

**KITAR PEMBIAKAN *Anadara granosa* (BIVALVIA: ARCIDAE)
DI BANDA ACEH, LHOKSEUMAWE (INDONESIA)
DAN PULAU PINANG (MALAYSIA)**

MUNAWAR KHALIL

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2013

**KITAR PEMBIAKAN *Anadara granosa* (BIVALVIA: ARCIDAE)
DI BANDA ACEH, LHOKSEUMAWE (INDONESIA)
DAN PULAU PINANG (MALAYSIA)**

oleh

MUNAWAR KHALIL

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

Mei 2013

PENGHARGAAN

Saya ingin mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada penyelia saya Profesor Madya Aileen Tan Shau Hwai keatas nasihat, bimbingan, dorongan dan tunjuk ajar yang diberikan oleh beliau. Kepada Profesor Zulfigar Yasin, saya rakanan ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya atas bantuan dan nasihatnya selama saya menempuh pendidikan di bidang biologi perairan. Latihan dan peluang yang diberikan kepada saya di makmal marin merupakan peluang terbaik bagi saya untuk belajar banyak perkara tentang kehidupan marin.

Kepada keluarga, terima kasih atas semua perkara yang diberikan kepada saya sehingga membolehkan saya menempuh pendidikan sehingga sekarang. Terima kasih kepada semua rakan-rakan dari Makmal Marin USM atas sokongan, bantuan dan semangat selama saya belajar dan berinteraksi dalam makmal. Kepada Makmal Histologi saya teringin mengucapkan terima kasih atas bantuannya sepanjang kerja histologi dilakukan serta Makmal Mikroskop Elektron yang telah banyak membantu semasa kerja analisis mikroskopik dijalankan sehingga saya dapat menyelesaikan penyelidikan dengan baik.

Ucapan setinggi-tinggi terima kasih kepada Direktorat Jendral Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, Indonesia atas bantuan biasiswa. Rakaman terima kasih juga tidak lupa saya haturkan kepada *USM Postgraduate Research Grant* atas bantuan geran penyelidikan. Kepada *Malaysia Quarantine Service* dan *Indonesia Fisheries Quarantine Department*, terima kasih atas sokongan dan bantuan pengkhidmatan kuarantin. Akhir sekali, ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam menjayakan kajian ini secara langsung ataupun tidak langsung.

SENARAI KANDUNGAN

	Muka surat
TAJUK TESIS	i
PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	xiii
SENARAI RAJAH	xx
SENARAI PLAT	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvii
SENARAI SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xxi
BAB 1: PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Pernyataan masalah	18
1.3 Pendekatan kajian	19
1.4. Objektif kajian	21
BAB 2: RUJUKAN BACAAN	
2.1 Taksonomi dan morfologi <i>Anadara granosa</i>	22
2.2 Bioekologi <i>Anadara granosa</i>	25
2.3 Pembiakan <i>Anadara granosa</i>	28
2.3.1 Kitaran pembiakan	30

2.3.2	Faktor yang mempengaruhi proses pembiakan	32
2.3.3	Pengukuran kitar pembiakan bivalvia	42
BAB 3: KAEDAH PENYELIDIKAN		
3.1	Persampelan	46
3.1.1	Lokasi persampelan	46
3.1.2	Pengutipan sampel	48
3.2	Status kitaran pembiakan <i>Anadara granosa</i>	48
3.2.1	Nisbah jantina	49
3.2.2	Indeks kondisi	50
3.2.3	Peringkat perkembangan gonad	51
3.2.4	Indeks gonad	61
3.3	Faktor persekitaran	62
3.3.1	Parameter fizikal	62
3.3.1.1	Analisis saiz butiran sedimen	62
3.3.1.2	Suhu, saliniti dan indeks kekeruhan	65
3.3.2	Parameter kimia	66
3.3.3	Parameter biologi	67
3.4	Analisis statistik	69
3.4.1	Ujian ANOVA satu hala	69
3.4.2	Korelasi Pearson	70
3.4.3	Analisis komponen utama (<i>principle componen analysis</i>)	71

BAB 4: KEPUTUSAN

4.1	Perkembangan dan kitar gonad <i>Anadara granosa</i>	73
4.1.1	Kajian mikroskopik gonad <i>Anadara granosa</i>	73
4.1.2	Kitar pembiakan <i>Anadara granosa</i>	81
4.1.2.1	Kitar gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Banda Aceh, Indonesia	81
4.1.2.2	Kitar gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Lhokseumawe, Indonesia	88
4.1.2.3	Kitar gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Pulau Pinang, Malaysia	96
4.2	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i>	105
4.2.1	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Banda Aceh, Indonesia	105
4.2.2	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Lhokseumawe, Indonesia	106
4.2.3	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Pulau Pinang, Indonesia	107
4.3	Faktor persekitaran perairan kawasan persampelan	109
4.3.1	Kualiti perairan kawasan di Banda Aceh, Indonesia	109
4.3.2	Kualiti perairan kawasan Lhokseumawe, Indonesia	120
4.3.3	Kualiti perairan kawasan Pulau Pinang, Malaysia	130
4.3.4	Analisis peratusan pecahan butiran sedimen	140

BAB 5: PERBINCANGAN

5.1	Perbandingan indeks kondisi <i>Anadara granosa</i> di antara kawasan persampelan dan perhubungannya dengan faktor persekitaran	143
5.2	Perhubungan indeks kondisi dengan perkembangan gonad <i>Anadara granosa</i>	148
5.3	Perbandingan indeks gonad di antara kawasan persampelan dan perhubungannya dengan peringkat perkembangan gonad <i>Anadara granosa</i>	152
5.4.	Kitaran pembiakan <i>Anadara granosa</i>	157
5.4.1	Corak kitar pembiakan <i>Anadara granosa</i>	157
5.4.2	Faktor yang mempengaruhi kitar pembiakan <i>Anadara granosa</i>	166
5.5	Nisbah jantina dan hermafroditisma pada populasi <i>Anadara granosa</i>	187
5.5.1	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> di Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia)	187
5.5.2	Hermafroditisma pada <i>Anadara granosa</i>	192

BAB 6: KESIMPULAN

6.1	Kesimpulan kajian	195
6.2	Keterbatasan kajian dan cadangan kajian lanjutan	199
6.2.1	Keterbatasan kajian	199
6.2.2	Cadangan kajian lanjutan	200

SENARAI RUJUKAN	202
LAMPIRAN	225
SENARAI PENERBITAN	230

SENARAI JADUAL

Jadual	Muka surat
3.1 Deskripsi peringkat perkembangan gonad berdasarkan kajian pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad <i>Anadara granosa</i> .	53
3.2 Deskripsi peringkat perkembangan gonad berdasarkan kajian histologi gonad <i>Anadara granosa</i> .	59
3.3 Alatan saintifik dan kaedah pengukuran parameter fizikal persekitaran.	65
3.4 Alatan saintifik dan kaedah pengukuran parameter kimia persekitaran.	67
4.1 Analisis ujian statistik post hoc Scheffe indeks kondisi kerang darah <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	93
4.2 Analisis ujian statistik post hoc Scheffe indeks kondisi <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010).	101
4.3 Analisis ujian statistik post hoc Scheffe indeks gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010).	103
4.4 Data parameter kualiti perairan di kawasan persampelan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	109

4.5	Data parameter kualiti perairan di kawasan persampelan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	120
4.6	Data parameter kualiti perairan di kawasan persampelan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010).	130
5.1	Analisis ANOVA satu hala dan ujian post hoc indeks kondisi <i>Anadara granosa</i> pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang sepanjang tempoh persampelan.	145
5.2	Nilai r dalam ujian korelasi Pearson di antara indeks kondisi <i>Anadara granosa</i> dan faktor persekitaran.	147
5.3	Tempoh kitar indeks gonad populasi <i>Anadara granosa</i> pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia) (Jun 2009-September 2010).	156
5.4	Perbandingan tempoh pelepasan gamet dalam intensiti tinggi daripada famili Archidae (genus <i>Anadara</i>).	160
5.5	Sumbangan variabel komponen dalam membentuk komponen utama pembiakan <i>Anadara granosa</i> pada kawasan persampelan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang.	167
5.6	Perbandingan nilai kualiti air pada kawasan persampelan dan piawaian dan kriteria kualiti air marin.	186
5.7	Nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> jantan dan betina pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang.	188
5.8	Nisbah jantina beberapa spesies genus <i>Anadara</i> di berbagai kawasan dan latitud berbeza.	189

SENARAI RAJAH

Rajah	Muka surat
1.1 Kawasan penternakan kerang darah di Semenanjung Malaysia (diubahsuai dari Jabatan Perikanan Malaysia, 2010).	8
1.2 Statistik pengeluaran kerang darah <i>Anadara granosa</i> di Malaysia (diubahsuai dari Jabatan Perikanan Malaysia, 2010).	9
1.3 Kawasan penternakan kerang darah di Indonesia (diubahsuai dari Khalil et al., 2009; Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia, 2010).	11
1.4 Statistik pengeluaran kerang darah <i>Anadara granosa</i> di Indonesia (diubahsuai dari Buku Statistik Perikanan Indonesia 2010, Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia, 2010).	12
1.5 Carta aliran pendekatan kajian.	20
2.1 Morfologi <i>Anadara granosa</i>	24
2.2 Diagram sistem pembiakan diesius pada bivalvia. Paparan ginjal dan gonad dari sebelah kanan. Gamet disalurkan melalui perikardium, seperti pada sistem pembiakan <i>Anadara granosa</i> (diubahsuai dari Mackie, 1984).	29
3.1 Lokasi persampelan <i>Anadara granosa</i> di Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia).	47

