Bioteknologi 2 (1): 1-8, Mei 2005, ISSN: 0216-6887, DOI: 10.13057/biotek/c020101

OPEN ACCESS

Variasi Genetik Populasi Udang Putih (*Penaeus merguiensis* de Man) di Juwana dan Banyuwangi berdasarkan Data Elektroforesis Enzim

Genetic variation of penaeids shrimp (Penaeus merguiensis *de Man) based on enzyme electrophoresis data*

EDY SULISTIYONO[1], SUTARNO[1,♥], SARI BUDI MORIA[2]

[1] Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126
[2] Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut (BBRPBL), Gondol, Bali.

Diterima: 2 Agustus 2004. Disetujui: 18 September 2004.

ABSTRACT

The object of this research was to know the genetic variation of Penaeid Shrimp (*Penaeus merguiensis* de Man) from area of Juwana and Banyuwangi based on allozyme analyze. The genetic data was collected by allozyme electrophoresis technique by analyzed 10 kinds of enzymes, they were *ADH, LDH, IDH, MDH, AAT, EST, SP, PGM, GPI, α- GPD*. The genotipe distribution in polymorphic loci was estimated according to Hardy-Weinberg rule. The genetic variation was measured based on polymorphic loci propotion, alel frequency, quantity of allel per loci and heterozygocity. The result of this research showed that in 10 enzymes from Juwana's population could detected 18 enzymes loci with one polymorphic loci, *GPI-2*, the frequency of polymorphic loci were 0.01 and 0.99, the proportion of polymorphic loci was 6%, the quantity of alel per loci was 1.06 and heterozygocity was 0.001. In enzyme from Banyuwangi's population, there was 17 loci found with *GPI-2* as polymorphic loci, the frequency of polymorphic loci were 0.1 and 0.90, the proportion of polymorphic loci was 6%, the quantity of alel per loci was 1.06 and heterozygocity was 0.01. The genetic divergence was 0.058 for population from Juwana and Banyuwangi. In Juwana population was found *MDH-3* loci which could not been found in Banyuwangi's population. So there was a distinction between both populations by the presence of *MDH-3* loci. There was genetic difference about 3.6% caused by population difference and 96.4% caused by individual variation in population.

Keywords: enzyme, genetic variation, *Penaeus merguiensis*.

♥ **Alamat korespondensi:**
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126
Tel. & Fax.: +62-271-663375.
e-mail: biology@mipa.uns.ac.id

PENDAHULUAN

Udang termasuk salah satu jenis hasil perikanan yang cukup penting dalam menunjang penerimaan devisa negara melalui ekspor komoditi non migas. Kandungan protein pada udang relatif tinggi, sekitar 21% dan rendah kolesterol. Selain itu udang juga mempunyai kandungan vitamin A dan B1, serta zat kapur maupun fosfor (Warintek, 2003).

Udang putih (*Penaeus merguiensis* de Man) atau disebut juga *banana prawn* adalah satu diantara sembilan jenis udang yang bernilai niaga tinggi dan sangat digemari di Indonesia karena mempunyai rasa dan daging yang enak, disamping harganya yang lebih murah daripada udang windu. Berbeda dengan banyak spesies udang putih yang masuk ke Indonesia baru-baru ini, *banana prawn* tidak memerlukan daya

adaptasi terhadap lingkungan terlebih dahulu bila dikembangkan (Diniah, 2001).

Banyaknya penangkapan udang putih secara liar di alam dan budidaya udang putih di area pertambakan yang masih mengandalkan benih dari alam menyebabkan ketersediaan benih udang putih terancam. Padahal periode pemijahan udang tersebut hanya dua kali dalam setahun. Pembudidayaan induk udang putih perlu dilakukan untuk mencukupi kebutuhan benih guna menunjang kebutuhan pasar internasional.

Dalam melakukan seleksi dan hibridisasi terlebih dahulu perlu diketahui informasi tentang variasi genetik udang putih. Perbaikan mutu genetik suatu populasi ditentukan oleh variasi genetik populasi tersebut. Untuk mengetahui variasi genetik udang putih dapat dilakukan dengan teknik analisis analisis isozim. Analisis isozim adalah melakukan pengamatan terhadap bentuk-bentuk enzim yang berasal dari lokus yang berbeda (Arik, 2001).

