

# DISTRIBUSI DAN POLA PERTUMBUHAN UDANG PUTIH (*Penaeus merguensis* de Man) DI EKOSISTEM MANGROVE PERCUT SEI TUAN SUMATERA UTARA

Miswar Budi Mulya<sup>1)</sup>, Dietriech G Bengen<sup>2)</sup>, Richardus F. Kaswadji<sup>2)</sup> dan Etty Riani<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

<sup>2)</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Diterima 7 Juni 2011; disetujui 9 September 2011

## ABSTRACT

White Shrimp (*Penaeus Merguensis* de Man) can be found almost in all Indonesian waters especially in mangrove ecosystem ranging from river mouth, coastal water, to open sea depends on their life stages. A research has been done within 12 months from January to December 2010 in Percut Sei Tuan North Sumatera aimed to study spatial distribution of organism based on sex, size class, and gonad maturity of female shrimp and to determine correlation of biophysical and chemical characteristics of mangrove ecosystem with White Shrimp population structures. The correlation can be used in analyzing important parameters influencing abundance, spatial distribution, and growth pattern of the organism. Habitat characteristic of white shrimp in each station as analyzed using Principal Component Analysis while spatial distribution is analyzed using Correspondence Analysis. Research results show that white shrimp caught in Station 1 to 5 has smaller size compared to that in Station 6. The abundance of mature female in this station is also higher which is principally determined by high water temperature, depth, high water salinity, high substrate salinity, high water pH, and high sand substrate. Growth pattern of White Shrimp in mangrove ecosystem of Percut Sui Tan is allometric negative.

*Keyword: distribution, growth pattern, white shrimp, mangrove ecosystem*

## PENDAHULUAN

Udang putih *P. merguensis* de Man termasuk ke dalam famili Penaeidae dan suku Decapoda. Biota ini banyak ditemukan hampir di seluruh perairan Indonesia, mulai dari daerah muara sungai yang ditumbuhi hutan mangrove, perairan pantai di sekitar kawasan mangrove (seperti estuaria, laguna, dan teluk), sampai perairan terbuka menurut fase hidupnya. Garcia and Le Reste (1981), Munro (1968) dalam Naamin (1984), Dall *et al.* (1990), Stewart (2005), dan FAO (2005) menyatakan udang putih pada saat pasca larva dan juvenil banyak dijumpai di muara sungai/estuaria tetapi pada saat dewasa biota ini banyak ditemukan di perairan pantai dan perairan laut untuk melakukan pemijahan. Udang putih umumnya hidup sebagai fauna bentik di perairan ekosistem mangrove dan mendapatkan makanan dari substrat dasar perairan.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang terdapat di sepanjang pantai tropis dan sub tropis atau muara sungai. Selain berfungsi sebagai peredam gelombang, pelindung pantai, dan perangkap sedimen, ekosistem mangrove juga berperan sebagai daerah asuhan/*nursery ground* dan mencari makan/*feeding ground* berbagai biota perairan, termasuk udang putih. Tingginya produktivitas

dan adanya ketersediaan pakan alami pada ekosistem ini, menjadikan udang putih yang berukuran kecil (pasca larva dan juvenil) akan tumbuh dan berkembang menjadi udang dewasa.

Ekosistem mangrove Percut Sei Tuan merupakan salah satu kawasan yang terletak di pesisir timur Sumatera Utara. Pada saat ini di beberapa bagian kawasan ekosistem mangrove Percut Sei Tuan telah mengalami degradasi akibat adanya kegiatan konversi lahan menjadi peruntukan lain, seperti lahan permukiman dan pertambakan (BAPPEDA Kabupaten Deli Serdang, 2008). Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan daerah *nursery ground* biota ini.

Informasi mengenai distribusi spasial udang putih berdasarkan jenis kelamin, kelas ukuran, dan betina matang gonad di ekosistem mangrove masih sedikit didapatkan, demikian pula dengan pola pertumbuhannya. Untuk itu perlu dilakukan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan: 1. Mengetahui distribusi spasial udang putih *P. merguensis* de Man menurut jenis kelamin, kelas ukuran, dan betina matang gonad. 2. Mendeterminasi keterkaitan karakteristik biofisik kimia ekosistem mangrove

dengan struktur populasi udang putih. 3. Mengetahui pola pertumbuhan udang putih di Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan Sumatera Utara.

