



**ANALISIS VARIASI MORFOLOGI
DAN GENETIKA LOBSTER (*Panulirus sp.*) DI
INDONESIA MENGGUNAKAN MEGA 6**

Pembimbing :

**Husnarika Febriani, S.Si., M.Pd
Kartika Manalu, M.Pd**

Oleh:

**ZAHRATUL IDAMI, M.Sc
NIP. 198609142019032004**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA
2020**

Judul : Analisis Variasi Morfologi dan
Genetika Lobster (*Panulirus sp.*)
di Indonesia Menggunakan
Mega 6

Nama : Zahratul Idami, M.Sc
NIP : 198609142019032004

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI**

Zahratul Idami

**Analisis Variasi Morfologi dan Genetika Lobster
(*Panulirus sp.*) di Indonesia Menggunakan Mega 6
vii + 60 halaman, 1 lampiran**

ABSTRAK

Lobster (*Panulirus sp.*) termasuk komoditi perikanan yang bernilai ekonomi tinggi. Lobster ditemukan di perairan Indonesia terutama yang terdapat batu karang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi morfologi dan genetika dari jenis-jenis lobster yang ada di Indonesia. Ditemukan 5 jenis *Panulirus* dalam penelitian ini yaitu *Panulirus homarus*, *Panulirus penicillatus*, *Panulirus ornatus*, *Panulirus versicolor*, dan *Panulirus longipes*. Variasi morfologi didapatkan dari pengamatan corak, warna dari semua bagian tubuh lobster. Dilakukan pula pengukuran morfologi (morfometri). Variasi genetika dari lobster didapatkan menggunakan sekuen DNA gen CO1 yang didapatkan dari NCBI, dan didapatkan matrik *distance* yaitu *Panulirus homarus* dan *P. ornatus* memiliki similaritas yang tinggi. Pohon filogenetik menggunakan MEGA 6 menunjukkan *Panulirus homarus* dan *Panulirus ornatus* memiliki kekerabatan yang tinggi.

Kata Kunci : *Panulirus*, MEGA 6, lobster

**SAINT AND TECHNOLOGY FACULTY
DEPARTMENT OF BIOLOGI**

**Zahratul Idami
Morphology and Genetic Analysis of
Lobster (*Panulirus sp.*) in Indonesia Using
Mega 6.**

vii + 110 pages, 12 tables, 2 attachments

ABSTRACT

Lobster (*Panulirus sp.*) is including fisheries commodities that have high economic value. Lobster are found in Indonesian sea, especially those found in coral reefs. The purpose of this study was to determine the morphological and genetic variations of the types of lobsters in Indonesia. There are 5 types of *Panulirus* in this study, namely *Panulirus homarus*, *Panulirus penicillatus*, *Panulirus ornatus*, *Panulirus versicolor*, and *Panulirus longipes*. Morphological variations were obtained from observing the patterns, colors of all parts of the lobster's body. Morphological measurements (morphometry) were also carried out. Genetic variation from lobster was obtained using DNA sequence CO1 gene obtained from NCBI, and the distance matrix was obtained, namely *Panulirus homarus* and *P. ornatus* had high similarity. Phylogenetic trees using MEGA 6 show that *Panulirus homarus* and *Panulirus ornatus* have a high kinship.

Keywords: *Panulirus*, MEGA 6, lobster

SURAT REKOMENDASI


Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa penelitian saudara :

Nama : Zahratul Idami, M.Sc
NIP : 198609142019032004
Tempat/tanggal lahir : Banda Aceh, 14 September 1986
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pangkat/Gol : Penata Muda TK.I (III/b)
Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi
 : UIN Sumatera Utara Medan
Judul Penelitian : Analisis Variasi Morfologi dan
 : Genetika Lobster (*Panulirus sp.*)
 : di Indonesia Menggunakan
 : Mega 6

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah, setelah membaca dan memberikan masukan saran-saran terlebih dahulu.

Demikian surat rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, Juli 2020
Konsultan



Husnarika Febriani, S.Si., M.Pd
NIP. 19830205 201101 2 008

SURAT REKOMENDASI

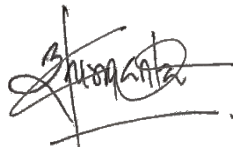
Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa penelitian saudara :

Nama : Zahratul Idami, M.Sc
NIP : 198609142019032004
Tempat/tanggal lahir : Banda Aceh, 14 September 1986
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pangkat/Gol : Penata Muda TK.I (III/b)
Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi
 : UIN Sumatera Utara Medan
Judul Penelitian : Analisis Variasi Morfologi dan
 : Genetika Lobster (*Panulirus sp.*)
 : di Indonesia Menggunakan
 : Mega 6

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah, setelah membaca dan memberikan masukan saran-saran terlebih dahulu.

Demikian surat rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, Juli 2020
Konsultan



Kartika Manalu, M.Pd
NIP. 19841213 201101 2008

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan karunianya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Analisis Variasi Morfologi dan Genetika Lobster (*Panulirus sp.*) di Indonesia Menggunakan Mega 6”.

Penelitian ini telah disusun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatannya. Untuk itu Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan modul ini.

Terlepas dari semua itu, Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu, dengan tangan terbuka Penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar Penulis dapat memperbaiki laporan penelitian ini.

Akhir kata Penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Medan, Juli 2020

Zahratul Idami, M.Sc.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
SURAT REKOMENDASI	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Hipotesis.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lobster.....	4
2.2. Klasifikasi.....	7
2.3. MEGA 6	9
BAB III. METODE PENELITIAN	12
3.1. Alat dan Bahan	12
3.2. Prosedur Kerja.....	12
3.2.1. Karakter Morfologi	12
3.2.2. Analisa Genetika.....	13
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Variasi Morfologi Lobster (<i>Panulirus sp.</i>)	12
4.2. Variasi Genetika.....	40
4.3. Hubungan Kekerbatan (Pohon Filogenetik).....	45

BAB V KESIMPULAN.....	47
BAB VI DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Phylum Arthropoda merupakan hewan avertebrata yang memiliki jumlah anggota paling banyak di bumi, baik di daratan maupun di perairan. Salah satu anggota Arthropoda yang dijumpai banyak di perairan laut adalah Crustacea. Crustacea memiliki ekskeleton yang mengandung kitin. Crustacea merupakan komoditas laut yang diminati masyarakat sebagai bahan makanan, misalnya Lobster. Lobster merupakan hewan avertebrata anggota classis Crustacea yang hidup dalam air. Hewan ini memiliki ekskeleton yang keras dengan lima pasang kaki pejalan. Pada umumnya lobster merupakan hewan yang hidup di laut dan hanya sebagian kecil yang mampu hidup di habitat air tawar. Secara ekologis, lobster berperan penting dalam rantai makanan ekosistem laut, mulai dari zona fotik sampai zona afotik.

Lobster laut merupakan salah satu sumber daya hayati kelautan yang penting, baik secara lokal maupun global. Lobster merupakan bahan makanan populer yang memiliki nilai ekonomis tinggi sehingga banyak dicari dan ditangkap secara global. Lobster laut sangat beragam jenisnya dan mempunyai spesifikasi perkembangan dan tabiat hidup berbeda. Lobster hidup di balik batu karang yang hidup ataupun sudah mati, pada pasir berbatu karang halus atau tempat-tempat yang berbatu karang disekitar pulau-pulau sepanjang pantai atau teluk.

Keanekaragaman jenis lobster yang ada di perairan laut dapat diamati dari masing-masing spesies lobster yang mempunyai ciri khas yang nampak pada warna tubuhnya. Secara taksonomi, pengamatan warna tubuh merupakan karakteristik morfologi yang dapat membantu dalam mengklasifikasikan atau mengidentifikasi lobster.

Perkembangan genetik terutama molekular genetika telah menjadi pondasi untuk melihat similaritas dan menyusun pohon filogenetik berdasarkan hubungan evolusioner pada lobster, karena menggunakan data molekular berupa data sekuens DNA atau protein, dapat pula dengan menggunakan marker molekular yang lain. DNA mitokondria (mtDNA) memiliki urutan DNA yang terbukti sangat berguna dalam menjelaskan hubungan filogenetik antara kelompok crustacean. Mitokondria subunit ribosom besar RNA (16S rRNA) dan sitokrom c oksidase subunit I (COI) gen telah sangat membantu dalam menganalisis filogeni krustasea di tingkat spesies¹. Dengan mengetahui jenis lobster yang dijumpai maka dapat pula diketahui jenis lobster tersebut bernilai ekonomis yang paling tinggi diantara jenis lobster lainnya atau tidak. Hal ini dapat membantu dalam usaha budidaya lobster agar yang tersedia di alam tetap terjaga.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis variasi morfologis dari berbagai jenis Lobster (*Panulirus sp.*) di Indonesia?
2. Bagaimana analisis genetika dari berbagai jenis Lobster (*Panulirus sp.*) di Indonesia?
3. Bagaimana hubungan kekerabatan (filogenetik) Lobster (*Panulirus sp.*) di Indonesia menggunakan MEGA 6?

¹ Chu, K.H., Ho, H.Y., Li, C.P., and Chan, T.Y. 2003. Molecular phylogenetics of the mitten crab species in Eriocheir, sensu lato (Brachyura, Grapsidae). *J. Crust. Biol.* 23, 738–746

1.3. Hipotesis

Hipotesis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Hipotesis Nihil (H_0)
Terdapat variasi baik morfologi dan genetika dari Lobster (*Panulirus sp.*) yang ada di Indonesia dilihat dari banyaknya karakter morfologi yang diamati dan data sekuen DNA yang memiliki tingkat similaritas yang tinggi sehingga hubungan kekerabatan juga tinggi.
- b. Hipotesis Alternatif (H_a)
Tidak ada variasi baik morfologi dan genetika dari Lobster (*Panulirus sp.*) yang ada di Indonesia.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui variasi morfologis Lobster (*Panulirus sp.*) dengan mengamati karakter morfologi dari masing-masing jenis lobster di Indonesia.
2. Menganalisis similaritas karakter genetika Lobster (*Panulirus sp.*) menggunakan gen CO1.
3. Merekonstruksi pohon filogenetik untuk memperlihatkan hubungan kekerabatan antara jenis Lobster (*Panulirus sp.*) berdasarkan data sekuens DNA dari NCBI.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menyajikan informasi awal dan *database* berupa data morfologis maupun DNA *barcoding* spesies lobster (*Panulirus sp.*) yang ada di Indonesia. Lobster sebagai salah satu komoditas ekspor dari Indonesia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lobster

Artropoda merupakan hewan yang memiliki tubuh yang beruas-ruas, ekskeleton yang keras, dan tonjolan yang berbuku (*artropoda* berarti ‘kaki berbuku’)². Karakteristik artropoda adalah simetri bilateral, tubuh terdiri atas kepala, toraks, dan abdomen (terpisah atau bersatu), biasanya bersegmen; memiliki embelan satu pasang (atau tidak ada), masing-masing dengan beberapa atau banyak sendi engsel dan otot yang berlawanan; biasanya terspesialisasi, beberapa tereduksi, jarang tidak ada; ekskeleton mengandung kitin, sering mengeras, berganti kulit pada selang waktu tertentu; kelamin umumnya terpisah, sering tidak sama, fertilisasi sebagian besar internal, partenogenesis pada beberapa crustacea dan serangga³.

Crustacea adalah artropoda yang sebagian hidup di laut dan bernafas dengan insang. Tubuhnya terbagi dalam kepala (*cephalin*), dada (*thorax*) dan abdomen. Kepala dan dada bergabung membentuk kepala-dada (*cephalothorax*). Kepalanya biasanya terdiri dari enam ruas yang bergabung menjadi satu. Mereka mempunyai mata majemuk yang bertangkai dan dapat digerakkan, dua pasang antena, sepasang mandibel (*mandible*) atau rahang dan dua pasang maksila (*maxilla*)⁴.

² Campbell, N.A. *et al.* 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Erlangga, Jakarta

³ Storer, T.I., dan R.L. Usinger. 2009. *Dasar-Dasar Zoologi*. Binarupa Aksara Publisher, Pamulang-Tangerang Selatan.

⁴ Romimohtarto, K, dan S. Juwana. 2001. *Biologi Laut; Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.