Pengamatan secara genetik terhadap populasi udang putih belum pernah dilakukan, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang hal tersebut, sehingga diperoleh informasi mengenai variasi genetik udang putih yang dapat dijadikan marker genetik dalam rangka program perbaikan kualitas benih.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol, Bali. Waktu Penelitian berlangsung dari bulan Januari s.d. Maret 2004. Pengambilan sampel dilakukan di dua lokasi yaitu Juwana dan Banyuwangi, karena keduanya merupakan sentra budidaya perikanan udang putih.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah udang putih (*Penaeus merguiensis* de Man) yang berasal dari dua lokasi yaitu Jawa Tengah (Juwana), dan Jawa Timur (Banyuwangi) sebanyak 40 ekor untuk masing-masing daerah. Organ yang digunakan adalah mata, daging, dan hepatopankreas. Bahan kimia yang digunakan yaitu: *Starch potatoes agar*, $MgCl_2$ 1M, KCn 0,1N, *buffer* C-AMP pH-6, *buffer* C-AMP pH-7, asam sitrat 7%, *Fast Blue Marker*, enzim *ADH (Alcohol dehidrogenase), a-GPD (a-Glycerophosphate dehydrogenase), LDH (Lactate dehydrogenase), MDH (Malate dehydrogenase), PGM (Phosphoglucomutase), GPI (Glucosephosphate isomerase), IDH (Isocitrate dehydrogenase), EST (Esterase), SP (Sarkoplasmic Protein),* dan larutan pewarna.

Cara kerja

Prosedur pengambilan sampel

Penaeus merguiensis de Man yang diperoleh dari lokasi Jawa Tengah (Juwana), dan Jawa Timur (Banyuwangi) dimasukkan ke dalam plastik satu persatu. Lalu dimasukkan ke dalam tempat es untuk selanjutnya dipindahkan dalam freezer bersuhu –20°C.

Preparasi jaringan

Hepatopankreas, daging, dan mata diambil menggunakan pisau scalpel dan pinset, diletakkan pada tempat sampel, lalu ditutup dengan plastik dan disimpan dalam *freezer* -20^{0}C selama satu hari. Sampel dikeluarkan dari *freezer* hingga esnya mencair dan enzim dari dalam jaringan udang akan keluar. Kertas *blotting* ukuran 4X10 mm dimasukkan kedalam tempat sampel untuk menyerap enzim yang keluar dari jaringan udang. Kemudian kertas *blotting* diaplifikasikan pada gel elektroforesis (*drip method*). Metode Sugama dkk. (1996) dan Hara dan Na-Nakorn (1996).

Preparasi *starch gel*

Gel elektroforesis dibuat dengan kepekatan 10-12% dengan cara: 48 g *potato starch* ditimbang, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL. Dua mL $MgCl_2$, 10 mL KCn, 8 mL C-APM pH-7 dimasukkan ke dalam gelas ukur 1000 mL, lalu ditambahkan *aquades* hingga mencapai volume 400 mL. Kedua larutan dikocok hingga larut, kemudian dipanaskan di atas api sambil dikocok sampai berwarna bening. Api dimatikan setelah timbul gelembung-gelembung udara. Gelembung udara halus dihisap dengan aspirator, lalu dituang ke dalam cetakan gel yang telah disiapkan. Permukaan gel yang telah membeku ditutup dengan plastik, selanjutnya disimpan dalam ruangan dingin bersuhu 20-25°C untuk digunakan keesokan harinya, (Sugama *and* Prijono, 1998),

Preparasi buffer elektroforesis

Aminopropylmorpholine pH-7 sebanyak 24 mL dicampur dengan 15 gram asam sitrat dalam gelas ukur 1000 mL. Ditambahkan aquades hingga 1000 mL kemudian diaduk hingga

homogen. *Aminopropylmorpholine* pH-6 sebanyak 24 mL dicampur dengan 21 gram asam sitrat dalam gelas ukur 1000 mL. Ditambahkan aquades hingga 1000 mL kemudian diaduk hingga homogen, Sugama (1998)