**METODE**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Desember 2010, di Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan Sumatera Utara. Penentuan stasiun dilakukan dengan cara pengklasifikasian wilayah berdasarkan zona alami dan zona pemanfaatan, serta karakteristik khusus yang terdapat pada setiap stasiun. Pada penelitian ini ditetapkan 6 stasiun penelitian dengan kriteria: stasiun 1 berada di Paluh Kebun Sayur; Stasiun 2 di Paluh Ibus; Stasiun 3 di Paluh Lenggadai; Stasiun 4 di Paluh Tambi; Stasiun 5 di Paluh Delapan Puluh; dan Stasiun 6 berada di perairan pantai.

Parameter biologi yang diukur meliputi kerapatan mangrove, produksi serasah, laju dekomposisi serasah, kelimpahan plankton dan makrozoobentos, serta kelimpahan udang putih. Parameter fisik kimia meliputi suhu air, kecerahan, kecepatan arus, fraksi substrat, DO, salinitas, pH, dan unsur hara (NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>). Pengukuran vegetasi mangrove dilakukan mulai dari tingkat pohon, anakan dan semai pada tiap stasiun menggunakan metode transek garis (*line transect*) sepanjang 30 m, yang ditempatkan tegak lurus garis pantai menuju ke arah darat/belakang hutan mangrove (Kusmana, 1997; Bengen, 2002; Fachrul, 2007). Pengukuran produksi serasah mangrove dilakukan dengan mengumpulkan guguran serasah pada tiap stasiun menggunakan *litter-trap* masing-masing sebanyak 45 buah per

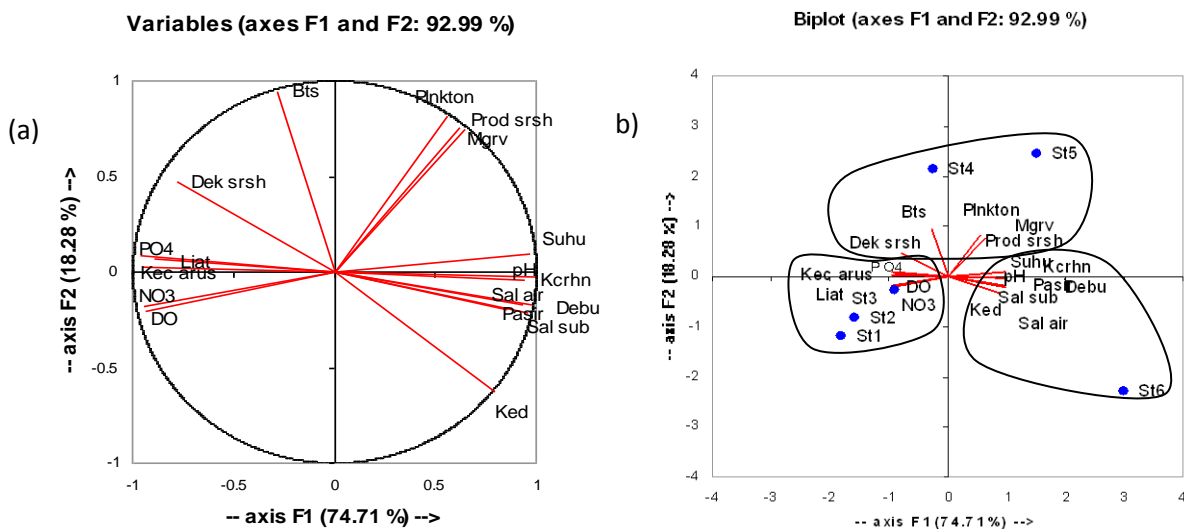
stasiunnya. Pengambilan contoh plankton dan makrozoobentos dilakukan sebelum pengambilan contoh udang putih pada saat pasang maupun surut. Pengambilan contoh udang putih dilakukan di kawasan perairan pantai dan estuaria yang berada di kawasan ekosistem mangrove, berdasarkan zona alami dan zona pemanfaatan, serta karakteristik khusus yang terdapat pada setiap stasiun, menggunakan jaring ambai berbentuk kerucut.

Karakteristik habitat udang putih berdasarkan parameter biofisik kimia pada tiap stasiun dianalisa menggunakan *principal component analysis* (Bengen, 2002). Kelimpahan udang putih diukur menggunakan rumus menurut Brower *et al.* (1990). Pola pertumbuhan udang putih diketahui dengan melihat hubungan panjang karapas udang dan bobot tubuh melalui analisa regresi linier sederhana menurut Sparre dan Venema (1999). Distribusi spasial udang putih menurut jenis kelamin, kelas ukuran dan betina matang gonad pada tiap stasiun dianalisa menggunakan Analisis Faktorial Koresponden/*correspondence analysis*, CA (Bengen, 2002).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakteristik Habitat Udang Putih**

Hasil analisa komponen utama terhadap parameter biofisik kimia lingkungan pada matriks korelasi menunjukkan informasi penting yang menggambarkan korelasi antar parameter terpusat pada dua sumbu utama (F1 dan F2), yang masing-masing menjelaskan sebesar 74.71% dan 18.28% (Gambar 1).



