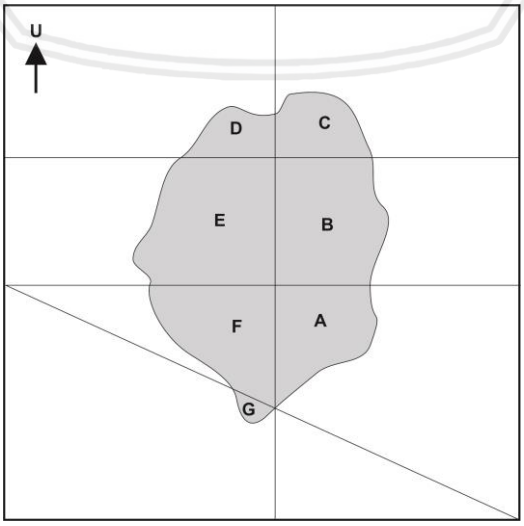
Gambar 27. Ilustrasi Koloni 2 karang *massive Porites* sp. stasiun Watu Mejo

Lampiran 6. Koloni 3 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
B.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
C.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
D.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

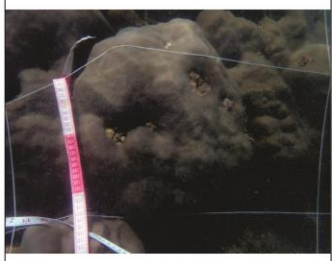
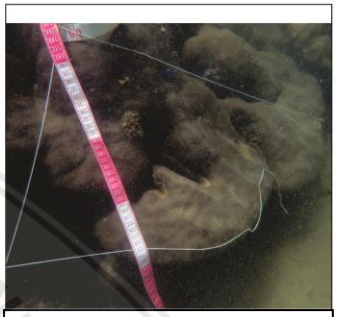
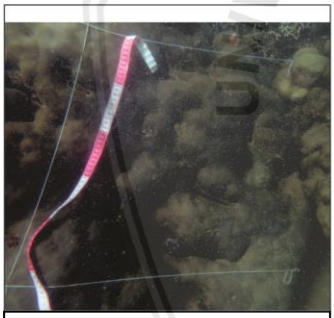


Gambar 28.Posisi bagian atas koloni 3 karang *massive Porites* sp.

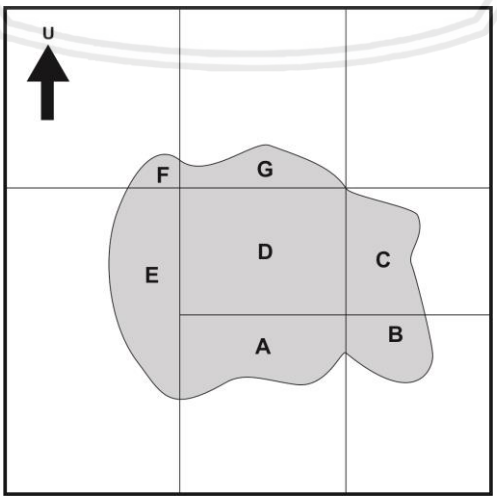


Gambar 29.Ilustrasi koloni 3 karang *massive Porites* sp. stasiun Watu Mejo

Lampiran 7. Koloni 4 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
B.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
C.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
D.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

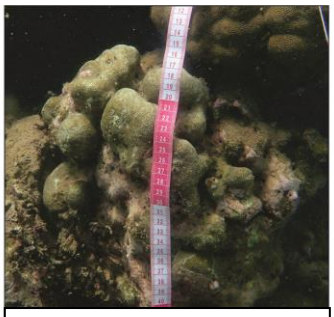
Gambar 30.Posisi bagian atas koloni 4 karang *massive Porites* sp.