Proses elektroforesis

Gel yang telah membeku dibelah menjadi dua bagian, sisi kanan untuk elektroda positif, sisi kiri untuk elektroda negatif. Kertas *blotting* yang telah mengandung enzim ditempelkan pada belahan gel dengan jarak 0,5 cm. Kertas saring yang telah direndam dalam f*ast blue marker* ditempelkan pada bagian tengah dan kedua ujung gel, kemudian gel tersebut disatukan kembali. Selanjutnya gel diletakkan di atas bak elektroforesis, kemudian diberi larutan *buffer* C-APM pH-7. Bagian tengah gel ditutup dengan plastik, kedua sisi gel dihubungkan dengan larutan *buffer* C-APM pH-7 dengan menggunakan jembatan berupa kertas saring. Selanjutnya lempengan kaca diletakkan di bagian tengah gel dan di atasnya diberi kotak berisi air dan es batu. Proses elektroforesis dilakukan pada ruangan berpendingin (2°C), dengan sumber daya listrik diatur pada voltase 110 volt, dan arus listrik konstan 70 mA/cm^2 selama 240 menit (4 jam).

Pewarnaan

Setelah selesai proses elektroforesis, gel dipotong setebal 1 mm dengan menggunakan senar gitar sehingga berbentuk lembaran-lembaran. Lembaran-lembaran potongan gel diletakkan pada kotak pewarnaan untuk diwarnai. Larutan pewarna disiramkan secara merata di atas lembaran-lambaran gel, kemudian diinkubasikan dalam inkubator pada suhu 50°C. Inkubasi dihentikan dengan segera setelah pita (*band*) yang muncul nampak jelas. Larutan pewarna dibuang dan diganti dengan larutan *stopper* (asam asetat) 10% selama semalam lalu diganti dengan gliserin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan spesifik dan sistem buffer

Pemilihan jaringan dan larutan *buffer* bertujuan untuk memunculkan keberadaan suatu enzim. Enzim yang digunakan dalam penelitian ini ada sepuluh macam, sedangkan jaringan yang dipakai adalah mata, daging, dan *hepatopankreas*. Larutan *buffer* yang dipakai yaitu *Citric Acid Amino Propyl Morpholine* (CAPM pH-7 dan CAPM pH-6).

Dari hasil analisa elektroforesis untuk 10 enzim yang telah dilakukan dengan buffer CAPM pH-7 didapatkan hasil bahwa enzim yang terdeteksi sebanyak delapan macam pada jaringan daging, sedangkan pada jaringan mata terdapat empat enzim, dan pada *hepatopankreas* lima enzim. Selanjutnya jaringan yang akan digunakan dalam penelitian utama adalah daging, karena aktivitas kedelapan enzim tadi terlihat sangat jelas pada jaringan tersebut. Larutan penyangga yang dipakai adalah *buffer* CAPM pH-7 hal ini didasarkan pada penelitian yang menunjukkan hasil cukup bagus. Mobilitas dari kesembilan enzim menuju ke arah kutub positif (katoda), sedangkan satu enzim ke anoda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifik Jaringan dengan *buffer* CAPM pH-7.

Enzym	Jaringan	*Buffer* CAPM pH-7	Pergera-kan
Alcohol dehydrogenase (ADH)	Hepatopankreas	+	Anoda
∝-Glycerolphosphate dehydrogenase (∝-GPD)	Daging	+++	Katoda
Lactate dehydrogenase (LDH)	Daging	+++	Katoda
Sarcoplasmic protein (SP)	Daging	+++	Katoda
	Mata	+++	
	Hepatopankreas	+++	
Isocitrate dehydrogenase (IDH)	Daging	+++	Katoda
	Hepatopankreas	++	
Phosphoglucomutase (PGM)	Daging	+++	Katoda
Aspartat Amino Transferase(AAT)	Hepatopankreas	+	Katoda
Glucose phosphate isomerase (GPI)	Daging	+++	Katoda
	Mata	+++	
	Hepatopankreas	+++	
Esterase (EST)	Daging	+	Katoda
	Mata	+	
Malat Dehidrogenase (MDH)	Daging	+++	Katoda
	Mata	+++	