3.2	Peringkat-peringkat proses dehidrasi dan pembuatan blok-blok lilin paraplas sampel gonad <i>Anadara granosa</i> .	57
3.3	Peringkat-peringkat proses pewarnaan dan penutupan sampel gonad <i>Anadara granosa</i> .	58
3.4	Carta alir penyelidikan kitar pembiakan <i>Anadara granosa</i> di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia).	72
4.1	Corak perkembangan gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009 – September 2010):	
	(a) Perkembangan gonad melalui kaedah pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad	
	(b) Perkembangan gonad melalui kaedah histologi gonad	
	(c) Indek gonad	
	(d) Indeks kondisi.	87
4.2	Corak perkembangan gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009 – September 2010):	
	(a) Perkembangan gonad melalui kaedah pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad	
	(b) Perkembangan gonad melalui kaedah histologi gonad	
	(c) Indeks kondisi	
	(d) Indeks gonad.	95
4.3	Corak perkembangan gonad <i>Anadara granosa</i> dari kawasan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009 – September 2010):	
	(a) Perkembangan gonad melalui kaedah pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad	
	(b) Perkembangan gonad melalui kaedah histologi gonad	
	(c) Indeks kondisi	
	(d) Indeks gonad.	104

4.4	Peraturan nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> di kawasan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	106
4.5	Peraturan nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> di kawasan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	107
4.6	Peraturan nisbah jantina <i>Anadara granosa</i> di kawasan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010).	108
4.7	Data fizikal perairan di kawasan persampelan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010):	
	(a) Suhu harian	
	(b) Kemasinan harian	
	(c) Indeks kekeruhan.	112
4.8	Data kimia perairan di kawasan persampelan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010): (a) pH; (b) Oksigen terlarut; (c) Nitrat; (d) Nitrit; (e) Ammonia; (f) Ortofosfat.	117
4.9	Data kepadatan fitoplankton di kawasan persampelan Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	118
4.10	Data fizikal perairan di kawasan persampelan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010):	
	(a) Suhu harian	
	(b) Kemasinan harian	
	(c) Indeks kekeruhan.	123
4.11	Data kimia perairan di kawasan persampelan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010): (a) pH; (b) Oksigen terlarut; (c) Nitrat; (d) Nitrit; (e) Ammonia; (f) Ortofosfat.	128

4.12	Data kepadatan fitoplankton di kawasan persampelan Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	129
4.13	Data fizikal perairan di kawasan persampelan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010):	
	(a) Suhu harian	
	(b) Kemasinan harian	
	(c) Indeks kekeruhan.	133
4.14	Data kimia perairan di kawasan persampelan Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010): (a) pH; (b) Oksigen terlarut; (c) Nitrat; (d) Nitrit; (e) Ammonia; (f) Ortofosfat.	138
4.15	Data kepadatan fitoplankton di kawasan persampelan Pulau Pinang, Malaysia, Indonesia (Jun 2009-September 2010).	140
4.16	Peratusan pecahan partikel sedimen di kawasan perairan Banda Aceh, Indonesia.	141
4.17	Peratusan pecahan partikel sedimen di kawasan perairan Lhokseumawe, Indonesia.	141
4.18	Peratusan pecahan partikel sedimen di kawasan perairan Pulau Pinang, Malaysia.	142
5.1	Perbandingan purata indeks kondisi dan sisihan piawai bulanan <i>Anadara granosa</i> pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang (Jun 2009-September 2010).	143
5.2	Corak indeks kondisi dan indeks gonad <i>Anadara granosa</i> (Jun 2009-September 2010):	
	(a). Kawasan Banda Aceh	

	(b). Kawasan Lhokseumawe	
	(c). Kawasan Pulau Pinang.	151
5.3	Perbandingan indeks gonad <i>Anadara granosa</i> di antara lokasi persampelan pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang (Jun 2009-September 2010).	153
5.4	Skala multidimensi perhubungan variabel komponen dalam membentuk komponen utama pembiakan populasi <i>Anadara granosa</i> :	
	(a) Kawasan Banda Aceh	
	(b) Kawasan Lhokseumawe	
	(c) Kawasan Pulau Pinang.	168
5.5	Perhubungan visual faktor persekitaran: (a) suhu, (b) kemasinan dan (c) kepadatan fitoplankton dengan gametogenesis: (d) indeks gonad, (e) pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad dan (f) histologi gonad pada kawasan Banda Aceh, Indonesia.	171
5.6.	Perhubungan visual faktor persekitaran: (a) suhu, (b) kemasinan dan (c) kepadatan fitoplankton dengan gametogenesis: (d) indeks gonad, (e) pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad dan (f) histologi gonad pada kawasan Lhokseumawe, Indonesia.	172
5.7	Perhubungan visual faktor persekitaran: (a) suhu, (b) kemasinan dan (c) kepadatan fitoplankton dengan gametogenesis: (d) indeks gonad, (e) pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad dan (f) histologi gonad pada kawasan Pulau Pinang, Malaysia.	173

SENARAI PLAT

Plat	Muka surat
1.1 Spesies genus <i>Anadara</i> yang didapati di kawasan Indo-Pasifik (diubahsuai dari Arcidae, 2011 (http://www.seashellhub.com/Arcidae.html)).	3
1.2 Morfologi cengkerang <i>Anadara granosa</i> (diubahsuai dari Poutiers, 1998).	7
4.1 Struktur mikroskopik cecair gonad <i>Anadara granosa</i> peringkat indeterminat atau tidak aktif (peringkat I) dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang.	74
4.2 Struktur mikroskopik cecair gonad <i>Anadara granosa</i> jantan dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang: (a) Gonad peringkat perkembangan awal (peringkat II) (b) Gonad peringkat perkembangan akhir (peringkat III) (c) Gonad peringkat pelepasan gamet (peringkat IV).	75
4.3 Struktur mikroskopik cecair gonad <i>Anadara granosa</i> betina dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang: (a) Gonad peringkat perkembangan awal (peringkat II) (b) Gonad peringkat perkembangan akhir (peringkat III) (c) Gonad peringkat pelepasan gamet (peringkat IV).	76
4.4 Keratan rentas histologi gonad <i>Anadara granosa</i> peringkat indeterminat atau tidak aktif (peringkat I) dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang.	78

4.5	Keratan rentas histologi gonad <i>Anadara granosa</i> jantan dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang: (a) Gonad peringkat perkembangan awal (peringkat II) (b) Gonad peringkat perkembangan akhir (peringkat III) (c) Gonad peringkat pelepasan gamet (peringkat IV).	79
4.6	Keratan rentas histologi gonad <i>Anadara granosa</i> betina dari kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang: (a) Gonad peringkat perkembangan awal (peringkat II) (b) Gonad peringkat perkembangan akhir (peringkat III) (c) Gonad peringkat pelepasan gamet (peringkat IV).	80
5.1	Struktur histologi gonad kerang darah <i>Anadara granosa</i> hermafrodit.	193

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran

- 1 Peratusan jantina *Anadara granosa* di Banda Aceh, Indonesia (Jun 2009-September 2010).
- 2 Peratusan jantina *Anadara granosa* di Lhokseumawe, Indonesia (Jun 2009-September 2010).
- 3 Peratusan jantina *Anadara granosa* di Pulau Pinang, Malaysia (Jun 2009-September 2010).
- 4 Penyediaan 1 liter larutan alkohol bersiri, penyediaan 100 ml larutan Bouin dan penyediaan larutan pewarna *Haematoxilen* dan *Eosin* (H&E) untuk kegiatan histologi.

SENARAI SINGKATAN

Singkatan

%	:	peratus
'	:	minit
<	:	kecil daripada
=	:	bersamaan dengan
≠	:	tidak bersamaan dengan
>	:	besar daripada
°	:	darjah
°C	:	darjah celsius
ANOVA	:	analisis varians
CI	:	indeks kondisi
cm	:	centimeter
DO	:	oksigen terlarut
E (east)	:	timur
F	:	pekali ANOVA satu hala
GI	:	indeks gonad
L	:	liter
mg/L	:	miligram per liter
ml	:	mililiter
mm	:	milimeter
N (north)	:	utara
NTU	:	unit kekeruhan nefelometrik
P	:	paras keertian
PCA	:	analisis komponen utama
ppt	:	bahagian per ribu
r	:	pekali korelasi pearson
µm	:	mikrometer

KITAR PEMBIAKAN *Anadara granosa* (BIVALVIA: ARCIDAE)

DI BANDA ACEH, LHOKSEUMAWE (INDONESIA)

DAN PULAU PINANG (MALAYSIA)

ABSTRAK

Kajian kitar pembiakan kerang darah *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia : Arcidae) telah dijalankan pada tiga kawasan yang meliputi kawasan lumpur di Banda Aceh (Indonesia), Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia) selama 16 bulan bermula dari Jun 2009 sehingga September 2010. *A. granosa* dari kawasan Pulau Pinang mempunyai nilai indeks kondisi paling tinggi dan signifikan ($P < 0.05$) berbanding dengan nilai indeks kondisi *A. granosa* dari kawasan Banda Aceh dan Lhokseumawe. Nilai indeks gonad *A. granosa* dari kawasan Banda Aceh ($r = 0.469$, $P > 0.05$) dan Pulau Pinang ($r = 0.123$, $P > 0.05$) adalah tidak berkadar langsung terhadap nilai indeks kondisi, sedangkan nilai indeks gonad kerang *A. granosa* dari kawasan Lhokseumawe ($r = 0.609$, $P < 0.05$) didapati berkadar langsung dengan nilai indeks kondisinya.

Kitar pembiakan populasi *A. granosa* di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang mengambil masa tiga sehingga enam bulan untuk melengkapinya setiap kitarannya yang terjadi dalam empat kitaran dalam tempoh persampelan selama 16 bulan. *A. granosa* dari kawasan Banda Aceh melakukan kitar I: Jun - Oktober 2009, kitar ke II: November 2009 - Januari 2010, kitar III: Februari – April 2010, dan kitar IV: April - September 2010. Di kawasan Lhokseumawe, kitar pembiakan I:

Jun - Ogos 2009, kitar II: September 2009 - Januari 2010, kitar III: Februari - Jun 2010 dan kitar IV: Julai - September 2010, manakala kitar pembiakan *A. granosa* di kawasan Pulau Pinang dikesan melengkapinya kitar I: Jun - Oktober 2009, kitar II: November 2009 - Februari 2010, kitar III: Feb 2010 - April 2010 dan kitar IV: April 2010 - September 2010. Aktiviti pembiakan *A. granosa* di Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang memiliki ciri khas berupa proses pelepasan gamet yang terjadi sepanjang tahun atau *dribble spawning*. Populasi kerang *A. granosa* dari kawasan Lhokseumawe melakukan aktiviti pelepasan gamet dengan intensiti yang tinggi dengan lebih awal berbanding populasi kerang *A. granosa* di Banda Aceh dan Pulau Pinang, manakala aktiviti pelepasan gamet dengan intensiti yang tinggi pada populasi kerang *A. granosa* dari kawasan Banda Aceh adalah lebih cepat berbanding populasi kerang *A. granosa* Pulau Pinang. Analisis nisbah jantina menunjukkan bahawa populasi kerang betina pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang adalah lebih dominan berbanding kerang jantan, manakala fenomena kerang hermiprodit juga dijumpai dalam intensiti yang sangat kecil (0.052%).