Gambar 31. Ilustrasi koloni 4 karang *massive Porites* sp. stasiun Watu Mejo

Lampiran 8. Koloni 5 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

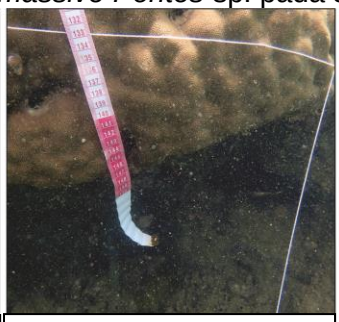
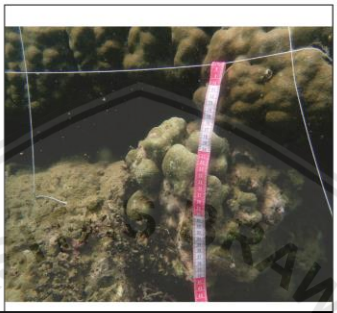
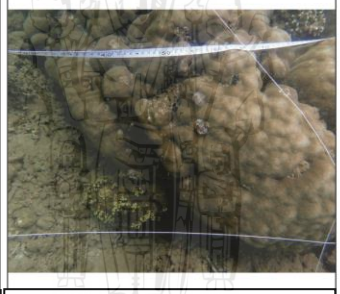
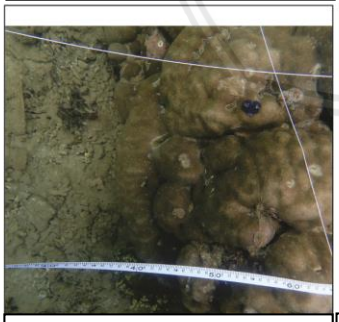
A.



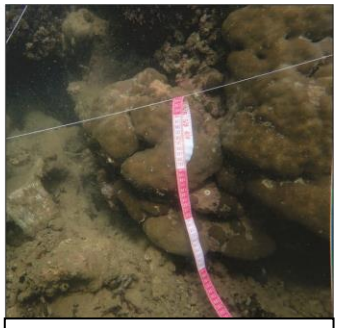
Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

Gambar 32. Posisi bagian atas koloni 5 karang *massive Porites* sp.

Lampiran 9. Koloni 6 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
B.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
C.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
D.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

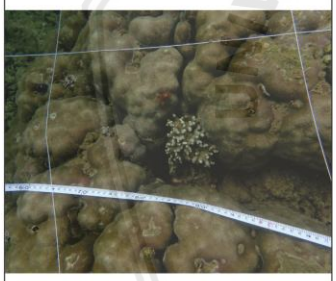
E.

Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
		

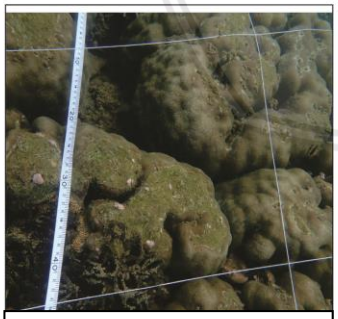
F.