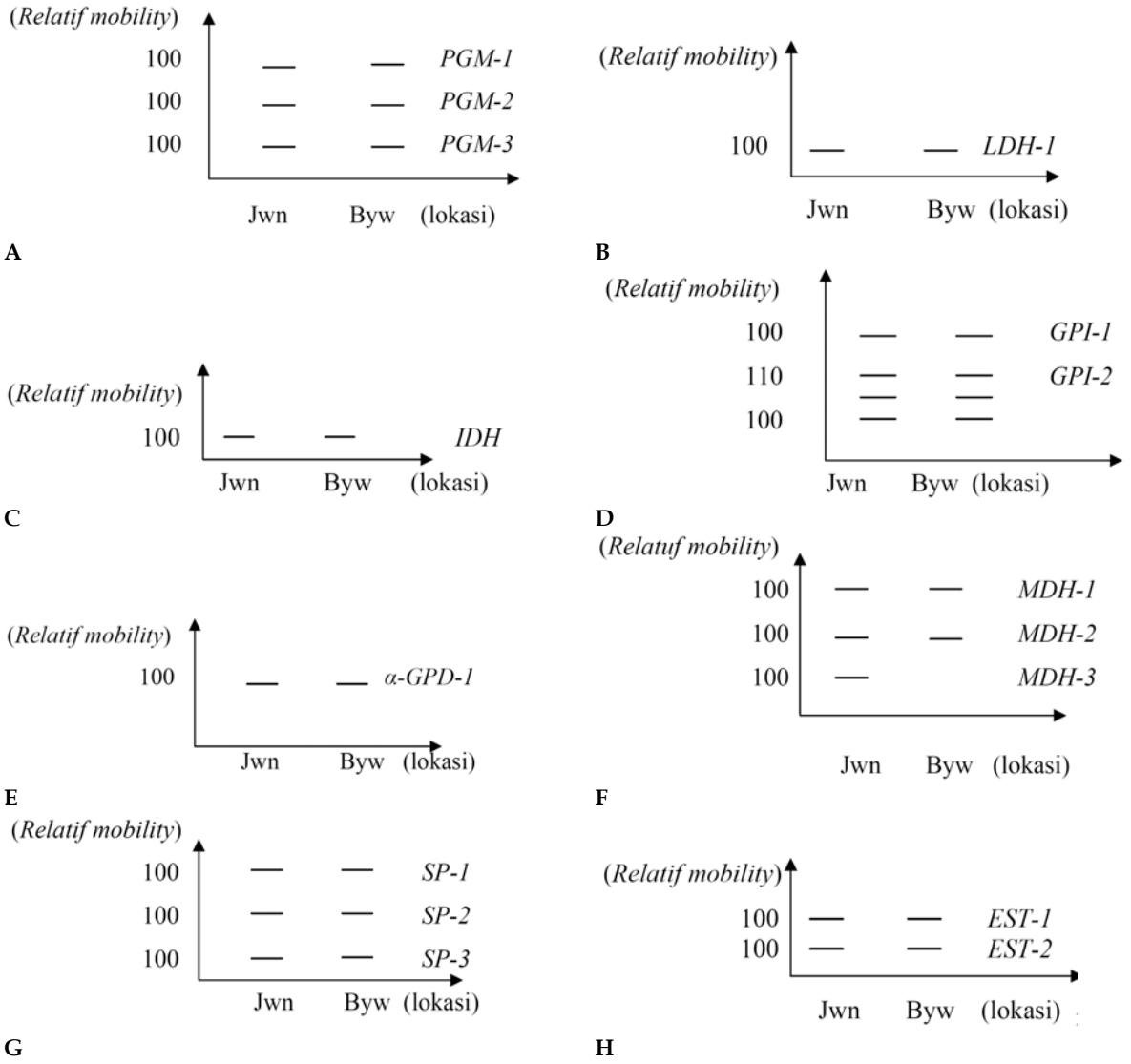
Keterangan: +++ = sangat jelas; ++ = jelas; + = kurang jelas.

Deskripsi lokus dan variasinya

Peta zimogram deskripsi lokus dan variasinya disajikan dalam Gambar 1.

PGM (Phosphoglumutase)

Aktivitas enzim *PGM* ditemukan di jaringan daging dengan pola pergerakan ke arah kutub positif (katoda). Dari lokasi Banyuwangi dan Juwana didapatkan tiga lokus yang mengontrol penampakan enzim *PGM*, yaitu *PGM-1, PGM-2* dan *PGM-3*. Masing-masing lokus bersifat monomorfik, yang ditunjukkan oleh adanya individu homozigot yang dikontrol oleh satu macam alel. Dengan data tersebut dapat dikatakan bahwa tidak terdapat variasi genetik pada kedua populasi yang diambil.