Gambar 1. a. Diagram lingkaran korelasi antara parameter biofisik kimia lingkungan pada sumbu 1 dan 2  
 b. Diagram representasi sebaran stasiun penelitian berdasarkan parameter biofisik kimia lingkungan pada sumbu 1 dan 2

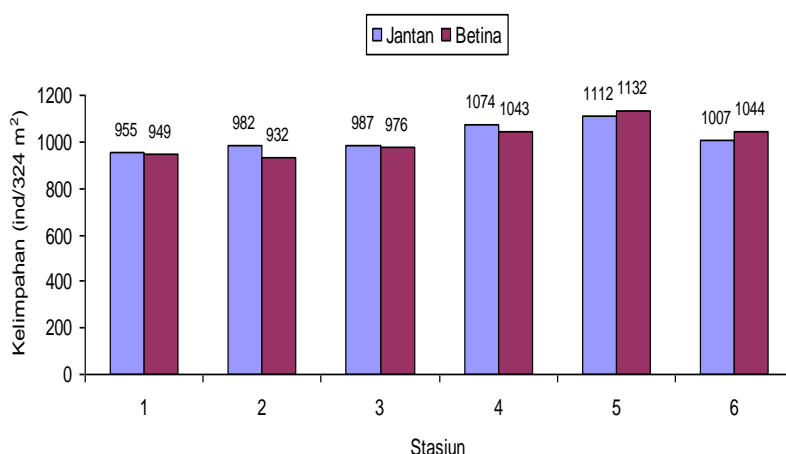
Diagram lingkaran korelasi parameter biofisik kimia lingkungan pada sumbu 1 dan 2 (Gambar 1a), menunjukkan variabel suhu air berkorelasi positif dengan pH air, kecerahan, salinitas air, debu, pasir, dan salinitas substrat, tetapi berkorelasi negatif dengan kecepatan arus, DO, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, liat, dan dekomposisi serasah. Variabel kerapatan mangrove berkorelasi positif dengan produksi serasah, kelimpahan plankton dan kelimpahan makrozoobentos.

Dalam diagram sebaran stasiun penelitian berdasarkan parameter biofisik kimia lingkungan pada sumbu 1 dan 2 (Gambar 1b) membentuk 3 kelompok individu, yang masing-masing memiliki karakteristik biofisik kimia berbeda. Kelompok I terdiri atas Stasiun 1, 2, dan 3 dicirikan oleh kandungan oksigen terlarut, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, kecepatan arus, dan liat yang tinggi. Kelompok II terdiri atas Stasiun 4 dan 5 dicirikan oleh kerapatan mangrove, produksi serasah,

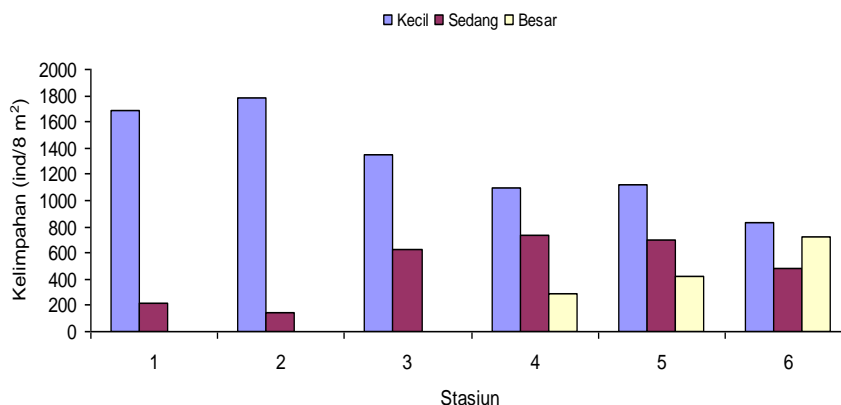
kelimpahan plankton, kelimpahan makrozoobentos, dan laju dekomposisi serasah yang tinggi, sedangkan kelompok III terdiri atas Stasiun 6 dicirikan oleh suhu air, kecerahan, kedalaman, salinitas air, salinitas substrat, pH, pasir, dan debu yang tinggi.

