



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI KEKHUSUSAN MANGSA SIPUT *Phyllidia elegans* BERGH
1869 DI PERAIRAN PULAU PRAMUKA, KEPULAUAN
SERIBU, DKI JAKARTA MELALUI ANALISIS
KROMATOGRAFI LAPIS TIPIS**

SKRIPSI

**RATIH RIMAYANTI
0706264223**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN BIOLOGI
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI KEKHUSUSAN MANGSA SIPUT *Phyllidia elegans* BERGH
1869 DI PERAIRAN PULAU PRAMUKA, KEPULAUAN
SERIBU, DKI JAKARTA MELALUI ANALISIS
KROMATOGRAFI LAPIS TIPIS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

**RATIH RIMAYANTI
0706264223**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN BIOLOGI
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Ratih Rimayanti

NPM : 0706264223

Tanda tangan: 

Tanggal : 4 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ratih Rimayanti
NPM : 0706264223
Program studi : Biologi S1 Reguler
Judul skripsi : Uji Kekhususan Mangsa Siput *Phyllidia elegans*
Bergh 1869 di Perairan Pulau Pramuka,
Kepulauan Seribu, DKI Jakarta Melalui Analisis
Kromatografi Lapis Tipis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I	: Dr.rer.nat. Yasman, M.Sc.	(.....)
Pembimbing II	: Drs. Wisnu Wardhana, M.Si.	(.....)
Penguji I	: Dr. Adi Basukriadi, M.Sc.	(.....)
Penguji II	: Riani Widiarti, M.Si.	(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 4 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkahnya saya dapat menyelesaikan studi S1 di Biologi Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa penyelesaian studi dan penelitian tersebut tidak akan berhasil tanpa bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, dengan tulus saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Pembimbing penelitian: Dr.rer.nat. Yasman, M.Sc. dan Drs. Wisnu Wardhana, M.Si. atas ilmu, bimbingan, kesabaran, dan kesediannya menjadi pembimbing, bapak, guru, sekaligus "rekan" penelitian bagi saya selama masa penelitian.
2. Dr. Adi Basukriadi, M.Sc. dan Riani Widiarti, M.Si. sebagai penguji yang memberikan masukan yang bermanfaat bagi penyelesaian skripsi.
3. Dr.rer.nat. Mufti P. Patria, M.Sc. selaku Ketua Departemen, Dra. Nining Betawati Prihantini, M.Sc. selaku Sekretaris Departemen, Dra. Titi Soedjiarti, S.U. selaku Koordinator Pendidikan, Dr. Wibowo Mangunwardoyo selaku Koordinator Seminar dan Ketua Sidang, Dra. Wellyzar Sjamsuridzal, Ph.D. selaku Pembimbing Akademis, dan seluruh dosen atas dedikasinya menyebarkan ilmu dan pesan moral yang berguna, serta laboran dan staf (Mbak Asri, Bu Ros, Pak Taryana, Pak Taryono, Mbak Ida, Mas Dedi) yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
4. Mamah Yetty Hendaryati dan Papah Soeyanto atas kasih sayang, doa, didikan, kesabaran, biaya, dan dukungan nyata hingga tuntasnya jenjang pendidikan yang sangat berharga ini, juga kakak tercinta, Ronggo Saputro dan Rayi Renggani yang selalu tulus mendukung secara moral dan finansial.
5. Rekan paling setia selama penelitian di lapangan, Hizkia D. Angela atas kesabaran, tenaga, semangat, keterampilan, dan biaya yang telah dikeluarkan untuk saya. *Terima kasih, kawan, jasmu setia hingga akhir!* Juga Mohammad Iqbal atas pinjaman seperangkat kamera bawah airnya selama penelitian dan atas kesetiiaannya menemani susah duka di lapangan.
6. Sahabat lab. yang spesial di hati, Elwiena Maulida, Lulu Moulfia, Januar Hakam, dan Nabila Chairunnisa, serta kawan setia tingkat akhir Nova Wildawati dan R. Indah Kendarsari. Terima kasih atas semangat, dorongan

untuk maju, kebersamaan, bantuan di lab., dan kepedulian untuk berjuang bersama. *Semua terasa lebih ringan karena ada kalian.*

7. Senior, kawan, dan pihak lainnya yang telah mendukung penelitian saya dengan berbagai cara, terutama Kak Toni, Ligula (Kak Heri, Kak Damar, Kak Dosul), Kak Ario A. Putra (Adiep), Kak Yudha Fariska (Banced), Divo Ario Noercahyo, Subhan Haikal Ehsan, Anargha Setiadi, Novi Nurhayati, Surya Pagi Asa, Fikri Muftih Akbar, Imran Zulkarnaen, Sahala Rodotua, Bellina Roselini, Mohammad Ismatullah, Pak Rahmat Ody Dive, Pak Beri P. Panggang, Pak Sahiran TNKS (Abah), Pak Dedi TNKS, Pak Satibi TNKS, Mas Bobby *dkk.* Elang Ekowisata, Keluarga Bu Wakil terutama Bi Eni, dan Mas Sabeni serta Pakde' Villa De' Lima.
8. Sahabat Blossom atas kenangan manis-pahit-unik-lucu-seru-sedih-suka yang telah kita ciptakan bersama selama masa perkuliahan, serta seluruh motivasi, dukungan, bantuan, arahan yang diberikan selama masa sibuk tingkat akhir.
9. Kawan Sigma-B UI dari seluruh angkatan yang telah memberikan ilmu, keterampilan, pengalaman, kenangan, peluang, dan keceriaan persahabatan yang tak kan pernah tergantikan dan tak kan pernah terlupakan.
10. Segenap anak selam Mapala UI dan Mapala UI sendiri sebagai keluarga istimewa yang telah membuat hari-hari perkampusan saya semakin berwarna dan bermakna.
11. Sahabat sepanjang masa, Noor Aprilia Puspitasari atas dukungan dan pengertiannya mendengar keluh kesah saya selama masa perkuliahan.

Saya yakin Tuhan Maha Tahu dan Maha Kuasa hendak membalas segala kebaikan dari seluruh pihak yang telah membantu saya selama masa perkuliahan dan penelitian saya. Saya menyadari bahwa skripsi ini memiliki kelebihan dan kekurangan, saya mengharapkan kritik dan saran demi membangun skripsi ini. Saya berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang kelautan.

Depok, 1 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ratih Rimayanti
NPM : 0706264223
Program studi : S1
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Uji Kekhususan Mangsa Siput *Phyllidia elegans* Bergh 1869 di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta Melalui Analisis Kromatografi Lapis Tipis beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 4 Januari 2012

Yang menyatakan



(Ratih Rimayanti)

ABSTRAK

Nama : Ratih Rimayanti
Program studi : Biologi
Judul : Uji Kekhususan Mangsa Siput *Phyllidia elegans* Bergh 1869 di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta Melalui Analisis Kromatografi Lapis Tipis

Penelitian eksperimental untuk menguji kekhususan mangsa siput *Phyllidia elegans* telah dilakukan di perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Sampel dikarantina secara *in-situ* dengan spons *Axinyssa* spp. selama 28 hari. Analisis pemangsaan dilakukan dengan teknik kromatografi lapis tipis (KLT) dengan membandingkan titik yang muncul pada ekstrak bebas garam siput *P. elegans* dan spons *Axinyssa* spp. Hasil analisis KLT menunjukkan bahwa siput *P. elegans* tidak memangsa spons *Axinyssa* spp. dalam kondisi kekurangan pangan. Hasil KLT juga menunjukkan bahwa siput *P. elegans* secara konsisten mengandung amfiplekten isosianida yang didapatkan dari spons mangsanya di alam, *Drarmacidon* sp.

Kata kunci:

Kekhususan mangsa, kromatografi lapis tipis (KLT), *Phyllidia elegans*, Pulau Pramuka, spons mangsa

xi + 71 hlm; 30 gambar; 4 tabel

Bibliografi: 68 (1973--2011)

ABSTRACT

Name : Ratih Rimayanti
Study program: Biology
Title : Prey Specificity Test of Nudibranch *Phyllidia elegans* Bergh
1869 in Pramuka Island Waters of Seribu Islands, DKI Jakarta by
Thin Layer Chromatography Analysis

Field experiment was conducted in order to examine prey specificity of nudibranch *Phyllidia elegans* in Pramuka Island waters, Seribu Islands, DKI Jakarta. Samples were quarantined by *in-situ* method with sponges *Axinyssa* spp. for 28 days. Feeding analysis was done using thin layer chromatography technique by comparing spots between salt-free extract of *P. elegans* and *Axinyssa* spp. TLC analysis showed that *P. elegans* did not feed on *Axinyssa* spp. under lack-of-food condition. Results of TLC also showed that *P. elegans* consistently containing amphilectene isocyanide which sequestered from its natural sponge prey, *Drasmodon* sp.

Key words:

Phyllidia elegans, Pramuka Island, prey specificity, sponge-prey, thin layer chromatography (TLC)

xi + 71 pages; 30 pictures; 4 tables

Bibliography: 68 (1973--2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	x
1 PENDAHULUAN	1
2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Siput Famili <i>Phyllidiidae</i>	6
2.1.1 Klasifikasi Siput <i>Phyllidiidae</i>	6
2.1.2 Morfologi dan Anatomi Siput <i>Phyllidiidae</i>	6
2.1.3 Ekologi Siput <i>Phyllidiidae</i>	8
2.1.4 Siput <i>Phyllidiidae</i> di Perairan Kepulauan Seribu	9
2.1.5 Siput <i>Phyllidia elegans</i> (Bergh, 1869).....	10
2.2 Spons Ordo <i>Halichondrida</i>	12
2.2.1 Klasifikasi Spons Ordo <i>Halichondrida</i>	12
2.2.2 Biologi Spons <i>Halichondrida</i> dan Spons Secara Umum.....	13
2.2.3 Morfologi dan Anatomi Spons <i>Dragmacidon</i> , <i>Axinyssa</i> , dan <i>Acanthella</i>	16
2.3 Pemangsaan oleh Siput <i>Phyllidiidae</i> terhadap Spons <i>Halichondrida</i> ...	19
2.4 Senyawa Metabolit Sekunder Siput <i>Phyllidiidae</i> dan Spons <i>Halichondrida</i>	20
2.5 Metode Studi Pemangsaan oleh Siput <i>Phyllidiidae</i> dan Siput <i>Opisthobranchia</i> lainnya.....	23
2.6 Teknik Kromatografi Lapis Tipis	25
3 METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	28
3.2 Alat di Lapangan.....	28
3.3 Alat di Laboratorium.....	30
3.4 Bahan	30
3.5 Cara Kerja	30
3.5.1 Pengumpulan dan Persiapan Sampel di Lapangan	30
3.5.2 Perlakuan Sampel di Lapangan.....	32
3.5.3 Ekstraksi.....	34
3.5.4 Kromatografi Lapis Tipis.....	37
3.5.5 Identifikasi Bentuk Spikula dan Struktur Spikulasi Spons.....	38
3.5.7 Analisis Data.....	39
4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Identifikasi Sampel Penelitian	41
4.1.1 Sampel Siput <i>Phyllidia elegans</i>	41

4.1.2 Sampel Spons.....	42
4.1.2.1 <i>Axinyssa</i> sp.1.....	43
4.1.2.2 <i>Axinyssa</i> sp.2.....	44
4.1.2.3 <i>Acanthella cavernosa</i>	44
4.2 Pengumpulan Sampel di Lapangan.....	48
4.3 Perlakuan terhadap Sampel di Lapangan.....	50
4.4 Ekstraksi.....	53
4.5 Kromatografi Lapis Tipis.....	54
4.6 Ekologi Pemangsaan dan Dugaan Kekhususan Mangsa Siput <i>Phyllidia elegans</i>	57
5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR REFERENSI.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1.2	Morfologi eksternal genus-genus siput <i>Phyllidiidae</i>	7
Tabel 2.4	Senyawa yang dikandung siput <i>Phyllidiidae</i> dan spons <i>Halichondrida</i>	21
Tabel 3.5.2	Pengelompokan sampel uji.....	33
Tabel 4.3	Jumlah siput <i>Phyllidia elegans</i> sebelum dan sesudah masa karantina.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1(1)	Rata-rata kandungan senyawa terpen isosianida pada siput <i>Phyllidia elegans</i> dan spons <i>Dracmacidon</i> sp.....	4
Gambar 1(2)	Kromatogram hasil KLT siput <i>Phyllidiidae</i> dan spons mangsanya (<i>Halichondrida</i>).....	5
Gambar 1(3)	Kromatogram hasil KLT siput <i>Phyllidia elegans</i> yang dikoleksi bebas saat studi pendahuluan.....	5
Gambar 2.1.2(1)	Morfologi siput genus <i>Phyllidia</i>	7
Gambar 2.1.2(2)	Anatomi siput <i>Phyllidia varicosa</i>	8
Gambar 2.1.5	Siput <i>Phyllidia elegans</i>	11
Gambar 2.2.2(1)	Tiga tipe konstruksi dasar tubuh spons.....	13
Gambar 2.2.2(2)	Bentuk tubuh, habitus, dan karakteristik permukaan spons.	15
Gambar 2.2.2(3)	Bagan dan sayatan melintang bagian ektosomal dan koanosomal spons.....	16
Gambar 2.2.3(1)	Struktur skeleton plumoretikulat, tangensial, dan dendritik	17
Gambar 2.2.3(2)	Spikula tipe <i>oxea</i> , <i>strongyle</i> , <i>strongyloxea</i> , <i>style</i> , trikodragmata, dan <i>anisoxea</i>	18
Gambar 2.4	Senyawa seskuiterpen isosianida dan diterpen isosianida...	20
Gambar 2.5	Pemangsaan oleh <i>Phyllidia varicosa</i>	24

Gambar 3.1	Peta lokasi penelitian di perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.....	29
Gambar 3.5.1	Pengumpulan sampel penelitian.....	31
Gambar 3.5.2(1)	Lokasi karantina.....	33
Gambar 3.5.2(2)	Kondisi di dalam sangkar karantina.....	34
Gambar 3.5.3	Skema cara kerja ekstraksi padat-cair dan cair-cair.....	36
Gambar 3.5.4	Skema cara kerja kromatografi lapis tipis.....	38
Gambar 4.1.1	Morfologi sampel siput <i>Phyllidia elegans</i>	42
Gambar 4.1.2.1	Sampel spons <i>Axinyssa</i> sp.1.....	45
Gambar 4.1.2.2	Sampel spons <i>Axinyssa</i> sp.2.....	46
Gambar 4.1.2.3	Sampel spons <i>Acanthella cavernosa</i>	47
Gambar 4.2(1)	Siput <i>Phyllidia elegans</i> dan spons <i>Acanthella cavernosa</i> di habitatnya.....	48
Gambar 4.2(2)	Tanda bekas pemangsa siput <i>Phyllidiella pustulosa</i>	49
Gambar 4.3(1)	Siput <i>Phyllidia elegans</i> berusaha meloloskan diri melalui celah pintu sangkar.....	52
Gambar 4.3(2)	Kondisi sangkar setelah masa karantina.....	53
Gambar 4.3(3)	Telur siput <i>Phyllidia elegans</i>	53
Gambar 4.4	Ekstrak bebas garam sampel siput <i>Phyllidia elegans</i> dan spons <i>Axinyssa</i> spp.....	54
Gambar 4.5	Kromatogram sampel siput dan spons pada penelitian.....	56

BAB 1 PENDAHULUAN

Siput famili *Phyllidiidae* (*Ophistobranchia: Nudibranchia*) merupakan pemangsa spons ordo *Halichondrida* (Brunckhorst 1993: 6; Yasman 2006: 145; Sattelle & Buckingham 2006 dalam Paul dkk. 2007: 240; Putra 2007: 36). Analisis kimia dari siput *Phyllidiidae* dan spons *Halichondrida* menunjukkan adanya kesamaan senyawa metabolit sekunder. Hal tersebut menunjukkan bahwa siput *Phyllidiidae* mengambil dan mengakumulasi senyawa metabolit sekunder dari spons tersebut (Garson dkk. 2000: 329; Garson & Simpson 2004: 173; Gunthorpe & Cameron 1987 dalam Paul dkk. 2007: 139). Siput *Phyllidiidae* dan spons *Halichondrida* yang dilaporkan memiliki senyawa metabolit sekunder yang sama antara lain: *Phyllidia varicosa* dengan spons *Axinyssa* cf. *aculeata* dan *Halichondria* cf. *lendenfeldi* (Kassühlke dkk. 1991: 3747; Yasman dkk. 2003: 1512); *Phyllidia ocellata* dengan spons *Acanthella* cf. *cavernosa* (Fusetani dkk. 1992: 6823); *Phyllidia pustulosa* dengan spons *Axinyssa* sp. dan *Halichondria* cf. *lendenfeldi* (Kassühlke dkk. 1991: 3747; Hirota dkk. 1998: 13977); *Phyllidiella pustulosa* dengan spons *Halichondria* sp. dan *Acanthella cavernosa* (Dumdei dkk. 1997: 1385; Cimino & Ghiselin 1999: 199); serta siput *Phyllidia pulitzeri* dengan spons *Axinella cannabina* (Garson & Simpson 2004: 176). Siput *Phyllidiidae* juga diduga selektif mengakumulasi senyawa metabolit dari mangsanya (Wright 2003: 307; Yasman 2006: 146), sehingga diduga memiliki preferensi terhadap spons *Halichondrida* tertentu atau bahkan khusus memangsa jenis spons *Halichondrida* tertentu.

Yasman (2006: 62, 109, 114 & 145) meneliti hubungan pemangsaan antara siput *Phyllidiidae* dan spons *Halichondrida* di perairan Kepulauan Seribu. Hasil penelitian menunjukkan adanya preferensi memangsa yang tinggi pada enam spesies siput *Phyllidiidae* (*Phyllidia varicosa*, *Phyllidiella zeylanica*, *P. pustulosa*, *Phyllidiopsis krempfi*, *P. shireenae*, dan *Fryeria menindie*) terhadap spons *Axinyssa* spp., tiga spesies (*Phyllidiella lizae*, *P. rudmani*, dan *Phyllidia ocellata*) terhadap spons *Acanthella cavernosa*, dan satu spesies (*P. elegans*) terhadap spons *Dragmacidon* sp. Hal tersebut disimpulkan berdasarkan hasil

observasi, baik secara *in-situ* maupun *ex-situ*, dan analisis kimia terhadap senyawa metabolit sekunder yang dikandung oleh siput dan spons. Hasil observasi menunjukkan bahwa beberapa spesies siput yang teramati memangsa spons tertentu di habitatnya dapat memangsa spons jenis lain pada pengamatan *ex-situ* di akuarium, sedangkan siput *P. elegans* selalu teramati memangsa spons *Drasmodon* sp. (n=6). Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa seluruh pasangan mangsa-pemangsa tersebut mengandung empat senyawa seskuiterpen isosianida yang sama, yaitu 9 α -tiosianatopupukeanane, 9 β -tiosianatopupukeanane, 2-tiosianatoneopupukeanane, dan epipolasin-A.

Berbeda dengan sampel siput *Phyllidiidae* lainnya, selain memiliki empat senyawa seskuiterpen, siput *P. elegans* memiliki satu tambahan senyawa berupa diterpen isosianida yang diakumulasi dari spons mangsanya, *Drasmodon* sp. (Gambar 1(1)). Senyawa diterpen isosianida tersebut berupa 8-isosiano-1(12)-sikloamfilekten (amfilekten isosianida). Senyawa tersebut tidak ditemukan pada sampel siput *Phyllidiidae* lainnya, juga pada spons *Axinyssa* spp. dan *Acanthella cavernosa*. Hal tersebut menimbulkan dugaan bahwa amfilekten isosianida merupakan senyawa penting yang bertanggung jawab atas hubungan pemangsaan yang diduga khusus antara siput *P. elegans* dan spons *Drasmodon*. Amfilekten isosianida pada siput *P. elegans* dan spons *Drasmodon* sp. dapat dideteksi melalui teknik kromatografi lapis tipis (KLT) dengan penyemprotan reagen anisaldehida dan pemanasan pada suhu 110 °C, sehingga memberikan warna kuning cerah pada kromatogram (Gambar 1(2)) (Yasman 2006: 41, 108--109, 114--116 & 118).

Penelitian Yasman (2006) menghasilkan dugaan bahwa siput *P. elegans* merupakan pemangsa khusus spons *Drasmodon* sp. Istilah pemangsa khusus mengacu kepada pemangsa yang memiliki preferensi tinggi terhadap mangsa tertentu atau bahkan mangsanya bersifat khusus (Wagner *dkk.* 2009: 64; Thoms *dkk.* 2003: 426; Folino 1993: 15). Studi pendahuluan yang dilakukan pada Desember 2010--Februari 2011 juga menunjukkan adanya senyawa amfilekten isosianida pada kromatogram sampel siput *P. elegans* yang dikoleksi acak dari perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu (Gambar 1(3)). Hal tersebut

menimbulkan asumsi bahwa dalam keadaan normal di alam, siput *P. elegans* memangsa spons *Drarmacidon* sp.

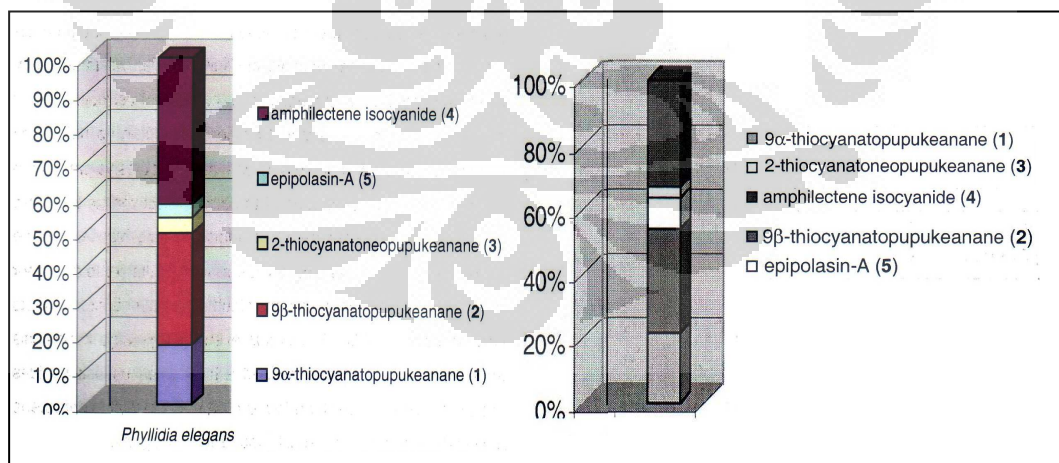
Dugaan bahwa siput *P. elegans* merupakan pemangsa khusus spons *Drarmacidon* sp. menjadi landasan dilaksanakannya penelitian ini. Dugaan tersebut perlu dibuktikan lebih lanjut karena penelitian Yasman (2006) merupakan pengujian dengan pilihan pangan (*choice test*), sehingga bersifat menguji preferensi pangan subjek penelitian, bukan kekhususan pangan. Masih terdapat kemungkinan bahwa siput *P. elegans* dapat memangsa spons *Halichondrida* lain selain *Drarmacidon* sp., diperkuat dengan adanya kandungan empat senyawa seskuiterpen isosianida yang sama dengan spons *Axinyssa* spp. dan *Acanthella cavernosa*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tanpa pilihan pangan (*no-choice test*) untuk mengonfirmasi kekhususan mangsa siput *P. elegans*. Pengujian tanpa pilihan pangan pernah dilakukan oleh Wagner dkk. (2009: 67) yang menguji kekhususan mangsa siput *Phyllodesmium poindimieii* yang cenderung memangsa oktokoral *Carijoa riisei* di alam. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa siput tersebut tidak dapat bertahan hidup setelah empat minggu dikarantina dengan *Sinularia densa* dan *Sarcothelia edmonsomi*.

Uji kekhususan mangsa siput *P. elegans* pada penelitian ini merupakan pengujian tanpa pilihan pangan (*no-choice test*) dalam sistem karantina secara *in-situ*. Siput *P. elegans* sebagai subjek penelitian diharapkan mengalami kondisi kekurangan pangan dan berkesempatan memilih pangan tunggal yang disediakan. Objek penelitian adalah spons *Axinyssa* spp. dan *Acanthella cavernosa*. Kedua spons tersebut merupakan spons mangsa siput *Phyllidiidae* di perairan Kepulauan Seribu (Yasman 2006: 54--58), sehingga dinilai representatif untuk digunakan sebagai spons uji dalam penelitian. Spons *Drarmacidon* sp., spons mangsa yang dapat berperan sebagai kontrol, tidak digunakan dalam penelitian karena sulit untuk dikoleksi.

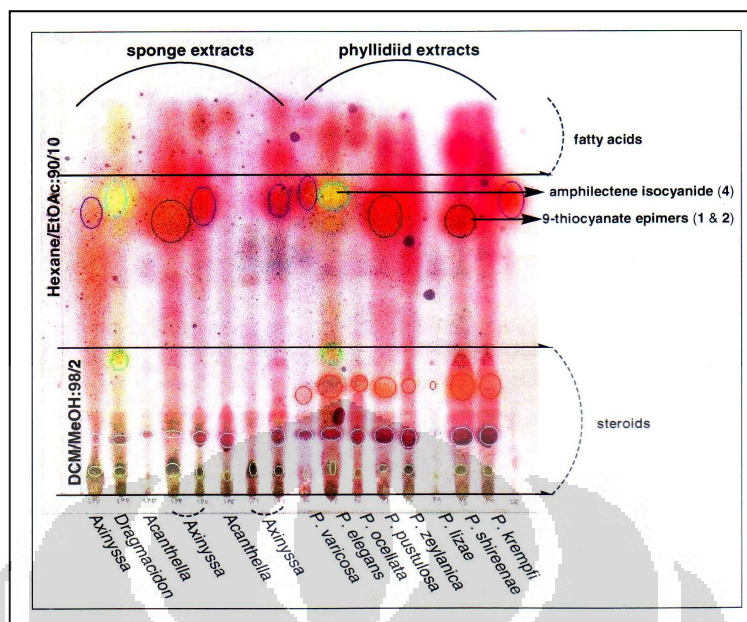
Analisis pemangsaan tidak menggunakan metode observasi langsung, melainkan metode analisis kimia melalui teknik KLT karena beberapa pertimbangan. Pertama, pengamatan *in-situ* sulit dilakukan secara rutin, tidak hemat biaya dan energi. Kedua, siput *Phyllidiidae* aktif melakukan pemangsaan pada malam hari [Yasman, komunikasi pribadi, 18 Februari 2011], sehingga

terlalu berisiko jika melakukan pengamatan pada malam hari. Ketiga, fenomena pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* jarang teramati (Putra 2007: 32) [Yasman, komunikasi pribadi, 15 Maret 2011]. Keempat, tanda bekas pemangsaan (*feeding scar*) siput *Phyllidiidae* pada spons hanya dapat diamati dengan jelas pada spons mangsa siput *P. varicosa* (Yasman 2006: 123; pengamatan pribadi 2011). Terakhir, teknik KLT dinilai murah, mudah, dan hasilnya cukup representatif. Analisis dilakukan berdasarkan teori bahwa hubungan pemangsaan siput dan spons terbukti jika keduanya memiliki kesamaan senyawa (Garson & Simpson 2004: 173).