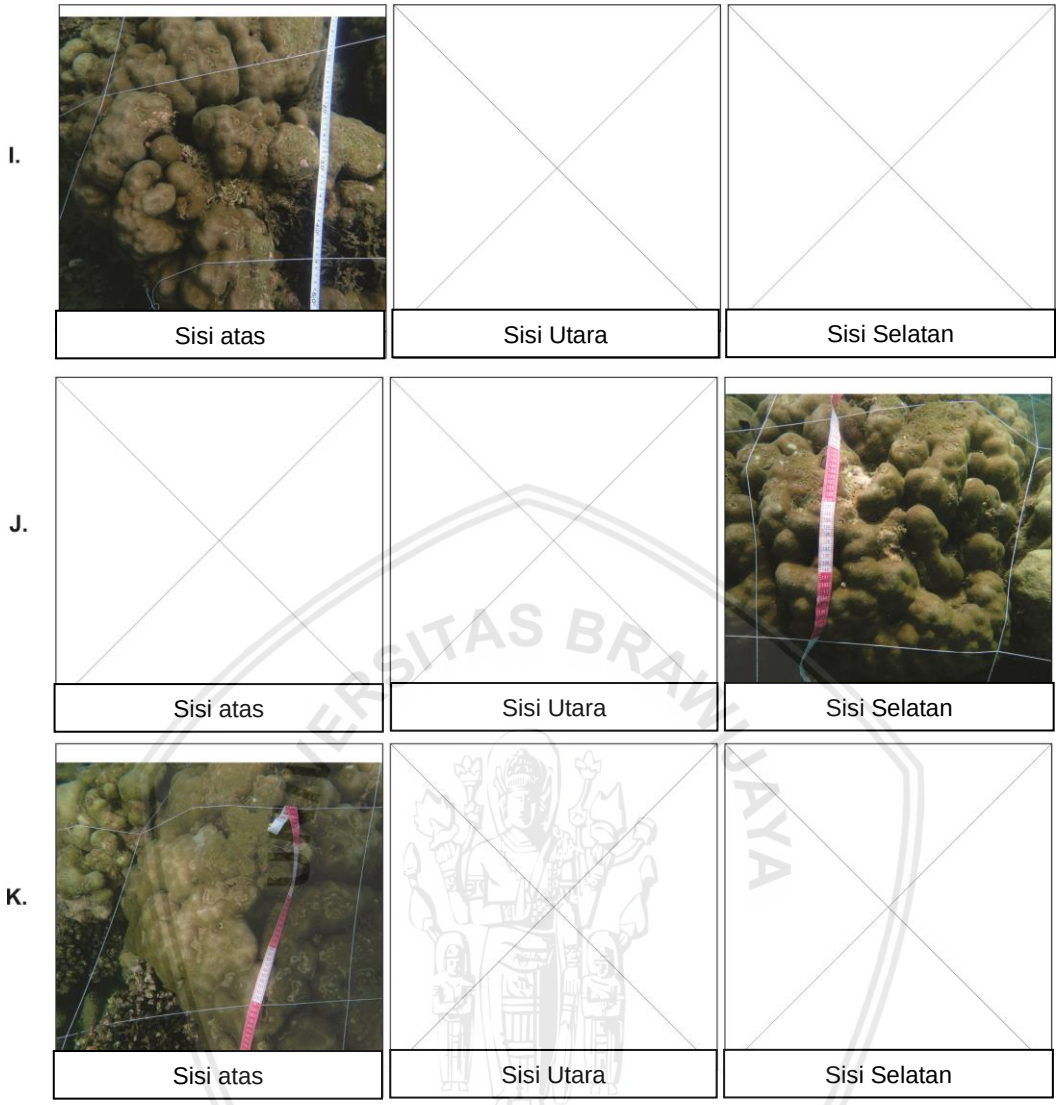
Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

G.

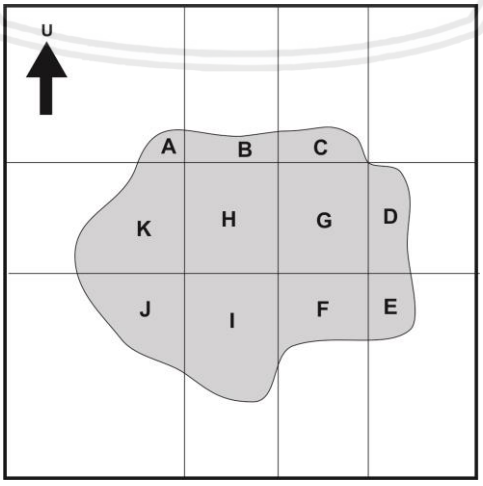
Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
		

H.

Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
		



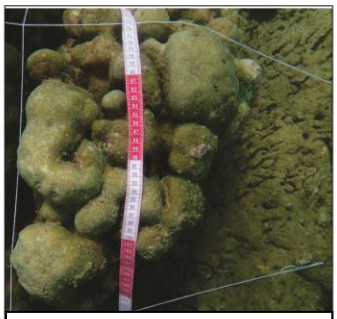
Gambar 33. Posisi bagian atas koloni 6 karang *massive Porites* sp.



Gambar 34. Ilustrasi koloni 6 karang *massive Porites sp.* stasiun Watu Mejo

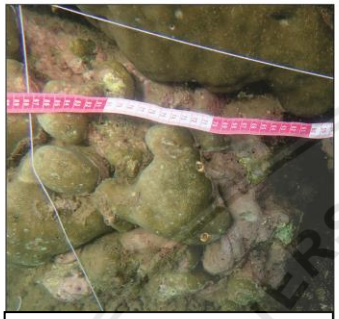
Lampiran 10. Koloni 7 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.