### Kelimpahan Udang Putih per Jenis Kelamin

Kelimpahan udang putih berdasarkan jenis kelamin dapat diketahui dengan melakukan analisis terhadap kelimpahan udang jantan maupun betina pada setiap stasiun. Hasil analisis menunjukkan nilai kelimpahan yang bervariasi untuk setiap jenis kelamin (Gb. 2). Secara keseluruhan kelimpahan udang putih jantan maupun betina tertinggi dijumpai pada Stasiun 5 masing-masing sebesar 1112 ind/8 m<sup>2</sup> dan 1132 ind/8 m<sup>2</sup>, sedangkan kelimpahan terendah dijumpai pada Stasiun 1 sebesar 955 ind/8 m<sup>2</sup> untuk udang jantan dan Stasiun 2 untuk udang betina sebesar 932 ind/8 m<sup>2</sup>.



Gambar 2. Grafik kelimpahan udang putih perjenis kelamin (ind/8 m<sup>2</sup>) pada tiap stasiun



Gambar 3. Grafik kelimpahan udang putih berdasarkan kelas ukuran (ind/8 m<sup>2</sup>) pada tiap stasiun

Tingginya kelimpahan udang putih jantan maupun betina pada stasiun 5 dikarenakan stasiun tersebut memiliki karakteristik habitat yang cukup baik dalam mendukung keberadaan udang putih. Stasiun ini memiliki kerapatan jenis mangrove yang relatif tinggi, produksi serasah, serta ketersediaan pakan alami yang juga cukup tinggi seperti kelimpahan plankton dan makrozoobentos.

#### Kelimpahan Udang Putih Berdasarkan Kelas Ukuran

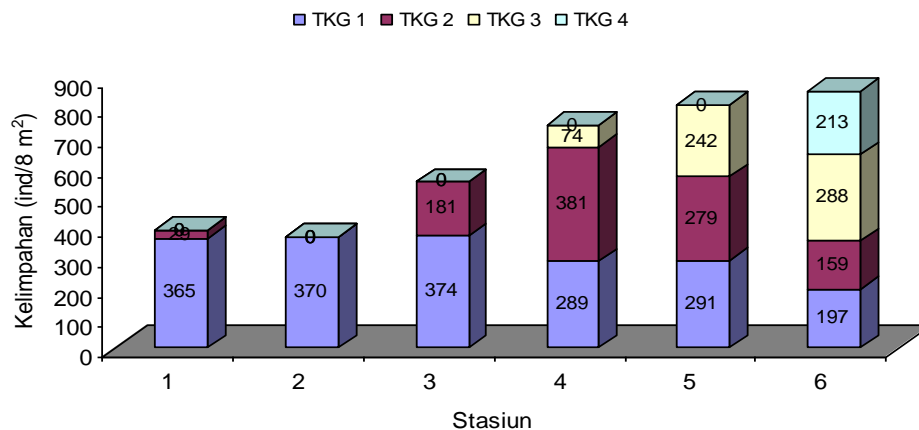
Hasil pengukuran terhadap udang putih berdasarkan frekwensi panjang karapas (Gambar 3) menunjukkan bahwa udang putih yang terdapat di perairan Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan dapat dikelompokkan atas tiga kelas ukuran yaitu kelas ukuran kecil (panjang karapas 1.85 cm – 2.94 cm), sedang (panjang karapas > 2.94 – 4.03 cm), dan besar (panjang karapas > 4.03 cm).

Hasil yang didapat menunjukkan udang putih berukuran kecil melimpah pada Stasiun 1 dan 2, udang berukuran sedang pada Stasiun 3, 4, dan 5, sedangkan udang yang berukuran

besar melimpah pada stasiun 6. Melimpahnya udang putih berukuran besar pada Stasiun 6 dikarenakan stasiun ini terletak di kawasan pantai yang memiliki kedalaman perairan cukup tinggi (sekitar 13.18 m). Udang putih berukuran besar sangat menyenangkan perairan yang cukup dalam, terutama dalam hal memijah. Hal ini terlihat dari banyaknya udang putih matang gonad tingkat 4 (TKG 4) pada stasiun ini, yang secara lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 4.