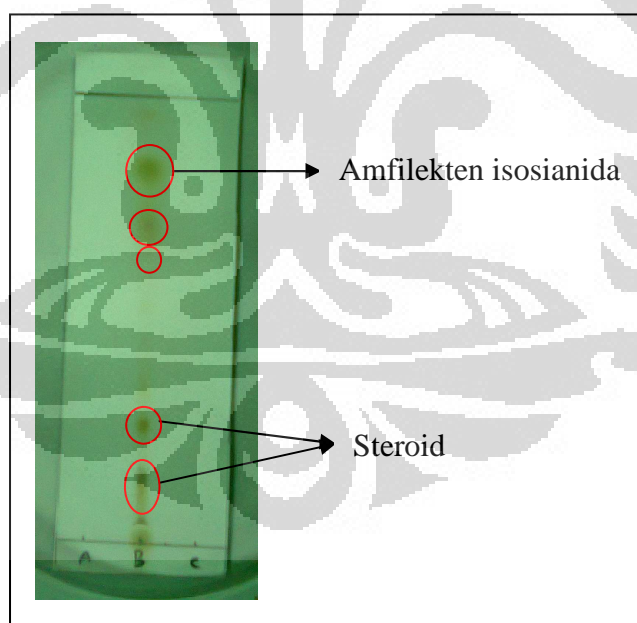
Tujuan dari penelitian adalah menguji apakah siput *P. elegans*, dalam kondisi kekurangan pangan, tidak memangsa spons *Axinyssa* spp. dan *Acanthella cavernosa*. Hipotesis penelitian adalah siput *P. elegans*, dalam kondisi kekurangan pangan, tidak memangsa spons *Axinyssa* spp. dan *Acanthella cavernosa*. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa siput *P. elegans* merupakan pemangsa khusus spons *Drumacidon* sp. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai data dasar bagi penelitian selanjutnya dan bagi pengelolaan siput *P. elegans* secara khusus serta siput *Phyllidiidae* secara umum di perairan Kepulauan Seribu pada masa mendatang.



Gambar 1(1) Rata-rata kandungan senyawa terpen isosianida pada siput *Phyllidia elegans* (kiri) dan spons *Drumacidon* sp. (kanan)
[Sumber: Yasman 2006: 109 & 140. Telah dimodifikasi.]



Gambar 1(2) Kromatogram hasil KLT siput *Phyllidiidae* dan spons mangsanya (*Halichondrida*)
[Sumber: Yasman 2006: 115.]



Gambar 1(3) Kromatogram hasil KLT siput *Phyllidia elegans* yang dikoleksi bebas saat studi pendahuluan
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

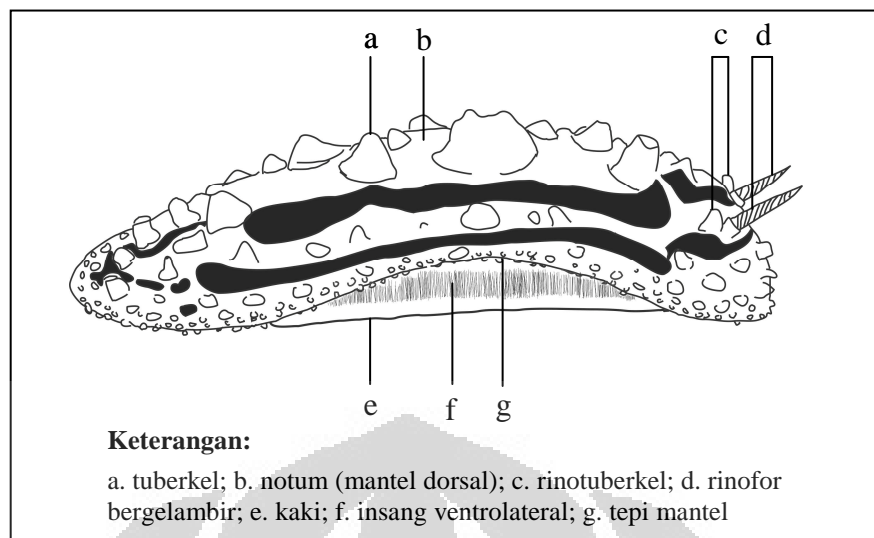
2.1 Siput Famili *Phyllidiidae*

2.1.1 Klasifikasi Siput *Phyllidiidae*

Siput famili *Phyllidiidae* termasuk ke dalam filum *Mollusca*, kelas *Gastropoda*, subkelas *Opisthobranchia*, dan ordo *Nudibranchia*. Ordo *Nudibranchia* terdiri dari empat subordo, 66 famili, dan 116 genus. Keempat subordo tersebut adalah *Dendronotacea* (10 famili, 14 genus), *Doridacea* (26 famili, 56 genus), *Aeolidacea* (21 famili, 35 genus), dan *Arminacea* (9 famili, 11 genus). Famili *Phyllidiidae* termasuk ke dalam subordo *Doridacea* dan terdiri dari enam genus, yaitu *Ceratophyllidia*, *Phyllidiopsis*, *Phyllidiella*, *Reticulidia*, *Fryeria*, dan *Phyllidia* (Brunckhorst 1993: 9--10 & 89).

2.1.2 Morfologi dan Anatomi Siput *Phyllidiidae*

Siput *Phyllidiidae*, sebagai anggota ordo *Nudibranchia*, memiliki tubuh yang tidak bercangkang. Siput *Phyllidiidae* umumnya berukuran kecil (0,5--8,6 cm) dan dapat dikenali dari tubuhnya yang keras, berbentuk oval, datar di bagian dorsoventral, mantelnya kasar bergranul (*warty*), memiliki rinofor bergelambir (*lamellate*), serta tidak memiliki insang dorsal. Insang siput *Phyllidiidae* merupakan insang ventrolateral, membedakannya dari famili anggota *Nudibranchia* lainnya. Siput *Phyllidiidae* memiliki warna dasar hitam atau putih dan warna ketiga biasanya adalah kuning atau oranye. Beberapa spesies memiliki warna biru pucat atau hijau pucat (Brunckhorst 1993: 9--10; Debelius 2001: 2--4 & 260). Gambar 2.1.2(1) menunjukkan bagian-bagian tubuh siput *Phyllidiidae* secara umum.



Gambar 2.1.2(1) Morfologi siput genus *Phyllidia*

[Sumber: Brunckhorst 1993: 8; Debelius 2001: 266; Yasman 2006: 62; Dominguez *dkk.* 2007: 102--114. Telah dikompilasi dan diilustrasikan kembali.]

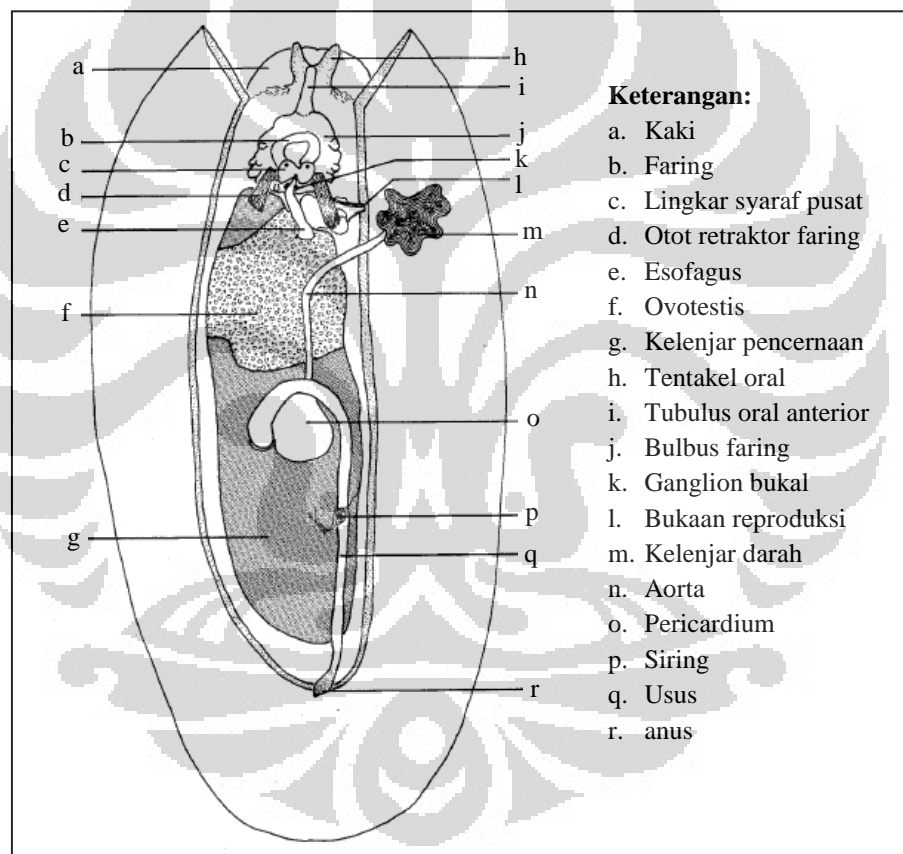
Enam genus dari famili *Phyllidiidae* dapat dibedakan melalui morfologi eksternalnya, yaitu tentakel oral, warna rinofor, keberadaan rinotuberkel, lokasi anus, warna mantel, dan ornamentasi notum (permukaan dorsal dari mantel) (Brunckhorst 1993: 89). Tabel 2.1.2 menunjukkan perbedaan morfologi eksternal genus-genus tersebut.

Tabel 2.1.2 Morfologi eksternal genus-genus siput *Phyllidiidae*

Genus	Tentakel oral	Warna rinofor	Rinotuberkel	Lokasi anus
<i>Phyllidia</i>	Terpisah	Krem--kuning	Ada	Dorsal
<i>Fryeria</i>	Terpisah	Krem--kuning	Ada	Postero-ventral
<i>Phyllidiella</i>	Terpisah	Hitam	Tidak ada	Dorsal
<i>Phyllidiopsis</i>	Menyatu	bi-/multi- warna	Tidak ada	Dorsal
<i>Ceratophyllidia</i>	Sebagian menyatu	Putih--krem	Tidak ada	Dorsal
<i>Reticulidia</i>	Terpisah	Oranye	Tidak ada	Dorsal
Genus	Warna mantel		Ornamentasi notum	
<i>Phyllidia</i>	Biru keabuan, kuning--oranye, hitam		Bertuberkel (dapat membentuk punggung)*	
<i>Fryeria</i>	Biru keabuan, kuning--oranye, hitam		Bertuberkel*	
<i>Phyllidiella</i>	Merah muda, hijau, hitam, putih--krem		Bertuberkel*	
<i>Phyllidiopsis</i>	Merah muda, hitam, biru, putih--krem		Bertuberkel*	
<i>Ceratophyllidia</i>	Kuning agak krem, krem, hitam		Papila bertangkai (tanpa tuberkel)	
<i>Reticulidia</i>	Oranye, putih, hitam		Punggung halus (tanpa tuberkel)	

[Sumber: Brunckhorst 1993: 89.]

Bersama dengan anggota subordo *Dendronotacea*, siput famili *Phyllidiidae* tidak memiliki radula, melainkan struktur berbentuk tabung di bagian depan mulut. Struktur tersebut, pada *Phyllidiidae*, berupa bulbus faring yang merupakan perpanjangan dari usus depannya. Siput *Phyllidiidae* menjulurkan bulbus faring pada permukaan atau ke dalam tubuh spons pada saat memangsa. Siput *Phyllidiidae* memiliki anus di bagian dorsal, kecuali genus *Fyeria* yang memiliki anus pada bagian posteroventral (Brunckhorst 1993: 6; Karlsson 2001: 18; Yasman 2006: 10 & 28). Anatomi siput *Phyllidiidae* secara umum ditunjukkan gambar 2.1.2(2).



Gambar 2.1.2(2) Anatomi siput *Phyllidia varicosa*
[Sumber: Brunckhorst 1993: 12. Telah diterjemahkan.]

2.1.3 Ekologi Siput *Phyllidiidae*

Siput *Phyllidiidae* merupakan predator suktorial, memangsa dengan cara menghisap material dari mangsanya. Siput *Phyllidiidae* menggunakan usus depannya untuk melakukan penghisapan tersebut (Brunckhorst 1993: 6; Yasman

2006: 28). Anggota famili *Phyllidiidae*, seperti anggota *Opisthobranchia* lainnya, bersifat hermafrodit, yaitu satu individu dewasanya memiliki organ reproduksi betina dan jantan (Debelius 2001: 260). Siput *Phyllidiidae*, dengan tubuh tanpa cangkang dan memiliki warna yang bervariasi, terlihat rentan terhadap pemangsa, tetapi mereka jarang dilaporkan diserang oleh predator dan belum pernah dilaporkan memiliki predator sejati (Brunckhorst 1993: 16; Yasman 2006: 10). Siput tersebut dipercaya melakukan pertahanan diri dengan menyekresikan cairan kimia bersifat racun apabila diganggu (Brunckhorst 1993: 23; Yasman 2006: 10). Distribusi siput *Phyllidiidae* terutama terbatas pada daerah tropis, hanya beberapa spesies yang terdapat pada perairan daerah empat musim (*temperate*) (Gosliner & Behrens 1988 dalam Karlsson 2001: 18).

2.1.4 Siput *Phyllidiidae* di Perairan Kepulauan Seribu

Siput famili *Phyllidiidae* merupakan anggota *Nudibranchia* yang paling sering dan paling banyak ditemui di perairan Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu (TNKLS) berdasarkan penelitian Daryanto (1999), Shintosari (2001), Yasman (2002), dan Putra (2007). Daryanto (1999: 1--96) melakukan survei terhadap jenis-jenis dari *Nudibranchia* di lereng terumbu Pulau Putri Timur, Kepulauan Seribu, serta menjabarkan morfologi eksternal siput *Phyllidiidae* yang ditemukannya. Shintosari (2001: 1--42) memberikan deskripsi mengenai anatomi dan substrat habitat siput *Phyllidiidae* yang ditemukannya di perairan Kepulauan Seribu. Yasman (2002: 12--15) memaparkan mengenai distribusi vertikal siput anggota ordo *Nudibranchia* pada ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu. Hasil observasinya menunjukkan bahwa spesies siput dari famili *Phyllidiidae* merupakan anggota *Nudibranchia* yang paling sering ditemui dan paling banyak jumlah individunya, serta tersebar di berbagai kedalaman (6--24 m). Penelitian Yasman pada tahun 2006 (145) juga menunjukkan ditemukannya 10 spesies siput *Phyllidiidae* di perairan TNLKS. Putra (2007: 36) melakukan penelitian mengenai spons mangsa siput *Phyllidiidae* di perairan Kepulauan Seribu dan teramati tujuh spesies siput *Phyllidiidae* di TNKLS. Hasil penelitian yang dilakukan Daryanto (1999: 89), Shintosari (2001: 34), Yasman (2002: 20--23), Yasman (2006: 30--32), dan Putra (2007: 24--27) menunjukkan bahwa di perairan

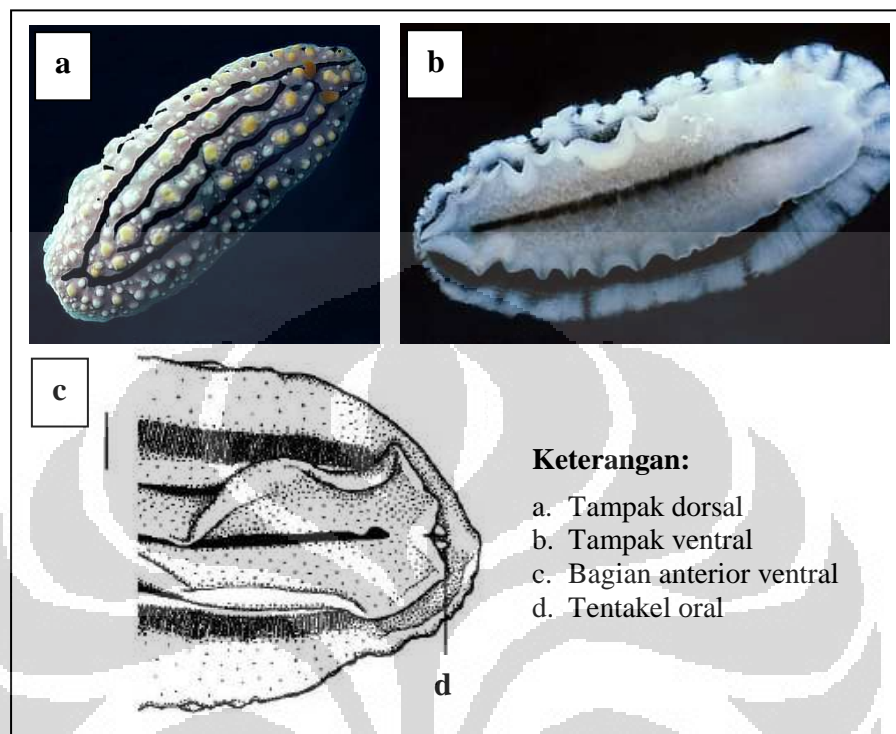
Kepulauan Seribu sedikitnya dapat ditemukan 14 spesies siput famili *Phyllidiidae*, yaitu *Phyllidia varicosa*, *P. ocellata*, *P. elegans*, *P. coelestis*, *Phyllidiella lizae*, *P. pustulosa*, *P. rudmani*, *P. zeylanica*, *P. nigra*, *P. pipeki*, *Phyllidiopsis shireenae*, *P. krempfi*, *P. burni*, dan *Fryeria menindie*.

2.1.5 Siput *Phyllidia elegans* Bergh, 1869

Siput *Phyllidia elegans* memiliki kisaran panjang tubuh 14--63 mm dengan panjang rata-rata 35 mm. Tubuh bagian dorsal siput *P. elegans* memiliki tiga barisan tuberkel yang memanjang dan membentuk punggung yang belum tentu menyambung. Barisan yang di tengah berakhir pada bukaan anal, sedangkan dua barisan lainnya dimulai dari bukaan rinofor. Rinofor berwarna kuning sampai oranye, sedangkan tuberkelnya berwarna merah muda agak krem sampai hijau atau biru keabuan dengan ujung putih pucat. Beberapa tuberkel pada bagian tengah dorsum memiliki ujung berwarna kuning. Terdapat garis hitam memanjang yang memisahkan barisan tuberkel bagian tengah dengan barisan tuberkel lainnya. Tuberkel terkadang dipisahkan oleh garis hitam pendek yang tidak beraturan. Sisi mantel memiliki garis hitam melintang ke arah ujung tepi mantel. Kaki berwarna abu-abu pucat dan memiliki garis median hitam yang memanjang pada permukaannya dan juga pada bagian sisi kakinya, tepat di sebelah insang. Ujung tentakel oral berwarna kuning pucat (Brunckhorst 1993: 34; Debelius 2001: 264; Dominguez *dkk.* 2007: 93) (Gambar 2.1.5).

Secara anatomi, siput *P. elegans* memiliki berkas hitam melingkar pada pertemuan bulbus faring dan tubulus oral. Otot retraktor faring menyusup ke dalam bulbus faring dan tertutup oleh kelenjar oral. Faring memanjang dari bulbus faring dan melewati lingkaran syaraf pusat. Esofagus berada di antara kelenjar pencernaan. Usus, dari perikardium, menuju ke arah kiri, kemudian membelok ke kanan, memanjang hingga papila anal, dan menebal di bagian tersebut. Sistem reproduksi siput *P. elegans* memiliki ampula yang besar dan berbentuk seperti bola (sperikal). Prostatnya terlipat di dekat ampula dan menyempit menjadi vas deferens. Bagian bursa kopulatriks dan reseptakulum seminisnya kecil dan terhubung oleh saluran pendek yang tersisip ke dalam

kelenjar betina. Saluran vagina sangat sempit dan sedikit terlipat (Brunckhorst 1993: 34; Dominguez *dkk.* 2007: 93).



Gambar 2.1.5 Siput *Phyllidia elegans*

[Sumber: Rudman 2002: 11 (a--b); Dominguez *dkk.* 2007: 94 (c).]

Phyllidia varicosa dan *P. tulu* juga memiliki garis hitam di permukaan kakinya, namun keduanya tidak memiliki warna merah muda pada tubuh dan garis hitam di bagian sisi kaki. Kebanyakan spesies dari *Phyllidiella* memiliki tuberkel merah muda, namun morfologi usus depannya berbeda dan tidak memiliki warna kuning ataupun tanda gelap di bagian ventralnya. Siput *P. elegans* ditemukan pada terumbu karang di sepanjang Pasifik barat dan Samudera Hindia termasuk Laut Merah (Brunckhorst 1993: 33; Debelius 2001: 264).

Siput *P. elegans* di perairan Kepulauan Seribu dilaporkan dapat dijumpai salah satunya di lereng terumbu sebelah selatan Pulau Pramuka. Siput *P. elegans* juga dilaporkan lebih jarang dijumpai di perairan Kepulauan Seribu daripada siput *Phyllidiidae* lainnya, terutama *P. varicosa* dan *P. pustulosa*. Siput *P. elegans* di perairan Kepulauan Seribu teramati memangsa spons *Drasmodon* sp. dan keduanya memiliki kesamaan senyawa metabolit sekunder (Yasman 2006: 60) [Yasman, komunikasi pribadi, 2 Desember 2010].

2.2 Spons Ordo *Halichondrida*

2.2.1 Klasifikasi Spons Ordo *Halichondrida*

Spons ordo *Halichondrida* termasuk ke dalam filum *Porifera*, kelas *Demospongiae*, dan subkelas *Ceractinomorpha* (Pechenik 1996: 65). Ordo *Halichondrida* memiliki lima famili, yaitu *Axinellidae*, *Bubaridae*, *Desmoxyidae*, *Dictyonellidae*, dan *Halichondriidae* (Soest & Hooper 2002: 721). Sebelumnya famili *Axinellidae* digolongkan dalam ordo *Axinellida*, namun sejak tahun 1990 famili tersebut digolongkan ke dalam ordo *Halichondrida* karena memiliki skeleton koanosomal bertipe plumoretikulat ekstra aksial.

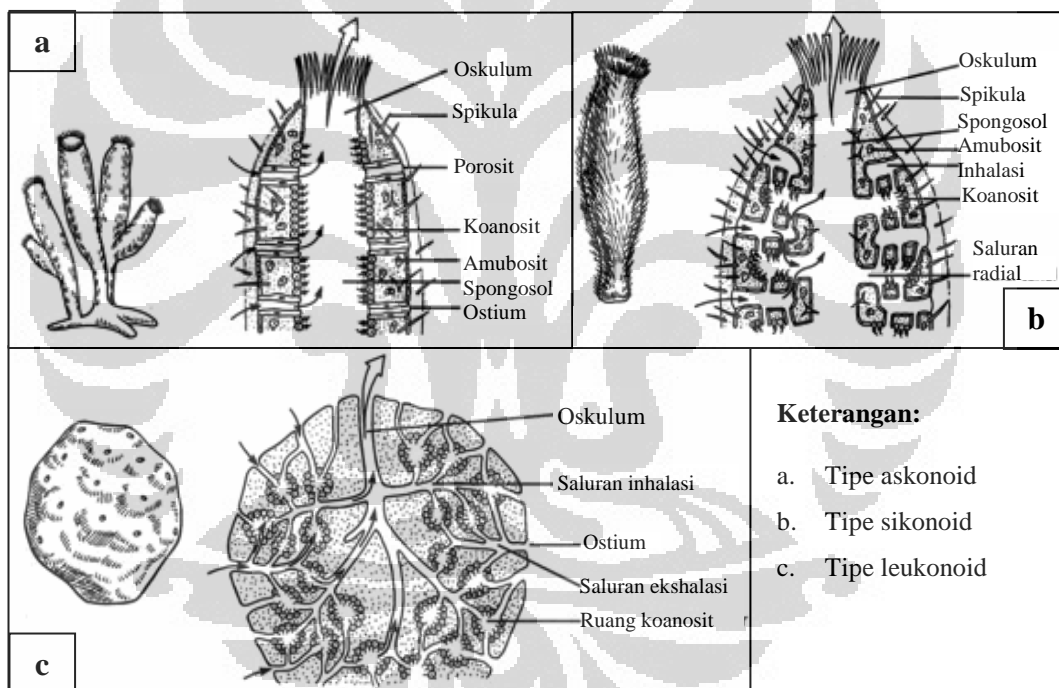
Spons famili *Axinellidae* memiliki sepuluh genus dan 300 spesies yang telah dideskripsikan. Spons famili *Axinellidae* dapat ditemukan pada perairan yang dangkal hingga laut dalam. Spesies dari famili *Axinellidae* umumnya tegak, bercabang, dan berbentuk kipas atau tabung, tetapi ditemukan juga bentuk mengerak dan masif. Genus yang tergolong dalam famili *Axinellidae* adalah *Auleta*, *Axinella*, *Cymbastela*, *Dragmacidon*, *Dragmaxia*, *Pararhaphoxya*, *Phakellia*, *Phycopsis*, *Ptilocaulis*, dan *Reniochalina* (Alvarez & Hooper 2002: 724--725).

Spons famili *Dictyonellidae* merupakan spons dengan densitas spikula yang relatif sedikit dan memiliki struktur skeleton berpola dendritik. Spons famili *Dictyonellidae* sering ditemui pada daerah tropis. Famili *Dictyonellidae* memiliki sepuluh genus yang telah dideskripsikan. Genus-genus tersebut adalah *Acanthella*, *Dictyonella*, *Liosina*, *Lipastrotehya*, *Phakettia*, *Rhaphoxya*, *Scopalina*, *Stylissa*, *Svenzea*, dan *Tethyspira* (Soest dkk. 2002: 773).