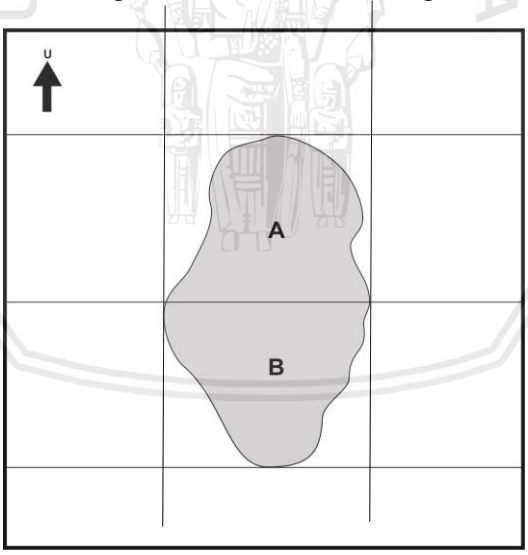
Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

B.



Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

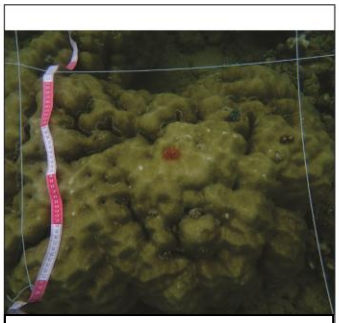
Gambar 35. Posisi bagian atas koloni 7 karang *massive Porites* sp.



Gambar 36. . Ilustrasi koloni 7 karang *massive Porites sp*. stasiun Watu Mejo

Lampiran 11. Koloni 8 karang *massive Porites* sp. pada stasiun Watu Mejo

A.



Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

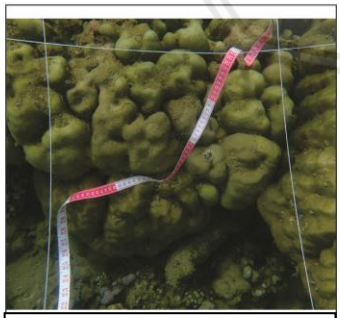
B.

Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

C.

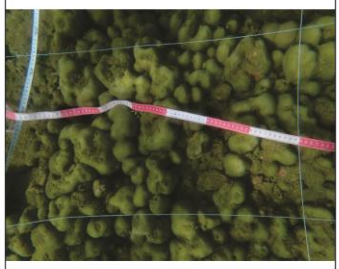
Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

D.



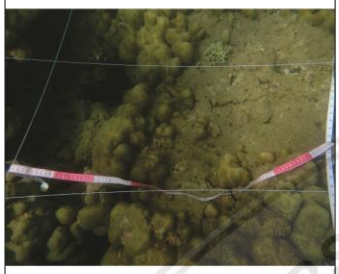
Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

E.



Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

F.

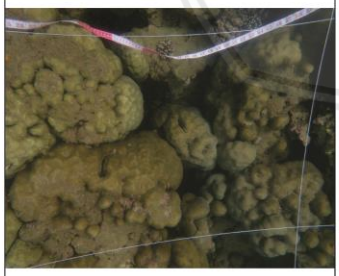


Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

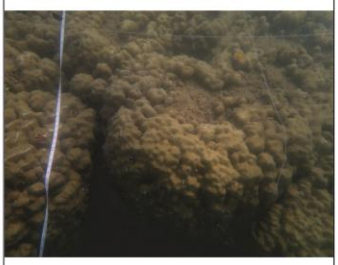
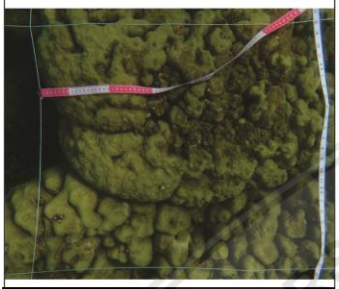
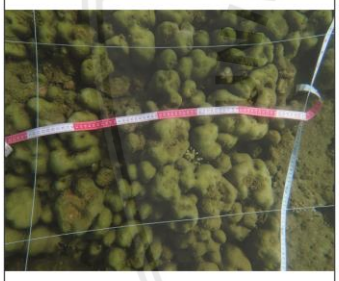
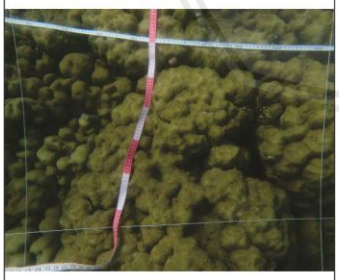
G.