#### Kelimpahan Udang Putih Betina Berdasarkan Tingkat Kematangan Gonad

Hasil pengukuran terhadap tingkat kematangan gonad (TKG) udang putih (Gambar 4), menunjukkan udang putih betina dengan tingkat kematangan gonad 1 sampai 4 hanya ditemukan pada stasiun 6 yang berada pada kawasan pantai. Pada stasiun 4 dan 5 hanya ditemukan udang putih dengan kematangan gonad tingkat 1, 2 dan 3, Stasiun 1 dan 3 hanya ditemukan udang putih dengan kematangan gonad tingkat 1 dan 2, sedangkan pada stasiun 2 hanya ditemukan udang putih dengan kematangan gonad tingkat 1.



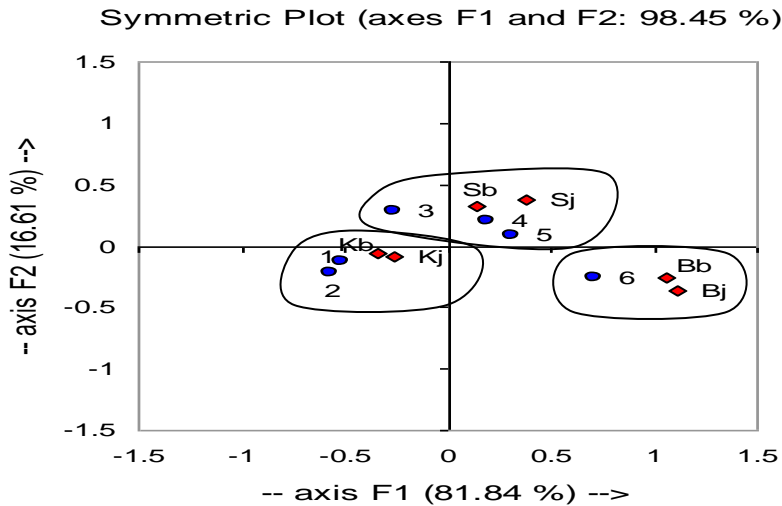
Gambar 4. Grafik kelimpahan udang putih berdasarkan tingkat kematangan gonad (ind/8 m<sup>2</sup>) pada tiap stasiun

Hasil penelitian juga mendapatkan bahwa udang putih betina dengan tingkat kematangan gonad/TKG 2 terlihat melimpah pada stasiun 4 dengan nilai sebesar 381 ind/8 m<sup>2</sup>. Udang betina dengan tingkat kematangan gonad/TKG 1 melimpah pada stasiun 1, 2 dan 3 dengan nilai masing-masing sebesar 365 ind/8 m<sup>2</sup>, 370 ind/8 m<sup>2</sup>, dan 374 ind/8 m<sup>2</sup>. Melimpahnya udang putih betina dengan kematangan gonad tingkat I pada stasiun 1, 2, dan 3 dikarenakan ketiga stasiun ini letaknya berdekatan dengan daratan (terutama stasiun 1 dan 2), sehingga kondisi salinitas yang relatif

rendah berpengaruh terhadap keberadaan udang putih tersebut.

#### Distribusi Spasial Udang Putih Berdasarkan Kelas Ukuran dan Jenis Kelamin

Hasil analisis mampu mengelompokkan titik-titik pengamatan atas 3 kelompok yang mempunyai keterkaitan erat antara kelompok udang putih menurut kelas ukuran dan jenis kelamin dengan stasiun pengamatan (Gambar 5).