Gambar 1. Zimogram lokus isozim. A. PGM, B. LDH, C. IDH, D. GPI, E. α-GPD, F. MDH, G. SP, H. EST.

LDH (Lactate Dehidrogenase)

Enzim *LDH* aktif pada jaringan daging dengan pergerakan ke arah kutub positif (katoda). Dari dua populasi udang putih yang diambil terdapat hanya satu pita tunggal pada individu homozigot, yang dikontrol oleh satu macam alel. Enzim *LDH* dikodekan oleh satu lokus saja, yaitu *LDH-1*. Dengan demikian enzim *LDH* bersifat monomorfik dan hal ini menunjukkan tidak adanya variasi genetik udang putih pada populasi di Juwana dan Banyuwangi untuk enzim *LDH*.

IDH (Isositrat Dehidrogenase)

Aktivitas enzim *IDH* tampak pada jaringan daging dengan pergerakan pita ke arah kutub positif (katoda). Hal ini disebabkan oleh muatan negatif karena pengaruh koenzim NADP menjadi NADPH. Enzim tersebut dikontrol oleh satu lokus, yaitu *IDH-1* yang bersifat monomorfik, hal tersebut ditemukan pada populasi dari Juwana maupun dari Banyuwangi. Dengan kata lain tidak terdapat variasi genetik untuk enzim *IDH* pada populasi udang putih di Juwana maupun dari Banyuwangi.

GPI (Glukosafosfo Isomerase)

Enzim *GPI* muncul pada dua lokus yaitu pada lokus *GPI-1* dan *GPI-2*, enzim tersebut terdeteksi pada jaringan daging, mata, dan *hepatopankreas.* Dengan arah pergerakan ke kutub positif (katoda). Untuk populasi dari Juwana dan Banyuwangi terdapat lokus yang polimorfik yaitu pada lokus *GPI-2*. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat variasi genetik udang putih di Juwana maupun dari Banyuwangi untuk enzim *GPI.*

α-GPD (Alfa- Gliserofosfat Dehidrogenase)

Aktivitas enzim *a-GPD* terdeteksi pada jaringan daging dengan arah pergerakan menuju kutub positif (katoda). Pada populasi Juwana dan Banyuwangi enzim tersebut dikontrol oleh satu lokus yaitu, *a-GPD*. Pada lokus tersebut dikode oleh satu macam alel sehingga bersifat monomorfik. Hasil pembacaan didapat bahwa tidak ada variasi genetik udang putih untuk enzim *a-GPD*.

MDH (Malat Dehidrogenase)

Enzim *MDH* bekerja pada jaringan daging dan mata, dengan arah pergerakan ke kutub positif (katoda). Enzim tersebut dikontrol oleh dua lokus gen pada populasi banyuwangi yaitu *MDH-1,* dan *MDH-2*. Terdapat satu macam alel yang mengkode untuk tiap lokusnya, sehingga bersifat monomorfik. Untuk populasi Juwana enzim *MDH* dikontrol oleh tiga lokus, yaitu *MDH-1, MDH-2,* dan *MDH-3* masing-masing lokus hanya dikode oleh satu macam alel dan bersifat monomorfik. Akibatnya tidak ada variasi genetik pada populasi udang putih di alam untuk enzim *MDH,* tetapi terdapat variasi lokus yang mengkodekan enzim tersebut dari dua lokasi yang diambil.

SP (Sarkoplasmic Protein)

Aktivitas enzim *SP* terlihat pada jaringan daging, mata, dan *hepatopankreas* dengan arah pergerakan ke katoda (+). Dari dua populasi yang diuji terlihat bahwa enzim *SP* dikontrol oleh tiga lokus yaitu *SP-1, SP-2* dan *SP-3* dengan gambaran pita yang dikode oleh satu macam alel pada individu homozigotnya. Hal tersebut menunjukkan enzim *SP* bersifat monomorfik. Tidak adanya variasi genetik pada populasi udang putih di alam untuk enzim *SP.*

EST (Esterase)