Lobster merupakan hewan avertebrata anggota Filum Arthropoda yang hidup di dalam air. Hewan ini memiliki ekskeleton yang keras dengan lima pasang kaki pejalan. Pada umumnya lobster merupakan hewan yang hidup di laut dan sebagian kecil yang mampu hidup di habitat air tawar. Secara ekologis, lobster berperan penting dalam rantai makanan ekosistem laut, mulai dari zona fotik sampai zona afotik⁵. Tubuh lobster (udang karang) memiliki dua bagian utama, *sefalotoraks* (kepala + toraks) anterior yang keras dan *abdomen* yang bersendi; pada seluruh bagian tubuh hewan terdapat ekskeleton yang mengandung kitin, tipis dan lembut dibagian sendi untuk memungkinkan gerakan, tetapi keras di bagian yang lain. Seluruh bagian tubuh tersusun atas *somit* (kepala, 5; toraks,8; abdomen,6) masing-masing dengan sepasang *embelan* ventral. Somit sefalotoraks diselimuti oleh pelindung yang tidak terputus atau *karapas* di atas permukaan dorsal dan lateral dengan *lekuk servikal* melintang yang menandakan kepala dan toraks. Ujung anterior mengandung *rostrum* median yang runcing dengan *mata majemuk* yang bertangkai atau tidak di setiap sisi. *Mulut* terletak ventral, dikelilingi oleh bagian mulut khusus, dan *anus* terbuka secara ventral di telson median yang besar di ujung abdomen. *Insang* terdapat di kedua sisi toraks di bawah karapas. *Lubang kelamin* berpasangan, pada betina terdapat di dasar kaki berjalan ketiga dan pada jantan terdapat pada pasangan kelima⁶.

Yang termasuk dalam kelompok lobster (udang karang) meliputi familia Palinuridae, Homaridae, Astacidae dan Scyllaridae. Dari empat familia ini terpenting adalah Homaridae dan Palinuridae. Homaridae

⁵ Tan Tular, L.A. 2012. Tesis Master: *Keragaman serta Distribusi Lobster Anggota Panuridae dan Scyllaridae di Perairan Pantai Pulau Lombok*. Program Pascasarjana, Program Studi Biologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

⁶ Storer, T.I., dan R.L. Usinger. 2009.

hanya ada di daerah sub tropis, sedangkan Palinuridae terdapat di daerah sub tropis maupun daerah tropis⁷. Karakter khas yang dimiliki Familia Palinuridae adalah adanya flagellum antenna yang panjang berbentuk cambuk. Pada karapas tidak terdapat rostrum namun terdapat banyak spina yang tersebar di seluruh permukaan karapas dan terdapat pula sepasang tanduk yang memanjang hingga kesebelah dorsal mata⁸. Karakter utama yang dimiliki genus Panulirus adalah tubuh dengan karapas berbentuk silinder yang tertutup spina kecil maupun besar. Familia Scyllaridae merupakan salah satu anggota Superfamilia Palinuroidea. Perbedaan dengan Palinuridae terletak pada tidak adanya flagellum antenna yang memanjang seperti cambuk. Anggota Scyllaridae memiliki antena yang pipih berbentuk pelat dengan flagellum pada somit ke enam antena, tubuh diselubungi oleh lapisan ekskeleton yang kuat, tebal dan berbentuk pipih dorsoventral, tidak memiliki rostrum, mata kecil berpigmen yang dapat dibedakan dan terpisah jauh. Pereiopod tanpa capit yang nyata dan memiliki panjang yang seragam⁹.

Dari sekitar 19 spesies Panulirus yang ada di dunia, 12 spesies tersebar di perairan tropis dan tujuh spesies diantaranya terdapat di Indonesia. Namun yang banyak

⁷ Dradjat, F.M. 2004. Tesis Master: *Bioekonomi Udang karang (panulirus spp.) pada Usaha Perikanan Tangkap Skala Kecil di Kabupaten Kebumen dan sekitarnya*. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro. Semarang.

⁸ Holthuis, L.B. 1991. *FAO Species Catalogue Vol. 13: Marine Lobster of The World*. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma.

⁹ Tan Tular, L.A. 2012. Tesis Master: *Keragaman serta Distribusi Lobster Anggota Panuridae dan Scyllaridae di Perairan Pantai Pulau Lombok*. Program Pascasarjana, Program Studi Biologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

ditemukan hanya enam jenis saja, yaitu udang batu (*Panulirus penicillatus*), udang pantung (*P. homarus*), udang mutiara (*P. ornatus*), udang cemara (*P. versicolor*), udang bunga (*P. longipes*), dan udang jarak (*P. polyghagus*). Masing-masing spesies udang karang mempunyai ciri khas yang nampak pada warna tubuhnya¹⁰.

Makanan yang disukai oleh lobster adalah hampir semua hewan-hewan dasar. Beberapa hewan dasar yang sering menjadi makanan udang karang adalah moluska dan echinodermata. Moluska yang dinamakan di antaranya gastropoda dan bivalvia. Echinodermata yang dimakan diantaranya adalah bulu babi, bintang laut, teripang, lili laut dan sebagainya¹¹.

2.2. Klasifikasi

Berdasarkan klasifikasi tradisional, lobster laut termasuk ke dalam sub ordo Macrura yang merupakan satu dari empat subordo anggota Ordo Decapoda. Lobster merupakan hewan anggota sub ordo Reptantia yang terbagi kedalam 10 familia yang dibedakan atas dasar karakter morfologinya yang memiliki kedudukan dalam taksonomi sebagai berikut¹²:

Phylum : Arthropoda
Classis : Crustacea
Ordo : Decapoda
Sub ordo : Reptantia
Familia : Thaumastochelidae
Nephropidae

¹⁰ Dradjat, F.M. 2004. Tesis Master: *Bioekonomi Udang karang (panulirus spp.) pada Usaha Perikanan Tangkap Skala Kecil di Kabupaten Kebumen dan sekitarnya*. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro. Semarang.

¹¹ Dradjat, F.M. 2004

¹² Tan Tular, L.A. 2012

Polychelidae
Glypheidae
Palinuridae
Synaxidae
Scyllaridae
Thalassinidae
Upogebiidae
Callianassidae

Klasifikasi Lobster menurut Waterman dan Chase¹³ adalah sebagai berikut:

Phylum : Antropoda
Super classis : Crustacea
Clasis : Malacostraca
Sub classis : Eumalacostraca
Super ordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Super familia : Palinuroidea
Familia : Palinuridae
Genus : *Panulirus*
Spesies : *Panulirus spp.*
Phylum : Antropoda
Super classis : Crustacea
Clasis : Malacostraca
Super ordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Super familia : Palinuroidea
Familia : Palinuradae
Genus : *Panuirus*
Spesies : *Panulirus sp.*

¹³ Dradjat, F.M. 2004. Tesis Master: *Bioekonomi Udang karang (panulirus spp.) pada Usaha Perikanan Tangkap Skala Kecil di Kabupaten Kebumen dan sekitarnya*. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro. Semarang.

2.3. MEGA 6

MEGA 6 (*Molecular Evolution Genetic Analysis*) merupakan perangkat lunak (*software*) komputer yang telah ditemukan pada tahun 1993 oleh Kimura, Neil dan Kumar. Perangkat ini sangat berguna sebagai alat statistik untuk melakukan analisis evolusi secara molekuler dalam bidang kajian Bioinformatika. Bioinformatika adalah ilmu yang mempelajari penerapan teknik komputasional untuk menganalisis informasi biologi terutama sekuen DNA dan asam amino. Para ilmuwan mengembangkan perangkat ini untuk mempermudah dalam menemukan hubungan kekerabatan setiap makhluk hidup dan garis evolusinya berdasarkan data molekuler berupa materi genetik (DNA).



Gambar 1. Program MEGA

Perangkat ini bekerja dengan mengolah data sekuen nukleotida dari beribu hingga berjuta rangkaian basa A-G-T-C. Mencocokkan dan menyunting beberapa basa untuk menemukan kecocokan antara satu sekuen dengan sekuen yang lainnya. Output data pengolahan dengan perangkat ini salah satunya adalah berupa nilai similaritas suatu sekuen terhadap sekuen pembanding. Nilai similaritas yang diperoleh diterjemahkan dalam suatu dendogram dengan berbagai tipe percabangannya sehingga membentuk suatu pohon keturunan (*Phylogenetic tree*).

Data sekuen yang diolah dengan MEGA dapat diperoleh dari <http://ncbi.nlm.nih.gov/>. NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) merupakan web yang menyimpan semua data molekuler berupa data

nukleotida maupun protein yang terdapat diseluruh dunia. Data sekuen DNA (data pembanding bisa diambil dari data sekuens yang ada di GenBank melalui NCBI). Klasifikasi molekular dengan menggunakan data sekuens dapat menghasilkan klasifikasi yang bersifat filogenetik berdasarkan *Phylogeny tree* yang direkonstruksi¹⁴.

Diagram filogenik (*phylogenetic tree*) adalah diagram berbentuk hubungan pencabangan yang menunjukkan hubungan evolusi antara berbagai sekuen makhluk hidup berdasarkan kemiripan dan perbedaan karakteristik fisik serta genetik yang diturunkan dari induknya sebagai pendekatan logis untuk menunjukkan hubungan evolusi antara organisme. Hasil yang diperoleh dapat diaplikasikan untuk membuat sistematika biologi, mencari fungsi dari suatu gen atau protein, riset medis, epidemiologi hingga studi evolusi. Untuk menentukan pohon filogenetik diperlukan sekuen data-data hasil sekuensing.

DNA hasil eksperimen menggunakan sekuenser Program Mega 6 dapat digunakan mengetahui tingkat kemiripan antara sekuen satu dengan sekuen pembanding (standart). Beberapa tahapan umumnya perlu dilakukan, yaitu dimulai dari installing program, editing data sekuen dilanjutkan alignment. Dari hasil analisis akan diketahui diagram filogeniknya. Hal ini menunjukkan sekuen yang mempunyai hubungan kekerabatan dapat diidentifikasi dengan menempati cabang yang terdekat. Program Mega 6 dapat digunakan untuk dua tujuan sekaligus yaitu pengambilan kesimpulan hubungan evolusi dari sekuen-sekuen yang

¹⁴ Hariyadi, B., dkk. 2011. *Pelatihan Penggunaan Gen Bank NCBI (National Center for Biotechnology Information) dan Program MEGA 4.0 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 4.0) untuk Penelitian dan Peningkatan Pembelajaran Biologi di Sekolah dan Perguruan Tinggi*. Jurnal Pengabdian Masyarakat No. 52: 55-60. ISSN: 1410-0770

homolog dan memperkirakan keragaman evolusi netral dan selektif diantara sekuen. Di samping itu Mega 5,2 ini juga dilengkapi dengan hasil berupa diagram pohon filogenetik serta matrik jarak evolusi (*pairwise distance*).

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian Phylum Arthropoda, Subphylum Crustacea ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan. Selanjutnya alat dan bahan, serta prosedur kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah jangka sorong dan penggaris untuk morfometri, wadah atau tempat meletakkan spesimen, sarung tangan, kertas milimeter, kamera digital, Laptop, dan software Mega 6.

Bahan-bahan yang digunakan adalah 5 spesimen anggota Subphylum Crustacea yang yang biasa disebut 'Lobster air laut', yaitu dari 5 anggota Familia Palinuridae: *Panulirus homarus*, *Panulirus longipes*, *Panulirus versicolor*, *Panulirus ornatus*, dan *Panulirus penicillatus*. Selanjutnya untuk data genetika menggunakan data dari GenkBank dari web NCBI.

3.2. Prosedur Kerja

3.2.1. Karakter Morfologi

Prosedur kerja terhadap kelima bahan (*spesimen*) lobster yang telah diawetkan dengan Alkohol 70% itu diamati morfologi bagian karapas cephalothorax dan abdomen. Karakter morfologi yang diamati berupa tipe antena, antenula, jumlah spina pada lempeng antennula, pola bercak-bercak warna pada karapas, abdomen dan plereiopod, letak mata, dan jenis antena yang dimiliki. Terdapat empat karakter morfologi utama yang digunakan dalam membedakan spesies lobster terutama untuk melihat hubungan kekerabatannya. Keempat karakter

tersebut adalah; ukuran relatif, disposisi proses supraorbital, kemiringan mata, struktur pleopod individu betina pada somit abdominal kedua, serta bentuk karapas. Data morfologi tersebut dicatat dan dilakukan pengambilan gambar bagian-bagian tubuh spesimen lobster yang menjadi karakteristik diagnotiknya. Identifikasi species lobster dilakukan secara visual dengan melihat corak warna yang terdapat pada bagian segmen tubuh berdasarkan buku *Marine Lobster of the world, FAO*¹⁵.