Spons famili *Halichondriidae* memiliki ciri khas susunan megaskeleton koanosomal yang rumit. Famili *Halichondriidae* memiliki sebelas genus dan setidaknya 180 spesies telah dideskripsikan. Genus yang tergolong dalam famili *Halichondriidae* adalah *Amorphinopsis*, *Axinyssa*, *Ciocalapta*, *Ciocalypta*, *Epipoplasis*, *Halichondria*, *Hymeniacidon*, *Laminospongia*, *Spongisorites*, *Topsentia*, dan *Vosmaeria* (Erpenbeck & Soest 2002: 787).

2.2.2 Biologi Spons *Halichondrida* dan Spons Secara Umum

Spons, secara umum memiliki morfologi yang dapat memaksimalkan aliran air yang masuk ke dalam rongga tubuhnya (spongosol) dan meningkatkan luas permukaan untuk mendapatkan makanan. Struktur tubuh spons diklasifikasikan menjadi tiga konstruksi dasar, yaitu askonoid, sikonoid, dan leukonoid (Gambar 2.2.2(1)). Sebagian besar spons *Halichondrida* memiliki konstruksi leukonoid. Spons *Halichondrida* memiliki morfologi eksternal yang sangat bervariasi, meliputi warna (cokelat, kuning, merah, oranye, bahkan biru), bentuk, karakteristik permukaan, dan habitus (Gambar 2.2.2(2)) (Pechenik 1996: 71; Boury Esnault & Rützler 1997: 4--7).

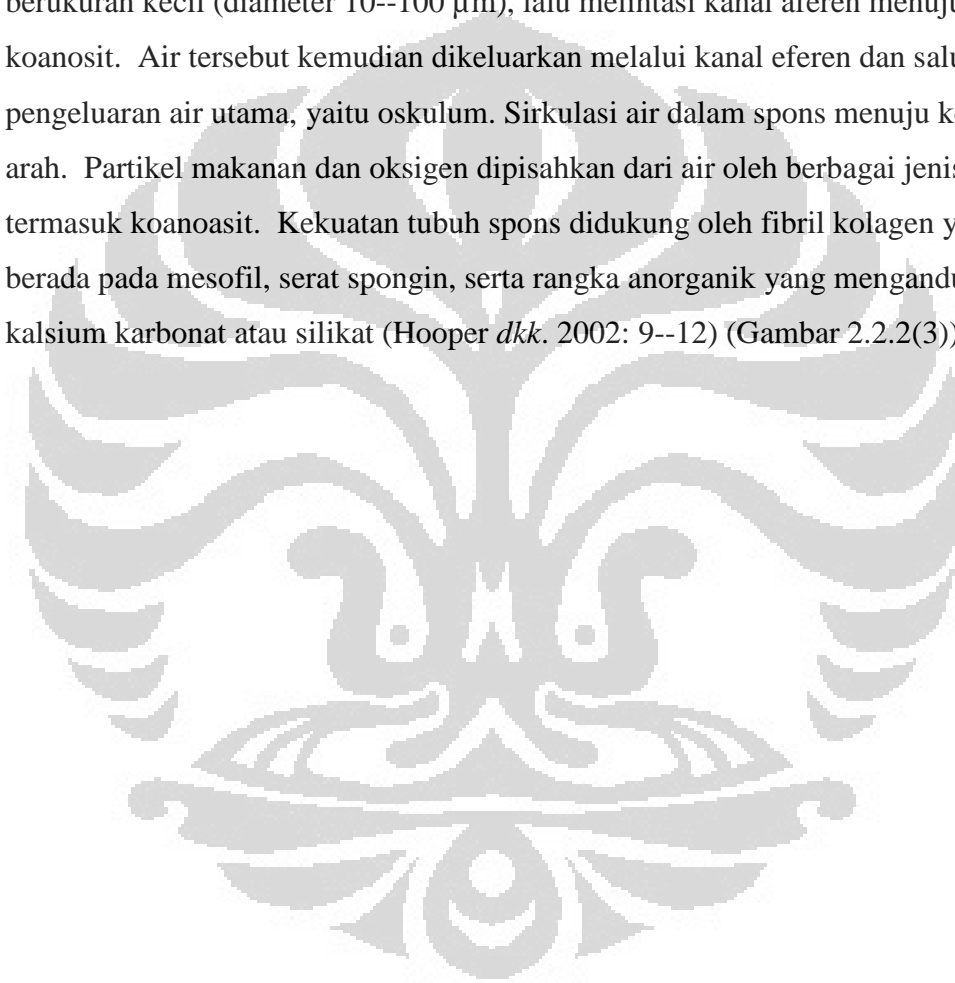


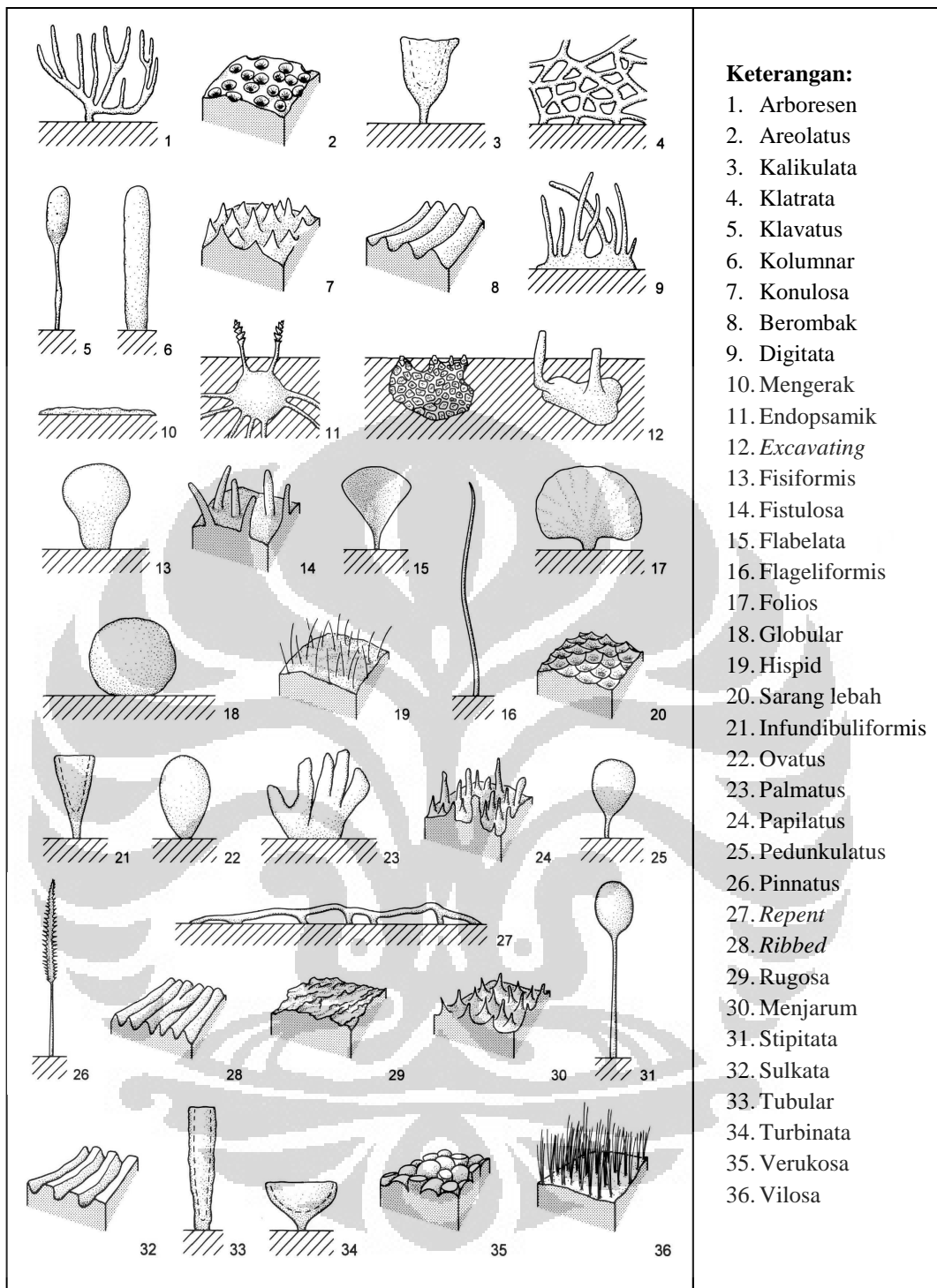
Gambar 2.2.2(1) Tiga tipe konstruksi dasar tubuh spons
[Sumber: Van De Graaff & Crawley 1994 dalam Milewski 2008: 2 & 3. Telah diterjemahkan.]

Spons umumnya memiliki sel yang bersifat mobil atau dapat bergerak dan memiliki kemampuan totipotensi, serta memiliki spikula yang terbuat dari silika atau kalsium (Hooper *dkk.* 2002: 9). Spons memiliki tiga tipe sel, yaitu pinakosit, sel mesenkim, dan koanosit. Pinakosit berfungsi sebagai pelindung tubuh bagian dalam. Sel mesenkim berfungsi sebagai penyalur dan penyimpan materi

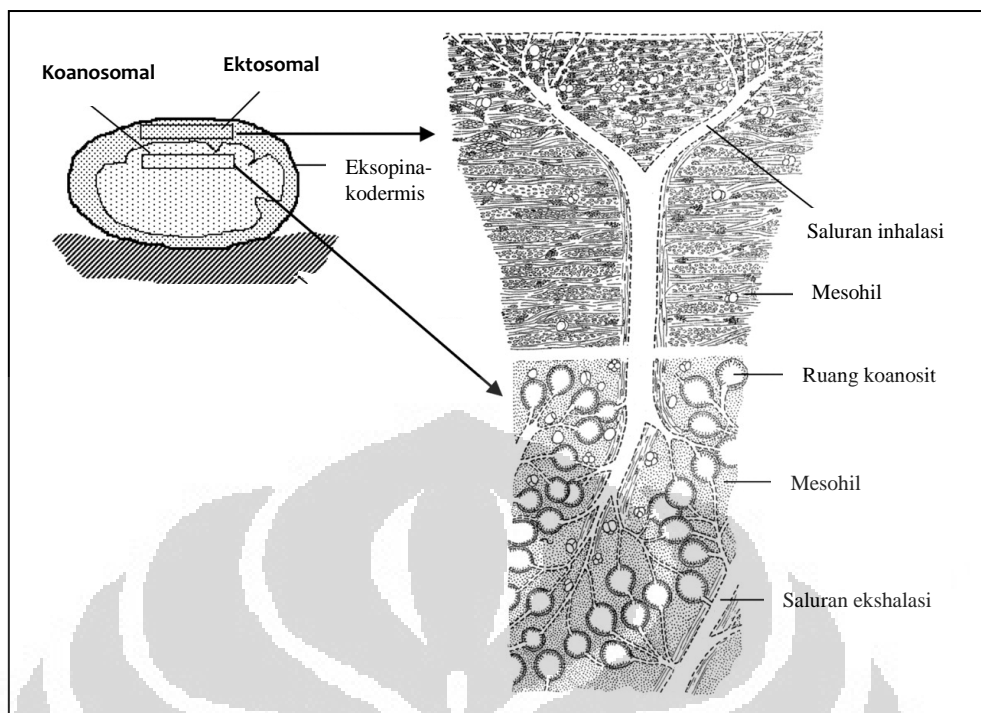
makanan, serta membentuk spikula. Koanosit adalah sel yang memiliki flagela yang dapat menghasilkan arus air di dalam rongga tubuh spons, sehingga penyaring kolar yang terdapat di sekeliling flagela dapat menyaring partikel makanan (Miller & Harley 2002: 122 & 123--124; Suwignyo *dkk.* 2005: 37).

Spons memiliki pori saluran masuk air (inhalasi) dan pengeluaran air (ekshalasi) yang terhubung dengan ruang yang di dalamnya tersusun barisan koanosit dan dikenal sebagai ruang koanosit. Air dihisap melalui pori yang berukuran kecil (diameter 10--100 μm), lalu melintasi kanal aferen menuju ruang koanosit. Air tersebut kemudian dikeluarkan melalui kanal eferen dan saluran pengeluaran air utama, yaitu oskulum. Sirkulasi air dalam spons menuju ke satu arah. Partikel makanan dan oksigen dipisahkan dari air oleh berbagai jenis sel, termasuk koanosit. Kekuatan tubuh spons didukung oleh fibril kolagen yang berada pada mesofil, serat spongin, serta rangka anorganik yang mengandung kalsium karbonat atau silikat (Hooper *dkk.* 2002: 9--12) (Gambar 2.2.2(3)).





Gambar 2.2.2(2) Bentuk tubuh, habitus, dan karakteristik permukaan spons
 [Sumber: Boury Esnault & Rützler 1997: 4--7. Telah diterjemahkan.]



Gambar 2.2.2(3) Bagan dan sayatan melintang bagian ektosomal dan koanosomal spons

[Sumber: Wilkie *dkk.* 2006: 4437. Telah dimodifikasi dan diterjemahkan.]

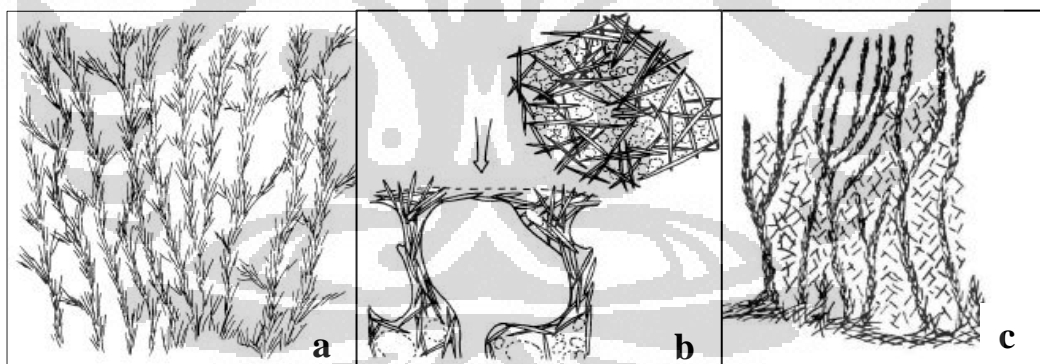
2.2.3 Morfologi dan Anatomi Spons *Drasmacidon*, *Axinyssa*, dan *Acanthella*

Spons *Drasmacidon* Hallmann, 1917 merupakan anggota dari famili *Axinellidae* yang memiliki skeleton koanosomal bertipe plumoretikulat (Gambar 2.2.3(1)) dan bagian aksial serta ekstra-aksialnya belum terdiferensiasi. Tipe spikula megaskeleton *oxea* dan/atau *style*, sedangkan jika terdapat spikula mikroskeleton, maka tipenya trikodragmata. Spons genus *Drasmacidon* tidak bercabang, bentuknya dapat seperti pemukul drum, membulat, menyerupai semak, tampak tebal mengerak, atau masif. Permukaannya agak berkonula (konulosa) atau bertuberkel (tuberkula); oskulumnya melingkar, sejajar, atau sedikit menonjol, kadang dengan saluran superfisial ke arah bukaan. Bagian ektosomalnya tidak memiliki skeleton yang terspesialisasi (Alvarez & Hooper 2002: 734).

Spons *Axinyssa* Lendenfeld, 1897 merupakan anggota dari famili *Halichondriidae* yang tidak memiliki skeleton ektosomal tangensial (Gambar 2.2.3(1)). Sebagian besar skeleton koanosomalnya tidak beraturan, tetapi bagian

perifer dan spikulanya tersusun dalam berkas dan sedikit menonjol dari permukaan, menyebabkan konulasi yang halus. Spons *Axinyssa* dapat berbentuk masif, membulat, atau menyerupai tabung. Bagian ektosomal tidak memiliki skeleton permukaan yang khas, sebagian besar organik, keras, dan spikulanya menyebar jarang-jarang dengan berkas spikula yang menonjol. Tipe spikula *oxea*, *strongyloxea*, atau modifikasi *stylote* (Erpenbeck & Soest 2002: 792).

Spons *Acanthella* Schmidt, 1862 merupakan spons dari famili *Dictyonellidae* dengan skeleton koanosomal berpola dendritik (Gambar 2.2.3(1)) dan jalinannya terdiri dari spikula bertipe *strongyle* atau *strongyloxea*. Spikula megaskeleton lainnya bertipe *style* yang lurus, *oxea*, atau *anisoxea*. Spons genus tersebut tidak memiliki spikula mikroskeleton. Spons *Acanthella* dapat berbentuk tegak, tebal menyamak, bercabang, menyerupai lamela, atau membulat. Permukaan tubuh umumnya berkonula kasar dengan spikula koanosomal yang menonjol. Bagian ektosomalnya bermembran, tampak berkilau, dan tidak memiliki skeleton yang terspesialisasi. Spons *Acanthella* tampak seperti berkartilago dan konsisten saat hidup (Soest *dkk.* 2002: 774).



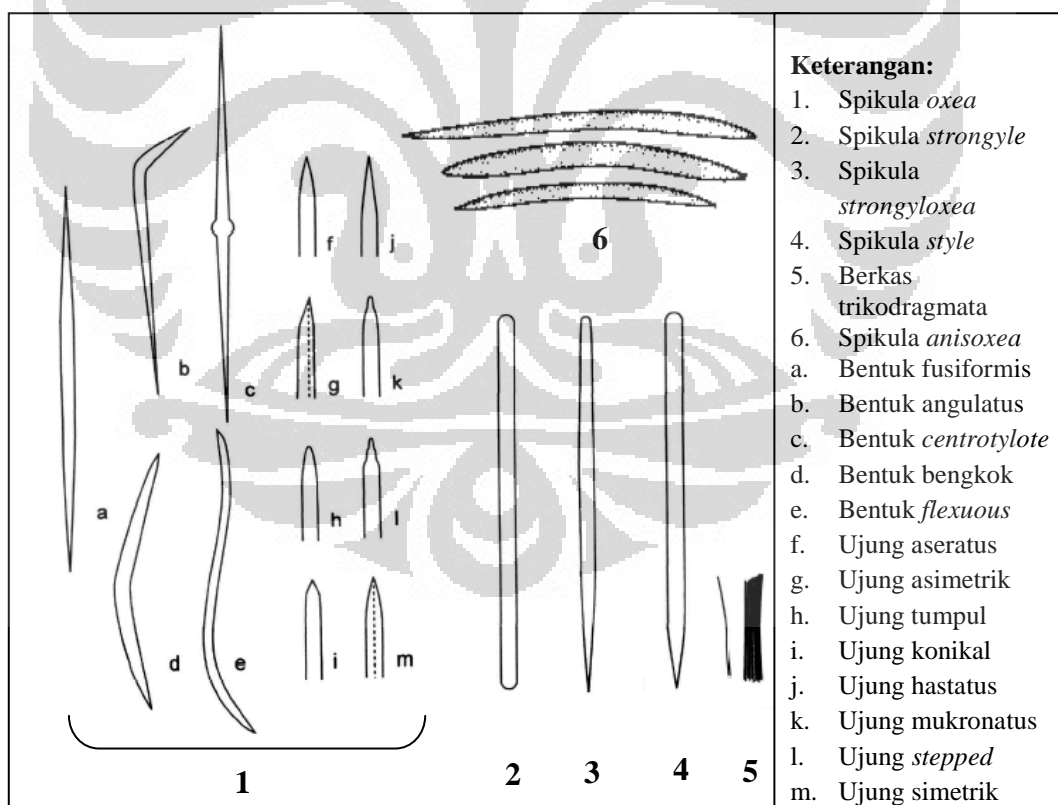
Gambar 2.2.3(1) Struktur skeleton plumoretikulat (a), tangensial (b), dan dendritik (c)

[Sumber: Boury Esnault & Rützler 1997: 5, 31, & 35.]

Spons *Acanthella cavernosa* Dendy, 1921 dapat berbentuk masif membulat (1--2 mm), bercabang, atau anostomosa. Secara eksternal diselimuti membran dermal transparan dan konsistensinya seperti berkartilago, sehingga permukaan tubuhnya tampak berkilau. Permukaan konulosa (berkonula), konsistensinya keras, namun kompresibel. Spons menempel pada substrat dengan pangkal yang kecil (berupa *stalk*). Spikula menembus lapisan permukaan tubuh,

bertipe *style* (ramping atau sedikit bengkok) dan *strongyle* (Thomas 1973: 47--48; Soest *dkk.* 2002: 774).

Spikula *oxea* merupakan tipe spikula monakson (tunggal, tidak bercabang) yang runcing pada kedua ujungnya. Spikula *oxea* terdiri dari bermacam-macam tipe yang dapat dibedakan dari bentuk dan morfologi ujungnya. Spikula *style* merupakan tipe spikula monakson yang runcing pada salah satu ujungnya dan ujung lainnya tumpul. Trikodragmata merupakan berkas spikula bertipe *raphide*, yaitu spikula mikroskeleton yang sangat tipis dan serupa dengan rambut. Spikula *strongyloxea* merupakan spikula tipe *oxea* dengan bentuk fusiformis dan tumpul pada salah satu ujungnya. Spikula *strongyle* merupakan tipe spikula megaskeleton isodiametrik (memiliki diameter konsisten) yang kedua ujungnya membulat (Sumber: Boury Esnault & Rützler 1997: 44). Spikula *anisoxea* merupakan spikula ektosomal monakson yang mirip seperti *oxea*, tetapi kedua ujungnya tidak sama besar (asimetrik) (Hooper 2003: 22) (Gambar 2.2.3(2)).



Gambar 2.2.3(2) Spikula tipe *oxea*, *strongyle*, *strongyloxea*, *style*, trikodragmata, dan *anisoxea*

[Sumber: Boury Esnault & Rützler 1997: 44--47 (1--5); Alvarez & Hooper 2002: 747 (6).]

2.3 Pemangsaan oleh Siput *Phyllidiidae* terhadap Spons *Halichondrida*

Siput famili *Phyllidiidae* khusus memangsa spons dan dilaporkan bahwa spons mangsanya berasal dari ordo *Halichondrida* (Yasman 2006: 145; Paul *dkk.* 2007: 140; Putra 2007: 36). Siput *Phyllidiidae* merupakan predator suktorial, yaitu pemangsa yang menghisap material dari bagian tubuh mangsanya. *Phyllidiidae* dapat menjulurkan keluar bulbus faringnya pada permukaan dan ke dalam spons saat memangsa (Brunckhorst 1993: 6; Yasman 2006: 10).

Siput *Phyllidiidae* melakukan pemangsaan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya, namun juga untuk mengambil dan mengakumulasi senyawa metabolit sekunder dari spons mangsanya. Senyawa metabolit sekunder tersebut diduga berperan dalam mekanisme pertahanan dirinya secara kimiawi (Brunckhorst 1991: 481; Gunthorpe & Cameron 1987 dalam Paul *dkk.* 2007: 139). Kesamaan kandungan senyawa metabolit sekunder pada siput *Phyllidiidae* dan spons mangsanya dapat digunakan untuk mengonfirmasi hubungan pemangsaan siput tersebut dengan spons mangsanya. Hubungan pemangsaan tersebut terbukti jika keduanya memiliki senyawa metabolit sekunder yang sama (Garson *dkk.* 2000: 329; Garson & Simpson 2004: 173).

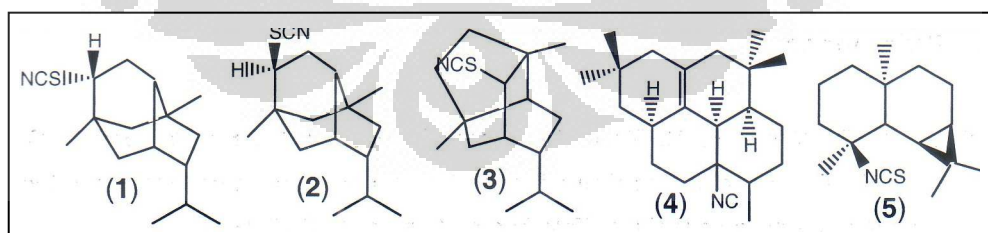
Siput *Phyllidiidae* diduga selektif mengakumulasi senyawa metabolit tertentu dari mangsanya (Wright 2003: 307; Yasman 2006: 146). Hal tersebut menguatkan dugaan mengenai preferensi atau kecenderungan makan siput *Phyllidiidae* terhadap spons *Halichondrida* tertentu. Hal tersebut memunculkan istilah pemangsa khusus (*specialized predator*) yang umumnya mengacu pada pemangsa yang memiliki preferensi tinggi terhadap mangsa tertentu atau bahkan mangsanya bersifat spesifik (Folino 1993: 15; Thoms *dkk.* 2003: 426; Wagner *dkk.* 2009: 64).

Siput *Phyllidia varicosa* memangsa spons *Axinyssa cf. aculeata* dan *Halichondria cf. lendenfeldi* (Kassühlke *dkk.* 1991: 3747; Yasman 2003: 15; Yasman *dkk.* 2003: 1512). Siput *Phyllidia ocellata* memangsa spons *Acanthella cf. cavernosa* (Fusetani *dkk.* 1992: 6823); siput *Phyllidia pustulosa* memangsa spons *Axinyssa sp.* dan *Halichondria cf. lendenfeldi* (Kassühlke *dkk.* 1991: 3747; Hirota *dkk.* 1998: 13977); siput *Phyllidiella pustulosa* memangsa spons *Halichondria sp.* dan *Acanthella cavernosa* (Dumdei *dkk.* 1997: 1385; Cimino &

Ghiselin 1999: 199); dan siput *Phyllidia pulitzeri* memangsa spons *Axinella cannabina* (Garson & Simpson 2004: 176). Siput *Phyllidia varicosa*, *Phyllidiella zeylanica*, *P. pustulosa*, *Phyllidiopsi krempfi*, *P. shireenae*, dan *Fryeria menindie* cenderung memangsa spons *Axinyssa* spp. Siput *Phyllidiella lizae*, *P. rudmani*, dan *Phyllidia ocellata* cenderung memangsa spons *Acanthella cavernosa*. Siput *P. elegans* cenderung memangsa *Drasmodon* sp. (Yasman 2006: 145).