Faktor persekitaran perairan seperti suhu harian, kemasinan harian dan kepadatan fitoplankton merupakan faktor persekitaran utama yang berperanan sebagai perangsang proses gametogenesis dan pelepasan gamet pada populasi kerang *A. granosa* di Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang. Analisis komponen utama (*principle component analysis*) telah menunjukkan bahawa variabel kepadatan fitoplankton merupakan faktor persekitaran perairan yang berinteraksi langsung mempengaruhi aktiviti pembiakan populasi *A. granosa* di ketiga-tiga kawasan persampelan (Banda Aceh: $r = 0.883$, Lhokseumawe: $r = 0.753$, Pulau Pinang: $r = 0.653$).

**REPRODUCTIVE CYCLE OF *Anadara granosa* (BIVALVIA: ARCIDAE)
IN BANDA ACEH, LHOKSEUMAWE (INDONESIA)
AND PULAU PINANG (MALAYSIA)**

ABSTRACT

A study on reproductive cycle of blood cockle *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia : Arcidae) was conducted at three different muddy areas namely Banda Aceh (Indonesia), Lhokseumawe (Indonesia) and Pulau Pinang (Malaysia) from June 2009 to September 2010. The highest condition index (CI) value of *A. granosa* was recorded from Pulau Pinang and significantly different compared to Banda Aceh and Lhokseumawe. The gonadal index (GI) value of *A. granosa* from Banda Aceh ($r = 0.469$, $P > 0.05$) and Pulau Pinang ($r = 0.123$, $P > 0.05$) did not show any correlation to their condition index, whereas gonadal index of *A. granosa* from Lhokseumawe ($r = 0.609$, $P < 0.05$) showed a moderate positive correlation to the condition index values.

From this study, the reproductive cycle of *A. granosa* in Banda Aceh, Lhokseumawe and Pulau Pinang took about three to six months to complete one cycle. During the 16 months sampling period, four reproductive cycles had been observed. For the *A. granosa* population from Banda Aceh, cycle I occurred from June to October 2009, cycle II from November 2009 to January 2010, cycle III from February to April 2010, and cycle IV from April to September 2010. In Lhokseumawe, cycle I started from June to August 2009, cycle II from September 2009 to January 2010, cycle III from February to June 2010 and cycle IV from July

to September 2010. For *A. granosa* population in Pulau Pinang, cycle I started from June to October 2009, cycle II from November 2009 to February 2010, cycle III from February 2010 to April 2010 and cycle IV from April 2010 to September 2010. The process of releasing gametes in all populations in this study occurred throughout the year or also known as dribble spawning. The population of *A. granosa* from Lhokseumawe released their gametes (spawning) in high intensity and the earliest compared to other population of *A. granosa* in this study. This is followed by releasing of gametes from the cockle population in Banda Aceh and lastly Pulau Pinang. The sex ratio analysis showed that the population of female *A. granosa* was more dominant than the male population in Banda Aceh, Lhokseumawe and Pulau Pinang, while the hermaphrodite phenomenon in *A. granosa* populations only occurs in small number (0.052%).

Environmental factors such as daily water temperature, daily water salinity and density of phytoplankton were the main factors that triggered the gametogenesis activities and spawning process in the populations of *A. granosa* in Banda Aceh, Lhokseumawe and Pulau Pinang. Principal component analysis (PCA) showed that the density of phytoplankton has direct interaction with reproduction activity in the *A. granosa* population in all three sampling areas (Banda Aceh: $r = 0.883$, Lhokseumawe: $r = 0.753$, Pulau Pinang: $r = 0.653$).

BAB 1

Pengenalan

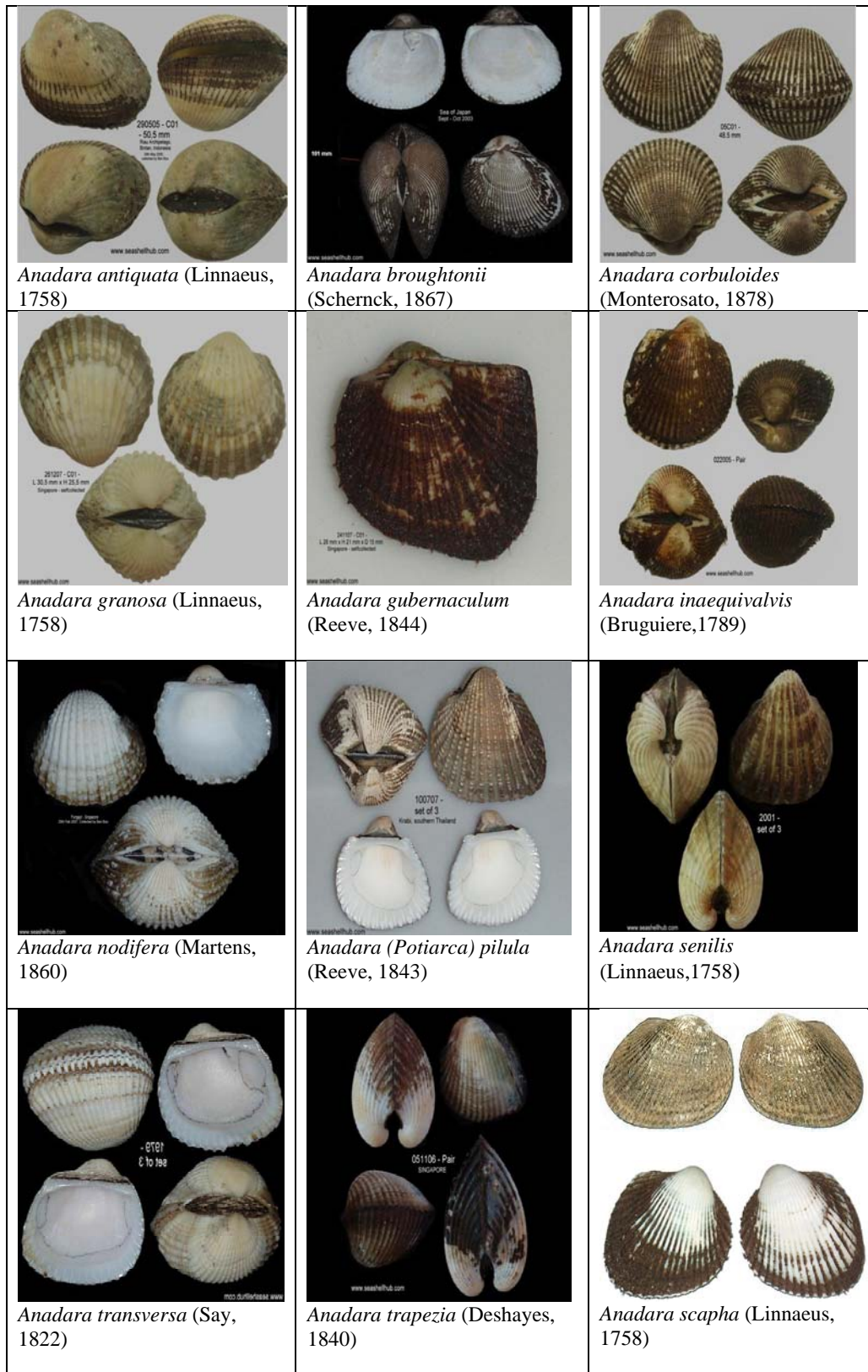
1.1 Latar belakang

Bivalvia adalah sejenis moluska yang hidup di perairan tawar dan air laut, umumnya sebagai mikrofagus dan pemakan terampai. Lebih kurang 80% atau sekitar 8,000 spesies bivalvia hidup di pelbagai kedalaman pada semua persekitaran perairan laut dan selebihnya di air tawar (Russell et al., 2011). Kelas bivalvia atau haiwan bercengkerang dua ini dikenali juga sebagai Pelecypoda atau Lamellibranchia (Brusca & Brusca, 2002). Kelas Bivalvia atau Pelecypoda ini kebanyakan hidup dengan membenamkan diri dalam lumpur ataupun pasir, sama ada di perairan tawar ataupun perairan laut. Beberapa spesies bersifat merayap ataupun melekat pada batu, kayu, paya bakau dan substrat-substrat lain.

Bivalvia juga merupakan salah satu fauna penting dalam ekosistem perairan kerana berperanan dalam penyediaan makanan untuk pelbagai spesies yang lain dalam rantai makanan dan mempengaruhi kitaran tenaga (Paine, 1966). Walaupun bivalvia mempunyai penyebaran geografi dan batimetri yang luas, sebahagian besar bivalvia ini menduduki zon neritik di laut tropika. Bivalvia laut bertaburan di perairan persisiran pantai dan muara sungai pada kawasan pesisir. Bivalvia memberikan sumbangan yang signifikan terhadap hasil tangkapan produk perikanan dunia. Spesies bivalvia yang merangkumi kima, remis, tiram, dan kerang juga merupakan sumber makanan penting bagi manusia serta untuk ikan, burung pantai dan spesies perairan lain.