Pengamatan alat kelamin untuk menentukan jantan atau betina dilakukan dengan mengamati letak lubang alat genital pada pangkal kaki pereipod lobster yang keberapa, ada atau tidak perkembangan percabangan pada kaki pereipod ke-5 (kaki jalan ke-2) dan ada atau tidak perkembangan endopleopod.

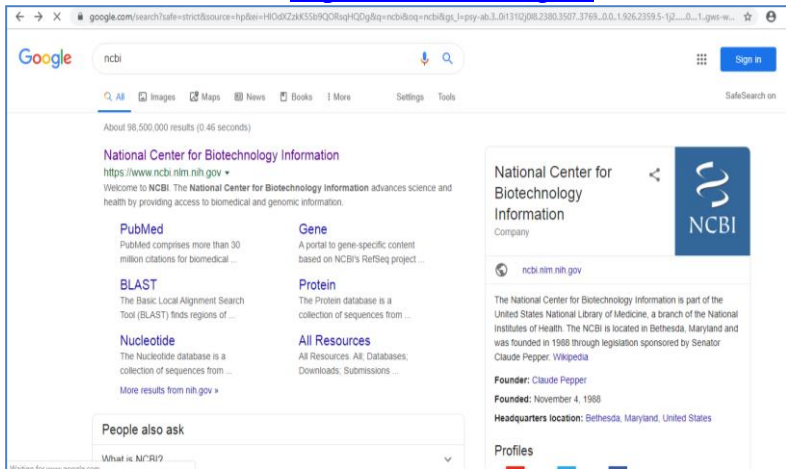
Pengamatan morfometri pada Lobster juga dilakukan dengan menghitung panjang total, panjang karapas (cephalotorak), panjang segmen abdomen, dan panjang ekor. Pengukuran panjang total dilakukan mulai dari ujung anterior karapas dekat spina lempeng antenula sampai ujung telson disepanjang garis tengah. Pengukuran panjang karapas dilakukan mulai dari ujung anterior karapas dekat spina lempeng antenula sampai tepi belakang karapas disepanjang garis tengah.

3.2.2. Analisa Genetika

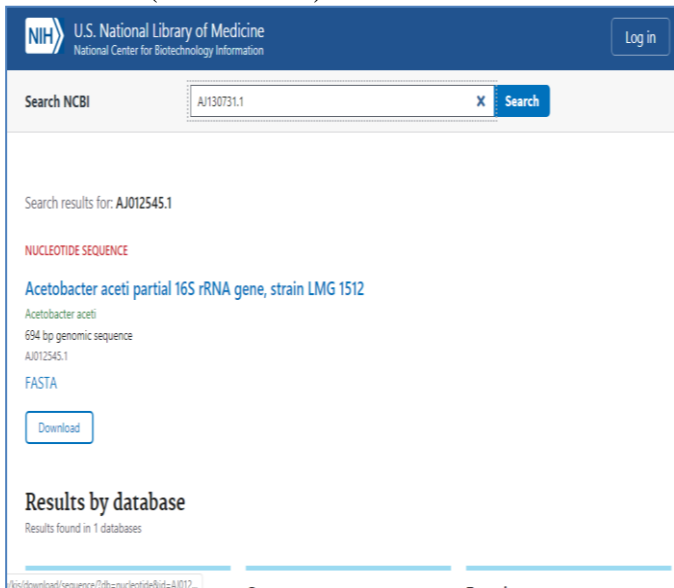
DNA dari mitokondria diperoleh dari bagian tubuh yang diisolasi yaitu bagian pleiopoda dan bagian ususnya. Data diperoleh dari NCBI dengan cara memasukkan nama spesies lobster (*Panulirus* sp.) yang ada di indonesia. Selanjutnya di download FASTA dari urutan sekuens.

¹⁵ Holthuis, L.B. 1991. *FAO Species Catalogue Vol. 13: Marine Lobster of The World*. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma.

1. Laptop yang telah diinstall program Mega 6
2. Sekuen DNA Lobster (*Panulirus sp.*) diambil dari *GenBank* menggunakan web NCBI
 - a. Buka situs <http://ncbi.nlm.nih.gov/>.

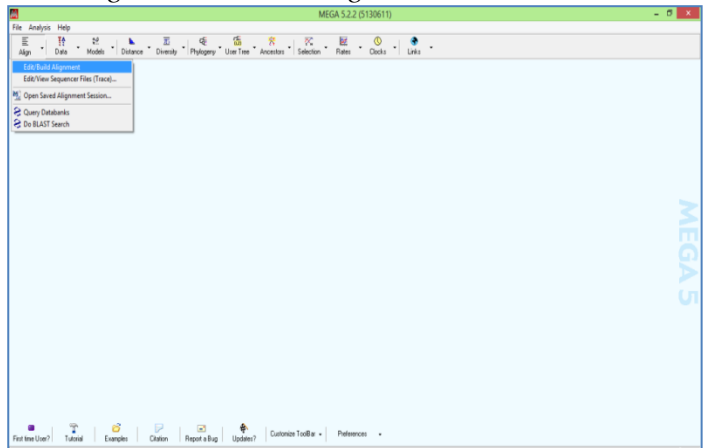


- b. Masukkan kode GenBank Ascension No. (AJ130731.1)

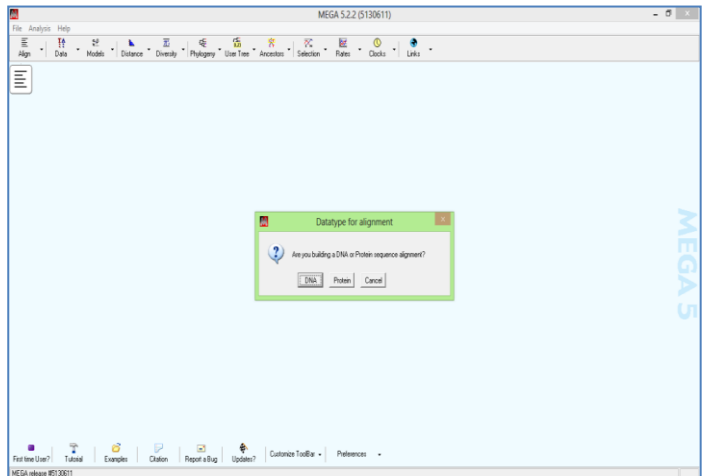


- c. pilih download FASTA

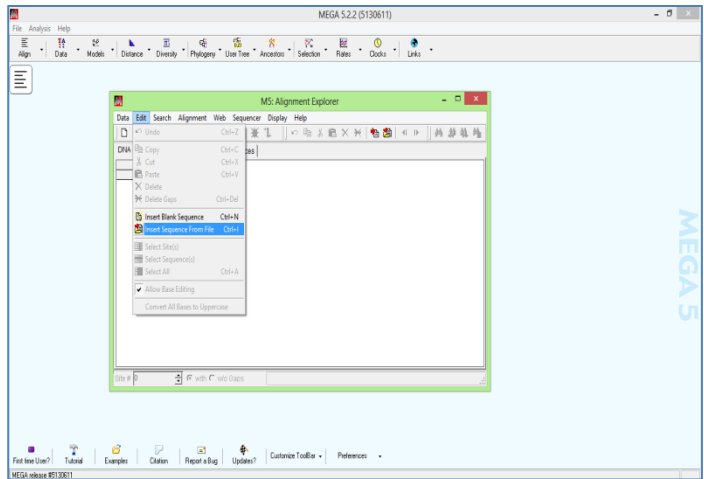
- d. Simpan data FASTA
- 3. *Alignment* sekuen DNA dengan aplikasi MEGA 6
 - a. Buka Aplikasi Mega 6
 - b. Klik *Align* → *Edit/buid alignment*



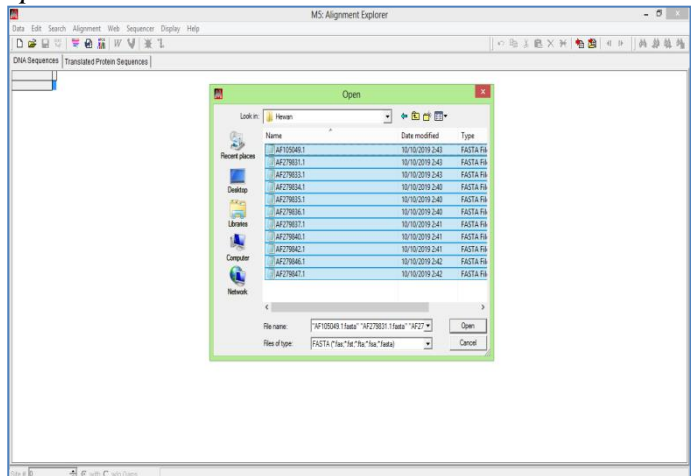
- c. Pilih *create a new alignment* → pilih data yang mau dibuat (DNA/Protein) → pilih DNA untuk data sekuen DNA



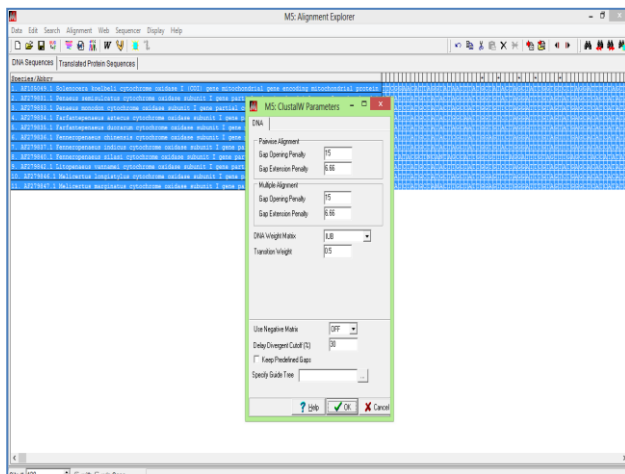
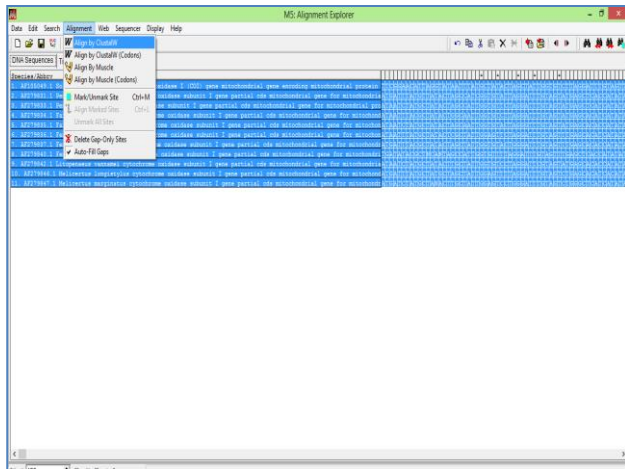
- d. Klik *Edit* (M5: *DNA Datatype for alignment*)



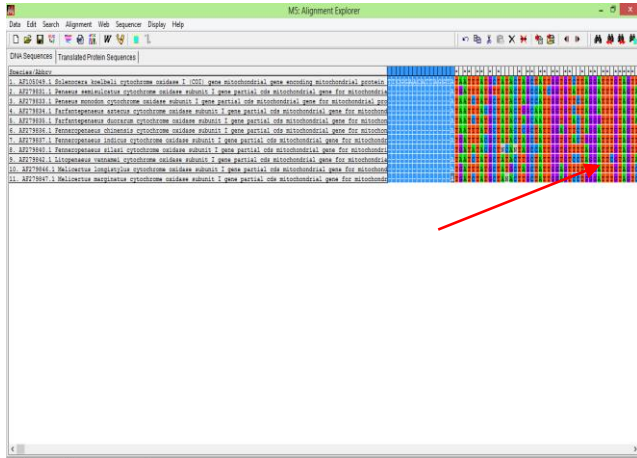
- e. Pilih semua file dalam format FASTA dan *open*