2.4 Senyawa Metabolit Sekunder Siput *Phyllidiidae* dan Spons *Halichondrida*

Senyawa metabolit sekunder yang didapatkan siput *Phyllidiidae* dari spons mangsanya (*Halichondrida*) umumnya diakumulasi oleh siput di dalam kelenjar pencernaan, mantel, dan kaki (Yasman 2006: 146). Sebagian besar senyawa tersebut merupakan golongan terpenoid, umumnya seskuiterpen dan diterpen yang mengandung gugus fungsi isosiano, isotiosiano, tiosiano, dan formamida (Fusetani 2004: 98) (Gambar 2.4). Senyawa seskuiterpen merupakan senyawa terpenoid beratอม karbon 15, dibangun oleh tiga unit isopren yang terdiri dari kerangka asiklik dan bisiklik dengan kerangka dasar naftalen. Senyawa diterpen merupakan senyawa terpenoid beratอม karbon 20, dibangun oleh empat unit isopren (Lenny 2006: 13 & 14; Bohlmann & Keeling 2008: 657). Senyawa yang diduga didapatkan siput *Phyllidiidae* dari spons mangsanya disajikan pada tabel 2.4.



Gambar 2.4 Senyawa seskuiterpen isosianida (1, 2, 3, & 5) dan diterpen isosianida (4)

[Sumber: Yasman 2006: 146.]

Tabel 2.4 Senyawa yang dikandung siput *Phyllidiidae* dan spons *Halichondrida*

Siput <i>Phyllidiidae</i>	Senyawa	Spons
<i>Phyllidia bourgini</i>	9-isosianopupukeanane 9-Epi-isosianopupukeanane	<i>Ciocalypta</i> sp. <i>Axinyssa</i> sp. -
<i>Phyllidia ocellata</i>	7-iso-siano-7,8-dihidro- δ -bisabolen 10-isosiano-4-amorfen Axisonitril-3 Axisonitril-2 7-isosiano-7,8-dihidro- α -bisabolen Cavernotiosianat 9 α -tiosianatopupukeanane 9 β -tiosianatopupukeanane 2-tiosianatopupukeanane Epipolasin-A	- <i>Halichondria</i> sp. <i>Acanthella</i> cf. <i>cavernosa</i> <i>Axinella cannabina</i> <i>A. klethra</i> <i>A. cavernosa</i> <i>A. Aplysmoides</i> <i>A. cannabina</i> <i>A. cavernosa</i> <i>Ciocalypta</i> sp. <i>Acanthella</i> cf. <i>cavernosa</i> <i>Acanthella cavernosa</i> <i>Acanthella cavernosa</i> <i>Acanthella cavernosa</i> <i>Acanthella cavernosa</i>
<i>Phyllidia pulitzeri</i>	Isosianoskuiterpen Axisonitril-1	- <i>Axinella cannabina</i>
<i>Phyllidia pustulosa</i>	10-isotiosianato-4-amorfen 10-isosiano-4-cadinene 4 α -isosianogorgon-11-ene 4 α -isotiosianatogorgon-11-ene 4 α -formamidogorgon-11-ene Axisonitril-3 10-epiaxisonitril-3 Axisonitril-2 9-Epi-isosianopupukeanane 2-isosianoallopupukeanane 2-isosianotrakiopsan 3-isosianoteonellin 3-isosianobisabolan-8,10-dien 7-isosiano-7,8-dihidro- α -bisabolen 7-isotiosianato-7,8- dihidro- α -bisabolen 4-tiosianatoneopupukeanane 11-isosiano-7 β H-eudesm-5-ene 11-isotiosianato-7 β H-eudesm-5-ene	<i>Halichondria</i> sp. <i>Acanthella fenestratus</i> - - - - <i>Axinella cannabina</i> <i>A. klethra</i> <i>A. cavernosa</i> <i>A. Aplysmoides</i> - <i>A. cannabina</i> <i>A. cavernosa</i> - <i>Axinyssa</i> sp. <i>Axinyssa</i> sp. - - <i>Ciocalypta</i> sp. <i>Halichondria</i> sp. - - <i>Acanthella</i> sp. <i>Axinella cannabina</i> <i>A. cannabina</i> <i>Acanthella pulcherrima</i> <i>Acanthella cavernosa</i> <i>Acanthella klethra</i>
<i>Phyllidiella pustulosa</i>	2-tiosianatopupukeanane 10-isotiosianato-4-kadinen Axisonitril-3 10-isosiano-5-kadinen-4-ol 9-isosianopupukeanane	<i>A. aplysinoides</i> <i>Axinyssa</i> sp. <i>Phakellia carduus</i> <i>Phakellia carduus</i> - <i>Ciocalypta</i> sp.

	Axisotiosianat-3 9 α -tiosianatopupukeanane 9 β -tiosianatopupukeanane 2-tiosianatopupukeanane Epipolasin-A	<i>Axinyssa</i> sp. <i>Acanthella cavernosa</i> <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp.
<i>Phyllidia varicosa</i>	10-isosiano-4-cadinene 4 α -isosianogorgon-11-ene 4 α -formamidogorgon-11-ene 9-isosianopupukeanane 2-isosianotrakopsan 2-isosianopupukeanane 9-tiosianatopupukeanane 9 α -tiosianatopupukeanane 9 β -tiosianatopupukeanane 2-tiosianatopupukeanane Epipolasin-A	- - - <i>Ciocalypta</i> sp. <i>Axinyssa</i> sp. - <i>Hymeniacidon</i> sp. (Syn <i>Ciocalypta</i>) <i>Axinyssa</i> cf. <i>aculeata</i> <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp.
<i>Phyllidiopsis krempfi</i>	10-isosiano-4-amorfen 10-isosiano-4-cadinene 9 α -tiosianatopupukeanane 9 β -tiosianatopupukeanane 2-tiosianatopupukeanane Epipolasin-A	<i>Halichondria</i> sp. - <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp. <i>Axinyssa</i> spp.
<i>Phyllidia elegans</i>	9 α -tiosianatopupukeanane 9 β -tiosianatopupukeanane 2-tiosianatopupukeanane Epipolasin-A 8-isosiano-1(12)-sikloamfilekten	<i>Dragmacidon</i> sp. <i>Dragmacidon</i> sp. <i>Dragmacidon</i> sp. <i>Dragmacidon</i> sp. <i>Dragmacidon</i> sp.

[Sumber: Dumdei *dkk.* 1997: 1385; Garson *dkk.* 2000: 331--334 & 347; Yasman *dkk.* 2003: 1512; Garson & Simpson 2004: 176; Yasman 2006: 114--118.]

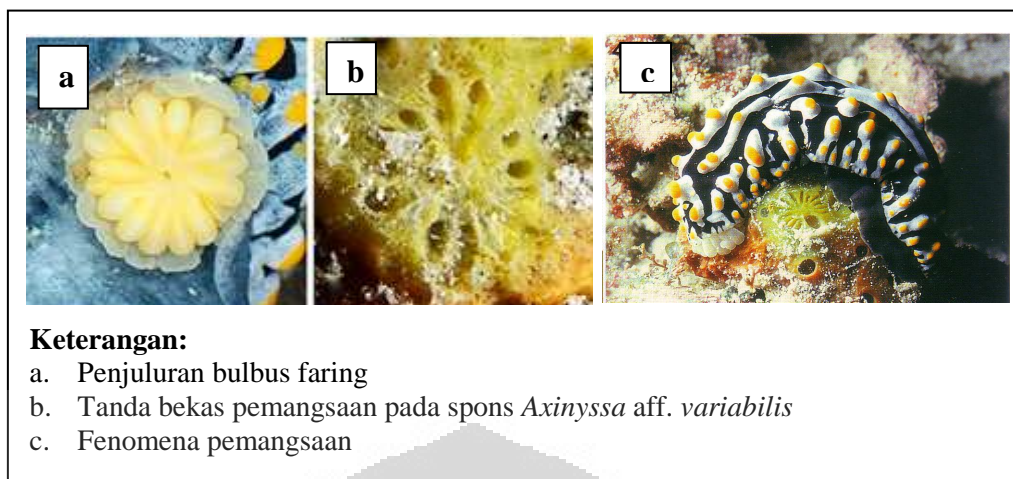
Senyawa terpenoid yang didapatkan siput *Phyllidiidae* melalui pemangsaan terhadap spons *Halichondrida* diduga memiliki fungsi ekologis yang berperan dalam proses pertahanan diri secara kimiawi (toksik), antipenempelan (*antifouling*), dan antipredator (*antifeedant*) (Garson & Simpson 2004: 174). Siput *Phyllidia varicosa* dilaporkan bersifat toksik bahkan letal terhadap ikan dan krustasea (Johannes 1963 dalam Paul *dkk.* 2007: 239), begitu pula dengan siput *Phyllidia bourgini* yang toksik terhadap ikan (Fusetani *dkk.* 1990: 5624). Okino *dkk.* (1996: 9447) melaporkan potensi senyawa seskuiterpen dari siput *Phyllidia ocellata*, *P. varicosa*, *P. pustulosa*, dan *Phyllidiopsis krempfi* sebagai zat antipenempelan teritip *Balanus amphitrite*. Aktivitas senyawa metabolit sekunder siput *Phyllidiidae* sebagai zat antipredator sampai saat ini dilaporkan tidak signifikan, namun pengkajian terhadap hal tersebut terus dilakukan (Garson *dkk.* 2000: 364; Garson & Simpson 2004: 175; Yasman 2006: 146). Beberapa

senyawa metabolit pada spons mangsa siput *Phyllidiidae* diduga memiliki fungsi ekologis terkait dengan hubungan pemangsaan, seperti amfilekten isosianida yang diduga berperan sebagai senyawa *feeding attractant* bagi siput *P. elegans* dan *feeding repellent* bagi siput *Phyllidiidae* selain *P. elegans* (Yasman 2006: 142).

2.5 Metode Studi Pemangsaan oleh Siput *Phyllidiidae* dan Siput *Opisthobranchia* lainnya

Metode yang umum digunakan dalam studi pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* dan beberapa siput *Opisthobranchia* lainnya dapat dibedakan berdasarkan lokasi studi, cara pengamatan, dan tujuan pengujian hubungan pemangsaan siput dan spons. Metode yang digunakan berdasarkan lokasi studi dibagi menjadi dua, yaitu metode *in-situ* dan metode *ex-situ*. Metode yang digunakan berdasarkan cara pengamatan dibagi menjadi dua, yaitu metode observasi langsung dan metode penelusuran senyawa kimia siput dan spons. Metode yang digunakan berdasarkan tujuan pengujian hubungan pemangsaan siput dan spons adalah metode pengujian hubungan mangsa-pemangsa, metode pengujian preferensi mangsa, dan metode pengujian kekhususan mangsa.

Metode *ex-situ* dilakukan di luar habitat alami objek penelitian, sedangkan metode *in-situ* dilakukan pada habitat alami objek penelitian. Metode *ex-situ* umumnya dilakukan dengan meletakkan sampel siput *Phyllidiidae* di dalam akuarium yang dialiri oleh air laut segar secara kontinu, aklimatisasi dilakukan selama tiga hari atau lebih. Kelemahan metode *ex-situ* adalah siput *Phyllidiidae* dan spons mangsanya sulit dipelihara dan sulit menjaga kondisi abiotik akuarium sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan oleh siput *Phyllidiidae* dan spons mangsanya. Metode *in-situ* umumnya dilakukan dengan observasi langsung terhadap perilaku makan siput *Phyllidiidae* terhadap spons, siput *Phyllidiidae* yang ditemukan berada di atas spons hanya dapat dipastikan memangsa spons tersebut jika penjurulan bulbus faring pada siput atau bersama dengan tanda bekas pemangsannya pada spons dapat diamati (Brunckhorst 1993: 23; Dumdei *dkk.* 1997: 1386; Yasman 2002: 14; Yasman 2006: 28--29) (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Pemangsaan oleh *Phyllidia varicosa*
[Sumber: Debelius 2001: 241 (c); Alphen 2011: 1 (a--b).]

Metode penelusuran senyawa dilakukan untuk mengonfirmasi bahwa siput *Phyllidiidae* yang berada di atas spons tertentu dan teramati sedang menjulurkan bulbus faring, merupakan pemangsa spons tersebut. Adanya senyawa metabolit sekunder yang sama diantara keduanya dapat membuktikan hubungan pemangsaan tersebut (Cimino & Sodano 1994: 460; Garson *dkk.* 2000: 330; Garson & Simpson 2004: 164--179). Teknik yang umum dilakukan pada metode penelusuran senyawa dalam studi pemangsaan siput *Phyllidiidae* adalah kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi gas (KG), *High-performance Liquid Chromatography* (HPLC), *Mass Spectrometric* (MS), dan analisis *Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* (NMR) (Fusetani *dkk.* 1990: 5623; Okino *dkk.* 1996: 9448; Dumdei *dkk.* 1997: 1386; Wright 2003: 308; Lyakhova *dkk.* 2010: 534).

Metode pengujian hubungan mangsa-pemangsa berfungsi untuk membuktikan apakah sampel siput *Phyllidiidae* memangsa spons sampel, karantina siput dan mangsa dapat dilakukan ataupun tidak (Fontana *dkk.* 1994: 510; Dumdei *dkk.* 1997: 1387; Wright 2003: 307; Yasman 2003: 15; Yasman *dkk.* 2003: 1512). Metode pengujian preferensi mangsa bertujuan untuk mengetahui kecenderungan makan siput terhadap mangsa tertentu, dilakukan dengan pengujian pilihan dengan pangan (*choice test*), yaitu mengkarantina siput dengan beberapa pilihan mangsa atau mengganti mangsa siput dengan yang bukan merupakan mangsa sejatinya (Thoms *dkk.* 2003: 427; Pratt & Grason 2007: 647--

648; Yasman 2006: 29). Metode pengujian kekhususan mangsa bertujuan untuk mengonfirmasi bahwa siput hanya memangsa mangsa tertentu atau siput tersebut merupakan pemangsa khusus terhadap mangsa tertentu. Uji kekhususan mangsa dilakukan dengan pengujian tanpa pilihan pangan (*no-choice test*). Karantina dilakukan terhadap siput pada beberapa tempat karantina yang masing-masing berisi pilihan mangsa yang berbeda (Wagner *dkk.* 2009: 67--70).

Publikasi mengenai uji kekhususan mangsa siput *Opisthobranchia* masih jarang ditemui, uji tersebut kebanyakan dilakukan terhadap spesies anggota *Insecta* dan umumnya merupakan organisme yang memiliki potensi sebagai biokontrol. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kisaran mangsa organisme biokontrol agar pada saat dilepas di alam, organisme tersebut dapat dipastikan hanya memangsa organisme yang diharapkan (organisme yang populasinya berlebihan, cenderung menjadi hama), tidak memangsa organisme lainnya, sehingga ekosistem setempat tidak terganggu. Organisme yang telah diketahui di alam merupakan mangsa dari organisme pemangsa tertentu dan diharapkan dimangsa oleh organisme pemangsa tersebut dalam pengujian disebut organisme target. Organisme yang diketahui di alam bukan mangsa potensial organisme pemangsa tertentu dan diharapkan tidak dimangsa oleh pemangsa tersebut dalam pengujian disebut organisme nontarget (Zilahi-Balogh *dkk.* 2001: 197; Charles & Allan 2002: 37; Gandolfo *dkk.* 2007: 224 & 226; Wagner *dkk.* 2009: 64--66).

2.6 Teknik Kromatografi Lapis Tipis

Teknik pemisahan senyawa dengan kromatografi memanfaatkan prinsip bahwa senyawa yang berbeda dapat dipisahkan satu sama lain dengan menggunakan dua fase berbeda, yaitu fase bergerak dan fase diam. Fase bergerak pada teknik kromatografi lapis tipis (KLT) berupa cair, sedangkan fase diamnya berupa zat padat yang daya adsorbansinya tinggi (*adsorbent*). Fase padat dilapisi benda padat lain untuk menyokongnya menjadi pelat lapisan tipis (ketebalan sekitar 0.25 mm). Pelarut atau campuran pelarut, sebagai fase cair, umumnya disebut eluen (larutan pengembang) dan akan berkapilarisasi pada pelat. Fase padat akan menyerap fraksi tertentu dari setiap komponen campuran dan sisanya akan tetap berada dalam larutan (Sherma 2003: 1).

Prinsip KLT adalah berdasarkan pada perbedaan polaritas senyawa yang akan dipisahkan dan larutan pengembang. Senyawa yang memiliki polaritas yang sama dengan larutan pengembang, akan terpisahkan paling jauh pada fase diamnya di pelat KLT. Senyawa yang memiliki polaritas paling berbeda dengan larutan pengembang akan terpisahkan dengan jarak paling dekat pada pelat KLT (Sherma 2003: 13--15).

Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi efisiensi pemisahan senyawa menggunakan KLT. Tiga faktor utamanya adalah sebagai berikut:

1. Fase padat sebagai zat penyerap haruslah menunjukkan selektivitas maksimum terhadap senyawa yang akan dipisahkan, sehingga perbedaan kecepatan elusidasi akan besar.
2. Eluen juga haruslah menunjukkan selektivitas maksimum pada kemampuannya dalam melarutkan atau menyerap kembali senyawa yang dipisahkan.
3. Campuran yang senyawa-senyawanya memiliki perbedaan daya terserapnya berada dalam kisaran yang besar akan lebih mudah untuk dipisahkan

(Sherma 2003: 4--5).

Teknik KLT dilakukan dengan menotolkan sampel di atas pelat KLT dekat tepi (± 1 cm dari tepi pelat) sampai dihasilkan titik kecil yang mengandung sejumlah konsentrasi dari sampel (diameter 1--2 mm). Titik sampel yang semakin kecil akan semakin baik untuk diproses karena akan meminimalisasi terjadinya pengekoran (*tailing*) dan tumpang tindih titik senyawa. Jumlah sampel yang diaplikasikan pada pelat KLT haruslah sangat kecil, umumnya kurang dari miligram, karena jumlah zat serap (*adsorbent*) yang terlibat relatif kecil, sedangkan rasio zat serap terhadap sampel haruslah tinggi. Penotolan dilakukan beberapa kali pada titik yang sama apabila larutan sampel sangat encer. Penotolan tersebut dilakukan secara bertahap, memberikan kesempatan pelarut sampel untuk menguap. Kontaminasi pada fase padat saat penotolan dilakukan dapat menyebabkan aliran penyerapan eluen tidak merata (Sherma 2003: 8).

Setelah pelarut sampel menguap, pelat dimasukkan ke dalam wadah yang telah diisi eluen. Sistem tersebut berada dalam kondisi tertutup sampai proses elusidasi berakhir agar atmosfer dalam sistem tetap jenuh dengan eluen, sehingga

meningkatkan kualitas hasil KLT. Perendaman pelat KLT dalam eluen dilakukan dengan titik sampel berada di atas level eluen. Setelah dilakukan perendaman dalam tangki pengembang, pelat kemudian dikeluarkan dan eluen yang masih terdapat dalam zat serap pelat KLT dibiarkan menguap. Pengamatan dapat dilakukan secara langsung apabila warna titik sampel teramati, jika tidak, maka visualisasi umumnya dilakukan dengan penyinaran sinar ultraviolet. Visualisasi terkadang juga dapat dilakukan dengan menyimpan pelat selama beberapa menit di dalam wadah yang jenuh oleh uap iodine atau menyemprotnya dengan reagen tertentu yang dapat bereaksi dengan komponen pada sampel (Morlock & Kovar 2003: 214).

Teknik KLT, selain digunakan untuk memisahkan senyawa, juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa secara cepat. Hal tersebut memungkinkan karena jarak yang ditempuh senyawa relatif terhadap jarak yang ditempuh oleh eluen, maka polaritas dan perkiraan senyawa tersebut dapat diketahui. Hubungan antara jarak yang ditempuh oleh eluen dan senyawa umumnya ditunjukkan dengan persamaan nilai R_f (*retention factor*), yaitu sebagai berikut:

$$R_f = \frac{\text{jarak mobilisasi senyawa}}{\text{jarak mobilisasi eluen}}$$

Nilai R_f sangat bergantung pada sifat alamiah dari zat serap dan eluen, sehingga nilai R_f pada eksperimen dan pada literatur seringkali tidak sesuai dengan baik. Oleh karena itu, untuk mengetahui suatu senyawa merupakan senyawa yang sama dengan suatu senyawa yang telah diketahui, maka adalah penting untuk memroses dua senyawa tersebut bersisian pada pelat KLT yang sama, dan akan semakin baik jika konsentrasinyapun sama (Sherma 2003: 5).

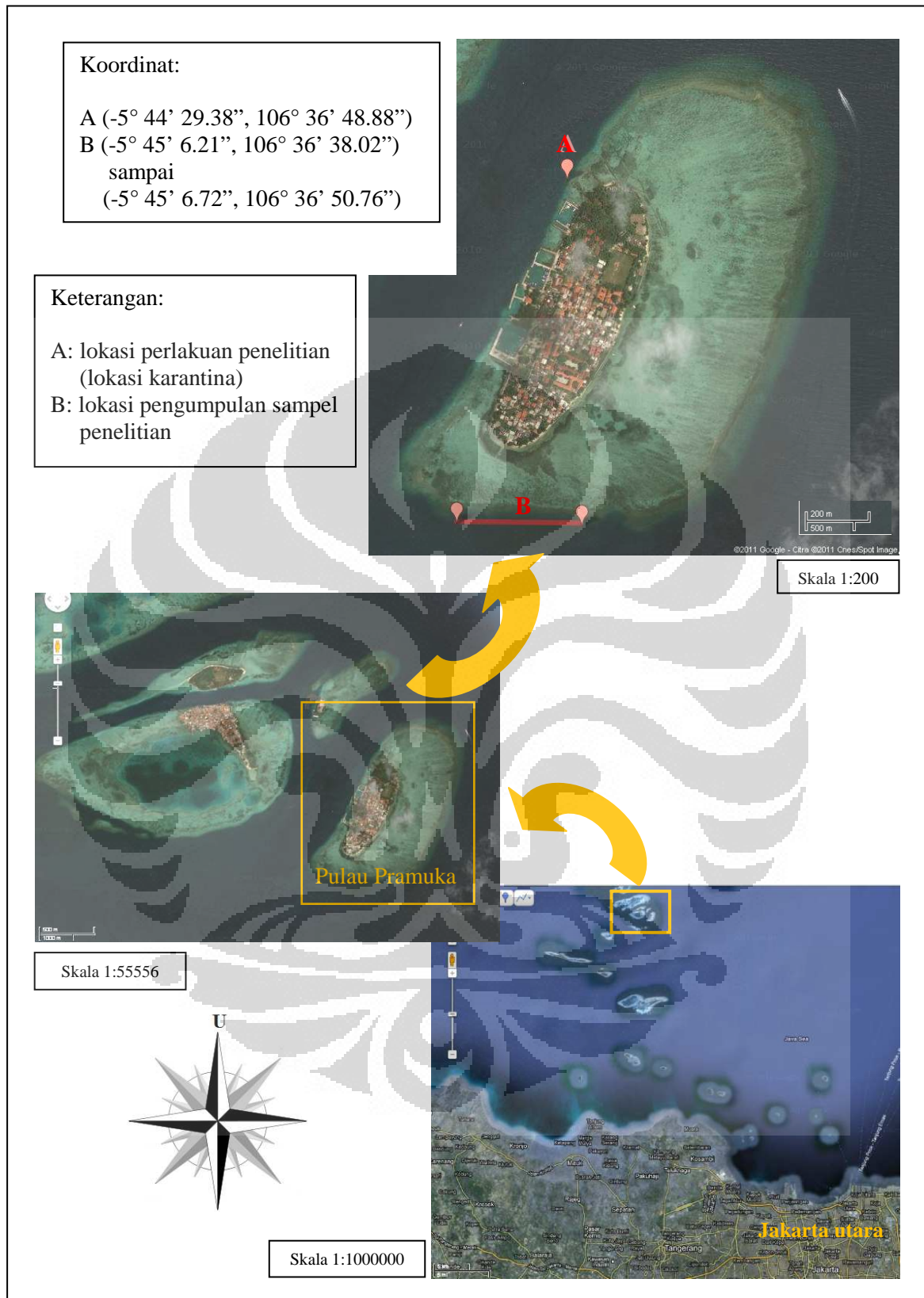
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Taksonomi Hewan Departemen Biologi FMIPA UI dan perairan Pulau Pramuka (Gambar 3.1), Karang Sempit, dan Karang Congkak, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Penelitian berlangsung selama 10 bulan, yaitu mulai Desember 2010 hingga September 2011. Studi pendahuluan dilakukan pada Desember 2010 hingga Februari 2011.

3.2 Alat di Lapangan

Peralatan yang digunakan di lapangan meliputi perlengkapan dasar selam (masker, snorkel, dan *fins*), perlengkapan SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*), kamera digital [Canon PowerShot G10], *housing* kamera bawah air [Ikelite], sangkar karantina bermaterial besi dan galvanis (dimensi 34 cm x 22 cm x 22 cm; ukuran *mesh* 0,5 cm²) sebanyak empat buah, pemberat sangkar (2 kg), plastik sampel *zip-lock*, alas media foto berskala 1 cm², baki plastik, baskom sampel, benang pancing (nilon), botol kaca yang telah diberi label (botol sampel), pinset, pisau pemotong, penggaris, pensil, spidol permanen, kabel pengikat, tali polipropilen, dan kotak kontainer.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian di perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta

[Sumber: GoogleMaps 2011. Telah diolah kembali.]

3.3 Alat di Laboratorium

Peralatan yang digunakan di laboratorium antara lain baki plastik, lemari pendingin, blender [Waring], timbangan digital [Precisa XT 220A], penangas [Ikamag RCT], ultrasonikator [Vollrath], spatula, botol kaca, corong kaca, gelas ukur (100 mL dan 10 mL), pipet tetes, pipet ukur 25 mL dan 1 mL, *bulb*, *rotary evaporator* [Stuart RE300DB], labu penguap 500 ml [Schott Duran], oven [Precision], tabung reaksi 12 buah [Iwaki] dan [Schott Duran], cawan penguap, sarung tangan, masker, pipa kapiler, peralatan bedah, gelas objek, gelas penutup, mikroskop senyawa [Nikon SE], tangki pengembang (gelas beaker 1000 mL ditutup kertas alumunium), wadah kedap udara, lemari asam, dan penyemprot kaca.