Bivalvia mempunyai potensi sebagai salah satu sumber ekonomi penting di beberapa negara Asia termasuk Indonesia dan Malaysia. Jenis-jenis bivalvia laut banyak digunakan oleh manusia sebagai sumber bahan makanan, industri ataupun kraft tangan kerana memiliki nilai ekonomi yang tinggi seperti jenis kerang-kerangan dan tiram, antara lain *Pinctada maxima*, *Pinctada margaritifera*, *Mytilus edulis*, *Crassostrea* spp., *Anadara* spp. dan *Perna* spp.. Setengah bivalvia dapat hidup dan berkembang dalam julat yang cukup luas iaitu dari perairan tawar ke perairan laut yang memiliki julat saliniti yang tinggi di seluruh dunia serta termasuk haiwan bertubuh lembut yang dapat hidup pada perairan yang berlumpur (Broom, 1985; Borrero, 1986; Stern-Pirlot & Wolff, 2006).

Terdapat kira-kira 17 famili bivalvia di Indo-Pasifik yang dijumpai di hutan paya bakau, antara lain: *Archidae*, *Ostridae*, *Isognomonidae*, *Anomiidae*, *Mytilidae*, *Corbiculidae*, *Tellinidae*, *Solenidae*, *Cultellidae*, *Laternulidae*, *Lucinidae*, *Pholadidae*, *Teredinidae*, *Asaphidae*, *Psammobidae*, *Blancomidae*, dan *Veredinidae*. Bivalvia ini pada amnya tersebar di paya bakau yang terdiri daripada spesies pokok bakau seperti *Avicenia* spp., *Rhizophora* spp., *Languncularia* spp., *Conocarpus* spp. dan lain-lain (Broom, 1985; Poutiers, 1998). Family Archidae (Plat 1.1) yang terdiri dari pelbagai spesies tersebar pada wilayah tropik dan memiliki nilai ekonomi tinggi di negara-negara di wilayah Indo-Pasifik (Scarlato, 1981; Poutiers, 1998; MacKenzie, 2001; Silina. 2006).



Plat 1.1: Spesies genus *Anadara* yang didapati di kawasan Indo-Pasifik (diubahsuai dari Arcidae, 2011 (<http://www.seashellhub.com/Arcidae.html>)).

Pada kawasan pantai Pasifik di Colombia, *A. tuberculosa*, *A. similis*, *A. multicosata*, dan *A. grandis* merupakan mata pencarian dan komoditi perikanan tangkapan penting. Hal yang sama juga pada jenis *A. cornea* di Fiji dan *A. senilis* di Afrika Barat. Penangkapan secara intensif telah dilakukan terhadap beberapa spesies famili ini seumpamanya *A. granosa* di Indonesia, Malaysia, dan Thailand, *A. subcrenata* di Jepun dan *A. broughtoni* di Korea Utara. Penternakan kerang juga telah lama dikembangkan secara intensif seumpamanya jenis *A. nodifera* di Thailand dan Malaysia, *A. satowi* di China dan Korea serta *A. antiquata* di Philipina (Broom, 1985; Borrero, 1986).

Ahli dari subfamili Anadarinae biasanya disebut sebagai kerang bakau kerana ia berkait rapat dengan persekitaran paya bakau dan juga sering disebut sebagai kerang darah (*blood cockle*) kerana terdapat pigmen merah hemoglobin dan hemocyanin darah yang terkumpul pada tubuhnya, sehingga memberikan warna darah merah gelap atau ungu (Ruppert & Barnes, 1994). Pigmen tersebut memainkan peranan dalam membawa oksigen pada tisu dengan lebih berkesan berbanding dengan spesies bivalvia yang lainnya. Kelebihan tersebut membolehkan spesies ini dapat hidup pada habitat terhad oksigen seumpamanya kawasan intertidal berlumpur (Broom, 1985; Terwilliger & Terwilliger, 1985; Cilenti et al., 2010). Kerang darah juga hidup mengelompok dan amnya banyak dijumpai pada substrat yang mengandungi nutrien tinggi dan sumber makanan seumpamanya fitoplankton dan algae.

Archidae mempunyai kepelbagaian spesies yang tinggi yang berbeza dari aspek biologi, morfologi dan taburan spesies dalam habitat. Banyak spesies dalam

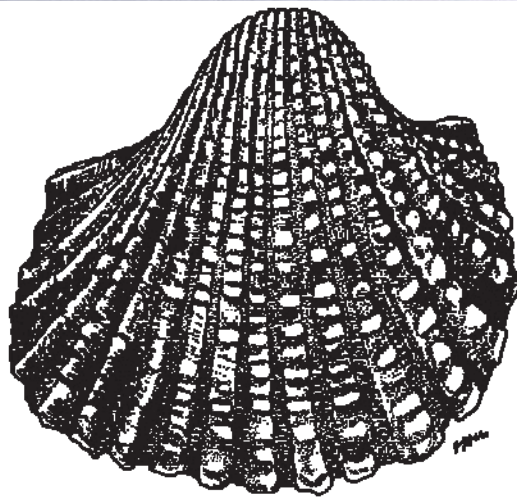
famili ini dimakan oleh manusia dan diternakkan di seluruh dunia. *A. subcrenata* yang ditangkap di Jepun dikenali dengan nama tempatan sebagai "mogai". Di Indonesia dan Malaysia *A. granosa* dikenali sebagai "kerang", "hong krenk" di Thailand, "si-ham" di China atau "cockle" di Eropa dan Amerika Syarikat. Penggunaan nama "cockle" kemungkinan kerana kemiripan haiwan dalam ukuran dan bentuk dengan European cockle *Cerastoderma edule* dari famili Cardiidae.

Bivalvia dari keluarga *Anadara* merupakan salah satu sumber makanan yang kaya dengan protein pada kawasan tropik, terutama di kawasan Indo Pasifik. Kerang *A. granosa* adalah komoditi perikanan penting yang menyediakan sumber protein haiwan dan mudah didapati serta dijadikan sebagai bahan makanan di negara-negara Asia Tenggara (Broom, 1983; Broom, 1985; Suwanjart et al., 2009). *A. granosa* merupakan spesies asli tempatan di banyak kawasan hutan bakau, kawasan berlumpur dan kawasan-kawasan campuran lainnya di zon intertidal di Asia Tenggara terutama di kawasan pantai berlumpur negara Indonesia, Malaysia dan Thailand. *A. granosa* yang terdapat di kawasan Asia Tenggara kebanyakan ditemui dengan kepadatan yang cukup tinggi iaitu mencecah 133 individu persegi meter (Omar & Yulianda, 2000) dan dapat tumbuh dengan ukuran panjang cengkerang dari 13 mm sampai 37 mm dalam 28 bulan pada kawasan persekitaran semula jadi (Broom, 1982). Kerang *A. granosa* akan mencapai level kematangan seksual setelah berumur lebih dari satu tahun dengan saiz panjang 18-20 mm (Palmigiano & Crawford, 2006).

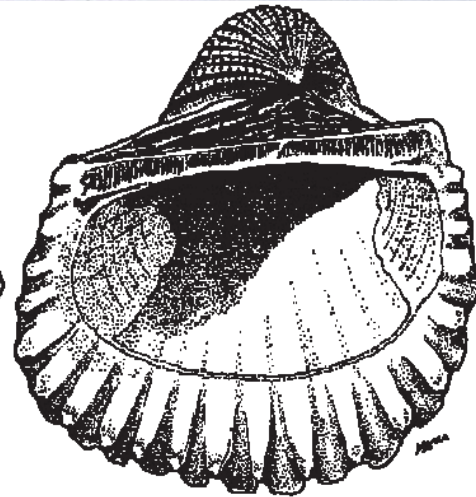
Spesies intertidal *A. granosa* (Plat 1.2) dijangka sebagai spesies kunci atau "keystone species" pada kawasan paya bakau di kawasan perairan Selat Melaka.

Spesies ini dikategorikan sebagai spesies kunci kerana mempunyai impak yang luas dan berkesan apabila pupus dari sistem ekologi persekitarannya (Milss et al., 1993). Kawasan-kawasan intertidal di Selat Melaka merupakan kawasan yang penting untuk banyak organisma intertidal dan juga merupakan kawasan pencarian makanan bagi spesies-spesies yang melakukan migrasi dari satu kawasan ke kawasan yang lain.

Peningkatan intensiti produksi oleh pelbagai sektor perikanan dalam beberapa dekad terakhir telah mempengaruhi komuniti intertidal dan subtidal (Griffiths & Branch, 1997). Kesan ini terhadap populasi *Anadara* telah menjejaskan dan mempengaruhi komuniti spesies tersebut. Eksploitasi berlebihan juga telah memberi kesan yang nyata pada kepadatan, struktur populasi dan ukuran maksimum pada bivalvia laut yang dituai (Lasiak & Dye, 1989; Branch & Moreno, 1994). Kepupusan sesuatu spesies akan memberikan kesan langsung dan tidak langsung kepada populasi organisma; contohnya kerosakan struktur rantaian makanan, organisma penapis makanan atau pemangsa boleh mempengaruhi himpunan spesies dan struktur komuniti (Dye, 1992; Branch & Moreno, 1994; Lasiak & Barnard, 1995; Griffiths & Branch, 1997).