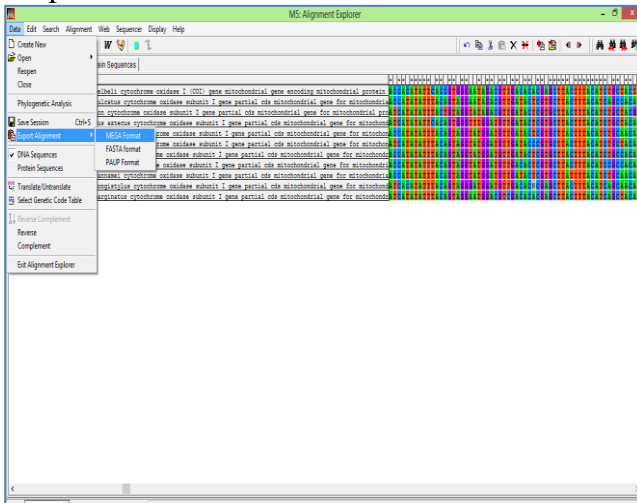
- f. Selanjutnya pada lembar M5: Alignment Explorer klik Alignment → align by Clustal W → ok



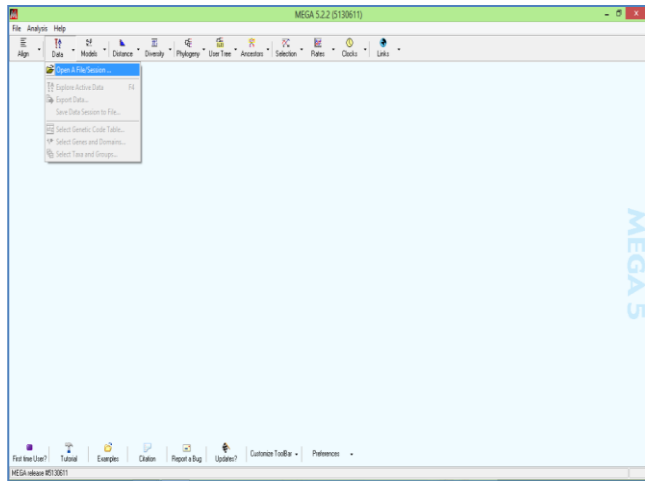
- g. Jika terdapat spesies yang data DNA kosong (-) atau selain A-C-G-T (N, B) maka hapus satu kolom dari atas ke bawah untuk semua spesies (setelah di blok → delete)



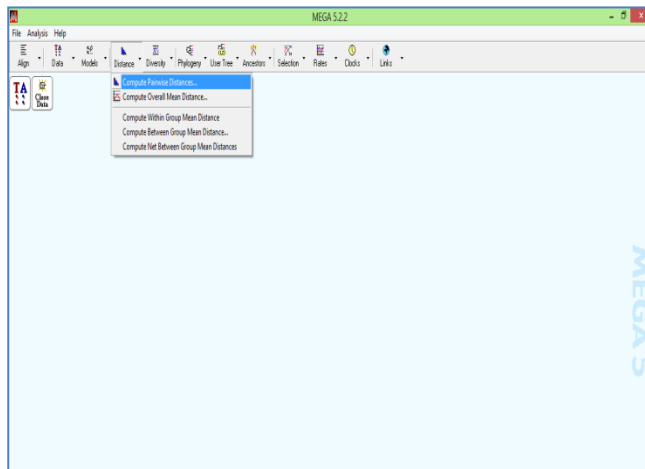
- h. Setelah bersih, simpan data dalam format MEGA: Klik Data → export alignment → MEGA format → save → Yes (DNA coding), simpan file



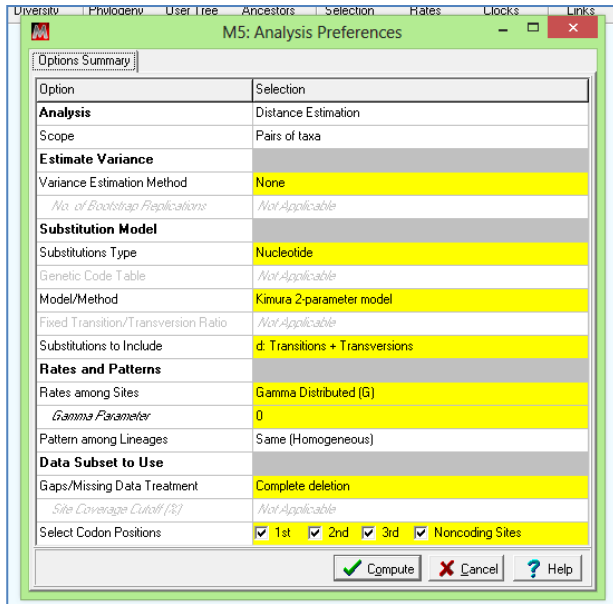
4. Membuat matrik *Pairwise distance*
 - a. Buka file dalam format MEGA: .MEG (Klik Data → Open file/section → Pilih data)



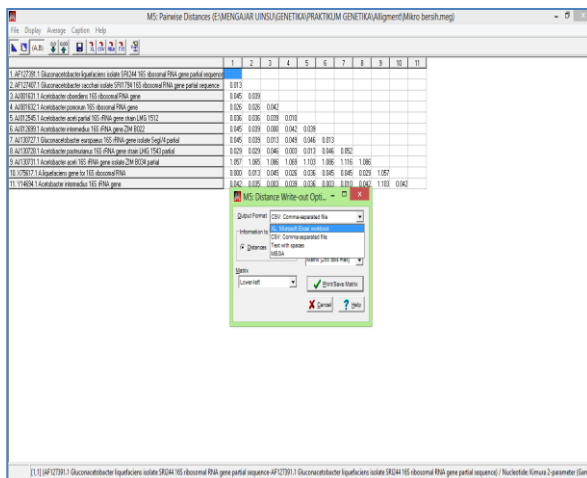
- b. Klik Distance → Compute Pairwise distance
→ ok



- c. Sesuaikan data seperti dibawah ini dan klik *Compute*

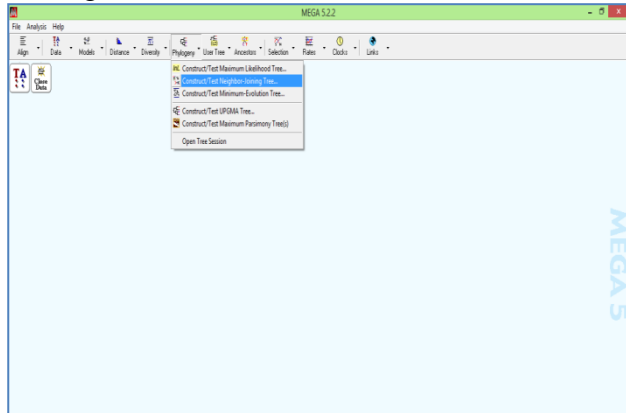


- d. Simpan dalam Microsoft Excel:
 File → export/print distance, ubah Output format : XL (Microsoft Excel Workbook) → print/save matrix

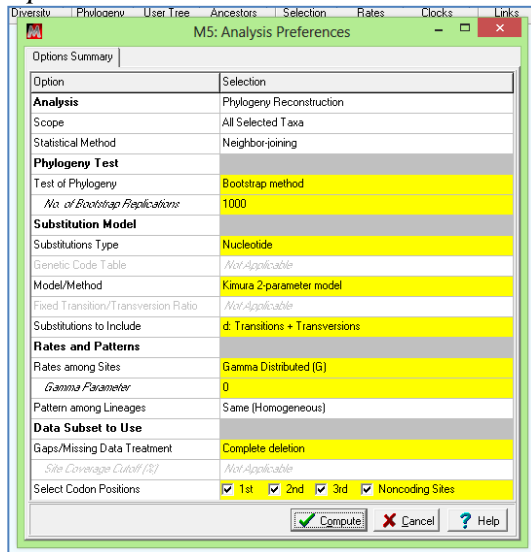


5. Rekonstruksi pohon filogenetik (Dendrogram) dengan program MEGA 6

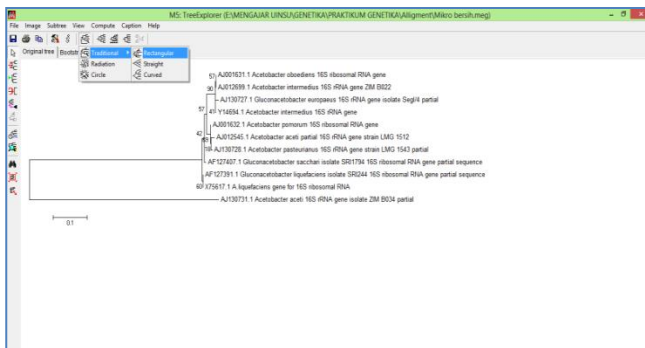
- a. Buka aplikasi MEGA 6, klik Data → Open file/section → Pilih data dalam format .MEG
- b. Klik Phylogeny → Construct/Test Neighbor-Joining Tree



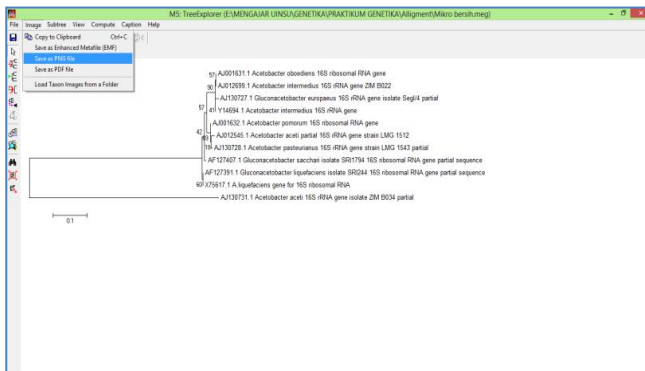
- c. Sesuaikan data seperti dibawah ini dan klik *Compute*



- d. Pilih pohon filogeni yang diinginkan



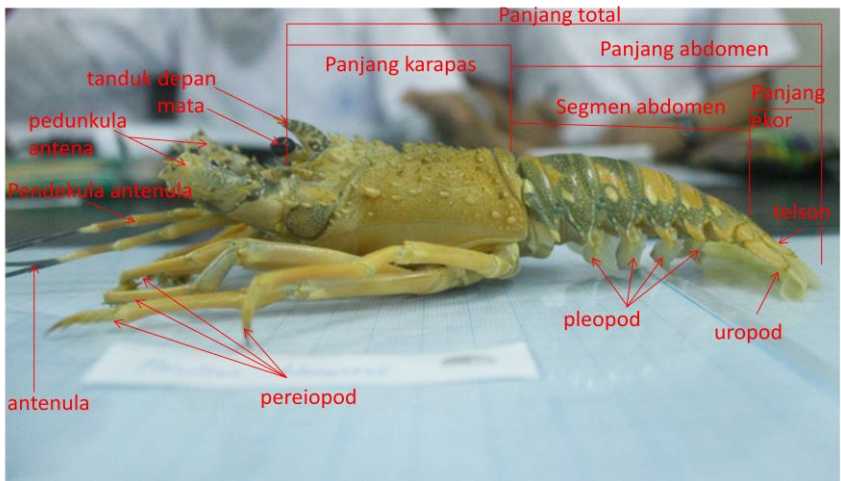
e. Simpan pohon filogeni: Klik Image → Save as PNG file



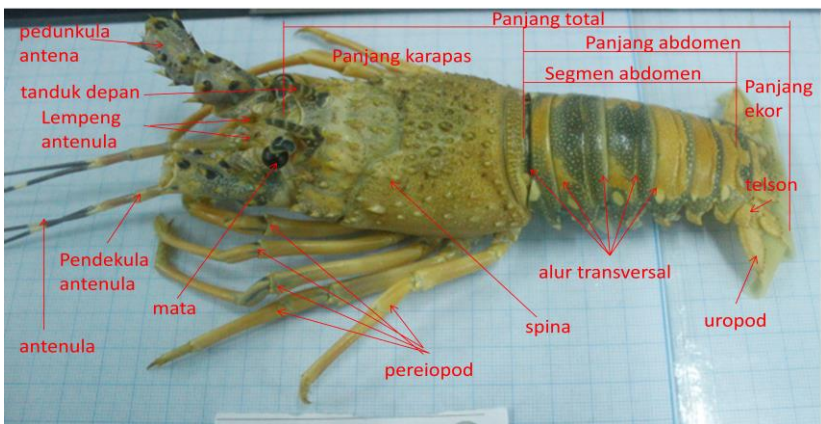
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Variasi Morfologi Lobster (*Panulirus sp.*)

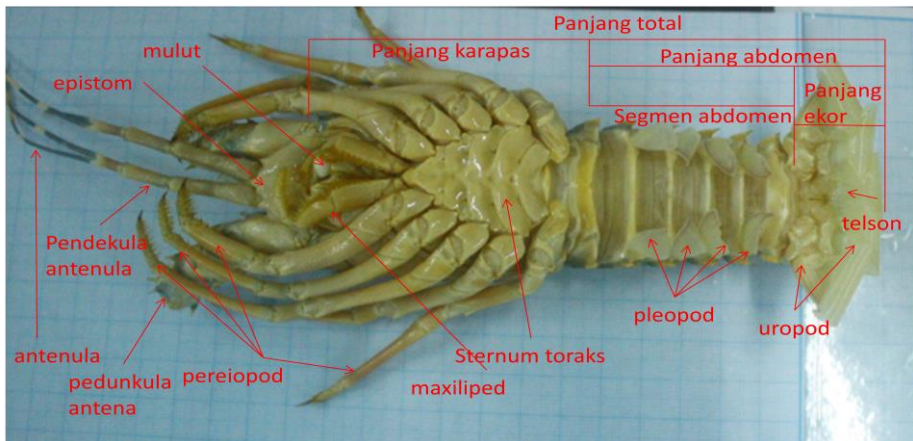
Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk gambar untuk pengamatan morfologi dan tabel berisikan hasil pengukuran (morfometri) dan hasil pengamatan morfologi untuk 5 jenis spesimen Lobster air laut yang disediakan.