3.4 Bahan

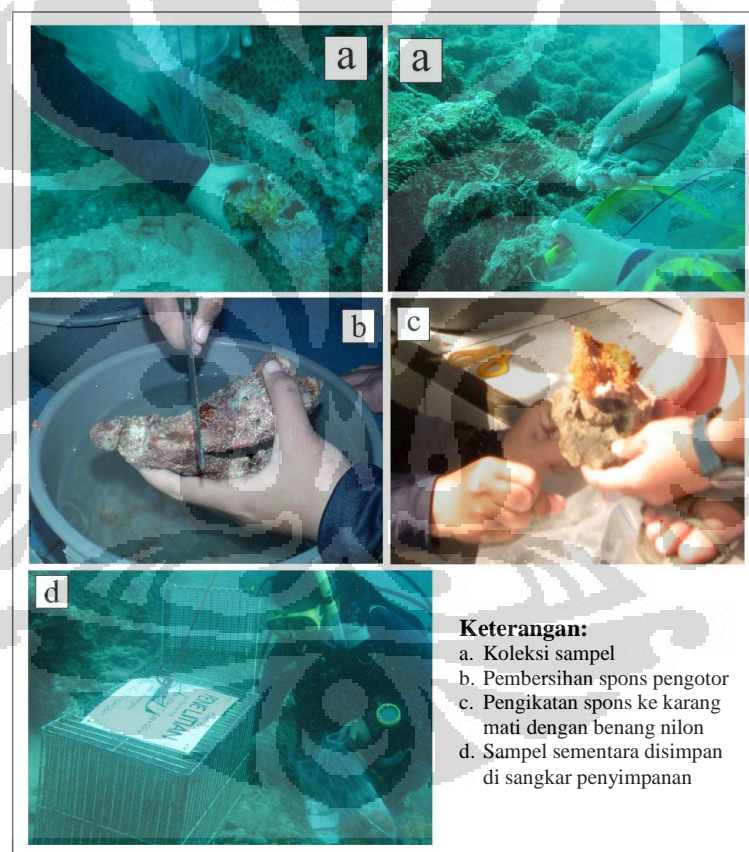
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi sampel siput *Phyllidia elegans* sejumlah 10 individu, spons *Axinyssa* spp., spons *Acanthella cavernosa*, kertas anti air, label tempel, alkohol 95%, metanol teknis (hasil destilasi), akuades, larutan anisaldehida (anisaldehida [Merck], metanol Pro Analisis [Merck], asam asetat glasial [Merck], asam sulfat pekat [Merck]), larutan pengembang (n-heksan teknis dan etil asetat teknis), sodium hipoklorit (NaClO) 2,625% [Bayclin], kertas alumunium, kertas saring [Whatman No.1:125 mmØ], pelat alumunium KLT (kromatografi lapis tipis) gel silika 60 F₂₅₄ [Merck], kertas tisu, kertas koran, dan entelan.

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Pengumpulan dan Persiapan Sampel di Lapangan

Pengumpulan sampel dilakukan dengan penyelaman SCUBA di perairan Pulau Pramuka, Karang Sempit, dan Karang Congkak terhadap siput *Phyllidia elegans* sebanyak sepuluh individu, spons *Axinyssa* spp., dan spons *Acanthella cavernosa*. Pengumpulan sampel siput *P. elegans* dilakukan pada kedalaman 12--15 m di lereng terumbu bagian selatan P. Pramuka, begitu pula dengan sampel

spons *Axinyssa* spp. (kedalaman 3--4 m dan 14--15 m), sedangkan spons *Acanthella cavernosa* ditemukan di daerah perairan Karang Congkak (kedalaman 20 m). Pengumpulan sampel spons dilakukan bersama dengan substrat tempat tumbuhnya spons tersebut, umumnya berupa karang mati. Spons pengotor, yaitu spons selain sampel spons yang terdapat pada substrat, disingkirkan dengan mengeriknya menggunakan pisau. Sampel spons yang substratnya kecil, diikatkan (dengan benang nilon) pada tambahan substrat yang lebih besar berupa karang mati, agar sampel dapat diletakkan dengan posisi tegak. Seluruh sampel didokumentasikan dengan skala, kemudian diletakkan di dalam sangkar penyimpanan di bawah laut (Gambar 3.5.1).



Gambar 3.5.1 Pengumpulan sampel penelitian
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Identifikasi siput *P. elegans* dilakukan berdasarkan karakter morfologi utama dari siput tersebut. Karakter tersebut meliputi kombinasi warna putih, hitam, kuning, dan oranye; tuberkel berwarna krem, beberapa ujungnya berwarna kuning; dan memiliki garis hitam memanjang pada bagian kakinya (Debelius

2001: 264). Identifikasi spons di lapangan dilakukan berdasarkan peristiwa pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* tertentu (Yasman 2006: 145) dan morfologi eksternal spons. Pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* ditandai dengan terlihatnya penjurulan bulbus faring siput tersebut (Brunckhorst 1993: 6; Yasman 2006: 10). Pengumpulan sampel spons dengan metode pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* tertentu berhasil dilakukan pada spons *Axinyssa*, sedangkan spons *Acanthella cavernosa* dikoleksi berdasarkan morfologi eksternalnya. Pencarian spons *Acanthella cavernosa* dilakukan di lokasi penyelaman yang sama dengan penelitian Yasman (2006: 111). Pemangsaan *P. elegans* di lapangan juga teramati, namun spons mangsanya, yang diduga *Drasmodon* sp., tidak digunakan dalam penelitian karena ukurannya terlalu kecil (± 1 cm).

3.5.2 Perlakuan Sampel di Lapangan

Perlakuan terhadap sampel dilakukan secara *in-situ* dengan penyelaman SCUBA di lereng terumbu bagian barat laut P. Pramuka pada kedalaman 6--7 m, lokasi tersebut kemudian menjadi lokasi karantina pada penelitian. Lokasi karantina dipertimbangkan berdasarkan faktor gelombang dan arus, serta kemiringan lereng terumbu. Lokasi karantina terlindung dari gelombang dan arus yang kuat karena berada di antara karang-karang yang cukup besar. Kemiringan lereng terumbu lokasi karantina dinilai cukup landai, sehingga peletakan sangkar stabil dan tidak miring. Substrat dasar lokasi penelitian berupa patahan-patahan karang mati (*rubble*) (Gambar 3.5.2(1)).

Peletakan sangkar karantina dilakukan dengan bantuan alat apung berupa botol-botol plastik yang diikat menjadi satu. Sangkar karantina yang telah diikat pada alat apung kemudian dibawa ke perairan di atas sekitar lokasi karantina, lalu sangkar diulur perlahan sampai menyentuh dasar lokasi karantina. Alat apung berguna untuk membantu menahan penguluran sangkar secara perlahan agar sangkar tidak jatuh bebas, menjaga posisi sangkar sementara sebelum posisinya difiksasi, dan membantu menemukan lokasi sangkar. Penyelaman kemudian dilakukan untuk memperbaiki posisi sangkar dan mengikat sangkar pada karang-karang mati yang besar dan kuat menggunakan tali polipropilen, sehingga posisi sangkar stabil.



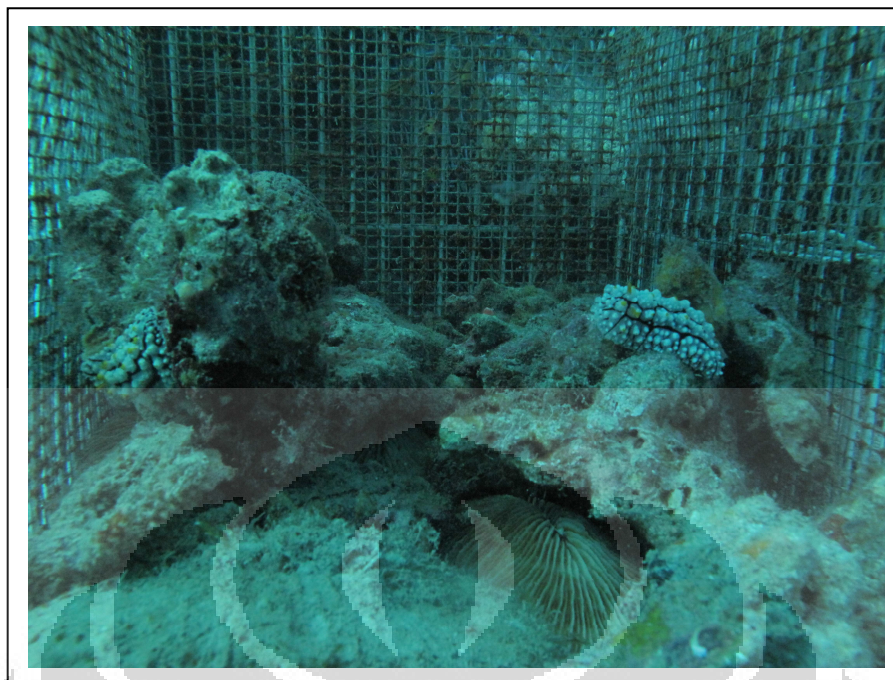
Gambar 3.5.2(1) Lokasi karantina
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Sampel siput *P. elegans* dibagi menjadi empat kelompok, yaitu perlakuan 1 (P1), perlakuan 2 (P2), kontrol 1 (K1), dan kontrol 2 (K2). Masing-masing kelompok terdiri dari tiga individu (Tabel 3.5.2). Metode pengelompokan tersebut diadopsi dan telah dimodifikasi dari penelitian Wagner *dkk.* (2009: 67) dalam menguji kekhususan mangsa siput *Phyllodesmium poindimiei* terhadap oktokoral *Carijoa riisei*.

Tabel 3.5.2 Pengelompokan sampel uji

Kelompok kontrol		Kelompok perlakuan (karantina)	
K1	K2	P1	P2
Koleksi bebas segera difiksasi)	Karantina tanpa spons	+ <i>Acanthella cavernosa</i>	+ <i>Axinyssa</i> spp.
1 individu	3 individu	3 individu	3 individu

Sampel K2, P1, dan P2 dimasukkan ke dalam sangkar masing-masing yang sebelumnya telah diisi karang-karang mati sebagai substrat (Gambar 3.5.2(2)). Seluruh sampel dikarantina selama 28 hari dan pengamatan dilakukan di pertengahan masa karantina. Masa karantina diadopsi dari metode penelitian Fontana *dkk.* (1994: 512) dan Thoms *dkk.* (2003: 427) mengenai pengambilan metabolit sekunder dan akumulasinya oleh siput pemangsa spons. Jangka waktu karantina bertujuan untuk membuat siput mengalami kondisi kekurangan pangan dan memberikan pilihan untuk memangsa pangan yang disediakan. Setelah masa karantina berakhir, seluruh sampel difiksasi dengan metanol teknis dan dibawa ke laboratorium Taksonomi Hewan Departemen Biologi FMIPA UI untuk diekstrak.



Gambar 3.5.2(2) Kondisi di dalam sangkar karantina
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

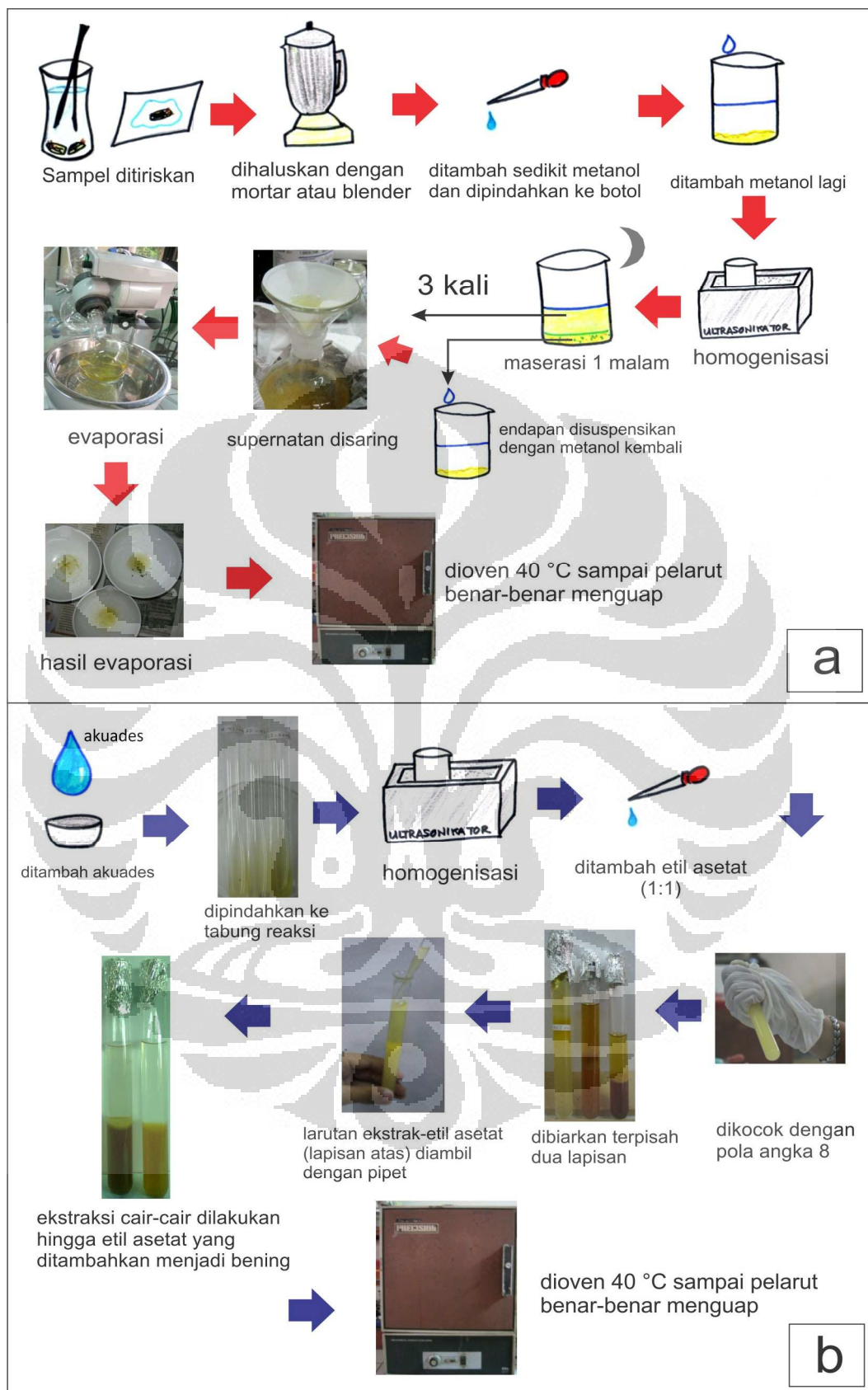
3.5.3 Ekstraksi

Setiap individu siput *P. elegans* dari setiap grup perlakuan dan kontrol diekstraksi secara terpisah, begitu pula dengan setiap sampel spons. Setiap sampel dikeluarkan dari botol kaca, kemudian dihaluskan, dituangkan ke dalam botol kaca semula, dan ditambahkan metanol kembali. Suspensi sampel dihomogenisasi menggunakan ultrasonikator dan dimaserasi satu malam. Supernatan hasil maserasi kemudian disaring menggunakan kertas saring [Whatman No.1:125 mmØ], sedangkan endapan di botol kaca disuspensikan kembali dengan metanol. Tahap maserasi, suspensi, dan penyaringan tersebut dilakukan sebanyak tiga kali. Filtrat hasil penyaringan yang mengandung ekstrak kemudian dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40 °C dan tekanan 337 psi untuk memisahkan ekstrak kasar sampel dari pelarut metanol. Larutan ekstrak yang telah dievaporasi hingga mengental dipindahkan ke cawan penguap untuk dioven 40 °C hingga pelarut benar-benar menguap dan diperoleh ekstrak kasar sampel (Gambar 3.5.3(a)).

Ekstrak kasar yang diperoleh kemudian disuspensikan dalam akuades dan dihomogenisasi dengan ultrasonikator hingga seluruh ekstrak kasar tersuspensi ke

dalam akuades. Suspensi kemudian dipindahkan ke dalam tabung reaksi. Penambahan akuades dilakukan hingga volume totalnya mencapai kurang lebih 1/3 volume tabung reaksi, kemudian diultrasonikasi kembali. Hal tersebut dilakukan agar garam yang terdapat dalam ekstrak kasar larut dalam akuades.

Suspensi kemudian ditambahkan etil asetat hingga volume totalnya mencapai 2/3 volume tabung reaksi. Perbandingan akuades dan etil asetat tersebut kurang lebih 1:1 agar tidak terjadi emulsi saat proses pengocokan. Campuran tersebut dikocok dan diputar-putar dengan pola angka delapan selama 2 menit agar senyawa yang tersuspensi dalam akuades larut dalam etil asetat. Campuran kemudian didiamkan selama ± 2 jam hingga larutan ekstrak-etil asetat terpisah dengan larutan garam, apabila emulsi terjadi, maka campuran didiamkan selama satu malam. Larutan ekstrak-etil asetat yang berada pada lapisan atas dipindahkan ke cawan penguap dengan cara dipipet, sedangkan larutan garam (lapisan bawah) diekstrak kembali dengan etil asetat. Ekstraksi cair-cair tersebut dilakukan 3--5 kali hingga lapisan etil asetatnya bening untuk meyakinkan bahwa tidak ada lagi senyawa metabolit sekunder yang tersuspensi dalam akuades. Larutan ekstrak-etil asetat dipindahkan ke dalam cawan penguap kemudian dioven kembali pada suhu 40 °C hingga kering dan diperoleh ekstrak bebas garam dari sampel (Gambar 3.5.3(b)). Warna ekstrak bebas garam tersebut dicocokkan dengan standar warna PANTONE MATCHING SYSTEM coated-Corel 10.

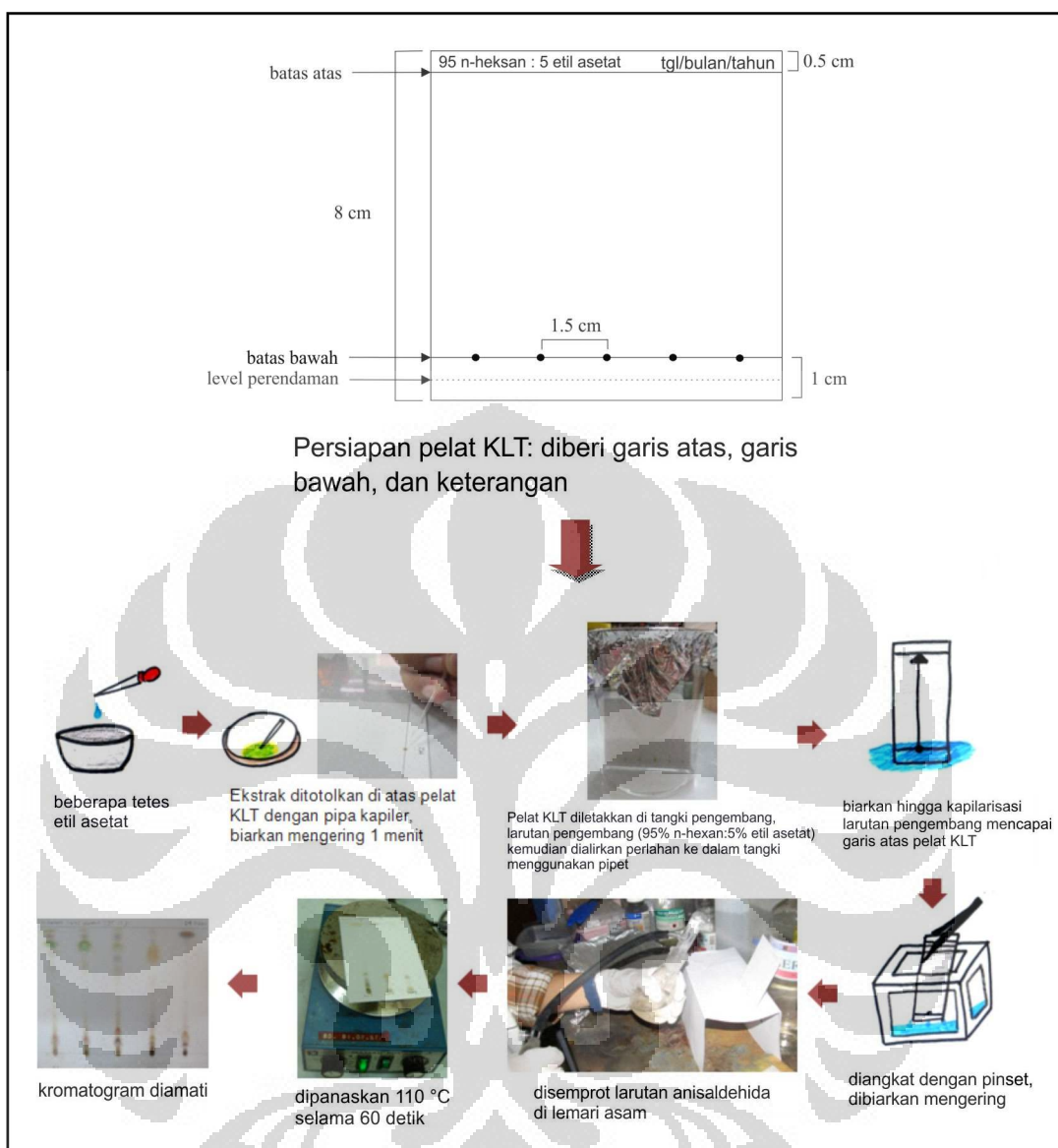


Gambar 3.5.3 Skema cara kerja ekstraksi padat-cair (a) dan cair-cair (b)
[Dokumentasi dan ilustrasi pribadi.]

3.5.4 Kromatografi Lapis Tipis

Teknik kromatografi lapis tipis (KLT) dilakukan dengan menggunakan pelat KLT alumunium yang dilapisi gel silika 60 F₂₅₄ dan dengan larutan pengembang (eluen) yang dibuat dari 95 bagian n-heksan dan 5 bagian etil asetat. Reagen yang digunakan untuk mendeteksi senyawa dalam teknik KLT adalah larutan anisaldehida yang dibuat dari 5 bagian anisaldehida, 100 bagian asam asetat glasial, 85 bagian metanol Pro Analisis (PA), dan 5 bagian asam sulfat pekat. Anisaldehida, asam asetat glasial, dan metanol PA dicampurkan terlebih dahulu, kemudian asam sulfat pekat ditambahkan sedikit demi sedikit di lemari asam. Larutan anisaldehida disimpan dalam botol kaca gelap di lemari pendingin. Pelat KLT dipotong dengan ukuran 8 x 10 cm, kemudian diberi garis batas atas (0,5 cm dari ujung atas pelat KLT), garis batas bawah (1 cm dari ujung bawah pelat KLT), dan keterangan sampel (kode sampel, tanggal, dan larutan pengembang yang digunakan).

Esktrak sampel dalam cawan penguap dilarutkan dengan etil asetat hingga konsentrasinya 0,007 gr ekstrak per mL etil asetat. Larutan ekstrak kemudian ditotolkan di atas pelat KLT menggunakan pipa kapiler, tepat di batas bawah dengan jarak antar sampel 1,5 cm, kemudian dibiarkan mengering. Penotololan dilakukan secara bertahap dan dengan jumlah yang hampir sama. Setelah itu pelat KLT diletakkan di dalam tangki pengembang dengan posisi tegak berdiri. Tangki pengembang kemudian diisi larutan pengembang secara perlahan menggunakan pipet hingga 0,5 cm pelat KLT terendam dalam larutan pengembang. Sistem tersebut dibiarkan tertutup dengan kertas alumunium sampai kapilarisasi larutan pengembang mencapai batas atas pelat KLT. Setelah itu, pelat KLT dikeluarkan menggunakan pinset, dibiarkan mengering sebentar, dan diletakkan di dalam wadah kedap udara sebelum kemudian disemprot larutan anisaldehida di lemari asam. Pelat KLT yang telah disemprot larutan anisaldehida kemudian dipanaskan selama 60 detik di atas penangas dengan suhu 110 °C (Gambar 3.5.4). Kromatogram hasil KLT didokumentasikan, dicocokkan warna titik senyawanya dengan standar warna PANTONE MATCHING SYSTEM coated-Corel 10, dihitung nilai R_f-nya, dan disimpan di dalam wadah kedap udara.



Gambar 3.5.4 Skema cara kerja kromatografi lapis tipis [Dokumentasi dan ilustrasi pribadi.]

3.5.5 Identifikasi Bentuk Spikula dan Struktur Spikulasi Spons

Konfirmasi identifikasi sampel spons di lapangan dilakukan di laboratorium dengan mengamati struktur spikulasi dan bentuk spikula sampel spons (Berquist 1978: 138--142; Van Soest & Hooper 2002: 721--723). Struktur spikulasi dapat diketahui dengan cara membuat preparat sayatan melintang dan memanjang dari bagian permukaan tubuh (ektosomal) spons. Sayatan spons yang telah dibuat diletakkan di atas gelas objek, ditetaskan entelan dan ditutup dengan gelas penutup. Struktur spikulasi spons kemudian didokumentasikan.

Bentuk spikula spons dapat diketahui dengan mengisolasi spikula dari jaringan spons terlebih dahulu. Isolasi spikula dilakukan berdasarkan metode yang dilakukan oleh Wirawati *dkk.* (2007: 357) dan Aizenberg *dkk.* (1995: 264) yang telah dimodifikasi. Potongan spons ($\pm 0,5 \text{ cm}^3$) dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan sodium hipoklorit (NaClO) 2,625% dan didiamkan selama satu malam, kemudian diultrasonikasi selama 30 menit hingga materi organik sampel spons larut dan warna larutan menjadi bening. Pemanasan larutan dilakukan apabila masih terdapat gumpalan materi organik yang belum larut. Larutan didiamkan sejenak ± 15 menit sampai spikula terendapkan, kemudian didekantasi. Penambahan NaClO, proses ultrasonikasi, dan dekantasi dilakukan kembali sebanyak tiga kali agar spikula benar-benar bersih dari materi organik spons.

Endapan spikula kemudian dicuci dengan akuades sebanyak tiga kali agar larutan NaClO benar-benar hilang. Pencucian dengan akuades dilakukan dengan cara menambahkan akuades ke dalam endapan spikula di tabung reaksi, diultrasonikasi, kemudian spikula dibiarkan mengendap kembali ± 15 menit dan didekantasi. Pencucian spikula selanjutnya dilakukan dengan alkohol 95% sebanyak dua kali agar akuades hilang ditarik oleh alkohol. Pencucian spikula dengan alkohol berguna untuk mempertahankan bentuk spikula (fungsi preservasi). Spikula dalam alkohol dihomogenisasi dengan teknik *pipetting*, kemudian ditetaskan di atas gelas objek. Gelas objek ditutup dengan gelas penutup dan diamati di bawah mikroskop, serta didokumentasikan.