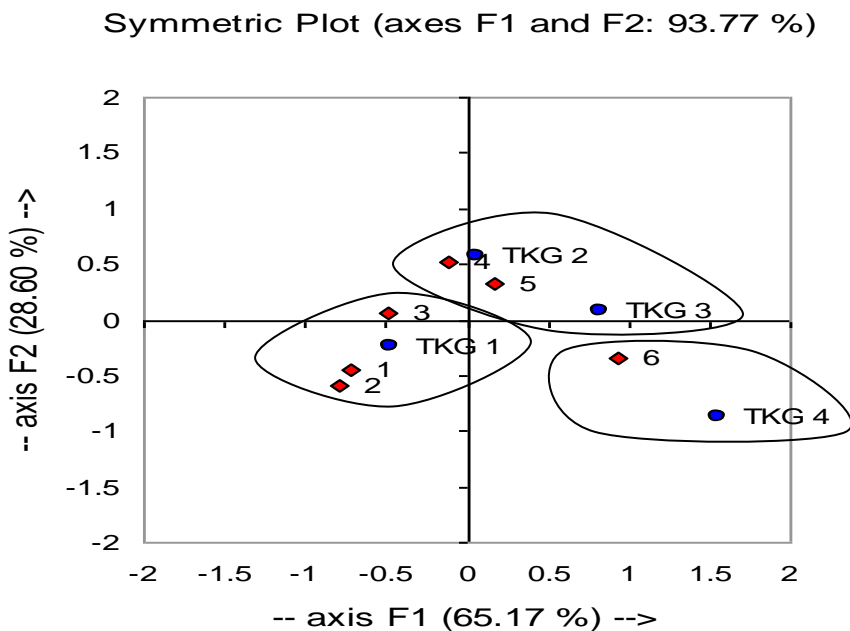


Gambar 5. Diagram koresponden analisis keterkaitan stasiun pengamatan dengan modalitas ukuran dan jenis kelamin udang putih pada sumbu 1 dan 2.

Hasil analisis memperlihatkan udang putih yang tertangkap pada stasiun 1 sampai 5 berukuran lebih kecil dibanding yang tertangkap pada stasiun 6. Hal ini dikarenakan kelima stasiun ini terletak tepat di kawasan perairan hutan mangrove yang merupakan daerah feeding ground dan nursery grounds, sehingga ukuran udang yang didapatkan juga sangat bervariasi mulai dari kecil sampai sedang. Kirkegaard et al. (1970) dalam Juliani (2004) menyatakan udang *P. merguensis* berukuran juvenil sering ditemukan pada lingkungan muara sungai dan biasanya menyukai perairan yang ada hutan mangrovenya, dikarenakan makanannya melimpah.

**Distribusi Spasial Udang Putih Berdasarkan Tingkat Kematangan Gonad**

Hasil analisis (Gambar 6) memperlihatkan informasi distribusi spasial terpusat pada 2 sumbu utama yang masing-masing menjelaskan sebesar 65.17% dan 28.60% dari ragam total. Hasil analisis juga mampu mengelompokkan titik-titik pengamatan atas 3 kelompok besar yang mempunyai keterkaitan erat antara kelompok udang putih menurut tingkat kematangan gonad (TKG 1, TKG 2, TKG 3, dan TKG 4) dengan stasiun pengamatan, yang masing-masing memiliki karakteristik biofisik berbeda.