Gambar 4.1. Morfologi *Panulirus sp.* tampak sisi lateral



Gambar 4.2. Morfologi *Panulirus sp.* tampak dorsal



Gambar 4.3. Morfologi *Panulirus sp.* tampak ventral

Tabel 1. Data Morfometri Spesimen Lobster air Laut

No .	Nama species	Panjang karapaks (cm)	Panjang segmen abdomen (cm)	Panjang ekor (cm)	Panjang total (cm)
1.	<i>Panulirus homarus</i>	7,4	5,8	2,6	15,8
2.	<i>Panulirus longipes</i>	5,4	4,8	2,5	12,7
3.	<i>Panulirus versicolor</i>	7,9	6,1	3,5	17,5
4.	<i>Panulirus ornatus</i>	8,1	7,0	3,7	18,8
5.	<i>Panulirus penicillatus</i>	8,6	7,5	3,6	19,7

Tabel 2. Data Pengamatan Morfologi untuk 6 Spesimen Lobster Air Laut

No.	Nama species	Deskripsi morfologi dan meristik
1.	<i>Panulirus homarus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Memiliki 4 buah spina lempeng antenula, 2 spina lempeng antenula bagian depan lebih panjang ✓ Mata menonjol karena memiliki tangkai mata ✓ Tanduk agak melengkung ✓ Spina karapaks tajam ✓ Lateral pleopod terdapat white spot ✓ Antenulla birami, corak belang-belang hitam ✓ Letak cabang antenulla birami pada segmen ke 3 ✓ Eksopodit berkembang ✓ Duri telson agak tumpul ✓ Tak ada duri diantara kaki jalan ke 2
2.	<i>Panulirus longipes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terdapat 2 spina lempeng antenula dan letaknya berdekatan ✓ Bagian abdomen terdapat white spot pada abdomen pertama dan terakhir di bagian lateral terdapat white spot yang lebih jelas.

No.	Nama species	Deskripsi morfologi dan meristik
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antenulla birami, berwarna selang seling hitam putih, atas putih bawah putih ✓ Tanduk melengkung, ✓ Pereiopod ada corak white spot ✓ Spina karapaks tajam ✓ Spina telson tumpul ✓ Diantara pereiopod bagian dorsal abdomen terdapat sepasang duri
3.	<i>Panulirus versicolor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bagian karapaks terdapat black spot ✓ Memiliki spina lempeng antenula berjumlah 4, 2 spina depan lebih panjang dibandingkan spina belakang, dan terdapat blackspot ✓ Tanduk melengkung kedepan ✓ Mata menonjol ✓ Terdapat garis hitam putih hitam disetiap segmen ✓ Spina pada karapaks runcing ✓ Kaki jalan berwarna hitam putih memanjang ✓ Birami antenulla berwarna putih

No.	Nama species	Deskripsi morfologi dan meristik
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Segmen antenula terdapat warna selang seling hitam putih ✓ Tidak ada spina diantara pereopod ke-5 ✓ Spina telson tumpul ✓ Flagellum antenna berbentuk seperti cambuk
4.	<i>Panulirus ornatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Warna tiap segmen abdomen seperti pasir ✓ Terdapat 4 spina lempeng antenula, 2 spina depan lebih panjang dari belakang, letak berjauhan ✓ Spina karapaks runcing ✓ Tanduk melengkung ✓ Pereopod terdapat white spot ✓ Antenulla birami, berwarna hitam putih secara vertical ✓ Disetiap segmen antenula terdapat warna putih ✓ Pada pereopod ke-5 terdapat lubang genital (betina) ✓ Tidak ada spina diantara pereopod ke-5 ✓ Ekto dan endopleopodi

No.	Nama species	Deskripsi morfologi dan meristik
		berkembang ✓ Diantara dua tanduk terdapat yellow spot dan letaknya berjauhan
5.	<i>Panulirus penicillatus</i>	✓ Mata menonjol ✓ Spina lempeng antenula ada 4 dan berdekatan ✓ 2 Spina antenula bagian belakang lebih panjang ✓ Tanduk melengkung ke depan ✓ Antenulla birami berwarna agak merah disetiap segmen ✓ Pada karapaks terdapat silia ✓ Spina karapaks runcing ✓ Pereiopod ada gradasi warna merah ✓ Ujung pereiopod ke-5 terdapat cabang ✓ Warna abdomen di 3 segmen depan ada brown spot ✓ Spina pada telson tajam ✓ Segmen pertama pada abdomen terdapat white spot ✓ Tidak ada spina diantara pereiopod ke-5

No.	Nama species	Deskripsi morfologi dan meristik
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pada pereopod ke-5 terdapat lubang genital (betina) ✓ Ekso dan endopleopodi berkembang (betina)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap lima spesimen untuk Lobster air laut didapatkan bahwa ciri khas filum ini yaitu adanya flagellum antena yang panjang berbentuk cambuk, antenula birami (bercabang dua), tidak terdapat rostrum, didekat mata terdapat sepasang spina besar yang disebut *tanduk*, terdapat spina di seluruh bagian karapas, pada lempeng antenulla terdapat 2 atau 4 buah spina yang menjadi karakter pembeda antara anggotanya, dan tidak adanya capit (*chela*) pada pereopod ke-5. Selain jumlah spina, letak dan letak spina pada lempeng antenula, pola warna yang ada pada karapas, abdomen, antenulla, dan pereopod juga dapat dijadikan karakter pembeda antara masing-masing jenisnya.

Dari morfometri diperoleh bahwa panjang total lobster berturut-turut dari yang terbesar sampai yang terkecil yang ditemukan pada spesimen yaitu *Panulirus penicillatus* 19,7 cm, *Panulirus ornatus* 18,8 cm, *Panulirus versicolor* 17,5 cm, *Panulirus homarus* 15,8 cm, dan *Panulirus longipes* 12,7 cm. Data morfometri digunakan untuk membandingkan ukuran bagian-bagian tubuh. Dari data didapatkan bahwa panjang karapas (*cephalotorak*) lobster lebih besar dibandingkan panjang segmen abdomen (tanpa ukuran panjang ekor). Perbedaan antara panjang karapas dan segmen abdomen rata-rata antara 0,6 – 1,6 cm. Namun apabila dibandingkan panjang karapas dengan panjang abdomen (termasuk panjang ekor) maka didapatkan panjang abdomen lebih besar

dibandingkan panjang karapas dengan rata-rata besarnya perbandingan 1,0 - 2,6 cm.

a. *Panulirus homarus*

Morfologi yang dapat diamati dari *panulirus homarus* adalah mata menonjol karena memiliki tangkai mata, tanduk agak melengkung dengan corak selang seling hitam kekuningan. Karapas dilengkapi dengan spina (duri) yang besar atau kecil yang agak tajam. Pada lempeng antena terdapat 4 buah spina dengan 2 spina bagian depan lebih panjang dibandingkan 2 spina belakang yang dekat dengan mata. Antenulla birami, memiliki corak belang-belang hitam. Letak antenulla pada segmen ke-3. Spina pada telson agak tumpul, bentuk telson membulat. Pada pengamatan abdomen secara ventral didapatkan bahwa diantara kaki jalan ke-2 (pereopod ke-5) tidak terdapat duri. Lateral pleopod terdapat white spot pada sisi kiri dan kanannya. Pada bagian abdomen ventral terlihat pada somit ke-1 dan ke-2 terdapat corak kehitaman, sedangkan somit yang lain hanya terdapat pada bagian tepi saja. Pereopod tidak memiliki corak apa-apa, hanya warna polos kekuningan. Lobster ini berjenis kelamin jantan, terlihat pada pereopod ke-3 terdapat lubang genital, dan hanya eksopleopod yang berkembang. Secara morfometri didapatkan bahwa panjang total tubuh 15,8 cm, dengan panjang karapas 7,4 cm, dengan panjang abdomen (lempeng abdomen + panjang ekor) 8,4 cm, sehingga didapatkan perbandingan panjang karapas dengan abdomen yaitu 1 cm.



Gambar 4.4. Morfologi *Panulirus homarus* (tanda panah merah menunjukkan bagian karakter yang berbeda dengan spesimen lainnya, tertera dalam Tabel 2)

b. Panulirus longipes

Pengamatan morfologi *Panulirus longipes* menunjukkan bahwa mata menonjol dan bertangkai, spina besar didekat mata (*tanduk*) melengkung kearah depan, dengan corak hitam putih. Seluruh karapas dan bagian abdomen memiliki white spot, dengan warna dasar ekskeleton berwarna gelap kehitaman. Pada abdomen somit pertama dan terakhir dibagian lateral terdapat white spot yang lebih jelas dan agak besar. Antenula birami, berwarna selang-seling hitam putih, bagian paling atas putih dan bagian pangkal bawah berwarna putih. Terdapat 2 spina yang menonjol pada lempeng antenna dan letaknya berdekatan. Spina (duri) pada karapas tajam,

sedangkan spina pada telson tumpul. Pada pereopod terdapat white spot. Jika diamati dari bagian ventral abdomen, terlihat diantara kaki jalan ke-2 (pereopod ke-5) terdapat sepasang duri. Secara morfometri didapatkan bahwa panjang total tubuh 12,7 cm, dengan panjang karapas 5,4 cm, dengan panjang abdomen (lempeng abdomen + panjang ekor) 7,3 cm, sehingga didapatkan perbandingan panjang karapas dengan abdomen yaitu 1,9 cm.



Gambar 4.5. Morfologi *Panulirus longipes* (tanda panah merah menunjukkan bagian karakter yang berbeda dengan spesimen lainnya, tertera dalam Tabel 2)

c. *Panulirus versicolor*

Panulirus versicolor memiliki karakteristik morfologi yaitu bagian karapaks terdapat black spot, terdapat garis hitam putih pada setiap segmen abdomen. Mata menonjol,

antena seperti cambuk, memiliki spina lempeng antenula berjumlah 4 dengan posisi 2 spina bagian depan lebih panjang dibandingkan 2 spina bagian belakang yang terletak dekat mata, dan terdapat blackspot pada pangkal spina tersebut. Tanduk melengkung ke depan, terdapat spot putih. Spina pada karapas agak runcing. Antenula birami, berwarna putih. Segmen antenula terdapat warna selang-seling hitam dan putih. Tidak ada spina diantara pereopod ke-5, dan spina pada telson tumpul. Secara morfometri didapatkan bahwa panjang total tubuh 17,5 cm, dengan panjang karapas 7,9 cm, dengan panjang abdomen (lempeng abdomen + panjang ekor) 9,6 cm, sehingga didapatkan perbandingan panjang karapas dengan abdomen yaitu 1,7 cm.



Gambar 4.6. Morfologi *Panulirus versicolor* (tanda panah merah menunjukkan bagian karakter yang berbeda dengan spesimen lainnya, tertera dalam Tabel 2)

d. *Panulirus ornatus*

Karakteristik khas dari *panulirus ornatus* adalah warna tiap segmen abdomen seperti pasir, di setiap segmen antenula terdapat warna putih (white spot). Terdapat 4 spina pada lempeng antenula, 2 spina pada bagian depan lebih panjang dari 2 spina bagian belakang yang dekat dengan mata, jarak antara ke empat spina berjauhan. Antenulla birami, antenula berwarna hitam putih secara vertikal. Pada karapaks terdapat spina besar dan kecil yang runcing. Tanduk melengkung ke depan, diantar dua tanduk terdapat yellow spot. Pada kelima pereopod terdapat white spot. Pada pereopod ke-5 terdapat lubang genital (betina). Tidak ada spina diantara pereopod ke-5. Ektopleopodi dan endopleopodi berkembang. Secara morfometri didapatkan bahwa panjang total tubuh 18,8 cm, dengan panjang karapas 8,1 cm, dengan panjang abdomen (lempeng abdomen + panjang ekor) 10,7 cm, sehingga didapatkan perbandingan panjang karapas dengan abdomen yaitu 2,6 cm.