3.5.6 Analisis Data

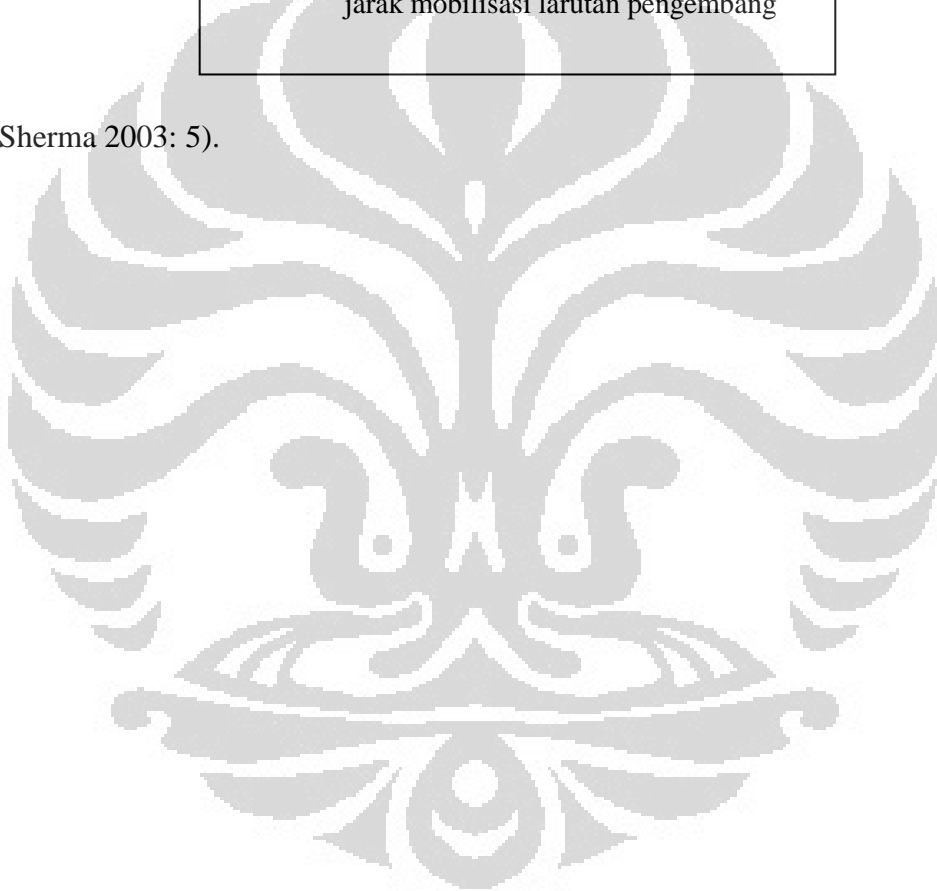
Analisis dilakukan terhadap kromatogram ekstrak sampel. Hipotesis diterima jika sampel *P. elegans* grup 1 dan grup 2 tidak melakukan pemangsaan yang dibuktikan melalui analisis titik senyawa pada kromatogram. Perbandingan dilakukan secara visual terhadap warna dan posisi titik senyawa pada kromatogram. Penilaian hipotesis diterima berdasarkan kromatogram diadopsi dari metode penelitian Fontana *dkk.* (1994: 153) mengenai analisis preferensi makan siput *Hypserlodoris webbi* melalui teknik KLT, yaitu sebagai berikut:

- Hasil KLT sampel *P. elegans* grup 1 tidak memiliki titik yang sama dengan spons *Axinyssa* spp., di luar titik yang sama dengan kelompok kontrol.
- Hasil KLT sampel *P. elegans* grup 2 tidak memiliki titik yang sama dengan spons *Acanthella cavernosa*, di luar titik yang sama dengan kelompok kontrol.

Analisis kromatogram juga dilakukan dengan menghitung nilai Rf (*retention factor*) setiap titik senyawa yang muncul dengan persamaan berikut:

$$Rf = \frac{\text{jarak mobilisasi senyawa}}{\text{jarak mobilisasi larutan pengembang}}$$

(Sherma 2003: 5).



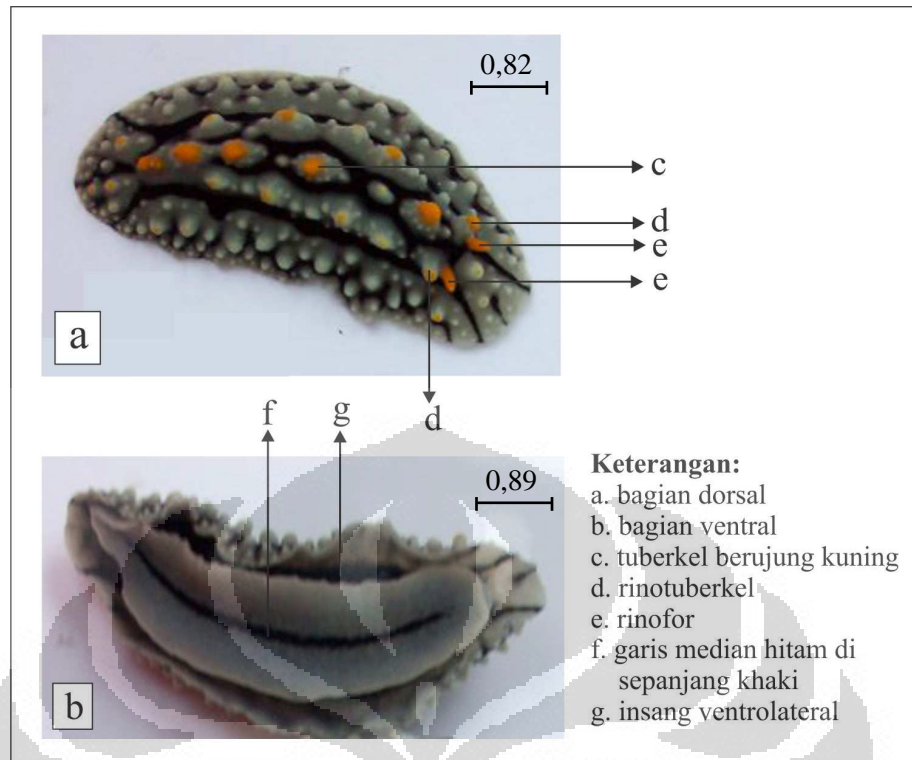
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Sampel Penelitian

4.1.1 Sampel Siput *Phyllidia elegans*

Identifikasi siput *Phyllidia elegans* di habitatnya dilakukan berdasarkan morfologi eksternal dan pola pewarnaan pada mantel, sesuai dengan deskripsi Brunckhorst (1993: 34) dan Dominguez *dkk.* (2007: 93). Sampel siput *P. elegans* dapat dikenali melalui beberapa karakteristik, salah satunya adalah memiliki tiga barisan tuberkel utama yang tidak kontinu di bagian notum (mantel dorsal). Tuberkel berwarna putih sampai krem keabuan atau hijau pucat, beberapa ujung tuberkel berwarna kuning. Tepi mantel memiliki banyak tuberkel kecil dan terdapat garis hitam. Rinofor berwarna kuning. Warna latar belakang mantelnya putih sampai keabuan, namun terdapat garis hitam memanjang di antara barisan tuberkel dan garis hitam melintang pada tepi mantel. Permukaan bawah kakinya terdapat garis median hitam memanjang (Gambar 4.2). Sampel siput *P. elegans* yang ditemukan selama penelitian memiliki panjang berkisar 34--65 mm. Ukuran sampel siput tersebut relatif besar jika dibandingkan dengan siput *P. elegans* yang dideskripsikan oleh Brunckhorst (1993: 34), yaitu memiliki panjang 14--63 mm.

Siput *P. elegans*, jika diperhatikan secara sekilas di alam, tampak memiliki kemiripan morfologi dengan siput *P. varicosa*. Perbedaan yang menonjol adalah tuberkel siput *P. elegans* lebih kasar tidak teratur (*warty*) dan ujungnya lebih melancip, sehingga pewarnaan kuning pada ujung tuberkelnya lebih sempit. Ukuran tubuh siput *P. elegans* yang ditemukan umumnya lebih kecil daripada siput *P. varicosa*. Frekuensi ditemukannya siput *P. elegans* selama penelitian relatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan dijumpainya siput *P. varicosa*, yaitu 28%.



Gambar 4.1.1 Morfologi sampel siput *Phyllidia elegans*
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Siput *P. elegans* pada penelitian (Juli--Agustus 2011) sebagian besar (86%) ditemukan di lereng terumbu bagian selatan Pulau Pramuka pada kedalaman 11,5--15,7 m, hanya dua individu yang ditemukan pada kedalaman 4,2--5 m. Hal tersebut berbeda dengan pengumpulan sampel pada studi pendahuluan (Desember 2010) di lokasi yang sama, seluruh sampel (n=4) ditemukan pada kedalaman yang lebih dangkal, yaitu 1,5--4 m. Siput *P. elegans* juga ditemukan di perairan daerah Karang Sempit (n=1). Fenomena pemangsaan oleh siput *P. elegans* teramati pada kedalaman 11,5 dan 13,7 m, namun spons mangsanya, yang diduga *Drarmacidon* sp., tidak berhasil dikoleksi karena ukurannya terlalu kecil (± 1 cm).

4.1.2 Sampel Spons

Sampel spons yang digunakan pada penelitian meliputi spons dari genus *Axinyssa* dan spons *Acanthella cavernosa*. Identifikasi spons di lapangan dilakukan berdasarkan peristiwa pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* tertentu dan

morfologi eksternal spons. Berdasarkan penelitian Yasman (2006: 61), siput *Phyllidiidae* memiliki preferensi terhadap spons *Halichondrida* tertentu.

Spons genus *Axinyssa* teramati selalu dimangsa oleh enam spesies siput *Phyllidiidae*, yaitu *Phyllidiella pustulosa*, *Phyllidia varicosa*, *Phyllidiella zeylanica*, *Phyllidiopsis krempfi*, *Phyllidiopsis shireenae*, dan *Fryeria menindie*. Siput *P. shireenae* dan *F. menindie* memangsa hanya satu jenis spons *Axinyssa* (n=1); sedangkan siput *P. krempfi* dan *P. varicosa* memangsa dua jenis (n=5; n=17); dan siput *P. pustulosa* dan *P. zeylanica* memangsa empat jenis (n=18; n=12) (Yasman 2006: 61). Berdasarkan jumlah pemangsaan terbanyak, pemangsaan oleh siput *P. pustulosa*, *P. varicosa*, dan *P. zeylanica* kemudian menjadi fokus utama pada pengumpulan sampel spons *Axinyssa* dalam penelitian. Pemangsaan oleh ketiga siput tersebut teramati di lapangan (teramati penjurulan bulbus faring), namun spons yang berhasil dikoleksi hanya spons yang dimangsa oleh siput *P. varicosa* dan *P. zeylanica*. Spons yang dimangsa siput *P. pustulosa* tidak berhasil dikoleksi karena terlalu kecil dan lepas dari substratnya saat proses koleksi dilakukan. Setelah fenomena pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* teramati, morfologi eksternal spons yang diduga *Axinyssa* diamati kesesuaiannya dengan deskripsi pada literatur.

Pemangsaan spons *Acanthella cavernosa* oleh siput *Phyllidia ocellata*, *Phyllidiella lizae*, dan *P. rudmani*, siput *Phyllidiidae* pemangsa spons tersebut (Yasman 2006: 60), tidak dijumpai selama penelitian. Pengamatan Yasman (2006: 58 & 60) pada penelitiannya juga menunjukkan bahwa fenomena tersebut jarang dijumpai di alam (6,45%). Oleh karena itu, koleksi spons *Acanthella cavernosa* dilakukan berdasarkan morfologi eksternalnya yang mudah dikenali. Morfologi eksternal *Acanthella cavernosa* dicocokkan dengan deskripsi Thomas (1973: 47) dan Yasman (2006: 39). Identifikasi spikula dan struktur spikulasi sampel spons kemudian dilakukan untuk mengonfirmasi dugaan di lapangan.

4.1.2.1 *Axinyssa* sp.1

Sampel spons *Axinyssa* sp.1 dimangsa oleh siput *Phyllidia varicosa*. Penjurulan bulbus faring dan tanda bekas pemangsaan teramati, namun tidak berhasil didokumentasikan. Sampel dikoleksi dari habitat bersubstrat patahan

karang mati pada lereng terumbu kedalaman 4 m. Sampel berukuran 10--12 cm, berwarna merah tua, berbentuk masif, konsistensinya keras, dan permukaan tubuhnya seperti beludru. Spikula bertipe *oxea* fusiformis dengan ujung aseratus dan beberapa tumpul. Struktur spikulasinya acak, menyebar tidak teratur, berkas spikulanya membentuk konulasi halus pada permukaan tubuh, dan banyak spikula yang menonjol keluar dari permukaan tubuh spons (Gambar 4.1.2.1).

4.1.2.2 *Axinyssa* sp.2

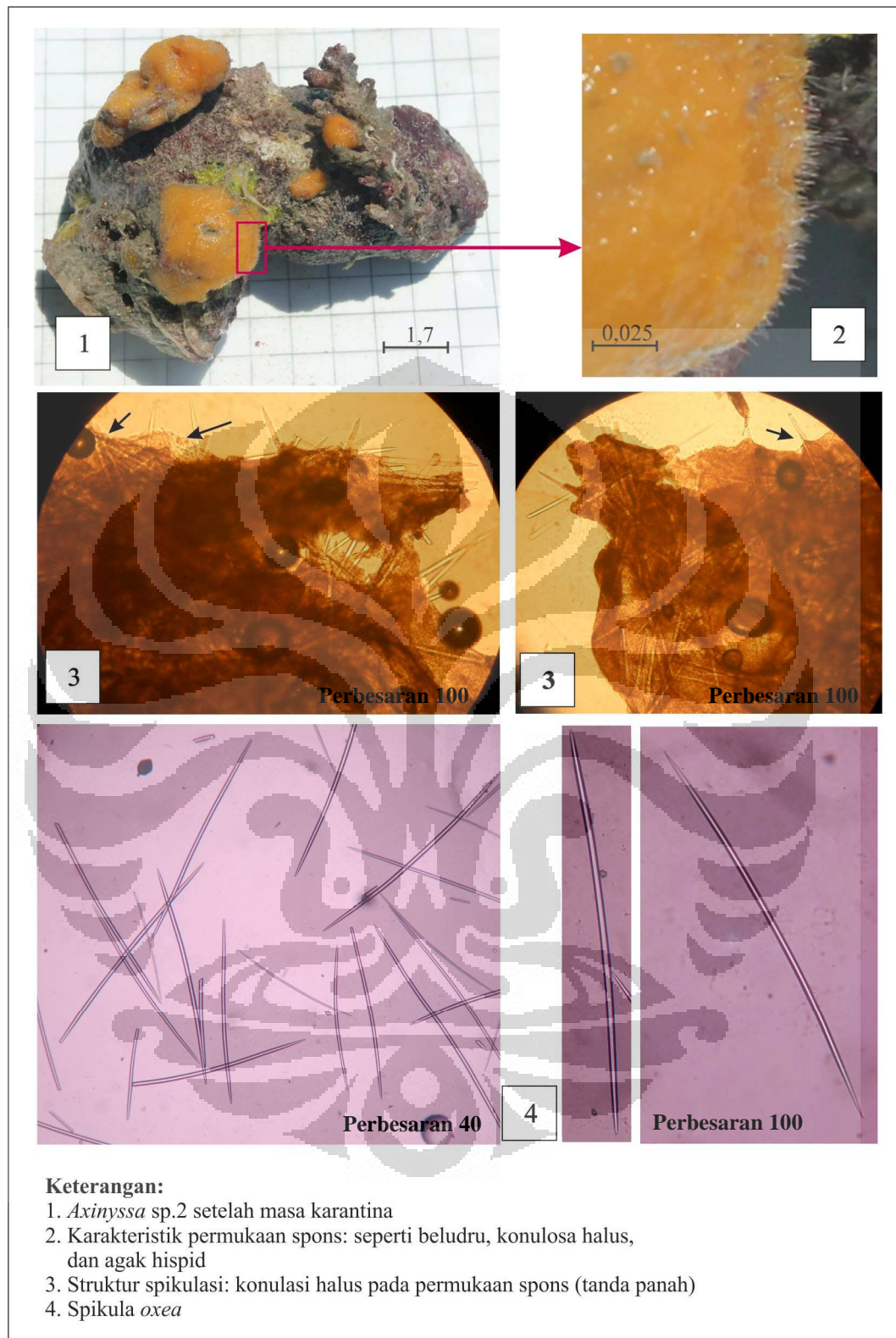
Sampel spons *Axinyssa* sp.2 dimangsa oleh siput *Phyllidiella zeylanica*. Penjuluran bulbus faring dan tanda bekas pemangsaan teramati, namun tidak berhasil didokumentasikan. Spons tersebut dikoleksi dari habitat bersubstrat patahan karang mati pada lereng terumbu kedalaman 14--15 m. Sampel berukuran 1--4 cm, berwarna kuning oranye, bentuk membulat (globular), konsistensinya keras, permukaan tubuhnya seperti beludru dan agak hispid. Spikulanya berbentuk *oxea* fusiformis dengan ujung hastatus. Struktur spikulasinya acak, menyebar tidak teratur, dan berkas spikulanya menonjol (konulasi halus), serta banyak spikula yang menonjol keluar permukaan tubuh (Gambar 4.1.2.2).

4.1.2.3 *Acanthella cavernosa*

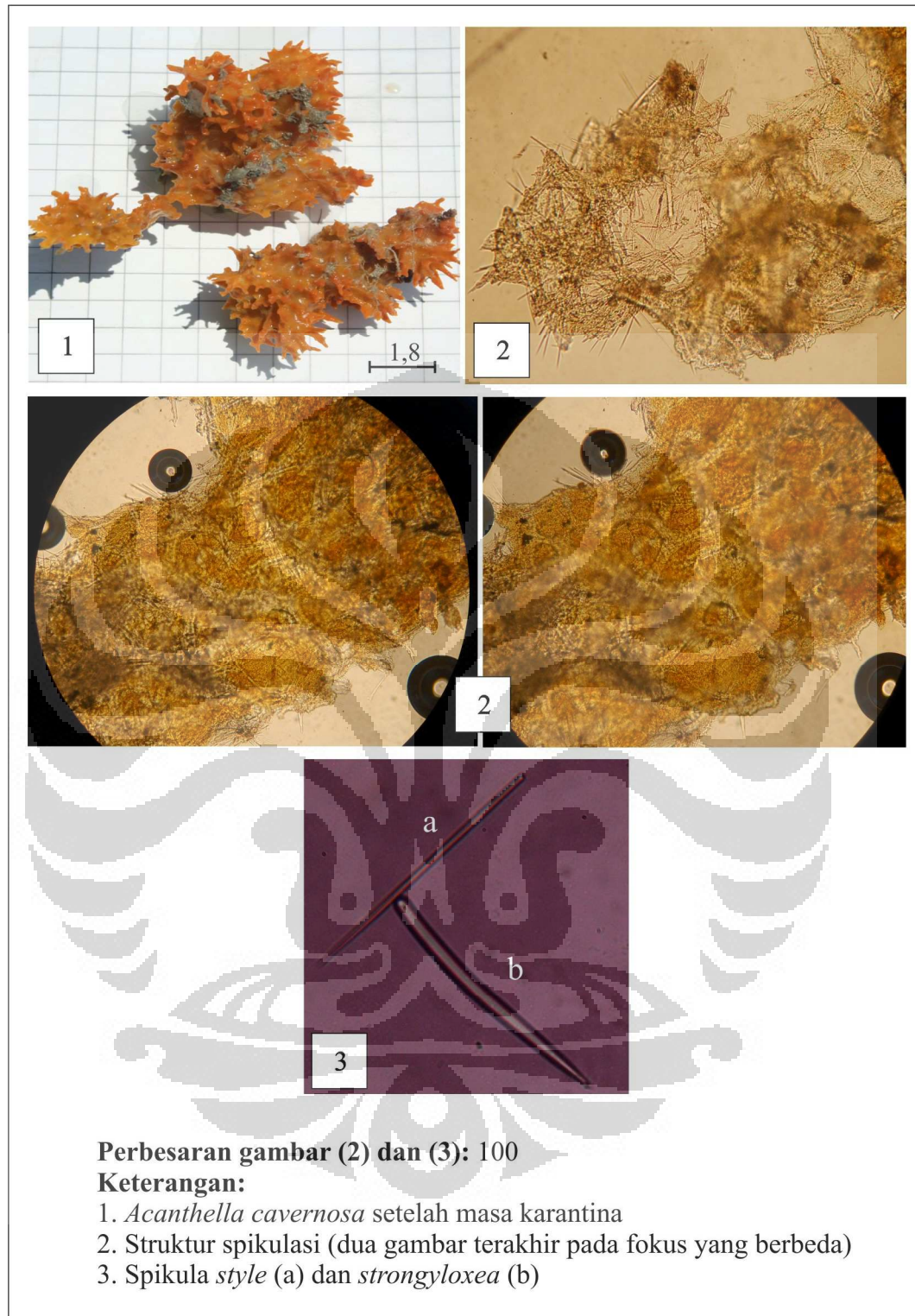
Sampel spons *Acanthella cavernosa* pada penelitian memiliki morfologi eksternal yang sama dengan spons *Acanthella cavernosa* pada penelitian Yasman (2006: 39) di perairan Kepulauan Seribu, yaitu berbentuk kavernos (seperti pohon; menempel pada substrat dengan *stalk*), tegak, bercabang, berwarna oranye cerah (pada keadaan segar), dan memiliki spikula *strongyle* atau *strongyloxea*. Karakteristik permukaan sampel bertipe konulosa, yaitu memiliki konula kasar di permukaan tubuhnya, permukaan tubuh tampak berkilau, dan konsistensinya keras namun liat (kompresibel). Bentuk spikula terdapat dua jenis, yaitu *style* yang ramping dan *strongyloxea*. Struktur spikulasinya menunjukkan spikula *style* mencuat dari permukaan tubuh spons dan membentuk jalinan spikula yang rapat (Gambar 4.1.2.3).



Gambar 4.1.2.1 Sampel spons *Axinyssa* sp.1
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



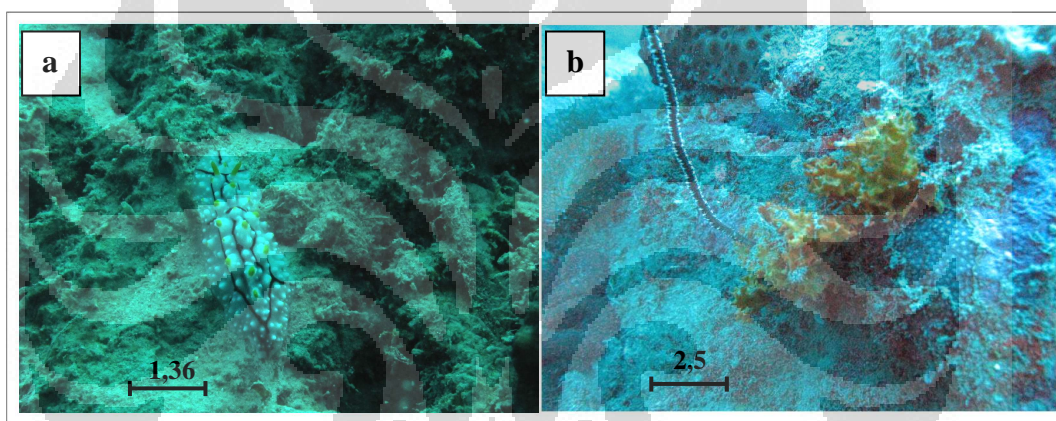
Gambar 4.1.2.2 Sampel spons *Axinyssa* sp.2
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1.2.3 Sampel spons *Acanthella cavernosa*
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.2 Pengumpulan Sampel di Lapangan

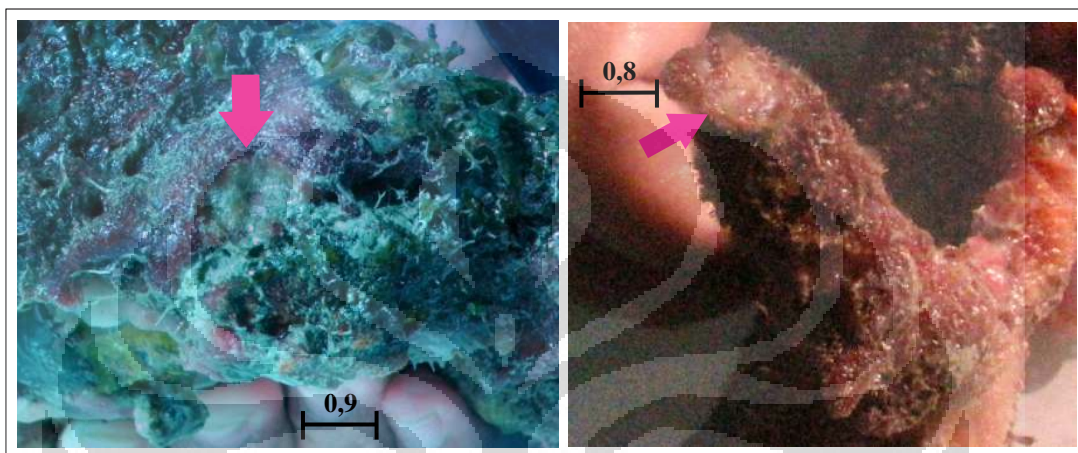
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sampel siput *P. elegans* (Gambar 4.2(1a)) umumnya hidup di daerah lereng terumbu dengan substrat patahan-patahan karang mati dan terdapat sedikit makroalga; kedalaman bervariasi mulai dari 4 hingga 18 meter. Sampel spons *Axinyssa* spp. dikoleksi dari habitat yang serupa dengan habitat sampel siput *P. elegans*, yaitu pada lereng terumbu dengan substrat patahan-patahan karang mati dengan kedalaman bervariasi (4--15 m). Sampel spons *Acanthella cavernosa* (Gambar 4.2(1b)) dikoleksi dari habitat yang jauh berbeda dengan habitat sampel spons *Axinyssa* spp., yaitu terumbu karang yang jenisnya cukup beragam dan kondisinya relatif sehat, kedalaman 18--20 m.