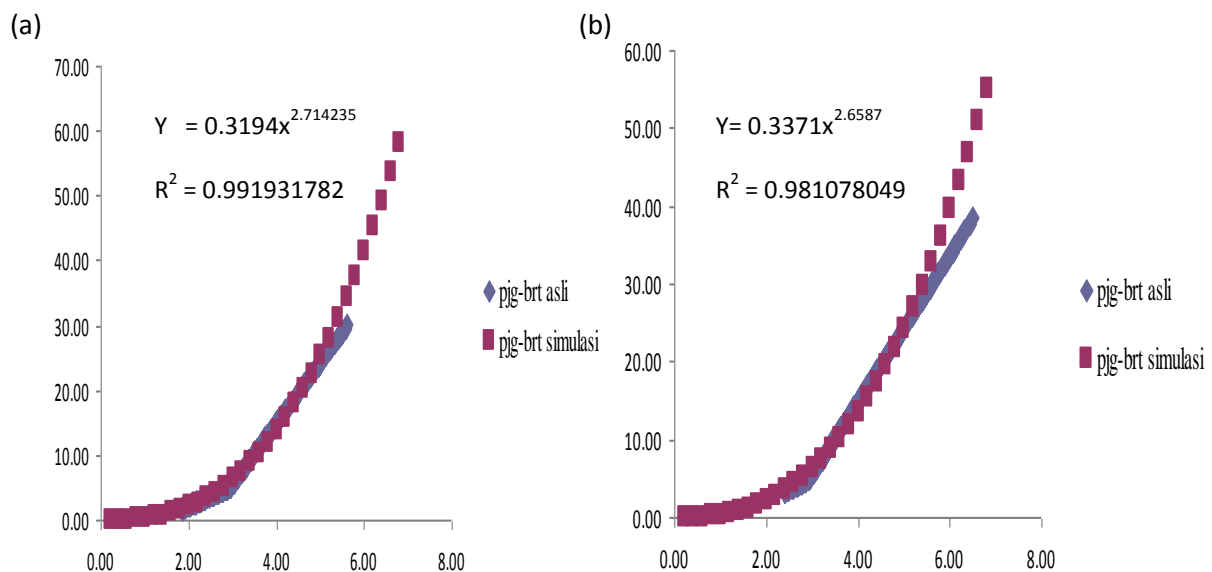


kecepatan arus, dan substrat liat yang tinggi. Kelompok II terdiri atas stasiun 4 dan 5 dicirikan oleh melimpahnya udang putih betina TKG 2 dan TKG 3, dengan karakteristik habitat memiliki kerapatan mangrove tinggi, produksi serasah tinggi, laju dekomposisi serasah tinggi, kelimpahan plankton dan makrozoobentos tinggi. Kelompok III terdiri atas stasiun 6, dicirikan oleh melimpahnya udang putih betina TKG 4 (siap memijah), dengan karakteristik habitat memiliki suhu air tinggi, kecerahan, kedalaman, salinitas air tinggi, salinitas substrat tinggi, pH air tinggi, dan pasir tinggi. Suhu dan salinitas perairan yang tinggi sangat dibutuhkan udang pada saat memijah guna menjaga kelulusan hidup larvanya. Rothlisberg dan Jackson (1987) menyatakan udang *P. merguensis* yang siap memijah banyak ditemukan di perairan Teluk Carpentaria Australia pada suhu 29.20 °C dan salinitas 34.90 ‰. Kondisi ini dilakukan guna menjaga kelulusan hidup larvanya. Lebih lanjut Hoang *et al.* (2002) menyatakan udang *P. merguensis* memijah pada suhu minimal 27.00 °C. Perairan yang memiliki kedalaman tinggi sangat disenangi udang putih dewasa untuk memijah. Naamin (1984) menyatakan udang putih dewasa umumnya banyak ditemukan pada

perairan pantai dengan kedalaman air antara 13 m–35 m untuk melakukan pemijahan.

### Pola Pertumbuhan Udang Putih

Hubungan panjang karapas dengan bobot tubuh udang putih dapat diketahui dengan melakukan analisis pola pertumbuhan menggunakan regresi linear sederhana. Hasil analisa hubungan panjang karapas dan bobot tubuh udang putih berdasarkan jenis kelamin, terlihat bahwa udang putih jantan yang tertangkap pada tiap stasiun selama 12 bulan pengamatan memiliki hubungan panjang karapas dan bobot tubuh seperti tertulis dalam persamaan:  $\text{Log } Y = 0.3194 + 2.714235 \log x$ , atau dalam bentuk eksponensialnya adalah:  $y = 0.3194x^{2.714235}$  dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) = 0.991931782 dan  $n = 6117$  ekor, yang secara lebih jelas digambarkan dalam kurva hubungan panjang karapas dan bobot tubuh seperti pada Gambar 7a. Untuk udang putih betina (Gambar 7b), terlihat memiliki hubungan panjang karapas dan bobot tubuh yang dituliskan dalam persamaan:  $\text{Log } Y = 0.3371 + 2.6587 \log x$  atau dalam bentuk eksponensial  $Y = 0.3371x^{2.6587}$  dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) = 0.981078049 dan  $n = 6076$  ekor.



Gambar 7. Kurva hubungan panjang bobot udang putih di perairan Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan (a. udang putih jantan: b. udang putih betina).

Nilai  $b$  pada Gambar 7 di atas mendeskripsikan pola pertumbuhan udang putih, sedangkan keeratan hubungan antara panjang karapas udang putih dan bobot tubuhnya dapat diketahui melalui nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ), sehingga melalui persamaan tersebut dapat ditentukan apakah individu dari populasi udang putih pada kawasan ini dapat diduga bobot tubuhnya melalui ukuran panjang karapasnya. Effendie (1997) menyatakan bila nilai  $b = 3$ , maka pertumbuhan dikatakan isometrik atau pertambahan panjang karapas sama dengan pertambahan bobotnya, sedangkan bila nilai  $b$  lebih besar atau lebih kecil dari 3, pertumbuhan dikatakan allometrik atau pertambahan panjang karapas tidak sama dengan pertambahan bobotnya. Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai  $b$  untuk udang jantan menunjukkan nilai sebesar 2.714235, yang berarti menggambarkan pola pertumbuhan udang putih jantan di perairan Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan termasuk ke dalam pola pertumbuhan allometrik atau pertambahan panjang karapasnya tidak sama dengan pertambahan bobotnya. Demikian pula halnya dengan udang betina yang menunjukkan nilai  $b$  sebesar 2.6587. Nilai  $b$  yang didapatkan dari udang putih jantan maupun betina di lokasi kajian terlihat lebih kecil dari 3, sehingga dapat dikatakan bahwa pola pertumbuhan udang putih di kawasan ini termasuk dalam pola pertumbuhan allometrik negatif, yang berarti pertambahan panjang karapasnya lebih cepat dari pertambahan bobotnya, atau dengan kata lain pertambahan bobot tubuhnya tidak secepat pertambahan panjang karapas. Hal ini terbukti dari kondisi udang putih yang didapat pada tiap stasiun umumnya berukuran kecil sampai sedang. Udang yang berukuran kecil sampai sedang memiliki pertambahan panjang karapas sangat cepat, namun memiliki pertambahan bobot tubuh sangat lambat. Sebaliknya udang yang berukuran besar, pertambahan panjangnya akan semakin melambat tetapi pertambahan bobot tubuhnya semakin cepat.