Gambar 4.7. Morfologi *Panulirus ornatus* (tanda panah merah menunjukkan bagian karakter yang berbeda dengan spesimen lainnya, tertera dalam Tabel 2)

e. *Panulirus penicillatus*

Morfologi *Panulirus penicillatus* yaitu mata menonjol, memiliki 4 spina pada lempeng antenula, dengan 2 spina antenula bagian belakang yang dekat dengan mata lebih panjang dibandingkan 2 spina yang berada di depan. Tanduk melengkung ke depan. Antenulla birami, antenula berwarna agak merah disetiap segmennya. Pada karapas tersapat silia dan spina, spina yang ada pada karapas agak runcing. Pada pereopod ada gradasi warna merah, ujung pereopod ke-5 terdapat cabang (indikasi betina), warna

abdomen pada ke 3 segmen abdomen depan terdapat brown spot, segmen pertama pada abdomen terdapat white spot, spina pada telson tajam, dan tidak ada spina diantara pereopod ke-5. Pada pereopod ke-5 terdapat lubang genital (betina), ekdopleopodi dan endopleopodi berkembang. Secara morfometri didapatkan bahwa panjang total tubuh 19,7 cm, dengan panjang karapas 8,6 cm, dengan panjang abdomen (lempeng abdomen + panjang ekor) 11,1 cm, sehingga didapatkan perbandingan panjang karapas dengan abdomen yaitu 2,5 cm.



Gambar 4.8. Morfologi *Panulirus penicilatus* (tanda panah merah menunjukkan bagian karakter yang berbeda dengan spesimen lainnya, tertera dalam Tabel 2)

Perbedaan Morfologi Lobster Jantan dan Betina

Differensiasi sex pada lobster terjadi pada fase *puerulus*. Lobster termasuk organisme heteroseksual, yaitu mempunyai jenis kelamin jantan dan betina yang terpisah, sebagai organisme *gonokorik*, differensiasi ovarium dan testis secara genetik. Jenis kelamin ditentukan dari letak alat kelaminnya, dimana alat kelamin jantan terletak di antara pereopod ketiga, berbentuk lancip, dan menonjol keluar atau pada ujung kaki kelima tidak terdapat percabangan. Sementara, alat kelamin betina terletak di antara pereopod kelima, berbentuk dua lancip atau pada ujung kaki jalan kelima terdapat percabangan¹⁶.

Berdasarkan morfologi eksternal, dapat diamati perbedaan jenis kelamin lobster, sebagai tanda kelamin sekunder pada lobster juvenil dan dewasa. Tanda sekunder jenis kelamin betina (Gambar 4.9) yaitu: pada kedua pangkal dasar kaki jalan ke-5 terdapat tonjolan berwarna putih bening, ujung dari gonadophore yang berhubungan dengan ovarium. Bagian sisi dalam kaki renang terdapat lembaran berpasangan (2 lembar) merupakan eksopleodi dan endopleodi. Pada lobster juvenil, kedua lembaran kaki renang masih berbentuk daun, tetapi setelah dewasa, lembaran kaki renang bagian dalam mengalami modifikasi terbentuk serabut halus berwarna coklat keputihan sebagai tempat perlekatan telur pada masa inkubasi (ovipositor, *brood pouch*) atau disebut *plumose seta*. Ujung ruas kaki jalan ke-5 bercabang tiga, berbeda dengan ruas ujung ke empat pasang kaki jalan lainnya, diduga berfungsi membawa telur yang sudah

¹⁶ Junaidi, M., Cokrowati, N., dan Z. Abidin. 2010. *Aspek Reproduksi Lobster (Panulirus sp.) di Perairan Teluk Ekas Pulau Lombok*. Jurnal Kelautan, Volume 3, No. 1 : 29-36.

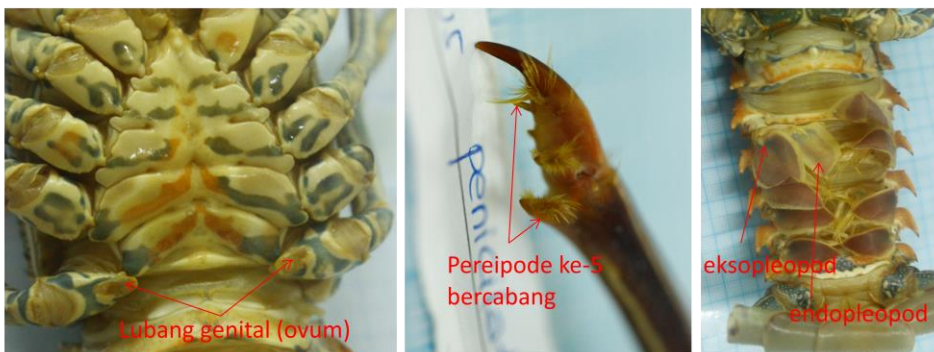
fertil ke *brood pouch* dan membantu pada proses penetasan¹⁷.

Sedangkan tanda sekunder jenis kelamin jantan (Gambar 4.9) yaitu: ada tonjolan gonophore di dasar tangkai jalan kaki ke-3, berhubungan dengan testis, berbentuk bulat lonjong, makin besar ukuran induk jantan, makin besar ukuran gonophornya. Kaki renang (eksopleopod) selembat berbentuk daun, tidak mempunyai serabut pada bagian perut, bagian ventral abdomen mulus. Ruas ujung kaki jalan ke-5 tidak bercabang, tidak berbeda dengan empat dengan ruas ujung kaki jalan lainnya.

Selain dengan perbedaan morfologi sekunder, dapat pula mengamati perbedaan jenis kelamin melalui perbedaan morfometrik. Perbedaan morfometrik diduga disebabkan perbedaan fungsi reproduksi, yakni abdomen lobster betina sebagai wadah penampungan telur selama masa pengeraman. *Paniluridae* mempunyai ukuran tubuh dan bentuk yang relatif berbeda bagian ekor dan pada jantan mempunyai karapas yang lebih besar dan ekornya tipis dan pendek. Pada penelitian ini didapatkan 2 jenis lobster yang berjenis kelamin betina dan 4 jenis lobster yang berjenis kelamin jantan. Spesimen lobster yang berjenis kelamin betina yaitu *Panulirus ornatus*, dan *Panulirus penicillatus*, sedangkan lobster jantan yaitu *Parribacus antarcticus*, *Panulirus homarus*, *Panulirus versicolor*, dan *Panulirus longipes*.

¹⁷ Yusnaini, dkk. 2009. *Ciri Morfologi Jenis Kelamin dan Kedewasaan Lobster Mutiara (Panulirus ornatus)*. Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan) Vol. 19 (3): 166-174.

A. BETINA



B. JANTAN



Gambar 4.9. Morfologi Lobster air Laut Betina dan Jantan dari letak lubang genital, perkembangan kaki periopod ke-5, dan terbentuknya endopleopod.

Pohon Dikotomi

Berikut ini disajikan pohon dikotomi sederhana untuk keenam spesimen dari jenis Lobster air laut yang diteliti pada Laboratorium Biologi, yaitu:

- 1) a. Karapas tidak memiliki tanduk dan spina, mata sesil, tidak mempunyai tangkai mata, flagelum berbentuk seperti lempeng...*Parribacus antarcticus*
- b. Karapas memiliki sepasang tanduk dan spina, mata menonjol, mempunyai tangkai mata, flagelum berbentuk seperti cambuk...2

- 2) a. Memiliki lempeng antena dengan 2 spina di depan mata dan tanduk, diantara kaki jalan ke-2 (pereopod ke-5) terdapat sepasang duri/spina...*Panulirus longipes*
- b. Memiliki lempeng antena dengan 4 spina di depan mata dan tanduk, tidak ada duri/spina diantara kaki jalan ke-2 (pereopod ke-5)...3
- 3) a. 2 spina pada lempeng antenula bagian depan lebih panjang dibandingkan 2 spina pada lempeng antenula lempeng dibelakang yang dekat dengan mata...4
- b. 2 spina pada lempeng antenula bagian depan lebih pendek dibandingkan 2 spina pada lempeng antenula dibelakang yang dekat dengan mata...*Panulirus penicilatus*
- 4) a. Antenula birami, berwarna selang seling hitam putih...5
- b. Antenula birami, berwarna putih tanpa corak selang seling hitam putih...*Panulirus versicolor*
- 5) a. Kelima pereopod memiliki corak spot putih dengan dasar hitam...*Panulirus ornatus*
- b. Kelima pereopod berwarna polos putih tanpa adanya spot putih...*Panulirus humorus*

4.2. Variasi Genetika

Penggunaan marker CO1 untuk *sequence* DNA pada *Panulirus sp.* dipilih karena berasal dari DNA mitokondria. Hal ini karena DNA mitokondria lebih lama mengalami perubahan evolusi dan bersifat *house keeping*. Mitokondria adalah organel sel yang berfungsi melakukan oksidasi. Energi yang dilepaskan dari hasil oksidasi tersebut digunakan untuk mensintesis ATP. Jumlah kromosom tergantung pada kebutuhan akan energi¹⁸.

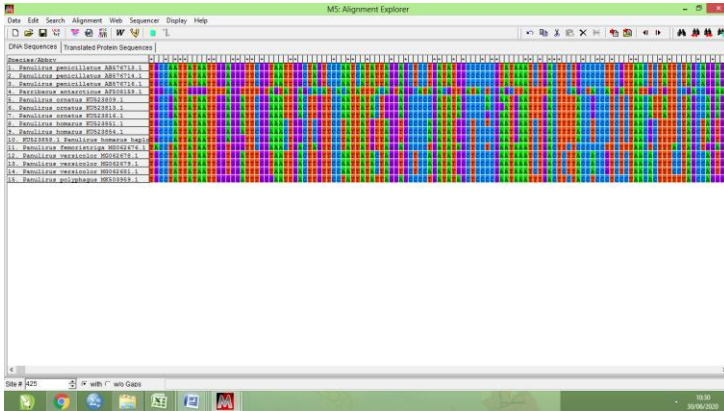
¹⁸ Campbell, N.A. *et al.* 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.

Sequence DNA mitokondria (mtDNA) terbukti berguna dalam menjelaskan filogenetik hubungan antara banyak kelompok crustacea. Mitokondria gen sitokrom c oksidase subunit I (COI) membantu dalam menganalisis filogeni Crustacea di tingkat spesies¹⁹. *Cythocrom c oxidase* subunit 1 (CO1) merupakan sekunder marker yang digunakan untuk menganalisis hubungan filogenetik antar organisme eukariotik.

Berikut ini data Sekuen DNA yang digunakan dari NCBI dapat dilihat pada Lampiran 1. Penelitian ini menggunakan program MEGA 6 untuk menghasilkan pohon filogenetik. Akan tetapi sebelum data sequence digunakan, terlebih dahulu dilakukan *alligment*. *Alligment* dilakukan untuk menata *sequence* agar satu sama lain diletakkan sesuai dengan posisi homologi antar *sequence*. Artinya, daerah homologi harus diletakkan pada posisi yang sama, misalnya *conserved region* dengan *conserved region*, *variable region* dengan *variable region*²⁰. Hanya berdasarkan *alligment* inilah dapat membandingkan *sequencei* gen CO1 dari masing-masing spesies *Penaeus* S.L yang akan diklasifikasikan. *Alligment* ini menggunakan Clustal W. Selanjutnya program yang digunakan untuk merekonstruksi pohon filogenetik yaitu Mega 6. Keduanya memiliki perbedaan terhadap pengelompokkan spesies yang berkerabat dekat (sesuai tata nama yang telah dimiliki) yaitu MEGA 6 lebih memperlihatkan pengelompokkan sesuai dengan penamaan spesies yang telah ada. Spesies yang memiliki nama yang sama terlihat lebih terpencar.