Gambar 4.2(1) Siput *Phyllidia elegans* (a) dan spons *Acanthella cavernosa* (b) di habitatnya
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan terhadap pemangsaan siput *Phyllidiidae* di alam menunjukkan bahwa setiap spesies siput *Phyllidiidae* yang sedang memangsa (teramati penjuluran bulbus faring), memiliki tanda bekas pemangsaan (*feeding scar*) yang berbeda-beda pada spons mangsanya. Siput *Phyllidia varicosa* meninggalkan tanda mangsa berbentuk bunga dengan kelopak ramping dan permukaan tubuh spons di sekitar tanda mangsa berwarna lebih pucat dibanding warna asli spons tersebut, umumnya hijau muda. Hasil pengamatan sesuai dengan laporan pertama mengenai tanda pemangsaan siput *P. varicosa* pada spons mangsanya oleh Yasman (2002: 10; 2003: 18; 2006: 123) dan dilaporkan kembali oleh Alphen (2011: 1), serta dokumentasi visualnya terlampir pada buku identifikasi oleh

Debelius (2001: 241). Siput *Phyllidiella zeylanica* meninggalkan tanda mangsa berupa lubang kecil yang hampir tidak teramati jika tidak diperhatikan dengan seksama. Siput *Phyllidiella pustulosa* meninggalkan tanda mangsa berupa lingkaran cekung yang dangkal (Gambar 4.2(2)). Tanda mangsa siput *P. elegans* pada spons mangsanya tampak tidak jelas dan tidak spesifik, sehingga sulit untuk dideskripsikan.



Gambar 4.2(2) Tanda bekas pemangsaan siput *Phyllidiella pustulosa* pada spons [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Perbedaan tanda bekas pemangsaan oleh siput *Phyllidiidae* kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan morfologi bulbus faring setiap jenis siput tersebut. Siput *P. zeylanica*, *P. pustulosa*, *P. varicosa*, dan *P. elegans* diketahui memiliki morfologi bulbus faring yang berbeda-beda (Dominguez *dkk.* 2007: 90, 93, 105 & 109). Tanda bekas pemangsaan yang paling jelas dan mudah diamati adalah tanda mangsa siput *P. varicosa*. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh bentuk bulbus faring *P. varicosa* yang khas dan penghisapan spons yang intensif dilakukan siput tersebut. Pencernaan intraseluler yang dilakukan oleh siput dimulai dengan mencerna bagian ektosomal spons dengan asam yang dihasilkan oleh bulbus faringnya, kemudian baru menghisap bagian mesohil spons tersebut (Yasman 2006: 123).

Siput *Phyllidiidae* juga teramati cenderung memangsa spons *Halichondrida* tertentu. Pemangsaan spons oleh siput *P. pustulosa* dan *P. zeylanica* secara berturut-turut teramati sebanyak dua dan empat kejadian di alam. Setiap spons mangsa siput *P. pustulosa* memiliki ciri morfologi eksternal yang

sama, begitu pula dengan spons mangsa siput *P. zeylanica*. Ciri morfologi eksternal tersebut meliputi warna, habitus, karakteristik permukaan tubuh, kisaran ukuran, dan bentuk spons. Kesamaan ciri morfologi tersebut dapat mengindikasikan bahwa spons tersebut merupakan spesies yang sama. Setiap spesies siput *Phyllidiidae* diduga kuat memiliki preferensi terhadap spons *Halichondrida* spesies atau genus tertentu (Yasman 2006: 61 & 124).

4.3 Perlakuan terhadap Sampel di Lapangan

Metode karantina dilakukan secara *in-situ* karena berdasarkan penelitian sebelumnya (Yasman 2006), pengujian yang dilakukan secara *ex-situ* menunjukkan kondisi stres pada sampel siput *Phyllidiidae*. Hal tersebut diindikasikan melalui perilaku sampel siput yang seringkali berada dekat permukaan air dan mengangkat ujung mantel untuk mengekspos insangnya (indikasi kondisi anoksik). Kondisi lingkungan akuarium juga sulit untuk dijaga agar serupa di habitatnya. Kesulitan menangani kondisi siput yang stres dalam sistem *ex-situ* juga telah banyak didiskusikan oleh para ahli siput *Phyllidiidae*, seperti Brunckhorst (1993) dan Rudman (2001) (Yasman 2006: 126).

Metode karantina secara *in-situ* pada penelitian dilakukan untuk mengoptimalkan faktor lingkungan agar serupa dengan habitat asli sampel penelitian. Hal tersebut diharapkan dapat menekan simpangan hasil penelitian yang diakibatkan faktor eksternal, misalnya siput mati atau tidak memangsa bukan karena ketiadaan mangsa pilihannya, melainkan karena stres terhadap faktor lingkungan yang tidak sesuai. Pengujian hubungan pemangsaan siput laut umumnya dilakukan secara *ex-situ* (Folino 1993: 15; Thoms *dkk.* 2003: 426; Wagner *dkk.* 2009: 64). Pengujiannya secara *in-situ* belum pernah dilaporkan, sehingga penelitian yang dilakukan dapat memberikan pertimbangan mengenai seberapa efektif dan optimal metode *in-situ* untuk diterapkan dalam suatu penelitian uji pemangsaan.

Proses karantina awalnya berhasil dilakukan terhadap tiga kelompok sampel, yaitu siput *P. elegans* dengan spons *Acanthella cavernosa* (P1), siput *P. elegans* dengan spons *Axinyssa* spp. (P2), dan siput *P. elegans* tanpa spons mangsa (K2). Masing-masing siput *P. elegans* dalam setiap kelompok sampel

berjumlah tiga individu, artinya terdapat tiga ulangan sampel. Namun demikian, pada akhir masa karantina hanya didapatkan satu individu siput *P. elegans* pada sangkar P2 dan satu individu pada sangkar K2 (Tabel 4.3). Siput *P. elegans* lainnya hilang pada masa karantina, walaupun kondisi sangkar telah diperbaiki hingga tidak terdapat celah yang memungkinkan untuk dilewatinya. Kejadian tersebut telah diketahui pula pada saat pengamatan di tengah masa karantina, terdapat tiga sampel siput yang hilang dari sangkar.

Tabel 4.3 Jumlah sampel siput *Phyllidia elegans* sebelum dan sesudah masa karantina

Sampel/ Informasi	Kelompok perlakuan		Kelompok kontrol	
	P1	P2	K1	K2
Keterangan	+ <i>Acanthella cavernosa</i>	+ <i>Axinyssa</i> spp.	Koleksi bebas	Tanpa spons
Jumlah awal	3	3	1	3
Jumlah akhir	0	1	1	1

Kejadian hilangnya sampel siput *P. elegans* juga pernah dialami sebelum masa karantina, yaitu pada masa penyimpanan sementara sampel di dalam sangkar. Masa penyimpanan sampel tersebut juga berlaku sebagai masa uji coba sangkar karantina. Kehilangan sampel siput dialami sampai enam individu pada masa tersebut, kejadian terjepitnya sampel siput di celah pintu sangkar (tampak berusaha meloloskan diri) bahkan teramati beberapa kali (n=3). Peneliti kemudian menyempurnakan rancangan sangkar karantina sedemikian rupa, sehingga diharapkan tidak terdapat lagi celah yang memungkinkan sampel siput keluar dari sangkar. Penyebab dan mekanisme hilangnya sampel siput pada masa karantina tidak dapat dijelaskan. Oleh karena itu, penyebab paling mungkin yang diduga oleh peneliti adalah sampel siput mati di dalam sangkar karantina dan mengalami degradasi, sehingga bagian tubuhnya tidak ditemukan. Kematian sampel siput dapat disebabkan oleh faktor kekurangan pangan atau terlukanya tubuh siput karena berusaha mencari celah pada sangkar untuk meloloskan diri.

Pengamatan yang dilakukan pada masa karantina menunjukkan bahwa kejadian pemangsaan sampel spons oleh sampel siput *P. elegans* tidak pernah teramati. Sampel siput bahkan tidak pernah teramati berada di atas sampel spons. Sampel siput *P. elegans* seringkali menempel pada sisi-sisi sangkar atau bersembunyi di balik karang-karang mati dalam sangkar. Siput *P. elegans* yang

menempel pada sisi sangkar seolah-olah berusaha mencari celah untuk keluar dari sangkar. Hal tersebut dapat dipahami karena siput sampel pada masa sebelum karantina (sangkar belum disempurnakan) pernah teramati berusaha meloloskan diri, namun tubuhnya tersangkut pada celah pintu yang sempit (Gambar 4.3(1)).



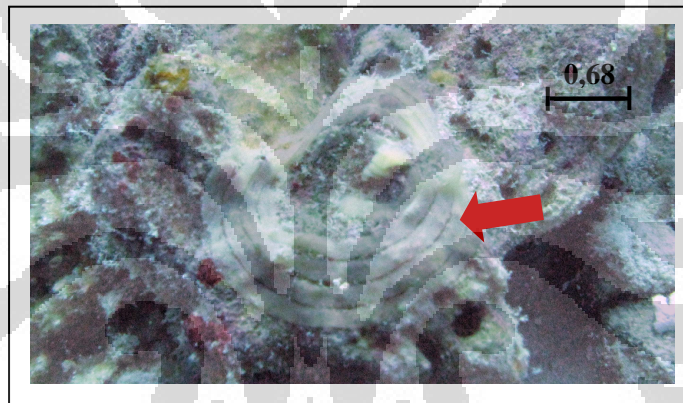
Gambar 4.3(1) Siput *Phyllidia elegans* berusaha meloloskan diri melalui celah pintu sangkar [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Sampel siput yang terlihat berusaha meloloskan diri diduga disebabkan oleh tidak nyamannya kondisi dalam sangkar. Ketidaknyamanan tersebut dapat diakibatkan oleh ketiadaan pangan yang diinginkan siput atau kondisi lingkungan dalam sangkar yang belum sesuai dengan habitatnya. Organisme yang memiliki mangsa khusus umumnya cenderung mencari keberadaan mangsanya bahkan dapat mengikuti persebaran habitat mangsanya (Wagner *dkk.* 2009: 71). Kondisi lingkungan sangkar yang belum optimal diduga karena material sangkar mengalami karat, sedimentasi, serta ditumbuhi oleh biota-biota laut penempel (Gambar 4.3(2)). Sedimentasi dan penempelan biota tersebut dikhawatirkan dapat mengganggu sirkulasi air dalam sangkar.

Sampel siput *P. elegans* diketahui melakukan pemijahan karena ditemukan gugusan telur berpola spiral pada karang mati di dalam sangkar (Gambar 4.3(3)). Siput *Phyllidiidae* umumnya meletakkan telurnya pada suatu jenis organisme mangsa tertentu (Debelius 2001: 260). Gugusan telur sampel siput yang ditemukan pada karang mati, bukan pada sampel spons, memperkuat dugaan bahwa sampel spons bukanlah mangsa yang diinginkan siput *P. elegans*.



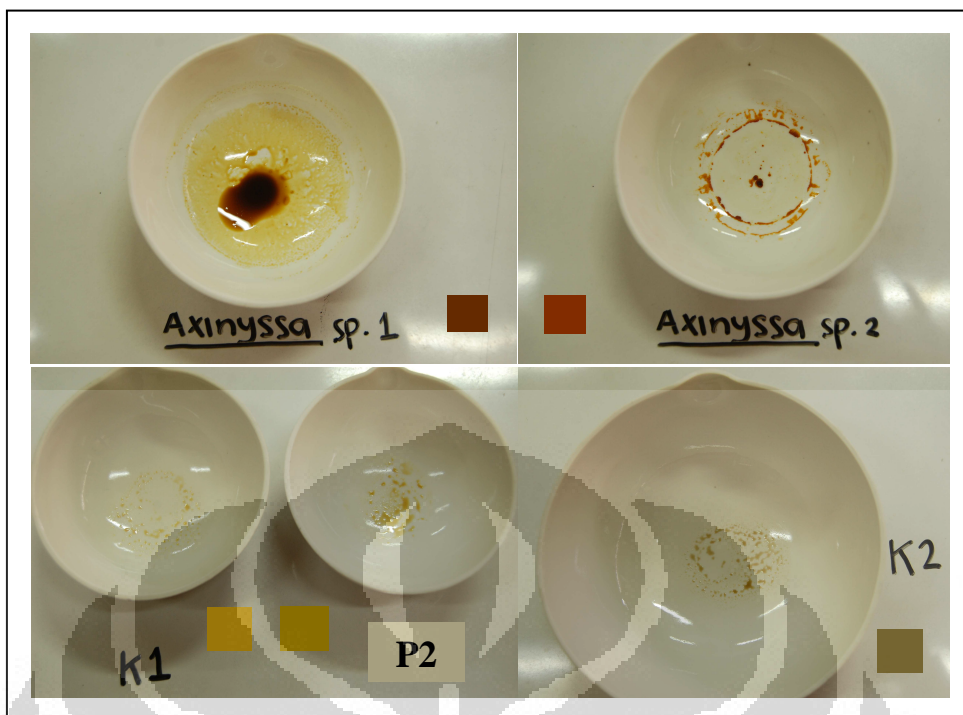
Gambar 4.3(2) Kondisi sangkar setelah masa karantina
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.3(3) Telur siput *Phyllidia elegans*
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.4 Ekstraksi

Hasil ekstraksi bebas garam dari sampel siput *P. elegans* merupakan ekstrak berupa minyak (*oily*) berwarna hijau kekuningan (Pantone 4485 CVC) sampai kuning kehijauan (Pantone 125 CVC dan Pantone 126 CVC). Ekstrak bebas garam dari sampel spons *Axinyssa* sp.1 berupa minyak berwarna coklat pekat kekuningan (Pantone 168 CVC). Ekstrak bebas garam dari sampel spons *Axinyssa* sp.2 berupa padatan (*solid*) berwarna oranye kemerahan (Pantone 1685 CVC) (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Ekstrak bebas garam sampel siput *Phyllidia elegans* dan spons *Axinyssa* spp.
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.5 Kromatografi Lapis Tipis

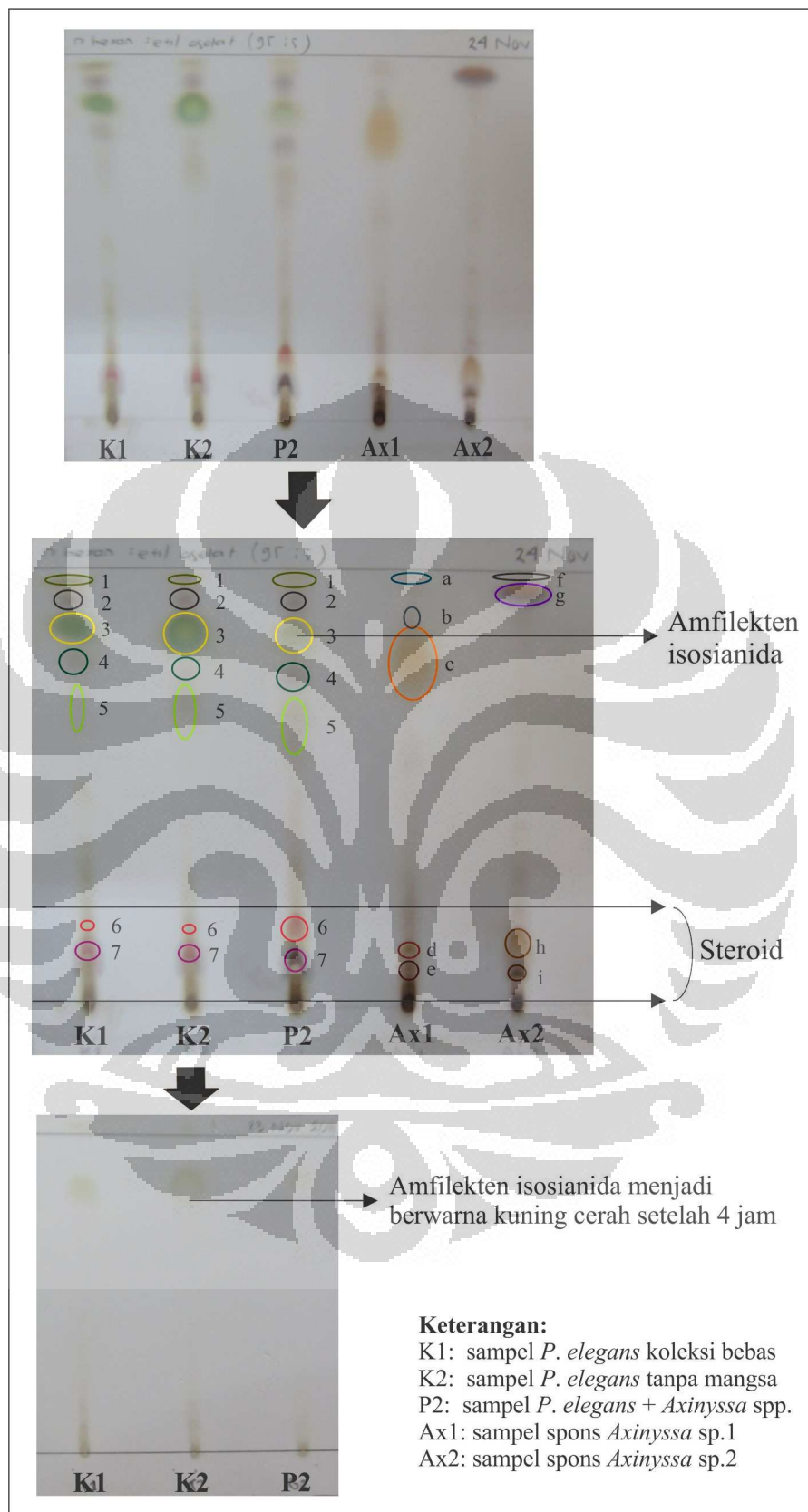
Teknik kromatografi lapis tipis (KLT) digunakan untuk proses analisis pemangsaan secara kimia. Analisis kimia menggunakan teknik KLT dinilai mudah, murah, dan dapat mengonfirmasi hubungan pemangsaan siput *Nudibranchia* dan mangsanya. Analisis pemangsaan oleh Fontana *dkk.* (1994: 513) menunjukkan bahwa siput *Nudibranchia* yang memangsa suatu pangan uji menunjukkan adanya titik senyawa yang sama pada kromatogram KLT.

Hasil KLT menunjukkan bahwa terdapat kandungan amfilekten isosianida pada ekstrak K1, yaitu sampel siput *P. elegans* yang dikoleksi bebas dari habitatnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa amfilekten isosianida secara konsisten diakumulasi oleh siput *P. elegans* dari spons mangsanya, *Dragmacidon* sp. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya (Yasman 2006) dan hasil studi pendahuluan pada Desember 2010, sehingga memperkuat dugaan bahwa siput *P. elegans* di habitatnya memangsa spons *Dragmacidon* sp. Kandungan amfilekten pada ekstrak diketahui dengan adanya kemunculan titik

berwarna biru toska cerah (tampak agak kekuningan) setelah pelat KLT disemprot larutan anisaldehida dan dipanaskan 60 detik pada suhu 110 °C. Warna biru cerah tersebut kemudian berubah menjadi warna kuning cerah setelah 4 jam didiamkan dalam wadah kedap udara. Kromatogram ekstrak K1, K2, dan P2 memiliki pola titik senyawa yang sama, meliputi kemunculan titik senyawa amfilekten isosianida.

Kromatogram ekstrak P2, yaitu sampel siput *P. elegans* yang dikarantina dengan sampel spons *Axinyssa* spp., jika dibandingkan dengan ekstrak spons *Axinyssa* sp.1 dan *Axinyssa* sp.2 tidak memiliki kesamaan titik senyawa, baik dilihat warna maupun posisi titiknya. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel siput *P. elegans* tidak mengambil dan mengakumulasi senyawa metabolit sekunder dari sampel spons *Axinyssa* spp., sehingga diduga tidak memangsa spons tersebut. Sampel siput *P. elegans* yang diduga tidak memangsa spons *Axinyssa* spp. pada penelitian memperkuat dugaan bahwa siput *P. elegans* tidak memangsa spons selain spons mangsanya, *Dracopis* sp., bahkan pada kondisi kekurangan pangan.

Amfilekten isosianida pada kromatogram penelitian dan studi pendahuluan memiliki nilai Rf hampir sama. Nilai Rf amfilekten isosianida pada penelitian berkisar 0,89--0,91 dan pada studi pendahuluan 0,91. Kesamaan titik-titik senyawa yang muncul pada K1, K2, dan P2 juga sesuai dengan rentang nilai Rf yang kecil. Titik-titik senyawa yang muncul pada kromatogram sampel ditunjukkan pada gambar 4.5, sedangkan keterangan warna dan nilai Rf titik-titik senyawa tersebut disajikan dalam lampiran 1 dan standar warna yang digunakan dalam lampiran 2.



Gambar 4.5 Kromatogram sampel siput dan spons pada penelitian [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.6 Ekologi Pemangsaan dan Dugaan Kekhususan Mangsa Siput *Phyllidia elegans*

Pemangsaan merupakan interaksi kompleks antara dua organisme untuk memenuhi kebutuhan nutrisi salah satunya (Bengston 2002: 289). Siput *Phyllidia elegans*, sebagai anggota famili *Phyllidiidae*, melakukan pemangsaan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya, tetapi juga untuk mengambil senyawa metabolit sekunder dari mangsanya. Senyawa tersebut diduga memiliki fungsi ekologis bagi siput, yang meliputi pertahanan diri secara kimiawi, antipenempelan oleh organisme lain, dan antipemangsaan. Hal tersebut dapat dipahami karena siput *Phyllidiidae*, sebagai anggota *Nudibranchia*, memiliki tubuh yang tidak bercangkang dan berwarna cerah, sehingga terlihat rentan terhadap pemangsaan (Brunckhorst 1991: 481; Garson & Simpson 2004: 174; Gunthorpe & Cameron 1987 dalam Paul dkk. 2007: 139).

Variabel yang berperan dalam pemangsaan meliputi kemampuan pemangsa, preferensi pemangsa, dan ketersediaan mangsa (Bengston 2002: 294). Siput *Phyllidiidae* diketahui merupakan pemangsa dari spons ordo *Halichondrida* dan diduga memiliki preferensi terhadap spons *Halichondrida* tertentu (Yasman 2006: 145; Paul dkk. 2007: 140; Putra 2007: 36). Siput *P. elegans* diduga secara khusus memangsa spons *Drarmacidon* sp. yang merupakan anggota ordo *Halichondrida*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siput tersebut tidak memangsa sampel spons *Axinyssa* spp., walaupun dalam kondisi kekurangan pangan. Hasil tersebut konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa siput *P. elegans* selalu teramati memangsa spons *Drarmacidon* sp., baik di habitatnya (*in-situ*) maupun pada pengujian di akuarium (*ex-situ*). Pasangan mangsa-pemangsa tersebut pun memiliki kesamaan senyawa metabolit sekunder, yaitu empat senyawa seskuiterpen isosianida dan satu senyawa diterpen isosianida, yaitu amfilekten isosianida (Yasman 2006: 145).

Kekhususan mangsa mengacu kepada pemangsa yang memiliki preferensi tinggi terhadap mangsa tertentu atau bahkan mangsanya bersifat spesifik. Kekhususan mangsa merupakan bentuk tingginya selektivitas pemangsa terhadap mangsanya (Folino 1993: 15; Thoms dkk. 2003: 426; Wagner dkk. 2009: 64).

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi selektivitas pemangsa terhadap mangsa meliputi kelimpahan mangsa, ukuran tubuh mangsa, kandungan nutrisi mangsa, kondisi mangsa, habitat mangsa, kecocokan morfologi mangsa-pemangsa, dan kandungan senyawa kimia dalam tubuh mangsa (Pastorok 1980: 917; Unger & Lewis 1983: 1142; Murray 2002: 614; Penney 2002: 411; Kiss 2004: 154).

Kekhususan mangsa siput *P. elegans* diduga dipengaruhi terutama oleh faktor kandungan senyawa kimia dalam tubuh mangsa. Senyawa metabolit sekunder yang diambil dan diakumulasi siput *P. elegans* dari spons mangsanya, *Drasmodon* sp., diduga memiliki fungsi ekologis yang penting bagi siput tersebut. Yasman (2006: 142) menduga bahwa senyawa amfiekten isosianida yang diambil siput *P. elegans* dari spons *Drasmodon* sp. bersifat *feeding attractant* bagi siput *P. elegans*, namun bersifat *feeding repellent* bagi siput *Phyllidiidae* lainnya. Hal tersebut, jika terbukti benar, maka artinya kisaran pemangsa spons *Drasmodon* sp. adalah sempit, sehingga kelimpahan dan ketersediaannya tetap terjaga untuk dimangsa hanya oleh siput *P. elegans*.

Senyawa metabolit sekunder yang didapatkan siput *P. elegans* dari spons *Drasmodon* sp. juga kemungkinan digunakan oleh siput secara khusus dalam mekanisme pertahanan diri secara kimiawi. Kekhususan mangsa yang terjadi pada biota laut umumnya merupakan suatu bentuk usaha pertahanan diri dari predator, misalnya pada siput *Tritonia hamnerorum* (*Opisthobranchia*; *Nudibranchia*: *Dendronotidae*) yang secara khusus memangsa kipas laut *Gorgonia ventalina*. Siput tersebut selektif mengambil senyawa furanogermakren julianafuran dari *G. ventalina* yang terbukti efektif melindungi siput dari serangan ikan karang predator *Thalassoma bifasciatum* (Cronin dkk. 1995: 181--186).

Kekhususan mangsa siput *P. elegans* juga diduga dipengaruhi oleh faktor kecocokan morfologi mangsa-pemangsa. Kecocokan morfologi antara siput *P. elegans* dan spons *Drasmodon* sp. dapat terjadi dengan melibatkan bentuk spikula dan struktur spikulasi spons *Drasmodon* sp. Spons *Drasmodon* sp. memiliki tipe spikulasi plumoretikulat dengan tipe spikula *oxea* dan/atau *style* yang membentuk berkas trikodragmata (Alvarez & Hooper 2002: 734). Namun demikian, hubungan antara tipe spikula dan struktur spikulasi spons *Drasmodon*

sp. terhadap siput *P. elegans* masih belum diketahui. Perbedaan morfologi bulbus faring setiap spesies siput *Phyllidiidae* juga diperkirakan tidak memiliki peran biologis bagi siput tersebut untuk menjadi pemangsa khusus terhadap spons tertentu (Yasman 2006: 125).