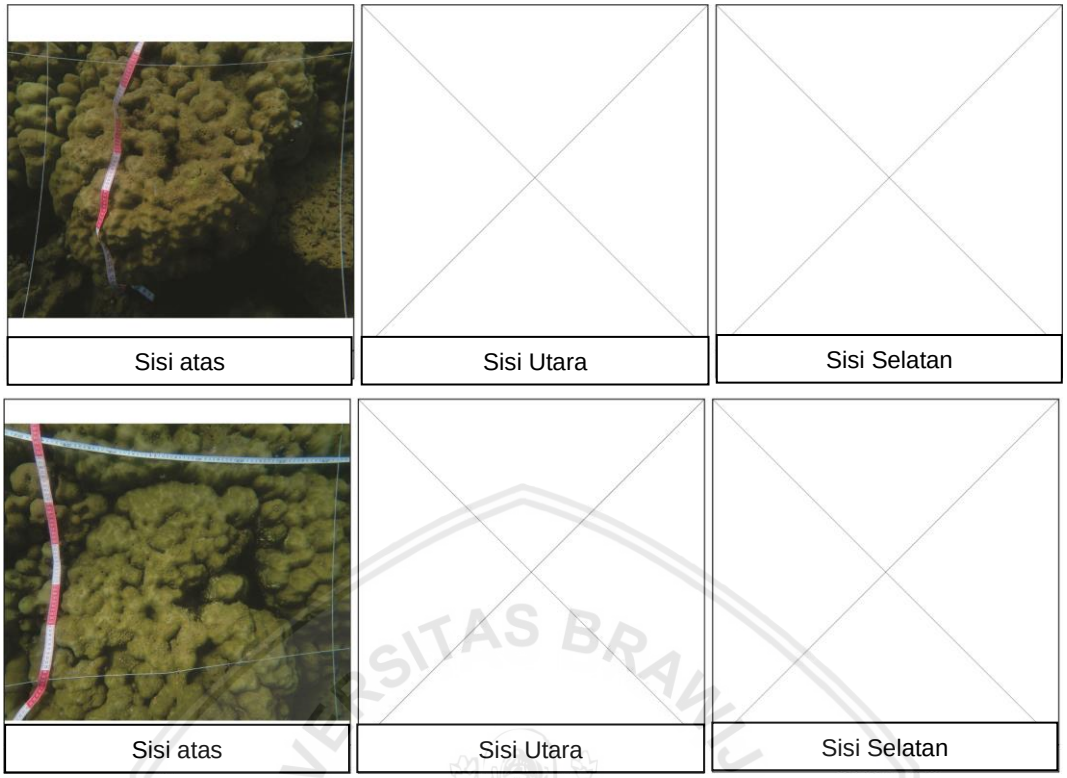
Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

H.

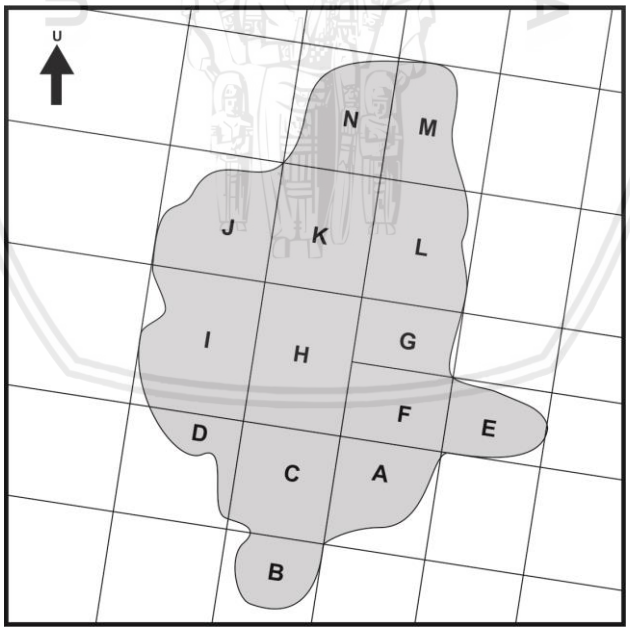


Sisi atas | Sisi Utara | Sisi Selatan

I.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
J.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
K.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan
L.			
	Sisi atas	Sisi Utara	Sisi Selatan