¹⁹ Chu, K.H., Ho, H.Y., Li, C.P., and Chan, T.Y. 2003. Molecular phylogenetics of the mitten crab species in Eriocheir, sensu lato (Brachyura, Grapsidae). *J. Crust. Biol.* 23, 738–746

²⁰ Sembiring, L. 2015. *Petunjuk Praktikum Sistematika Molekular (Untuk Mahasiswa S-2)*. Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta



Gambar 4.10. Panjang nukleotida *Panulirus sp.* setelah di *alignment* dengan menggunakan cluster W didapatkan sebanyak 425 bp.

Pembuatan matriks similaritas pada program Phytit menggunakan data input berupa hasil *alignment* dengan format .gde yang dapat dihasilkan oleh program Clustal X. Matriks similaritas dihasilkan dengan analisis SimTable yaitu *Generating Similarity Table*. Matriks similaritas yang dihasilkan terdiri dari dua bagian yaitu bagian segitiga kiri bawah (*similarity*) dan segitiga kanan atas (*Different/Total nucleotides*). *Alignment* dilakukan untuk mensejajarkan basa nitrogen yang memiliki urutan yang sama (Tabel 4) sehingga dapat diamati daerah yang *conserve* dengan adanya tanda * dan daerah *variable* dengan basa yang berbeda.

Tabel 4. Pairwise Distance *Panulirus sp.*

Panulirus _penicilla tus_AB57 6713.1	0							
Panulirus _penicilla tus_AB57 6714.1	,	0						
	0	0						
	7	0	0					
Panulirus _penicilla tus_AB57 6716.1	,	,						
	0	0						
	0	0						
	7	5						
	1	1	1					
Parribacu s_antarcti cus_AF50 8159.1	,	,	,					
	1	1	1					
	4	4	5					
	0	0	4					
	0	0	0	1				
Panulirus _ornatus_ KU52380 9.1	,	,	,	,				
	3	3	3	0				
	0	0	0	9				
	2	2	6	4				
	0	0	0	1	0			
Panulirus _ornatus_ KU52381 3.1	,	,	,	,	,			
	2	2	3	0	0			
	9	9	0	9	0			
	8	8	2	4	5			
	0	0	0	1	0	0		
Panulirus _ornatus_ KU52381 6.1	,	,	,	,	,	,		
	2	2	3	0	0	0		
	9	9	0	6	0	0		
	8	8	2	9	7	7		
	0	0	0	1	0	0	0	
Panulirus _homarus _KU5238 51.1	,	,	,	,	,	,	,	
	3	3	3	0	1	1	1	
	0	1	0	1	6	6	6	
	3	1	7	8	8	8	8	
Panulirus _homarus _KU5238	0	0	0	1	0	0	0	0
	,	,	,	,	,	,	,	,
	2	2	2	0	1	1	1	0

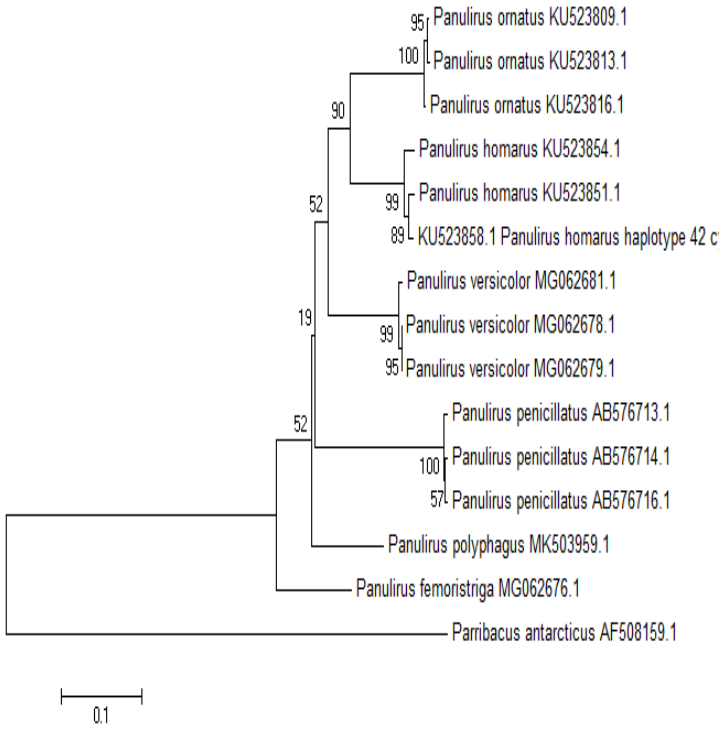
54.1	8	8	8	5	7	7	7	2						
	8	8	4	3	8	8	8	7						
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0				
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,				
_homarus	2	2	2	0	1	1	1	0	0					
_KU5238	9	9	8	3	7	7	7	1	2					
58.1	2	2	8	9	4	4	4	2	4					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,			
_femoristr	2	2	2	9	2	2	2	2	2	2	2			
iga_MG0	4	4	3	6	7	8	8	6	6	5				
62676.1	6	6	9	9	8	5	2	5	2	8				
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,		
_versicolo	2	2	2	0	2	2	2	1	1	1	2			
r_MG062	7	7	6	1	1	1	1	9	8	9	7			
678.1	4	0	7	5	8	8	1	5	9	2	5			
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	
_versicolo	2	2	2	0	2	2	2	1	1	1	2	0		
r_MG062	7	7	6	1	1	1	1	9	8	9	7	0		
679.1	4	0	7	5	8	8	1	5	9	2	5	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
_versicolo	2	2	2	9	2	2	2	2	1	2	2	0	0	
r_MG062	7	6	6	9	1	1	0	0	9	0	7	0	0	
681.1	0	7	3	4	5	5	8	5	9	2	1	7	7	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Panulirus	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
_polypha	2	2	2	9	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
gus_MK5	5	5	5	7	2	2	1	2	0	1	6	9	9	0
03959.1	5	5	9	3	5	5	8	0	6	6	1	8	8	5

Matriks similaritas (Tabel 4) diatas memperlihatkan bagian kiri bawah merupakan persentase similaritas antar spesies. Similaritas tertinggi didapatkan pada nilai terendah pada masing-masing jenis lobster. Matriks distance (Tabel 4) diatas juga dapat dilihat bahwa perbedaan nukleotida antara jenis lobster, apabila jumlah nukleotida yang sama memiliki nilai yang terendah akan memiliki kekerabatan yang tinggi.

4.3. Hubungan Kekerabatan (Pohon Filogenetik)

Rekonstruksi pohon filogenetik dengan menggunakan MEGA 6 mengelompokkan setiap spesies *Panulirus sp.* berdasarkan jenisnya, dan *outgroup Parribacus antarcti* berada diluar percabangan. Gambar 4.11 memperlihatkan rekonstruksi pohon filogenetik yang terbentuk memiliki 5 kelompok besar, dengan *Parribacus* sebagai *outgroup*nya. Setiap spesies yang sama mengelompokkan diri pada percabangan yang sama. *Panulirus ornatus* memiliki kekerabatan yang dekat dengan *Panulirus homarus* berdasarkan sekuen DNA menggunakan gen CO1. Selanjutnya kedua spesies memiliki kekerabatan dengan *Panulirus versicolor*. Selanjutnya berkerabat dekat dengan *Panulirus penicillatus* dan *Panulirus polyphagus*. Hubungan kekerabatan yang jauh terhadap *Panulirus femoristriga*.

Rekonstruksi pohon filogenetik pada Gambar 4.11 menggunakan MEGA 6 dengan bootstrap menggunakan ulangan sebanyak 1000 kali sehingga memperlihatkan data yang lebih akurat dari tanpa bootstrap. Terlihat angka tingkat similaritas atau kekerabatan dari setiap percabangan sehingga dapat diketahui tingkat kekerabatan antar spesies anggota *panulirus sp.* Adapun perbedaan hanya diperlihatkan dari angka algoritme yang muncul pada setiap percabangan.



Gambar 4.10. Pohon Filogenetik setiap jenis Lobster (*Panulirus sp.*) menggunakan neighbor join group

BAB V

KESIMPULAN

Adapun yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi morfologi dari 5 Lobster (*Panulirus sp.*) yang diteliti yaitu *Panulirus homarus*, *Panulirus longipes*, *Panulirus versicolor*, *Panulirus ornatus*, dan *Panulirus penicillatus* didapatkan bahwa hampir secara umum memiliki morfologi yang sama, yang berbeda hanya pada corak warna putih, baik berupa bulat maupun garis putih dan warna lobster yang diamati.
2. Analisis similaritas karakter genetika Lobster (*Panulirus sp.*) yang ada di Indonesia diamati dengan menggunakan data sekuen DNA gen CO1 yang di allignment dengan Clustal W dan diamati matriks distancenya. Semakin sedikit angka dari matriks distance nya maka semakin similar (mirip) lobster tersebut. Dari matrik distance didapatkan *Panulirus humarus* dan *Panulirus ornatus* memiliki similaritas genetika yang paling tinggi.
3. Hubungan kekerabatan dari pohon filogenetik menggunakan neighbor join memperlihatkan bahwa *Panulirus humorus* dan *Panulirus ornatus* memiliki hubungan kekerabatan yang paling dekat, dan yang paling jauh yaitu *Panulirus femoristriga*.

BAB VI DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N.A. *et al.* 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Chu, K.H., Ho, H.Y., Li, C.P., and Chan, T.Y. 2003. Molecular phylogenetics of the mitten crab species in *Eriocheir*, sensu lato (Brachyura, Grapsidae). *J. Crust. Biol.* 23, 738–746
- Dradjat, F.M. 2004. Tesis Master: *Bioekonomi Udang karang (panulirus spp.) pada Usaha Perikanan Tangkap Skala Kecil di Kabupaten Kebumen dan sekitarnya*. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hariyadi, B., dkk. 2011. *Pelatihan Penggunaan Gen Bank NCBI (National Center for Biotechnology Information) dan Program MEGA 4.0 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 4.0) untuk Penelitian dan Peningkatan Pembelajaran Biologi di Sekolah dan Perguruan Tinggi*. Jurnal Pengabdian Masyarakat No. 52: 55-60. ISSN: 1410-0770
- Holthuis, L.B. 1991. *FAO Species Catalogue Vol. 13: Marine Lobster of The World*. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma.
- Junaidi, M., Cokrowati, N., dan Z. Abidin. 2010. *Aspek Reproduksi Lobster (Panulirus sp.) di Perairan Teluk Ekas Pulau Lombok*. Jurnal Kelautan, Volume 3, No. 1 : 29-36.
- Romimohtarto, K, dan S. Juwana. 2001. *Biologi Laut; Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Sembiring, L. 2015. *Petunjuk Praktikum Sistematika Molekular (Untuk Mahasiswa S-2)*. Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

- Storer, T.I., dan R.L. Usinger. 2009. *Dasar-Dasar Zoologi*. Binarupa Aksara Publisher, Pamulang-Tangerang Selatan.
- Tan Tular, L.A. 2012. Tesis Master: *Keragaman serta Distribusi Lobster Anggota Panuridae dan Scyllaridae di Perairan Pantai Pulau Lombok*. Program Pascasarjana, Program Studi Biologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Yusnaini, dkk. 2009. *Ciri Morfologi Jenis Kelamin dan Kedewasaan Lobster Mutiara (Panulirus ornatus)*. Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan) Vol. 19 (3): 166-174.

LAMPIRAN 1

Data Sekuen DNA Lobster (*Panulirus sp.*) dari NCBI yang telah di Blast dan si allign dengan Clustal W menggunakan MEGA 6.