Faktor kecocokan morfologi mangsa-pemangsa merupakan faktor yang bertanggung jawab dalam preferensi siput *Phyllidiidae* pada spons *Halichondrida* (Yasman 2006: 124). Siput *Phyllidiidae*, sebagai siput *Nudibranchia* yang tidak memiliki radula, dianggap sesuai memangsa spons *Halichondrida* yang merupakan spons non-retikulat. Spons mangsa yang teramati dalam penelitian Yasman (2006) (*Axinyssa* spp., *Acanthella cavernosa*, dan *Dracmacidon* sp.), bahkan merupakan spons yang tidak memiliki skeleton ektosomal. Hal tersebut diduga memudahkan siput *Phyllidiidae* mencerna epidermis spons (dengan zat asam pada bulbus faringnya) untuk mempercepat penghisapan materi organik pada bagian mesohil spons (Yasman 2006: 123).

Tingkat kekhususan mangsa siput *P. elegans* belum dapat dipastikan apakah mutlak atau dapat ditolerir pada kondisi tertentu. Kondisi tertentu tersebut misalnya mengacu pada ukuran tubuh berbeda atau tahap perkembangan berbeda (Wagner *dkk.* 2009: 71). Sebagai contoh, sampel siput aeolid Wagner *dkk.* (2009: 71) mengalami perbedaan kekhususan mangsa pada siput dengan ukuran dan tingkat perkembangan berbeda. Anomali terjadi pada siput juvenil dan berukuran kecil yang diduga memakan mangsa alternatif sebelum akhirnya mengganti makanannya dengan mangsa khususnya.

Penelitian juga tidak menyelidiki efek dari ketiadaan mangsa target dalam jangka waktu tertentu. Tingkat keseriusan efek tersebut diasumsikan dapat mengindikasikan tingkat kekhususan mangsa oleh pemangsa. Efek ketiadaan mangsa, selain kejadian pemangsaan, dapat direpresentasikan dalam beberapa aspek, meliputi kelangsungan hidup, perubahan morfologis (panjang, berat, dan keutuhan tubuh), produktivitas reproduksi (fekunditas), perkembangan larva, siklus hidup, dan pemanfaatan lahan hidup oleh pemangsa (Heard 2000: 22--23; Kaufman & Landis 2000: 159--161; Wagner *dkk.* 2009: 70).

Penelitian kekhususan mangsa siput *Opisthobranchia* yang efek ketiadaan mangsanya diketahui berpengaruh langsung terhadap kelangsungan hidup

pemangsa misalnya yang dilakukan oleh Wagner *dkk.* (2009). Penelitiannya menunjukkan bahwa siput *Phyllodesmium poindimiei* (*Opisthobranchia: Nudibranchia: Aeolidoidae: Facelinidae*) tidak dapat bertahan hidup (mati) saat dipisahkan dari mangsanya, oktokoral *Carijoa riseii*. Siput tersebut sama sekali tidak memangsa pangan alternatif yang diberikan, yaitu *Sinularia densa* dan *Sarcothelia edmonsoni* (Wagner *dkk.* 2009: 64 & 70).

Uji kekhususan mangsa umumnya menggunakan dua istilah untuk mengacu sampel organisme yang digunakan, yaitu organisme nontarget dan organisme target. Sampel spons *Axinyssa* spp. pada penelitian merupakan organisme nontarget. Organisme nontarget merupakan organisme yang diketahui di alam bukan mangsa potensial organisme pemangsa yang diuji dan diharapkan tidak dimangsa oleh pemangsa tersebut dalam pengujian. Spons *Drarmacidon* sp. berlaku sebagai organisme target, yaitu organisme yang telah diketahui di alam merupakan mangsa dari organisme pemangsa yang diuji dan diharapkan dimangsa oleh organisme pemangsa tersebut dalam pengujian (Zilahi-Balogh *dkk.* 2001: 197; Charles & Allan 2002: 37; Gandolfo *dkk.* 2007: 224 & 226).

Pemilihan organisme nontarget pada penelitian dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya (Yasman 2006) yang menunjukkan kesamaan antara organisme nontarget dan organisme target, yakni sama-sama merupakan spons mangsa dari siput *Phyllidiidae*. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari hasil yang salah, terutama kesalahan positif, sehingga memperkecil kisaran mangsa uji. Kesalahan positif mengacu pada pemangsaan yang terjadi pada mangsa uji yang secara potensial tidak akan dimangsa organisme uji di alam. Kesalahan negatif mengacu pada tidak terjadinya pemangsaan pada pengujian, padahal mangsa uji merupakan mangsa potensial organisme uji di alam (Heard 2000: 21). Kesalahan negatif pada penelitian diabaikan karena pengujian dilakukan tanpa mangsa target (spons *Drarmacidon* sp.).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

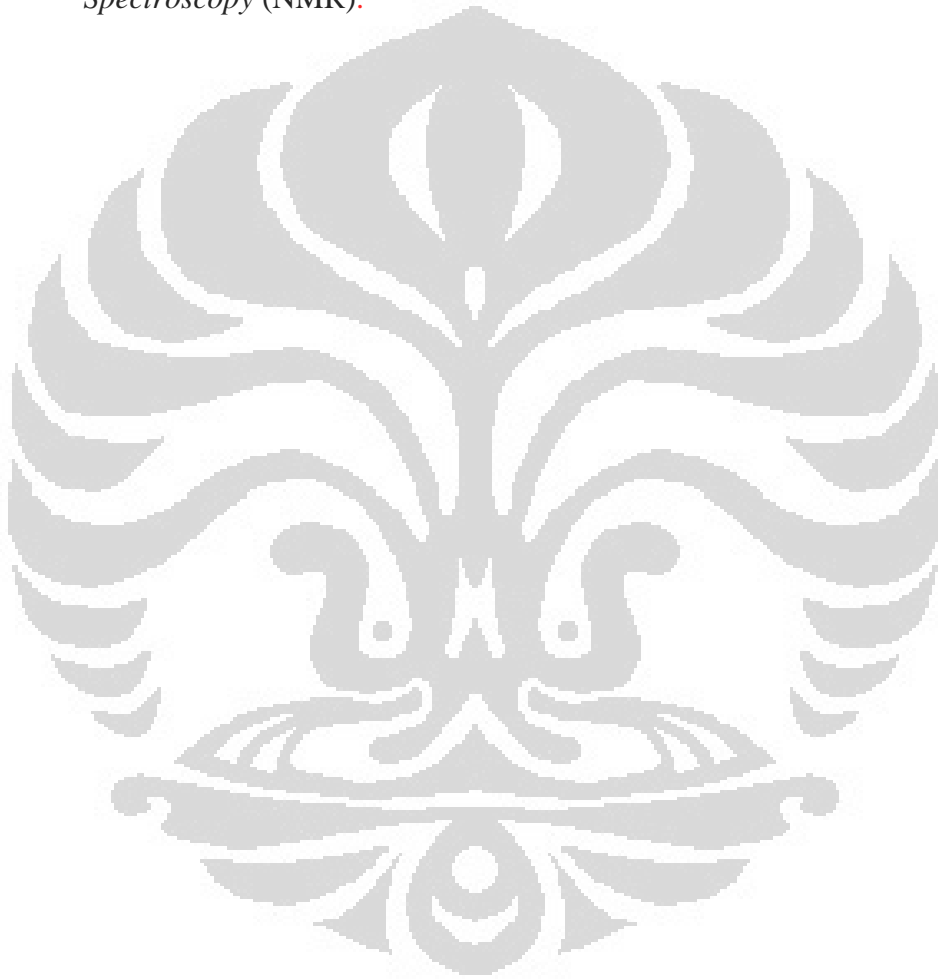
1. Siput *Phyllidia elegans* diduga secara konsisten memangsa spons *Drumacidon* sp. di habitatnya, ditunjukkan dengan adanya amfitekton isosianida pada kromatogram KLT sampel siput.
2. Siput *P. elegans* tidak memangsa spons *Axinyssa* spp. dalam kondisi kekurangan pangan.
3. Siput *Phyllidia elegans* diduga kuat secara khusus memangsa spons *Drumacidon* sp., namun tingkat kekhususannya belum diketahui.

5.2 Saran

1. Pengujian serupa perlu dilakukan terhadap spons *Halichondrida* lainnya, terutama *Acanthella cavernosa*, atau dapat dicoba yang lainnya, seperti *Halichondria*, *Axinella*, *Hymenacidon*, dan *Phakellia carduus*. Alasan rekomendasi adalah karena spons-spons tersebut merupakan organisme nontarget bagi siput *P. elegans* yang memiliki kesamaan, yaitu pernah dilaporkan dimangsa oleh siput *Phyllidiidae*. Pengujian selanjutnya dapat mengerucutkan analisis untuk menjawab hipotesis turunan bahwa siput *P. elegans* khusus memangsa spons *Drumacidon* sp.
2. Penelitian serupa baik untuk dilakukan secara *in-situ*, namun dengan sistem karantina yang lebih baik, misalnya dimensi sangkar lebih besar dan material sangkar dipilih yang tidak berkarat (atau dilapisi dengan cat anti air). Pengontrolan sistem juga perlu dilakukan lebih rutin, misalnya dua hari sekali.
3. Pelaksanaan penelitian serupa untuk selanjutnya, dilakukan dengan mengikutsertakan variabel efek ketiadaan mangsa organisme uji, seperti kelangsungan hidup, kemampuan reproduksi, perkembangan larva, atau morfologi tubuh. Informasi tersebut membantu mengindikasikan tingkat

kekhususan mangsa organisme uji, sehingga kajian mengenai ekologi pemangsaannya dapat dilakukan lebih mendalam.

4. Konfirmasi pemangsaan melalui analisis kimia akan semakin baik jika dilakukan juga dengan teknik yang dapat menunjang penelusuran senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam sampel, seperti kromatografi gas (KG), *High-performance Liquid Chromatography* (HPLC), *Mass Spectrometric* (MS), dan analisis *Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* (NMR).



DAFTAR REFERENSI

- Aizenberg, J., J. Hanson, M. Ilan, L. Leiserowitz, T. F. Koetzle, L. Addadi & S. Weiner. 1995. Morphogenesis of calcitic sponge spicules: a role for specialized proteins interacting with growing crystals. *The FASEB Journal* **9**: 262--268.
- Alphen, J. van, N.J. de Voogd & B.W. Hoeksema. 2011. Differential feeding strategies in phyllidiid nudibranchs on coral reefs at Halmahera, northern Moluccas. *Coral Reefs* **30**: 59.
- Alvarez, B. & J.N.A. Hooper. 2002. Famili Axinellidae Carter, 1875. *Dalam*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest (eds.). 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: xix + 1101 hlm.
- Bengston, S. 2002. Origins and early evolution of predation. *Paleontological Society Papers* **5**(8): 289--318.
- Bergquist, P.R. 1978. *Sponges*. Hutchinson & Co. Ltd., London: 1--268 hlm.
- Bohlmann, J. & C.I. Keeling. 2008. Terpenoid biomaterials. *The Plant Journal* **54**: 656--669.
- Boury-Esnault, N. & K. Rützler (eds.). 1997. *Thesaurus of sponge morphology*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.: iv + 55 hlm.
- Brunckhorst, D.J. 1991. Do phyllidiid nudibranchs demonstrate behavior consistent with their apparent warning coloration?—some field observation. *Journal of Molluscan Studies* **57**: 481--489.
- Brunckhorst, D.J. 1993. The systematic and phylogeny of phyllidiid nudibranchs (Doridoidea). *Records of the Australian Museum Supplement* **16**: 107 hlm.
- Charles, J.G. & D.J. Allan. 2002. An ecological perspective to host-specificity testing of biocontrol agents. *New Zealand Plant Protection* **55**: 37--41.
- Cimino, G. & G. Sodano. 1994. Transfer of sponge secondary metabolites to predators. *Dalam*: Van Soest & Braekman (eds.). 1994. *Sponges in time and space*. Balkema, Rotterdam: 459--472.

- Cimino, G. & M.T. Ghiselin. 1999. Chemical defense and evolutionary trends in biosynthetic capacity among dorid nudibranch (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia). *Chemoecology* **9**: 187--207.
- Cronin, G., M.E. Hay, W. Fenical & N. Lindquist. 1995. Distribution, density, and sequestration of host chemical defenses by the specialist nudibranch *Tritonia hamnerorum* found at high densities on the sea fan *Gorgonia ventalina*. *Marine Ecology Progress Series* **119**: 177--189.
- Daryanto. 1999. Jenis-jenis Nudibranchia (Gastropoda, Opisthobranchia) di lereng terumbu Pulau Putri Timur, Kepulauan Seribu. Skripsi S1 Jurusan Biologi FMIPA-UI, Depok: x + 96 hlm.
- Debelius, H. 2001. *Nudibranchs and sea snails Inod-Pacific field guide (3rd ed.)*. Grupo M&G Difusion S.L, Frankfurt: 320 hlm.
- Dominguez, M., P. Quintas & J.S. Troncoso. 2007. Phyllidiidae (Opisthobranchia: Nudibranchia) from Papua New Guinea with the description of a new species of *Phyllidiella*. *American Malacological Bulletin* **22**(1): 89--117.
- Dumdei, E.J., A.E. Flowers, M.J. Garson & C.J. Moore. 1997. The biosynthesis of sesquiterpene isocyanides and isocyanates in the marine sponge *Acanthella cavernosa* (Dendy); evidence for dietary transfer to the dorid nudibranch *Phyllidiella pustulosa*. *Comparative Biochemistry and Physiology* **118A** (4): 1385--1392.
- Erpenbeck, D. & R.W.M. Van Soest. 2002. Family Halicondriidae Gray, 1867. *Dalam*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest (eds.). 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: xix + 1101 hlm.
- Folino, N. C. 1993. Feeding and growth of the aeolid nudibranch *Cuthona nana* (Alder and Hancock, 1842). *The Malacological Society of London* **59**: 15--22.
- Fontana, A., F. Gimenez, A. Marin, E. Mollo & G. Cimino. 1994. Transfer of secondary metabolites from the sponges *Dysidea fragilis* and *Pleraplysilla spinifera* to the mantel dermal formation (MDFs) of the nudibranch *Hypserlodoris webbi*. *Birkhäuser Verlag Journals*: 510--516.

- Fusetani, N., H.J. Wolstenholme & S. Matsunaga. 1990. Co-occurrence of 9-isocyanopupukeanane and its C-9 epimer in the nudibranch *Phyllidia bourgini*. *Tetrahedron Letters* **31** (39): 5623--5624.
- Fusetani, N., H.J. Wolstenholme, K. Shinoda, N. Asai & S. Matsunaga. 1992. Two sesquiterpene isocyanides and a sesquiterpene thiocyanate from the marine sponge *Acanthella* cf. *cavernosa* and the nudibranch *Phyllidia ocellata*. *Tetrahedron Letters* **33** (45): 6823--6826.
- Fusetani, N. 2004. Biofouling and antifouling. *Natural Product Reports* **21**: 94--104.
- Gandolfo, D., F. McKay, J.C. Medal & J.P. Cuda. 2007. Open-Field host specificity test of *Gratiana Boliviana* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of tropical soda apple (Solanaceae) in the United States. *Florida Entomologist* **90**(1): 223--228.
- Garson, M.J., J.S. Simpson, A.E. Flowers & E.J. Dumdei. 2000. Cyanide and thiocyanate-derived functionality in marine organisms-structures, biosynthesis and ecology. *Studies in Natural Products Chemistry* **21**: 329--371.
- Garson, M.J. & J.S. Simpson. 2004. Marine isocyanides and related natural products-structure, biosynthesis and ecology. *Natural Products* **21**: 164--179.
- Heard, T.A. 2000. Host specificity testing of biocontrol agents of weeds. *Entomology* **42**: 21--29.
- Hirota, H., T. Okino, E. Yoshimura & N. Fusetani. 1998. Five new antifouling sesquiterpenes from two marine sponges of the genus *Axinyssa* and the nudibranch *Phyllidia pustulosa*. *Tetrahedron* **54**: 13971--13980.
- Hooper, J.N.A., R.W.M. Van Soest & F. Debrenne. 2002. Class Demospongiae Sollas, 1885. *Dalam*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest. (eds.). 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: xix + 1101 hlm.
- Hooper, J.N.A. 2003. '*Sponguide*': *Guide to sponge collection and identification*. Queensland Museum, Brisbane: 26 hlm.

- Karlsson, L. 2001. *Opisthobranchia: A taxonomic and biological review with emphasis on the families Chromodorodidae and Phyllidiidae together with field notes from South East Sulawesi, Indonesia*. Undergraduate Thesis in Biology, University of Linköping, Sweden: ii + 50 hlm.
- Kassühlke, K.E., B.C.M. Potts & D.J. Faulkner. 1991. New nitrogenous sesquiterpenes from two Philippine nudibranchs, *Phyllidia pustulosa* and *P. varicosa*, and from Palauan sponge, *Halichondria cf. lendenfeldi*. *Journal of Organic Chemistry* **56**: 3747--3750.
- Kaufman, L.N. & D.A. Landis. 2000. Host specificity testing of *Galerucella californiensis* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) on wild and ornamental plant species. *Biological control* **18**: 157--164.
- Kiss, A. 2004. Field and laboratory observations on the microhabitat and food selection as well as predator avoidance of *Notodromas monacha* (Crustacea: Ostracoda). *Revista Española de Micropaleontología* **36**(1): 147--156.
- Lenny, S. 2006. *Senyawa terpenoida dan steroida*. Laporan Penelitian Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan: 25 hlm.
- Lyakhova, E.G., S.A. Kolesnikova, A.I. Kalinovskii & V.A. Stonik. 2010. Secondary metabolites of the Vietnamese nudibranch mollusk *Phyllidiella pustulosa*. *Chemistry of Natural Compounds* **46** (4): 534--538.
- Milewski, R.G. 2008. Phylum Porifera-Animals without tissues. 3 hlm. http://www.esu.edu/~milewski/intro_biol_two/lab_9_porifera_cnidaria/Porifera.htm, 21 November 2011. Pk. 10.43.
- Miller, S.A. & J.P. Harley. 2002. *Zoology*. 5th ed. McGraw Hill, Boston: xvii + 540 hlm.
- Morlock, G. & Karl-Arthur Kovar. 2003. Detection, identification, and documentation. *Dalam*: Sherma, J. & B. Fried (eds.). 2003. *Handbook of thin layer chromatography*. 3rd edition. Marcel Dekker, Inc., New York: ix + 997 hlm.
- Murray, D.L. 2002. Differential body condition and vulnerability to predation in snowshoe hares. *Journal of Animal Ecology* **71**: 614--625.

- Okino, T., E. Yoshimura, H. Hirota & N. Fusetani. 1996. New antifouling sesquiterpenes from four nudibranchs of the family Phyllidiidae. *Tetrahedron* **52** (28): 9447--9454.
- Pastorok, R.A. 1980. The effects of predator hunger and food abundance of prey selection by *Chaoborus* larvae. *Limnology and Oceanography* **25**(5): 910--921.
- Paul, V.J., K.E. Arthur, R.R. Williams, C. Ross, & K. Sharp. 2007. Chemical defenses: From Compound to Communities. *Biological Bulletin* **213**: 226--251.
- Pechenik, J.A. 1996. *Biology of the invertebrates*. 3rd ed. WBC McGraw Hill, Boston: xvii + 553 hlm.
- Penney, B.K. 2002. Lowered nutritional quality supplements nudibranch chemical defense. *Oecologia* **132**: 411--418.
- Pratt, M.C. & E.W. Grason. 2007. Invasive species as a new food source: Does a nudibranch predator prefer eating an invasive bryozoans? *Biological Invasions* **9**: 645--655.
- Putra, A.A. 2007. Jenis-jenis spons mangsa siput Phyllidiidae (Ordo Nudibrachia) di Kepulauan Seribu, Teluk Jakarta. Skripsi Sarjana S1 Departemen Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok: viii + 64 hlm.
- Rudman, W.B. 1999. *Phyllidia varicosa* Lamarck, 1801. 12 Januari: 30 hlm. <http://www.seaslugforum.net/showall/phylvari>, 12 Mei 2011, pk. 01.03.
- Rudman, W.B. 2002. *Phyllidia elegans* from Indonesia. 9 Mei: 17 hlm. <http://www.seaslugforum.net/showall/phyleleg>, 10 Mei 2011, pk. 08.31.
- Sherma, J. 2003. Basic TLC techniques, materials, and apparatus. *Dalam*: Sherma, J. & B. Fried (eds.). 2003. *Handbook of thin layer chromatography*. 3 rd edition. Marcel Dekker, Inc., New York: ix + 997 hlm.
- Shintosari, A. 2001. Systematics of Nudibranchia. Tesis M.Sc. Institute of Biological Science, University of Aarhus, Denmark: viii + 42 hlm.
- Soest, R.W.M. Van & J.N.A. Hooper. 2002. Order Halichondrida Gray, 1867. *Dalam*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest (eds.). 2002. *Systema*

- Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: xix + 1101 hlm.
- Soest, R.W.M. Van, D. Erpenbeck & B. Alvarez. 2002. Family Dictyonellidae
Van Soest, Diaz & Pomponi 1990. *Dalam*: Hooper, J.N.A. & R.W.M. Van Soest. (eds.). 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: xix + 1101 hlm.
- Suwignyo, S., B. Widigdo, Y. Wardiatno & M. Krisanti. 2005. *Avertebrata air*. Jilid I. Penebar Swadaya, Bogor: iv + 204 hlm.
- Thomas, P.A. 1973. Marine Demospongiae of Mahe Island in the Seychelles bank. *Sciences Zoologiques* **8** (203): 1--96.
- Thoms, C., R. Ebel, U. Hentschel & P. Proksch. 2003. Sequestration of dietary alkaloids by the spongivorous marine mollusk *Tyrodina perversa*. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung* **58c**: 426--432.
- Unger, P.A. & W.M. Lewis. 1983. Selective predation with respect to body size in a population of the fish *Xenomelaniris venezuelae* (Atherinidae). *Ecology* **64**(5): 1136--1144.
- Vinodhini, R. & M. Narayanan. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science and Technology* **5**(2): 179--182.
- Wagner, D., S.E. Kahng & R.J. Toonen. 2009. Observation in the life history and feeding ecology of a specialized nudibranch predator (*Phyllodesmium poindimiei*), with implication for biocontrol of an invasive octocoral (*Carijoa riisei*) in Hawaii. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **372**: 64--74.
- Wilkie, C., L. Parma, F. Bonasoro, G. Bavestrello, C. Cerrano, & M. D. Candia Carnevali. 2006. Mechanical adaptability of a sponge extracellular matrix: evidence for cellular control of mesohyl stiffness in *Chondrosia reniformis* Nardo. *The Journal of Experimental Biology* **209**: 4436--4443.
- Wirawati, I., A. Setyastuti & P. Purwati. 2007. Timun laut anggota famili Stichopodidae (Aspidochirotida, Holothuroidea, Echinodermata) koleksi

- Puslit Oseanologi LIPI Jakarta. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* **33** (3): 355--380.
- Wright, A.D. 2003. GC-MS and NMR analysis of *Phyllidiella pustulosa* and one of its dietary sources, the sponge *Phakellia carduus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* **134**: 307--313.
- Yasman. 2002. Sebaran vertikal Nudibranchia (Mollusca: Gastropoda) di terumbu karang-Karang Lebar, Pulau Semak Daun Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu dan catatan pertama (first record) pengamatan pemangsa *Phyllidia varicosa* Lamarck, 1801 terhadap spon *Axinyssa* cf. *aculeata* Wilson, 1925. Laporan Penelitian Universitas Indonesia, Depok: ix + 24 hlm.
- Yasman. 2003. Observation on the feeding of nudibranch *Phyllidia varicosa* Lamarck, 1801 on the sponge *Axinyssa* cf. *aculeata* Wilson, 1925 in coral reefs of Pramuka Island, Thousand Islands National Park, Indonesia. *Makara, Sains* **7** (1): 15--21.
- Yasman, R.A. Edrada, V. Wray & P. Proksch. 2003. New 9-thiocyanatopupukeanane sesquiterpenes from the nudibranch *Phyllidia varicosa* and its sponge-prey *Axinyssa aculeata*. *Journal of Natural Products* **66**: 1512--1514.
- Yasman. 2006. *Structure elucidation, biological activity, and ecology of terpene isocyanides from Phyllidiid species (Nudibranchia) and their sponge-preys from the Thousand Islands National Park, Indonesia*. Cuvillier Verlag, Göttingen: xxii + 164 hlm.
- Yonow, N. 2008. *Sea slug of the Red Sea*. Pensoft Publishers, Moscow: 305 hlm.
- Zilahi-Balogh, G.M.G., L.T. Kok & S.M. Salom. 2001. Host specificity of *Laricobius nigrinus* Fender (Coleoptera: Derodontidae), a potential biological control agent of the hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* Annand (Homoptera: Adelgidae). *Biological control* **24**: 192--198.

Lampiran 1

Keterangan warna dan nilai Rf titik senyawa pada kromatogram

Kode	Warna	Kode warna	Nilai Rf
1	Hijau lumut	Pantone 399 CVC	K1 = 0,9923 K2 = 0,9969 P2 = 1,0000
2	Ungu muda	Pantone 272 CVC	K1 = 0,9538 K2 = 0,9538 P2 = 0,9538
3	Biru toska cerah → Kuning cerah	Pantone 3405 CVC → Pantone 101 CVC	K1 = 0,9000 K2 = 0,9077 P2 = 0,8923 Studi pendahuluan= 0,9126
4	Ungu keabuan	Pantone 2635 CVC	K1 = 0,8154 K2 = 0,8000 P2 = 0,8000 Studi pendahuluan= 0,7936
5	Krem muda	Pantone 712 CVC	K1 = 0,7231 K2 = 0,7384 P2 = 0,7231 Studi pendahuluan= 0,7301
6	Merah muda	Pantone 1797 CVC	K1 = 0,1923 K2 = 0,1769 P2 = 0,2153
7	Ungu tua	Pantone 690 CVC	K1 = 0,1538 K2 = 0,1384 P2 = 0,1384
a	Krem	Pantone 4675 CVC	0,9969
b	Abu-abu	Pantone 5225 CVC	0,9230
c	Oranye pucat	Pantone 722 CVC	0,8769
d	Cokelat muda	Pantone 463 CVC	0,1538
e	Cokelat	Pantone 438 CVC	0,1076
f	Abu-abu	Pantone 429 CVC	0,9830
g	Cokelat tua → Ungu kebiruan	Pantone 1535 CVC → Pantone 2756 CVC	0,9461
h	Cokelat muda	Pantone 4635 CVC	0,1769
i	Cokelat tua	Pantone 440 CVC	0,1000

Lampiran 2

Standar warna PANTONE MACTHING SYSTEM coated - Corel 10 yang digunakan dalam kromatogram penelitian [Sumber: CorelDRAW X5]