Walaupun pola pertumbuhan udang putih di perairan Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan menggambarkan pola pertumbuhan allometrik negatif, tetapi hasil analisa hubungan panjang karapas dan bobot tubuh memperlihatkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang dimiliki udang putih, baik jantan maupun betina melebihi 90%. Udang jantan memiliki nilai  $R^2 = 0.991931782$  dan udang betina memiliki  $R^2 = 0.981078049$ . Hal ini menggambarkan adanya keeratan hubungan antara panjang karapas dan bobot tubuh atau dapat dikatakan bahwa korelasi antara panjang karapas dan bobot tubuh sangat signifikan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Distribusi spasial udang putih berukuran besar dan matang gonad sangat dipengaruhi oleh suhu air, kedalaman, salinitas, dan pH air yang tinggi, serta kandungan substrat berpasir. Pola pertumbuhan udang putih di lokasi kajian adalah allometrik negatif atau pertambahan panjang karapasnya lebih cepat dari pertambahan bobotnya.

### Saran

Perlu dilakukan upaya rehabilitasi hutan mangrove pada stasiun yang telah mengalami penurunan luasan hutan mangrove (stasiun 1, 2, 3, dan 6), guna menjaga kelestarian populasi udang putih di Ekosistem Mangrove Percut Sei Tuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEDA (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten) Deli Serdang. 2008. Rencana Strategis Kawasan Pesisir Pantai Kabupaten Deli Serdang. 207 p.
- Bengen D.G. 2002. Pedoman teknis pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. pp.1-8.
- Brower J, Z Jerrold and C.V Ende. 1990. Field and laboratory methods for general zoology. Third edition. W.M.C Brown Publishers. United States of America. p.160-162
- Dall W, BJ Hill, P.C Rothlisberg and D.J Sharples. 1990. The biology of the penaeidae. in Blaxter JHS, and AJ Southward (eds): *Marine Biology* 27. Academic Press. London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Toronto: 489 p.
- Effendie M.I. 1997. Biologi perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama. 163 p.
- Fachrul M.F. 2007. Metode sampling bioekologi. Bumi aksara, Jakarta. pp.143-144.
- FAO. 2005. *Penaeus monodon*. Culture aquatic species information programme. Tanggal browsing: 15 Agustus 2010.
- Garcia S and L Le Reste, 1981. Life cycles, dynamic, exploitation and management of

- coastal penaeid shrimp stocks. FAO fish.Tech. Paper 203: 215 p.
- Hoang T, S. Y. Lee, C.P Keenan and G. E. Marsden. 2002. Effect of temperature on spawning of *Penaeus merguensis*. *Journal of Thermal Biology* 27 : 433 -437.
- Juliani. 2004. Optimasi penangkapan udang di perairan Delta Mahakam dan sekitarnya. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Kusmana C. 1997. Metode survey vegetasi. Institut Pertanian Bogor. pp. 42-43.
- Naamin N. 1984. Dinamika populasi udang jerbung (*Penaeus merguensis* de Man) di Perairan Arafura dan alternatif pengelolaannya. Disertasi Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor: 281 p
- Rothlisberg and Jackson. 1987. Larval ecology of penaeids of the Gulf of Carpentaria, Australia. II. Hydrographic environment of *Penaeus merguensis*, *P. esculentus*, *P. semisulcatus* and *P. latisulcatus* zoeae. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 38 (1): 19 – 28.
- Sparre P and S.C Venema. 1999. Introduksi pengkajian stok ikan tropis. Pusat penelitian dan pengembangan perikanan, badan penelitian dan pengembangan pertanian, Jakarta.p. 172.
- Stewart R. 2005. Invertebrates: The other food source.<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanographybook/invertebrates.htm>. Diakses tanggal: 15 Mei 2010.