Enzim *Esterase* terdeteksi aktif pada jaringan daging dan mata yang terlihat bergerak menuju kutub positif. Dari kedua populasi yang diuji untuk enzim *EST* menunjukkan bahwa enzim tersebut dikontrol oleh dua lokus yaitu *EST-1,* dan *EST-2.* Dengan pola pita yang hanya dikodekan oleh satu macam alel sehingga bersifat monomorfik

Lokus polimorfik

Lokus polimorfik merupakan tempat alel pada suatu kromosom yang masing-masing alel menyandikan rantai polipeptida tertentu. Pola pada heterozigot adalah allozim heteromerik hibrid dan allozim homomerik hibrid terlihat terpisah pada masing-masing homozigotnya Polimorfik berarti bahwa enzim itu disintesis oleh dua rantai polipeptida atau lebih, sedangkan monomorfik hanya disintesis oleh satu rantai polipeptida. Semua pergerakan *band* ke arah kutub positif (katoda). Pembacaan lokus dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari data yang telah didapat terlihat ada satu macam enzim yang polimorfik yaitu enzim *GPI* pada lokus *GPI*-2. Dengan adanya lokus yang polimorfik menunjukkan bahwa terdapat variasi genetik pada populasi udang putih di alam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 2. Pada tabel tersebut tampak bahwa nilai χ^2 sama dengan nol ini berarti dalam pembacaan jumlah lokus yang polimorfik adalah betul, karena tidak ada perbedaan secara signifikan (p= 0,01).

Perbedaan lokasi

Berdasarkan hasil analisis 10 macam sistem enzim terhadap populasi udang putih (*P. merguiensis*) dari Juwana didapatkan 18 lokus yang mengontrol ekspresi masing-masing enzim, dengan satu lokus polimorfik yaitu lokus *GPI-2*. Dari Banyuwangi dengan jumlah enzim yang sama didapat tujuh belas lokus yang mengkodenya, dengan satu lokus yang polimorfik yaitu lokus *GPI-2.* Hasil elektroforesis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Lokus enzim pada setiap populasi.

Enzim	Lokus		Struktur	
	Juwana	Banyuwangi	Juwana	Banyuwangi
ADH (Alcohol Dehidrogenase)	*ADH-1*	*ADH-1*	Monomerik	Monomerik
PGM (Phosphoglumutase)	*PGM-1*	*PGM-1*	Monomerik	Monomerik
	PGM-2	*PGM-2*		
	PGM-3	*PGM-3*		
IDH (Isocitrat Dehidrogenase)	*IDH-1*	*IDH-1*	Dimerik	Dimerik
GPI (Glukosafosfo Isomerase	*GPI-1*	*GPI-1*	Dimerik	Dimerik
	GPI-2	*GPI-2*		
SP (Sarkoplasmic Protein)	*SP-1*	*SP-1*	Monomerik	Monomerik
	SP-2	*SP-2*		
	SP-3	*SP-3*		
MDH (Malat Dehidrogenase)	*MDH-1*	*MDH-1*	Dimerik	Dimerik
	MDH-2	*MDH-2*		
	MDH-3			
EST (Esterase)	*EST-1*	*EST-1*	Monomerik	Monomerik
	EST-2	*EST-2*		
a-GPD (Alfa- Gliserofosfat Dehidrogenase)	*a –GPD-1*	*a -GPD-1*	Tetramerik	Tetramerik
LDH (Lactate Dehidrogenase)	*LDH-1*	*LDH-1*	Tetramerik	Tetramerik
AAT (Aspartat Amino Transferase)	*AAT-1*	*AAT-1*	Monomerik	Monomerik

Tabel 2. Frekuensi lokus polimorfik.

Lokus	Lokasi	N	Alel Frekuensi					χ^2
			A	B	C	D	E	
GPI-2	Juwana	40	-	0,990	0,010	-	-	0
GPI-2	Banyuwangi	40	-	0,900	0,100	-	-	0

Tabel 3. Variabel genetik.