1 cm



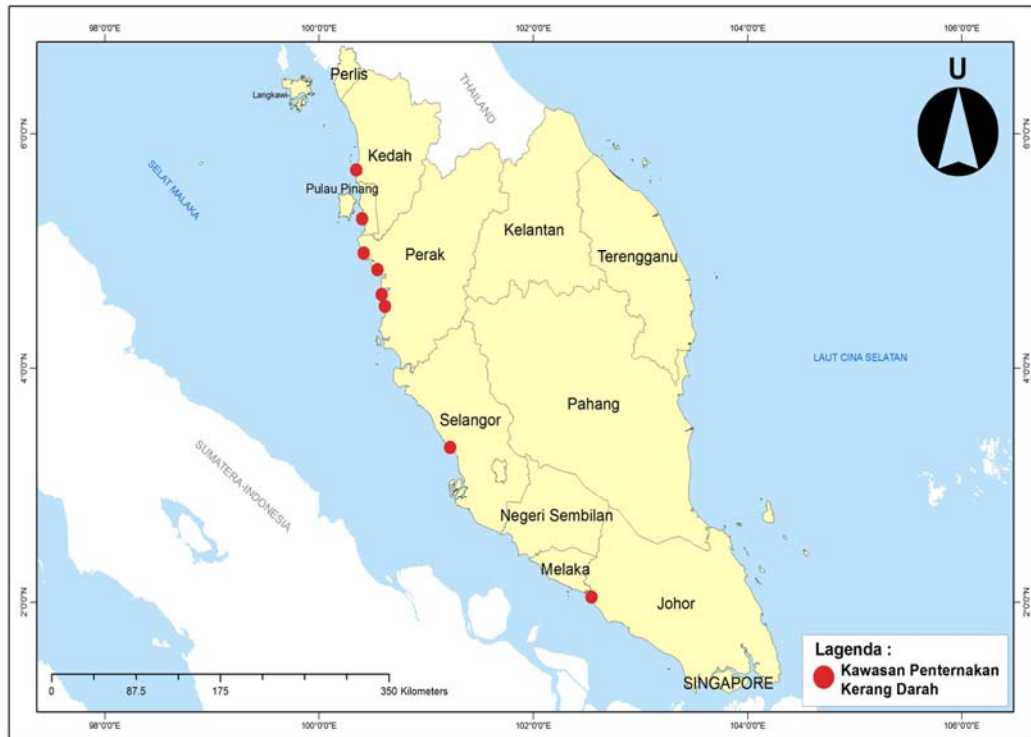
1 cm

Bahagian eksterior cengkerang kanan

Bahagian interior cengkerang kiri

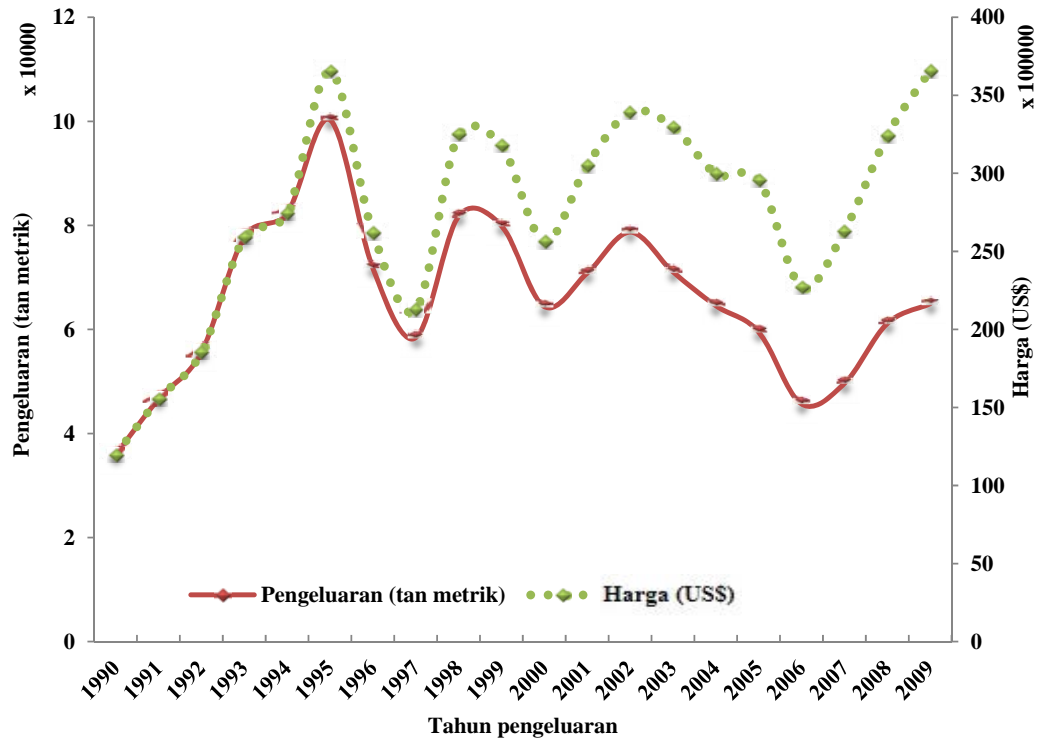
Plat 1.2: Morfologi cengkerang *Anadara granosa* (diubahsuai dari Poutiers, 1998).

Kegiatan pengumpulan kerang di Malaysia baik dari sumber semula jadi atau penternakan merupakan kegiatan yang penting dalam komuniti nelayan di beberapa kawasan di Semenanjung Malaysia (Rajah 1.1).



Rajah 1.1: Kawasan penternakan kerang darah di Semenanjung Malaysia (diubahsuai dari Jabatan Perikanan Malaysia, 2010).

Kawasan pengumpulan boleh didapati pada kawasan intertidal berlumpur dan persekitaran hutan bakau. Kawasan utama penternakan kerang di Malaysia adalah di Kedah (Merbok), Pulau Pinang (Juru), Perak (Kuala Gula, Kula Sangga-Matang, Kuala Trong, Sungai Jarum), Selangor (Kuala Selangor) dan Johor (Muar). Jumlah pengeluaran tahunan kerang terkini di Malaysia tidak dapat dijangka dan mengalami fluktuasi pada setiap tahun (Rajah 1.2). Jumlah pengeluaran kerang yang tertinggi dari tahun 1990 sehingga 2006 adalah pada tahun 1995 dengan pengeluaran sebanyak 100,275.76 tan metrik (US\$ 36.57 juta) dan terus mengalami penurunan sehingga tahun 2006. Pada tahun 2006, jumlah pengeluaran kerang telah mencecah 45,674.58 tan metrik, bernilai lebih dari US\$ 22.71 juta dengan keluasan kawasan penternakan kerang yang direkodkan mencecah 6,236 hektar (Izura & Hooi, 2008).

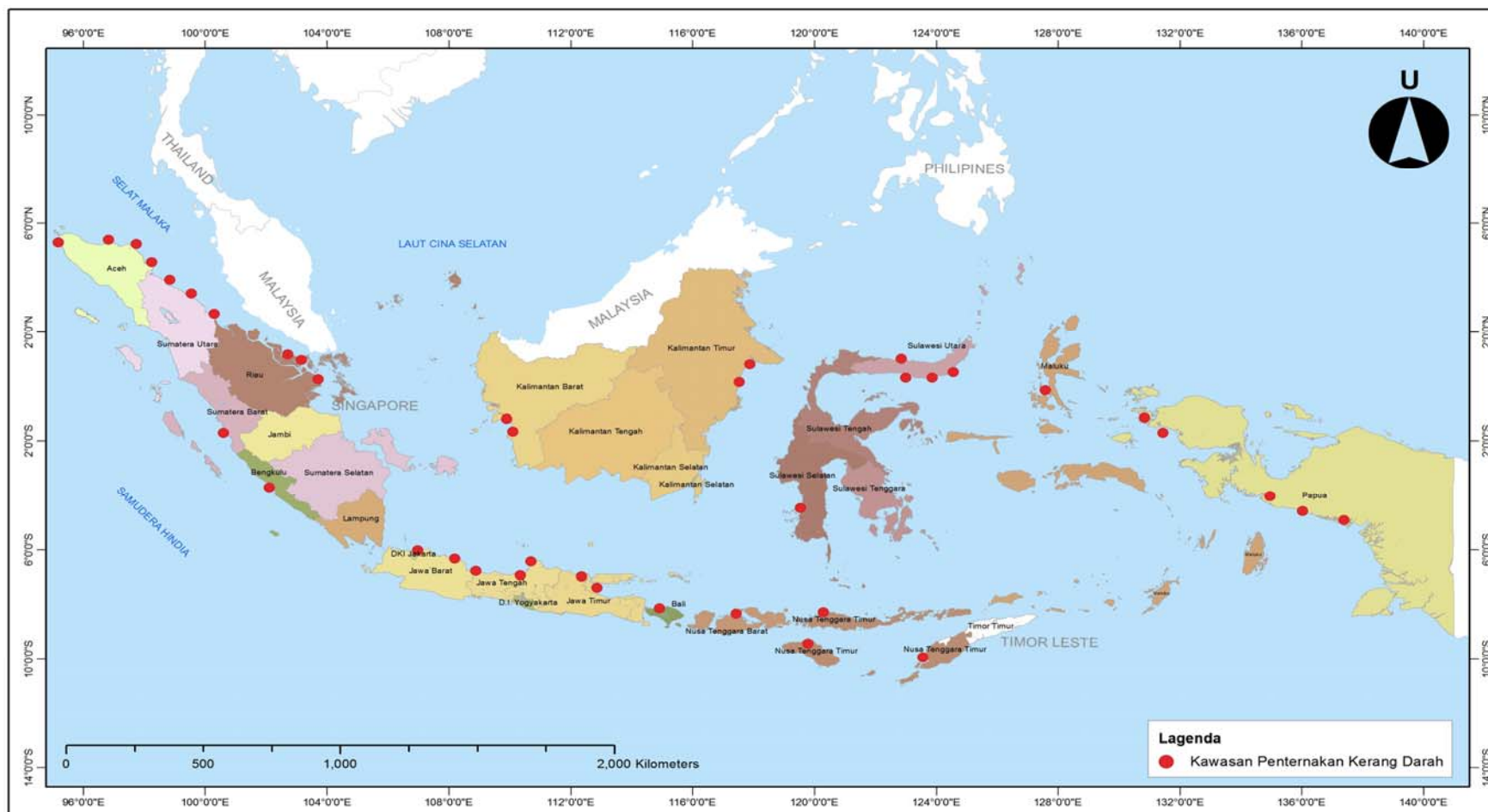


Rajah 1.2: Statistik pengeluaran kerang darah *Anadara granosa* di Malaysia (diubahsuai dari Jabatan Perikanan Malaysia, 2010).