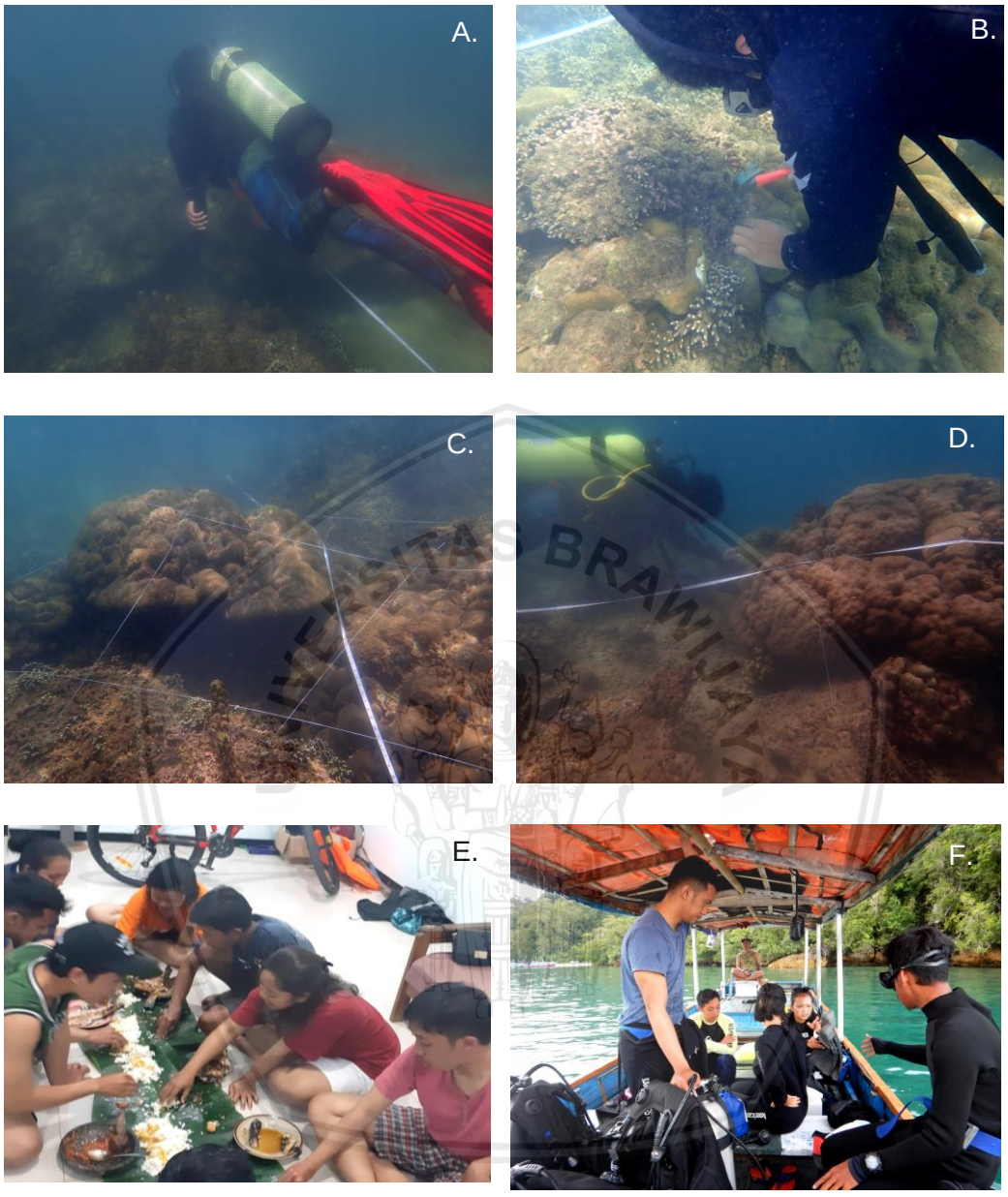


Gambar 37. Posisi bagian atas koloni 8 karang *massive Porites* sp.



Gambar 38. Ilustrasi koloni 8 karang *massive Porites* sp. stasiun Watu Mejo

Lampiran 12. Hasil dokumentasi lapang



Gambar 39. Kegiatan yang dilakukan saat pengambilan data lapang. A. Pemasangan *line transect*; B. Pemasangan Metode Sensus; C. Hasil Pemasangan Metode Sensus; D. Identifikasi Spesies CTW; E. Makan bersama pegawai Pondokdadap; F. *Setup* SCUBA sebelum mengambil data