Parameter	Lokasi	
	Juwana	Banyuwangi
Jumlah sampel	40	40
Jumlah lokus	18	17
Jumlah lokus polimorfik	1	1
Persentase lokus polimorfik	0,06	0,06
Jumlah alel per lokus	1.06	1.06
Heterosigositas	0,001	0,01

Deskripsi lokus gen

Koenzim adalah senyawa organik yang berbobot molekul rendah, stabil terhadap panas dan dibutuhkan bagi aktifitas enzim. Kesepuluh macam enzim yang terdeteksi dari jaringan daging dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu enzim yang membutuhkan koenzim dan yang tidak membutuhkan koenzim. Enzim yang memerlukan koenzim masih dibedakan menjadi dua yaitu yang perlu koenzim NAD^+ meliputi: *ADH, LDH, MDH, a-GPD*, dan yang perlu koenzim NADP meliputi: *IDH, PGM, GPI*. Enzim yang tidak memerlukan koenzim adalah enzim *EST, AAT* dan *SP*. Koenzim berperan dalam pemindahan Hidrogen dan ion H^+ dalam reaksi pewarnaan. Reagen lain yang berperan adalah NBT 0,1% (*NitroBlue Tetrazollium*) dan PMS (*Phenazine Methosulfat*) yang berperan sebagai pengemban elektron antara NADH/NADPH dan zat warna yang menyebabkan zat warna NBT tereduksi menjadi berwarna biru. Selain ketiga hal tadi perlu ditambahkan substrat yang sesuai dengan enzim yang diamati.

α-GPD (Alfa- Gliserofosfat Dehidrogenase)

Enzim. *a-Gliserofosfat Dehidrogenase* berfungsi sebagai katalisator dalam metabolisme glikogen yaitu mengoksidasi *a-gliserofosfat* menjadi *dihidroksiaseton fosfat*. *Dihidroksiaseton fosfat* selanjutnya masuk ke jalur glikolisis atau glukogenolisis. Reaksi tersebut banyak berlangsung di otot atau daging. Struktur dari enzim *a-GPD* adalah tetramer yang merupakan enzim multimerik yaitu enzim yang tersusun atas lebih dari satu rantai polipeptida/subunit.

LDH (Lactat Dehidrogenase)

Berperan dalam glikolisis pada keadaan anaerob yang akan menghasilkan laktat, juga berperan dalam glikogenolisis di otot yang selalu berakhir dengan laktat. Bila dalam keadaan aerob hasil akhir dari glikolisis adalah asam piruvat yang akan masuk kedalam siklus asam sitrat. Strukturnya sama dengan *a-GPD* yaitu tetramer.

MDH (Malat Dehidrogenase)

Enzim *MDH* terdapat dalam siklus asam sitrat yang berlangsung di dalam mitokondria. Pada siklus asam sitrat *MDH* mengkatalis reaksi *L-Malat* menjadi *oksaloasetat,* strukturnya dimer.

PGM (Phosphoglukomutase)

Berperan dalam reaksi pemindahan gugus fosfat yaitu dalam metabolisme *glukosa 6-P* pada jalan asam uronat. *PGM* mengkatalis reaksi dari *Glukosa-6-P* menjadi *Glukosa-1-P*. Sedangkan pada glikogenesis *PGM* mengkatalis reaksi reversibel *Glukosa-6-P* menjadi *Glukosa-1-P*. Pada reaksi pewarnaan tidak terjadi pelepasan ion Hidrogen sehingga tidak terbentuk NADPH, oleh karena itu digunakan Mg^{2+} dan enzim *Glukosa -6-P dehidrogenase (G6-PDH).* Mg^{2+} ditambahkan untuk mengaktifkan kedua enzim tersebut. Dengan adanya *G6-PDH* akan terjadi reaksi kedua yaitu *Glukosa-6-P* menjadi *6-Fosfoglukonolakton*. Pada tahap ini terjadi pelepasan ion hidrogen. Struktur dari enzim *PGM* adalah monomer yaitu hanya tersusun atas satu rantai polipeptida atau satu sub unit.

GPI (Glukosephospate Isomerase)

Enzim *GPI* terdapat pada jalur utama glikolisis (Jalur *Embden-Meyerhof*). Enzim *GPI* dalam pengaktifannya diperlukan Mg^{2+}. *GPI* mengkatalis reaksi reversibel antara *Glukosa-6-P* dengan *Fruktosa-6-P*. Pada reaksi pewarnaan enzim *GPI* juga tidak terjadi pelepasan ion hidrogen oleh karena itu dibantu juga oleh enzim *G6-PDH*, yang fungsinya sama dengan yang ada pada pewarnaan enzim *PGM*. Struktur dari enzim *GPI* adalah dimer.