Jabatan Perikanan Malaysia menyatakan bahawa pengeluaran kerang pada tahun 2007 kembali meningkat kepada 49,620.16 tan metrik iaitu bernilai lebih dari US\$ 26.32 juta. Selanjutnya, pengeluaran kerang juga kembali mengalami peningkatan pada tahun 2008 kepada 61,138.32 tan metrik. Nilai perniagaan juga turut meningkat sebanyak 5.35% (US\$ 26.32 juta) pada tahun 2007 kepada US\$ 32.43 juta pada tahun 2008. Pengeluaran kerang pada tahun 2009 menunjukkan peningkatan semula sebanyak 6.22% kepada 64,938.51 tan metrik daripada 61,138.32 tan metrik pada tahun 2008. Nilai perdagangan juga meningkat sebanyak 4.5% kepada lebih dari US\$ 36.60 juta daripada tahun sebelumnya. Perkembangan terbesar dalam industri ini pada tahun 2009 adalah di Perak, di mana sekitar 4,726.49 Ha kawasan pinggir pantai digunakan untuk penternakan kerang. Selangor

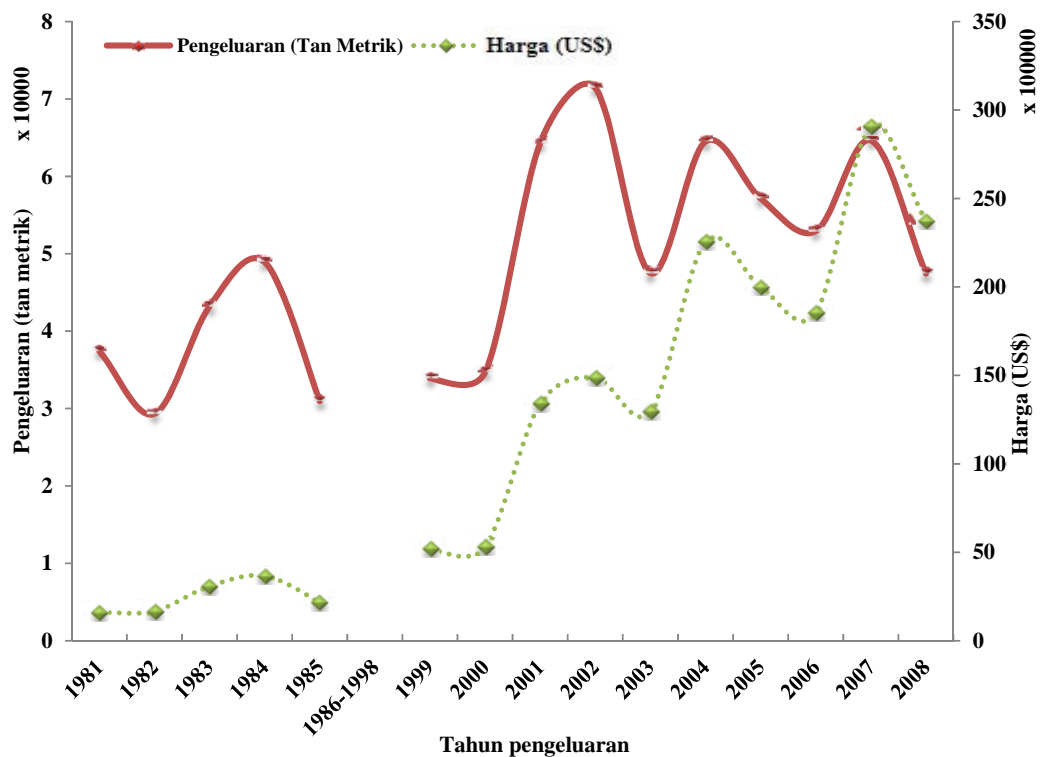
juga menyumbangkan nilai luasan penternakan sebanyak 4,143.00 Ha sebagai penghasil kerang kedua terbesar selepas Perak (Jabatan Perikanan Malaysia, 2010). Penuaian bermula apabila kerang mencapai saiz sehingga 24-30 mm (Pathansali & Soong, 1958; Broom, 1985).

Di Indonesia, kerang banyak ditemui melimpah di kawasan persisiran di Sumatera Barat, bahagian selatan Jawa, Jawa Tengah, Selat Melaka (pantai timur Sumatera), Jawa Timur, bahagian utara Jawa, Bali, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Maluku dan Papua (Khalil et al., 2009) (Rajah 1.3). Pada umumnya, kegiatan penuaian kerang di Indonesia masih dilakukan pada kawasan sumber semulajadi dan belum mencapai tahap aktiviti komersil tinggi yang melibatkan penternakan intensif.



Rajah 1.3. Kawasan penternakan kerang darah di Indonesia (diubahsuai dari Khalil et al., 2009; Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia, 2010).

Berdasarkan buku statistik perikanan Indonesia tahun 2010 dari Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia (2010) (Rajah 1.4), iaitu dari tahun 1981-1985, dan 1999-2007 (tidak ada pengumpulan data rasmi selama 1986-1998), pendaratan kerang darah dari tahun 1981 telah meningkat sebanyak 48.926 tan metrik pada tahun 1984, dan menurun menjadi 30.959 tan metrik pada 1985. Nilai perikanan tersebut telah meningkat secara mendadak dari US\$ 1.60 juta pada tahun 1981 menjadi US\$ 3.67 juta pada tahun 1984 dan menurun kembali menjadi US\$ 2.17 pada tahun 1985. Penurunan pengeluaran kerang Indonesia pada tahun 1982 dan 1985 dijangkakan terjadi akibat dari penurunan produksi kerang di kawasan Sumatera Utara dan Riau.



Rajah 1.4: Statistik pengeluaran kerang darah *Anadara granosa* di Indonesia (diubahsuai dari Buku Statistik Perikanan Indonesia 2010, Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia, 2010).

Penurunan ini menunjukkan bahawa eksploitasi sumber semulajadi memerlukan rasionalisasi untuk mendapatkan keputusan yang optimum. Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia (2010), melalui Buku Statistik Perikanan Indonesia 2010, melaporkan bahawa produksi tahunan tertinggi kerang di Indonesia berlaku pada tahun 2002 iaitu 71,428 tan metrik (US\$ 14.88 juta) dan menurun kembali pada tahun 2003 menjadi 47,505 tan metrik (US\$ 12.96 juta). Fluktuasi pengeluaran kerang masih berlaku sehingga tahun 2008, di mana pengeluaran kerang darah meningkat menjadi 47,437 tan metrik (US\$ 23.72 juta). Indeks produksi kerang darah di Indonesia diperkirakan mempunyai pertumbuhan negatif, di mana produksi daripada tahun 2004 sehingga tahun 2008 adalah -0.36 dan daripada tahun 2007 sehingga 2008 adalah -3.03.

Berdasarkan analisis harga kerang di pasaran, dijumpai adanya peningkatan harga unit. Peningkatan harga tersebut merupakan salah satu petunjuk kepada pengurangan jumlah produk. Penurunan populasi kerang darah tersebut disebabkan oleh beberapa hasil faktor seumpamanya pengeluaran yang berlebihan dan tekanan terhadap keadaan habitat semulajadi kerang darah. Tekanan terhasil akibat penurunan kualiti alam sekitar, keluasan hutan paya bakau yang semakin berkurangan serta kadar sedimentasi yang tinggi terutama pada kawasan tempat hidup kerang tersebut. Kurangnya pemantauan dan kegiatan pemuliharaan yang berterusan dari pihak yang bertanggungjawab di negara-negara berkembang telah memburukkan lagi keadaan. Kerosakan pada ekosistem persisiran dan kesan dari perubahan iklim global telah menyebabkan kemusnahan habitat bagi berbagai organisma akuatik (Jackson et al., 2001).

Kegiatan pengurusan habitat berserta spesies di dalamnya diperlukan untuk pembangunan industri perikanan yang lestari. Salah satu strategi susun atur yang dilakukan adalah melalui sekatan saiz tuaian dan jadual tuaian. Strategi ini kurang berkesan untuk melindungi stok kerang semulajadi dalam membendung pengeluaran berlebihan. Oleh kerana itu, tetapan saiz dan jadual tuaian yang baharu untuk kerang darah sangat diperlukan. Beberapa strategi akan dapat dikaji melalui penyelidikan aspek bioekologi pada spesies tersebut. Oleh kerana itu, kajian yang dijalankan ini bertujuan untuk merumuskan beberapa strategi pengurusan kerang baharu melalui pendekatan bioekologi pembiakan.

Kerang jenis *A. granosa* merupakan spesies penting dan permintaan terhadap jenis lain dalam genus *Anadara* sebagai bahan makanan juga semakin meningkat, namun kajian ke atas genus ini masih terhad. Beberapa penyelidikan pada aspek bioekologi dari beberapa genus *Anadara* pada pelbagai habitat telahpun dijalankan. Penyelidikan-penyelidikan terdahulu tertumpu kepada aspek biologi dan pertumbuhan *Anadara*. Di antara kajian-kajian yang telah dijalankan adalah kajian biologi pembiakan *A. granosa* di kawasan perairan Pulau Jawa (Kastoro, 1978; Afiati, 2007a), biologi juvenil *Anadara* spp. di persisiran Pasifik Kolombia (Borrero, 1986), biologi kerang darah *A. granosa* di perairan Teluk Kakinada di India (Narasimham, 1988), biologi persekitaran kerang *Anadara* di perairan sekitaran Semenanjung Malaysia (Broom, 1983; Broom, 1985), biologi pembiakan kerang *Anadara* sp. di perairan persisiran Thailand (Suwanjarat & Parnrong, 1990; Suwanjarat et al., 2009), fekunditi dan struktur populasi *A. antiquata* di perairan pantai Tanzania (Mzighani, 2005), populasi dinamik *A. tuberculosa* di perairan

pantai Pasifik Costarika (Stern-Pirlot & Wolff, 2006) dan keheterogenan dan perubahan populasi *A. broughtoni* di Teluk Amurskii di Rusia (Silina, 2006).

Penyelidikan-penyelidikan tersebut telah memberikan gambaran faktor-faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kitar pembiakan *Anadara* pada pelbagai habitat yang berbeza. Antara faktor-faktor yang mempengaruhi kitar pembiakan kerang ialah pasang surut, kualiti air persekitaran, sedimen, cuaca, makanan dan mineral semulajadi pada habitat hidup kerang. Walau bagaimanapun, data yang tersedia bagi perkembangan gonad mengikut musim, tempoh pembiakan dan nisbah jantina spesies kerang *A. granosa* di kawasan bahagian utara Selat Malaka sangatlah terhad.