#Panulirus_versicolor_MG062681.1

TGCCTATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTT
GTTCCAATTATACTAGGTGCTCCAGATATGGCTC
CCCGAATAAATCTGACTCTTACCACCGTCTCTAA
CACTTTCCTAGCCAGTGGTATAGTAGAAAGAGGA
GTCGGAACCTGGTTGAACAGTGTACCCACCTCTTT
CGGCCGCGGTAGCCCGTGCATCAGGATCTATTTT
CTCACTTCACTTAGCCGGTGTATCCTCAATCCTAG
GTGCCGTAAACTTTATTACAACAGTAATTAACAA
CGATCCTCAGGTATAACATTCGATCGAATACCTT
TATTCGTATGATCAGTTTTTCATTACCGCCATCCTG
CTACTCCTATCTCTCCCAGTACTAGCAGGACTATT
ACAATACTCCTTACAGATCGTAACCTGAATACAT
CATTCTTTGATCC

#Panulirus_versicolor_MG062679.1

TGCCTATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTT
GTTCCAATTATACTAGGTGCTCCAGATATGGCTC
CCCGAATAAATCTGACTCTTACCACCGTCTCTAA
CACTTTCCTAGCCAGTGGTATAGTAGAAAGAGGA
GTCGGAACCTGGTTGAACAGTGTACCCACCTCTTT
CGGCCGCGGTAGCCCGTGCATCAGGATCTATTTT
CTCACTCCACCTAGCCGGTGTATCCTCAATCCTA
GGTGCCGTAAACTTTATTACAACAGTAATTAACA
ACGATCCTCAGGTATAACATTCGACCGAATACCT
TTATTCGTATGATCAGTTTTTCATTACCGCCATCCT
GCTACTCCTATCTCTCCCAGTACTAGCAGGACTA
TTACAATACTCCTTACAGATCGTAACCTGAATAC
ATCATTCTTTGATCC

#Panulirus_versicolor_MG062678.1

TGCCTATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTT
GTTCCAATTATACTAGGTGCTCCAGATATGGCTC
CCCGAATAAATCTGACTCTTACCACCGTCTCTAA
CACTTTCCTAGCCAGTGGTATAGTAGAAAGAGGA
GTCCGGAECTGGTTGAACAGTGTACCCACCTCTTT
CGGCCGCGGTAGCCCGTGCATCAGGATCTATTTT
CTCACTCCACCTAGCCGGTGTATCCTCAATCCTA
GGTGCCGTAAACTTTATTACAACAGTAATTAACA
ACGATCCTCAGGTATAACATTGACCGAATACCT
TTATTCGTATGATCAGTTTTTCATTACCGCCATCCT
GCTACTCCTATCTCTCCCAGTACTAGCAGGACTA
TTACAATACTCCTTACAGATCGTAACCTGAATAC
ATCATTCTTTGATCC

#Panulirus_polyphagus_MK503959.1

TGCCTATTATAATTGGGGGATTTGGGAATTGACT
TGTTCCATTATATTAGGAGCCCCTGATATAGCTC
CCCGAATAAATTTGACTTCTACCTCCCTCCCTAAC
ACTTTTTTAGCCAGGGGTATAGTAGAGAGAGGAG
TCGGAACCGGTTGAACAGTCTACCCCCCTCTTGC
AGGGGCAGTAGCTCGGGCATCGGGATATATCTTT
TCTCTACACCTAGCAGGTGTTTCATCAATTCTAG
GAGCTGTAAACTTTATAACTACAGTTATTAATAA
CGATCATCTGGTATAACTATAGACCGAATACCTC
TATTTGTTTGAGCTGTATTCATTACTGCCATTCTT
CTTCTTTTATCACTACCTGTCTTAGCAGGACTATT
ACTATACTACTAACAGATCGAAATCTAAATACTT
CCTTCTTTGATCC

#Panulirus_penicillatus_AB576716.1

TGCCAATTATAATTGGAGGGTTCGGTAATTGGCT
AGTCCCAATCATATTAGGAGCTCCTGATATGGCC
CCCCGTATAAATCTGACTTCTGCCCCCTTCGTTAA
CTCTATTCTAGCAGGAGGGGCAGTAGAAAGAGG
TGCCGGTACCGGATGAACGGTCTACCCTCCACTA

GCAGCAGGAGTAGCCCGAGCATCGGGACTTATCT
TCTCTCTTCACTTGGCTGGTGTTCATCCATTTTA
GGAGCCGTTAACTTCATCACCCTGTTATCAACA
ACGATCCTCCGGTATAACGCTAGACCGTATACCA
TTATTCGATGATCCGTCTTCATCACAGCCATTCT
TCTACTGCTCTCGCTACCTGTCCTAGCAGGACTAT
TACCATGCTTCTCACCACCGTAACTTGAACACT
TCTTCTTTGATCC

#Panulirus_penicillatus_AB576714.1

TGCCAATTATAATTGGAGGGTTCGGTAATTGGCT
AGTCCCAATCATATTAGGAGCTCCTGATATGGCC
CCCCGTATAAATCTGACTTCTGCCCCCTTCGTTAA
CTCTATTCTAGCAGGAGGGGCAGTAGAAAGAGG
TGCCGGTACCGGATGAACGGTCTACCCTCCACTA
GCAGCAGGAGTAGCCCGAGCATCGGGACTTATCT
TCTCTCTTCACTTGGCTGGTGTTCATCTATTTTA
GGAGCCGTTAACTTCATCACCCTGTTATCAACA
ACGATCCTCCGGTATAACGCTAGACCGTATACCA
TTATTCGATGATCCGTCTTCATCACAGCCATTCT
TCTACTGCTCTCGCTACCTGTCCTAGCAGGACTAT
TACCATGCTTCTCACCACCGTAACTTAAACACT
TCTTCTTTGATCC

#Panulirus_penicillatus_AB576713.1

TGCCAATTATAATTGGAGGGTTCGGTAATTGGCT
AGTCCCAATCATATTAGGAGCTCCTGATATGGCC
CCCCGTATAAATCTGACTTCTGCCCCCTTCGTTAA
CTCTATTCTAGCAGGAGGGGCAGTAGAAAGAGG
TGCCGGTACCGGATGAACGGTCTACCCTCCATTA
GCAGCGGGAGTAGCCCGAGCATCGGGACTTATCT
TCTCTCTTCACTTGGCTGGTGTTCATCCATTTTA
GGAGCCGTTAACTTCATCACCCTGTTATCAACA
ACGATCCTCCGGTATAACGCTAGACCGTATACCA
TTATTCGATGATCCGTCTTCATCACAGCCATTCT
TCTACTGCTCTCGCTACCTGTCCTAGCAGGACTAT

TACCATGCTTCTCACCGACCGTAACTTAAACACT
TCTTTCTTTGATCC

#Panulirus_ornatus_KU523816.1

TGCCGATTATAATTGGAGGATTCGGAAATTGACT
TGTTCCAATTATACTGGGAGCCCCCGATATAGCC
CCGCGAATGAATTTGACTTTTACCGCCCTCTCTA
ACATTATTCTAGCCAGAGGGATAGTGGAAAGTG
GAGTAGGAACTGGTTGAACAGTTTATCCCCCTCT
TGCTGGGGCAGTGGCTCGCGCGTCAGGATTTATT
TTCTCGCTTCACCTTGCCGGTGTGTCATCAATTCT
AGGCGCAGTAAACTTCATCACAACAGTAATCAAT
AACGATCCTCAGGCATAACATTTGATCGAATACC
TCTGTTCGTATGATCTGTATTTATTACCGCCATTT
TACTACTTCTATCTCTTCCCGTATTGGCCGGGCCA
TTACTATACTTCTTACCGATCGTAATTTAAACACA
TCGTTCTTCGATCC

#Panulirus_ornatus_KU523813.1

TGCCGATTATAATTGGAGGATTCGGAAATTGACT
TGTTCCAATTATACTGGGAGCCCCCGATATAGCC
CCACGGATGAATTTGACTTTTACCGCCCTCTCTA
ACATTATTCTAGCCAGAGGGATAGTGGAAAGTG
GAGTAGGAACTGGCTGAACAGTTTATCCCCCTCT
TGCTGGGGCAGTGGCTCGCGCGTCAGGATTTATT
TTCTCGCTTCACCTTGCCGGTGTGTCATCAATTCT
AGGCGCAGTAAACTTCATCACAACAGTAATCAAT
AACGATCCTCAGGCATAACATTTGATCGAATACC
TCTGTTCGTATGATCTGTATTTATTACCGCCATTT
TACTACTTCTATCTCTTCCCGTATTGGCCGGGCCA
TTACTATACTTCTTACCGATCGTAATTTAAACACA
TCGTTCTTCGATCC

#Panulirus_ornatus_KU523809.1

TGCCGATTATAATTGGAGGATTCGGAAATTGACT
TGTTCCAATTATACTGGGAGCCCCCGATATAGCC

CCACGAATGAATTTGACTTTTACCGCCCTCTCTA
ACATTATTCTAGCCAGAGGGATGGTGGAAAGTG
GAGTAGGAACTGGCTGAACAGTTTATCCCCCTCT
TGCTGGGGCAGTGGCTCGCGCGTCAGGATTTATT
TTCTCGCTTCACCTTGCCGGTGTGTCATCAATTCT
AGGCCGAGTAACTTCATCACAACAGTAATCAAT
AACGATCCTCAGGCATAACATTTGATCGAATACC
TCTGTTCGTATGATCTGTATTTATTACCGCCATTT
TACTACTTCTATCTCTTCCCGTATTGGCCGGGCCA
TTACTATACTTCTTACCGATCGTAATTTAAACACA
TCGTTCTTCGATCC

#Panulirus_homarus_KU523854.1

TGCCATTATAAATTGGAGGATTCGGAAACTGGCT
CGTTCCTATTATGTTAGGTGCCCCAGATATGGCT
CCCCGAATGAATCTGACTTTTACCTCCCTCTCTAA
CGCTTTTCTAGCTAGTGGTATAGTGGAGAGAGGA
GTAGGAACTGGCTGAACAGTTTATCCCCCCTAG
CAGGGGCAGTAGCCCGAGCATCGGGATTTATTTT
CTCCCTCCATCTTGCCGGTGTGTCATCAATTCTAG
GAGCCGTAAATTTTATTACAACAGTAATTAATAG
CGATCTTCAGGTATAACATTCGACCGAATACCTC
TATTTGTGTGATCTGTATTTATTACTGCTATTTTA
CTTCTACTTTCTCTTCCCGTACTAGCTGGACTATT
ACTATGCTTCTTACTGATCGTAACTTGAACACAT
CATTCTTTGACCC

#Panulirus_homarus_KU523851.1

TGCCATTATAAATTGGAGGATTCGGAAACTGGCT
CGTTCCTATTATGTTAGGTGCCCCAGATATGGCT
CCTCGAATGAATCTGACTTTTACCTCCCTCTCTAA
CGCTTTTCTAGCTAGTGGTATAGTGGAGAGGGGA
GTAGGAACTGGCTGAACAGTTTATCCCCCCTTAG
CAGGGGCAGTGGCCCGAGCATCAGGATTTATTTT
CTCCCTCCATCTTGCCGGTGTGTCATCAATTCTAG
GAGCCGTAAATTTTATTACAACAGTAATTAATAG

CGATCTTCAGGTATAACATTCGACCGAATGCCTC
TATTTGTATGATCTGTGTTTATTACTGCCATTTA
CTTCTACTTTCTCTTCCCGTACTAGCTGGACTATT
ACTATACTTCTTACTGATCGTAATTTGAACACATC
ATTCTTTGACCC

#Panulirus_femoristriga_MG062676.1

TACCTATTATAATTGGTGGGTTTCGGAAACTGACT
AGTTCCTATTATGTTAGGAGCCCCTGATATAGCT
CCTCGAATAAATCTGACTTCTCCCCCCTTCTTTAA
CTCTTTACTAGCTGGAGGTGCGGTTCGAAAGAGGT
GCAGGTACTGGGTGAACAGTTTACCCTCCTCTAT
CGGCTGGAGTCGCACGAGCCTCGGGATCTATCTT
CTCACTTCACCTAGCAGGTGTCTCATCCATTTTAG
GAGCAGTCAATTTTATTACCACTGTTATCAACAA
CGTTCTTCAGGTATGACACTTGATCGAATACCAC
TCTTTGTATGGTCGGTTTTTCATTACAGCTATTTA
CTTCTCCTGTCTTTACCTGTTTTAGCCGGGCTATC
ACTATACTTCTTACAGACCGAAATCTGAATACTT
CCTTTTTCGATCC

Outgroup

#Parribacus_antarcticus_AF508159.1

TGGCCATTGGGGTTTTAGGTTTTGTAGTATGAGC
ACATCACATATTTACAGTAGGCATAGACGTTGAT
ACTCGAGCTTATTTTACTTCAGCTACCATGATTAT
TGCTGTTCCGACCGGAATTAAGTATTTAGATGA
TTAGGAACCCTTCATGGCACTCAAATTTATTTTAC
ACCATCATTACTTTGAGCCTTAGGGTTTATTTTCT
TATTTACAATTGGAGGTTTAAACAGGAATCATACT
CGCAAACCTCTTCTATTGATATTATTTTGCACGACA
CTTATTACGTAGTTGCCATTTTCACTACGTTCTT
TCATAGGAGCCGTGTTTGGAATTTTTGCCGGCAT
TTCACATTGATTCCCTTTATTTACCGGACTTTCAT
TAAATCCTAAATGAATAAAAATCCATTTATTACA
ATATTTGCGGG