Hubungan yang erat di antara perbezaan sekatan geografi, pertumbuhan populasi dan pembiakan pada spesies-spesies intertidal sangat dipengaruhi oleh pelbagai faktor persekitaran seumpamanya suhu, kemasinan dan ketersediaan makanan (Bayne, 1976; Broom, 1983; Broom, 1985; MacDonald & Thompson, 1985; Borrero, 1986; Suwanjarat dan Thongboon, 1997; Cardenas & Aranda, 2000; Tirado et al., 2003; Drummond et al., 2006; Silina, 2006; Freitas et al., 2010). Faktor persekitaran merupakan faktor luaran yang berhubungkait dan mempengaruhi proses gametogenesis spesies bivalvia pada kawasan habitatnya (Choi & Chang., 2003). Haiwan akuatik dalam habitat sangat dipengaruhi oleh dua faktor yang juga saling berhubungkait di antara keduanya iaitu faktor abiotik (suhu, kemasinan, oksigen terlarut, pH, substrat dan nutrien perairan) dan faktor biotik (makanan, predasi dan kompetisi). Keseluruhan pemboleh ubah tersebut merupakan faktor yang berinteraksi untuk memberikan kesan ke atas pertumbuhan, pembiakan serta persebaran kerang

darah *A. granosa*. Faktor abiotik dan biotik tersebut juga disebut sebagai faktor eksogenus yang berfungsi mengatur proses-proses fisiologi haiwan akuatik.

Tempoh kitar pembiakan bivalvia dari proses gametogenesis sehingga proses perlepasan gamet adalah dikawal oleh interaksi faktor-faktor eksogenus dan faktor-faktor endogenus (Sastry, 1979; Gosling, 2003; Barber & Blake, 2006). Beberapa faktor persekitaran diketahui mempunyai peranan asas dan bertanggung jawab sebagai pencetus proses gametogenesis dan aktiviti pelepasan gamet, di antaranya iaitu fluktuasi suhu perairan, perubahan kadar kemasinan, cahaya, kelimpahan makanan, nutrient perairan dan lain-lain. Di antara faktor persekitaran tersebut, suhu perairan, kadar kemasinan dan kepadatan makanan (fitoplankton) adalah faktor penghad utama yang saling berinteraksi mempengaruhi proses gametogenesis pada spesies-spesies bivalvia (Harvey & Vincent, 1989; Grant & Creese, 1995; Darriba et al., 2004; Lemaire et al., 2006; Morriconi et al., 2007), dalam bentuk ketidakstabilan nilai dan komposisi parameter persekitaran tersebut (Remacha-Trivino & Anadon, 2006).

Berbagai penyelidikan telah merekodkan bahawa kerang darah *A. granosa* mempunyai kemampuan untuk melakukan pembiakan sepanjang tahun, termasuk proses perlepasan gamet yang berulang pada organisma jantan dan betina. Tingkah laku sebegininya mewakili corak khas proses pembiakan bivalvia pada kawasan tropik, di mana spesies mengambil strategi tersebut untuk melakukan pengisian gonad sepanjang tahun dengan tenaga yang diperolehi dari sumber makanan dari persekitaran perairan dan tenaga yang disimpan dalam tisu somatik (Cardenas &

Aranda, 2000). Aktiviti demikian dijangka dapat diaplikasikan dengan sempurna apabila faktor persekitaran seperti kesesuaian habitat tersedia. Tempoh gametogenesis dan perlepasan gamet pada bivalvia juga memiliki kepelbagaian di antara lokasi-lokasi dalam julat geografi yang berbeza-beza (Hesselman *et al*, 1989), mengikut kepada respon fenotif terhadap faktor persekitaran.

Maklumat mendalam tentang kitaran pembiakan amat diperlukan untuk menjangka rekrutmen tahunan, menafsirkan pertumbuhan, kematian, dan kemandirian hidup spesies ini. Pemahaman tentang kitaran bermusim pembiakan kerang darah *A. granosa* adalah penting sebelum aktiviti perikanan untuk spesies ini dapat dirancang dengan baik dan merupakan pra-syarat penting untuk menjangka kapasiti regenerasi atau kemampuan pemulihan semulajadi dan untuk mentafsir pola pertumbuhan.

Kajian ini bertujuan mengkaji kitaran pembiakan *A. granosa* dari kawasan persisiran utara Selat Melaka iaitu di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia). Kitaran pembiakan *A. granosa* ditentukan dari kaedah histologi dan kaedah pemerhatian secara langsung melalui penyediaan slaid segar sebelum data dihimpun dengan menggunakan teknik kualitatif dan kuantitatif. Nisbah jantina, tahap perkembangan gonad, indeks gonad dan indeks kondisi dianalisis untuk menentukan model perekrutan spesies di kawasan semulajadi.

1.2 Pernyataan masalah

Kepupusan organisma laut terutama jenis bivalvia molluska di pelbagai ekosistem akibat dari eksploitasi yang berlebihan, perubahan ekosistem oleh pelbagai sebab seumpamanya bencana alam, pencemaran alam sekitar, penggunaan teknologi penangkapan yang tidak sesuai dan kerosakan fizikal oleh sebab-sebab lain menyebabkan habitat organisma tersebut semakin terancam. Situasi yang sama juga berlaku di kawasan persisiran dan perairan Selat Melaka, khususnya kawasan berlumpur dan kawasan pertemuan paya bakau yang merupakan kawasan habitat untuk pelbagai organisma laut.

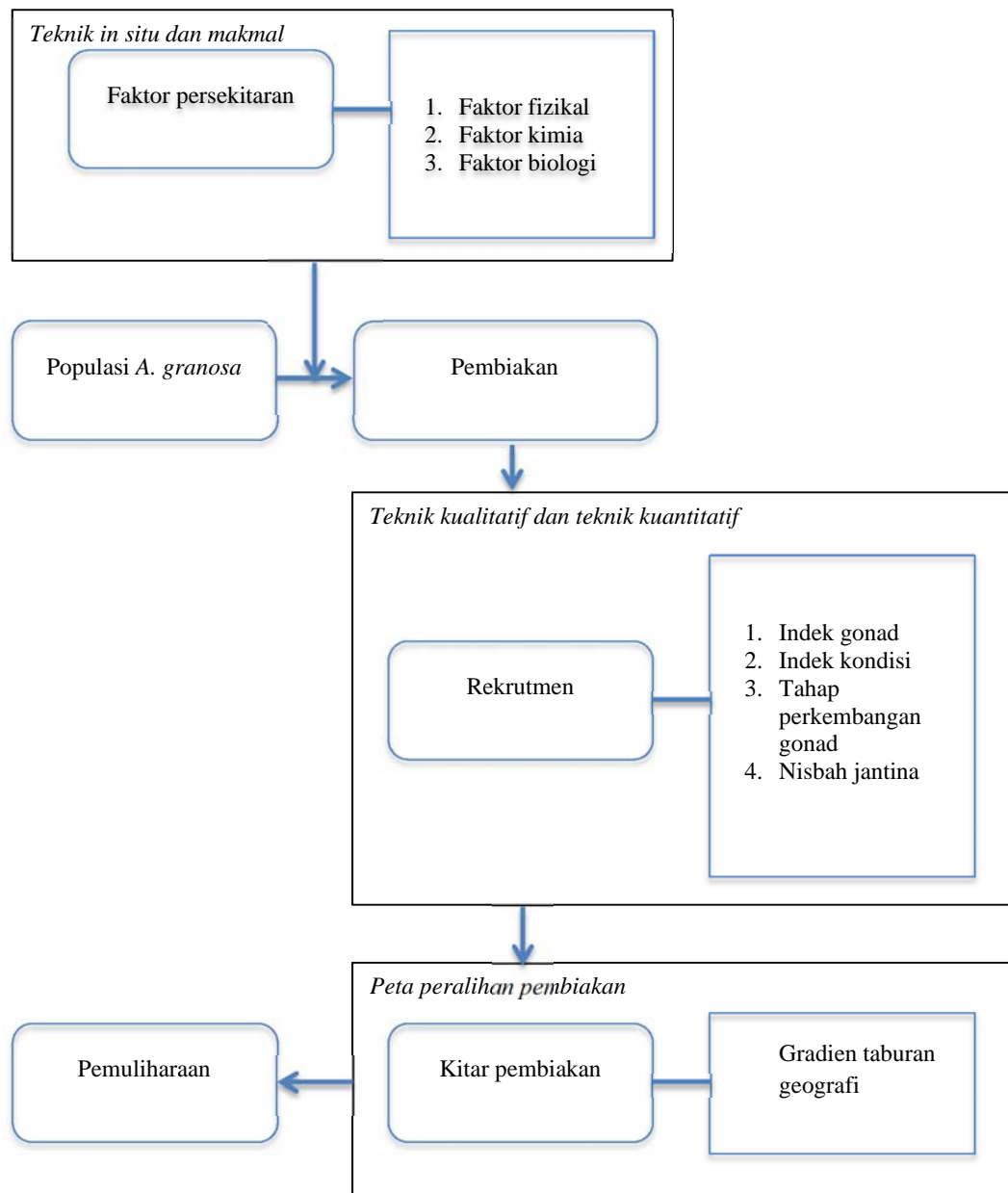
Kesan kerosakan ini akan mempengaruhi keadaan bio-fisiologi kerang *A. granosa* yang merupakan salah satu spesies asli yang mendiami kawasan berlumpur di Selat Melaka. Aktiviti penangkapan berlebihan dan kaedah pengumpulan kerang di kawasan semulajadi yang tidak bersesuaian juga turut menyumbang kepada kepupusan spesies ini. Di samping itu, penurunan kualiti persekitaran yang diindikasikan oleh berkurangnya kawasan yang bersesuaian untuk bermandiri, pencemaran dan kadar sedimentasi yang cukup tinggi memberikan peranan dalam proses degradasi alam sekitar. Selain itu, proses pengumpulan kerang oleh masyarakat tanpa mengambil kira kesannya terhadap keseimbangan alam semulajadi juga turut memberikan impak kepada kadar kepupusan spesies. Dari hasil temuramah yang direkodkan dengan penduduk yang menjalankan aktiviti pengumpulan kerang di kawasan Banda Aceh dan Lhokseumawe, Indonesia, didapati bahawa populasi kerang sudah mulai menurun, serta saiz yang didapati secara relatifnya lebih kecil dari ukuran pada masa lalu. Kekurangan penyelidikan tentang spesies *A. granosa* menjadikan pengetahuan tentang aspek-aspek biologi kerang ini

terhad. Keputusan kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kerang *A. granosa* yang terdapat di kawasan persisiran utara Selat Melaka terutamanya pada kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe dan Pulau Pinang. Pengamatan yang ditumpukan terhadap aspek kitar pembiakan membolehkan hasil penyelidikan ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dalam pengurusan sumber bivalvia secara berterusan.

1.3 Pendekatan kajian

Pembiakan merupakan salah satu aktiviti yang mempunyai peranan penting dalam kitaran hidup suatu biota. Kejayaan hidup kerang di kawasan semulajadi, bergantung pada kadar kemandirian dan pencapaian umur reproduktif diikuti dengan kemampuan membiak dan menghasilkan individu-individu baru sebagai pengganti generasinya. Aktiviti pembiakan dimulai melalui suatu kitaran proses iaitu proses pertumbuhan sehingga mencapai tahap kematangan gonad awal, kemudian dilanjutkan dengan proses kematangan gonad akhir dan akhirnya terjadi pelepasan gamet untuk menghasilkan generasi baru. Maklumat yang lengkap dan tepat tentang masa kerang *A. granosa* mencapai kematangan gonad perlu diketahui kerana ia berkaitan dengan kegiatan pengurusan sumber kerang tersebut. Jumlah individu kerang betina dan kerang jantan serta potensi pembiakan di sesuatu kawasan adalah juga merupakan faktor penting yang harus diketahui agar dapat diramalkan dan ditentukan nilai perekrutan atau anak kerang yang dihasilkan di suatu habitat pada julat masa tertentu. Keseluruhan ini bertujuan untuk memastikan aktiviti pengurusan yang berkesan dan rasional terutamanya dari aspek kuantiti eksploitasi dan sekatan saiz. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penyelidikan yang menyeluruh

diperlukan terhadap faktor pembiakan dan faktor persekitaran terhadap kerang tersebut. Maklumat yang lengkap diharapkan dapat menjadi rujukan bagi penyelidik dan pengurus sumber kerang. Pendekatan kajian yang digunakan sebagai model dan kerangka analitis dalam penyelidikan ini dijelaskan dengan lebih terperinci dalam bentuk carta aliran (Rajah 1.5).



Rajah 1.5: Carta aliran pendekatan kajian.

1.4 Objektif kajian

Objektif-objektif penyelidikan ini adalah seperti berikut:

1. Kajian ke atas kitar pembiakan kerang darah *A. granosa* di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia) dengan menggunakan variasi indeks kondisi atau *condition index* (CI) dan indeks gonad atau *gonadal index* (GI) melalui kaedah pemerhatian langsung cecair mikroskopik gonad dan kaedah histologi gonad.
2. Kajian ke atas perbezaan tempoh kitar pembiakan *A. granosa* di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia).
3. Kajian ke atas nisbah jantina dan fenomena hermafrodit pada *A. granosa* di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia).
4. Kajian ke atas kesan faktor-faktor persekitaran perairan terhadap kitar pembiakan kerang *A. granosa* di kawasan Banda Aceh, Lhokseumawe (Indonesia) dan Pulau Pinang (Malaysia).

BAB 2

RUJUKAN BACAAN

2.1 Taksonomi dan morfologi *Anadara granosa*

Dance dan Cameron (1974), Narasimham (1988) dan Carter et al. (2011) telah mengelaskan kerang darah dengan nama saintifik seperti berikut:

Kingdom: Animalia Linnaeus, 1758

Phylum: Mollusca (Linnaeus, 1758) Cuvier, 1795

Class: Bivalvia Linnaeus, 1758

Family: Arcidae Lamarck, 1809

Subfamily: Anadarinae Reinhart, 1935

Genus: *Anadara* Gray, 1847

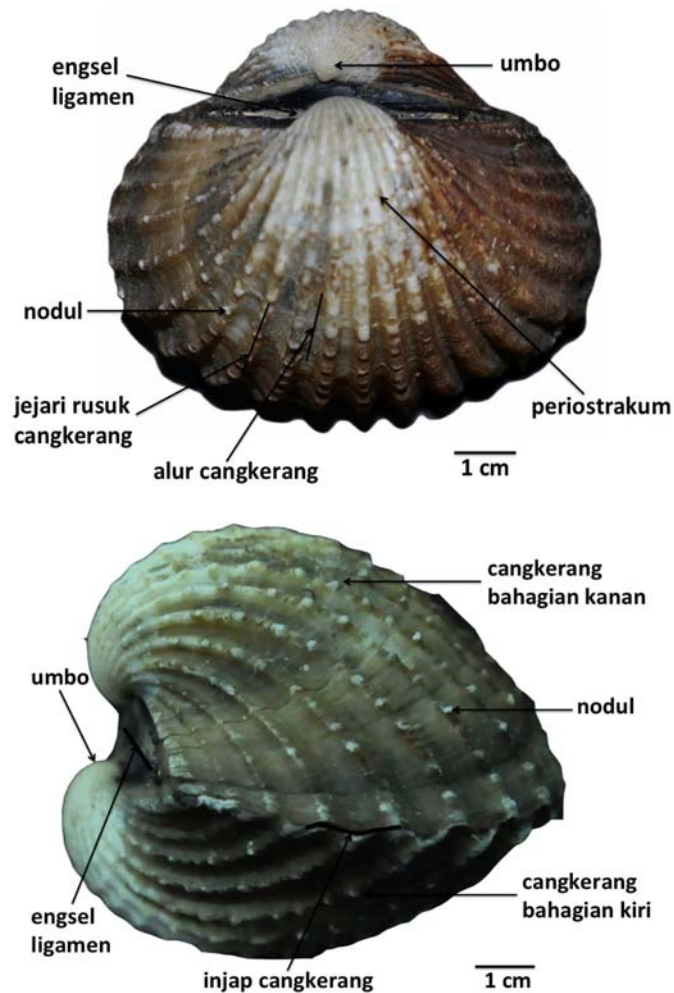
Spesies: *Anadara granosa* Linnaeus, 1758

Mengikut Barnes (1987), kelas Bivalvia juga dikenali sebagai Pelecypoda atau Lamellibranchia. Dance dan Cameron (1974) serta Dharma (1992) mengelaskan Famili Archidae dengan ciri-ciri khas iaitu (1) cangkerang berbentuk segitiga, segiempat bujur-tepat atau oval, (2) memiliki rusuk jejari pada cangkerang, (3) cangkerang mempunyai arah radial iaitu arah dari umbo sampai ke bahagian tepi cangkerang, dan (4) *Anadara* merupakan kerang yang memiliki ciri tubuh yang berat dan tebal, di mana pada cangkerang dipenuhi garis radial atau alur yang jelas. Alur-alur di antara rusuk jejari cangkerang yang terdapat pada sisi-sisi cangkerang akan bertembung pada bahagian puncak alur.

Genus *Anadara* adalah bivalvia epibentik yang menunjukkan ciri morfologi primitif terutama bentuk ligamen iaitu engsel taksodon berbentuk lurus dan tidak disatukan oleh mantel dan bisus seperti yang terdapat pada bivalvia yang lebih maju. Ciri khas lain genus ini adalah kewujudan haemoglobin dalam darah (Alexander, 1979; Djangmah et al., 1980; Broom, 1985; Barnes, 1987). Umumnya, cangkerang *Anadara* berbentuk trapesium. Cangkerang yang berat mempunyai jejari seperti rusuk yang bermula dari umbo pada bahagian dorsal dan diperluaskan ke arah bahagian depan atau ventral kecuali pada bahagian engsel ligamen. Lengkung jejari tersebut berbentuk lebih memanjang ke arah anterior. Rusuk jejari kadang-kadang mempunyai alur tengah dan berbentuk bonjol bulat tidak sempurna atau nodul. Pertumbuhan periostrakum kelihatan dengan jelas dan berwarna hitam atau coklat tua. Tepi cangkerang bergalur busur dan interior cangkerang adalah putih dan tidak berkilau (Maybin, 1989).

Cangkerang spesies kerang darah *Anadara granosa* (Rajah 2.1) mempunyai ciri khas iaitu cangkerang kanan dan cangkerang kiri adalah sama besar dan seiras, cangkerang mempunyai saiz tebal serta padat, cangkerang berbentuk bulat bujur serta sangat mengembung dan panjang cangkerang adalah lebih besar dibandingkan dengan tinggi dan sisi-sisi terluar cangkerang adalah rapuh (Dance & Cameron, 1974; Broom, 1985; Poutiers, 1998). Vongpanic (1996) dan Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011) menambahkan ciri khas cangkerang *A. granosa* iaitu (1) umbo amat menonjol dan kawasan kardinal agak besar, (2) cangkerang mempunyai purata kira-kira 18 rusuk jejari (15 hingga 20 rusuk jejari) dengan injap cangkerang mempunyai celahan yang luas, (3) rusuk jejari gempal, berkerutan dan mengandungi nodul yang berbentuk segi empat tepat, (4)

periostrakum agak nipis dan licin, (5) margin dalaman dengan kedutan kuat bersepadan dengan rusuk jejari bahagian luar, (6) bisus adalah tidak terbuka dan tempat bukaan bisus terletak pada bahagian posterior atau pada bahagian tepi ventral, (7) bahagian luar cangkerang adalah berwarna putih dan di bawah periostrakum berwarna coklat kekuningan, (8) bahagian dalam cangkerang adalah putih dan rongga umbo pada amnya berwarna kuning muda, dan (9) *Anadara sp.* memiliki alur cangkerang sebanyak 40-50.



Rajah 2.1: Morfologi *Anadara granosa*.