IDH (Isositrat dehidrogenase)

Enzim *IDH* terlibat dalam reaksi siklus asam sitrat, yaitu mengkatalis reaksi reversibel antara *isositrat* dengan *oksalosuksinat* dan antara *oksalosuksinat* dengan *a-ketoglutarat*. Pada pewarnaan *IDH* ditambahkan dengan Na_2 *Isositrat* sebagai substrat, Mn^{2+} sebagai aktivator dan $NADP^+$ sebagai koenzim juga pewarna. Struktur dari enzim *IDH* adalah dimer.

SP (Sarcoplasmic protein)

Enzim *SP* dalam pewarnaan hanya perlu substrat dan zat warna, tidak perlu koenzim. Substrat yang digunakan adalah *Amido Black 10 B 0,1%* dengan ditambahkan sacetat. Struktur dari enzim *SP* adalah monomer. Individu yang heterozigot dikodekan oleh dua alel yang merupakan gabungan dari satu rantai polipeptidanya.

EST (Esterase)

Enzim *EST* dalam pewarnaan hanya perlu substrat dan zat warna, tidak perlu koenzim. Substrat yang digunakan adalah *alfa naftil asetat* dan *beta naftil asetat*. Struktur dari enzim *EST* adalah monomer. Enzim tersebut dikontrol oleh tiga lokus enzim yaitu *EST-1, EST-2* dan *EST-3.*

Variasi genetik

Dari populasi Juwana didapatkan variasi genetik sebesar 0,001, sedangkan pada populasi Banyuwangi variasi genetiknya sebesar 0,01. Nilai tersebut tampak lebih kecil dibandingkan variasi genetik udang windu sebesar 0,093 di perairan Bone dan 0,086 dari Makasar. Kecilnya variasi genetik *Penaeus merguiensis* dapat dilihat dari banyaknya lokus yang polimorfik dan persentase lokus polimorfik. Hal tersebut disebabkan jarak migrasi udang putih yang tidak terlalu jauh, sehingga tidak ada pertukaran gen (*gen flow), bottleneck effect,* perkawinan acak yang kecil menyebabkan pembatasan pertukaran gen dari beberapa pasangan yang melakukan perkawinan, dan adanya perkawinan antara individu yang sekerabat (*inbreeding)*. *Inbreeding* yang dibiarkan berulang-ulang menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah individu homozigot. Dengan banyaknya individu yang homozigot menyebabkan populasi tersebut semakin rentan terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan dan serangan penyakit, sehingga tingkat kelulusan hidup dari udang menjadi rendah bahkan dapat menyebabkan udang tersebut punah.

Banyaknya lokus yang mengkodekan enzim dalam suatu jaringan berkorelasi positif terhadap tingginya variasi genetik populasi udang tersebut, yang berarti pula semakin tinggi tingkat adaptasi populasi tersebut terhadap kondisi lingkungannya. Allendorf *and* Utter (1979), memberikan hipotesa bahwa jumlah variasi genetik tinggi sebagai hasil pengukuran oleh

lokus isozim adalah sebuah indikator dari variasi genetik yang tinggi di seluruh genom populasi tersebut. Populasi dengan rata-rata heterozigositas yang tinggi menunjukkan tambahan variasi genetik yang tinggi untuk sifat fenotip yang penting. Hilangnya alel pada lokus adalah fatal jika sejumlah keragaman dibutuhkan untuk tujuan respon yang cepat pada kondisi yang baru. Variasi genetik yang rendah bukan suatu ancaman jika sejarah populasi tersebut menunjukkan heterozigositas yang rendah pula (Frankel 1983 dalam Hadie, 1997).

Perbedaan genetik populasi dari Juwana dan dari Banyuwangi terlihat pada frekuensi alel polimorfiknya dan nilai heterozigositas. Populasi dari Banyuwangi lebih tinggi nilai heterozigositasnya bila dibandingkan dengan populasi dari Juwana. Frekuensi kemunculan individu heterozigot pada lokus enzim *GPI-2* yang menunjukkan lokus polimorfik lebih banyak sehingga menghasilkan nilai yang cukup tinggi. Dari populasi Banyuwangi dan Juwana diperoleh jarak genetik sebesar 0,058, yang berarti terdapat perbedaan genetik antara populasi dari Juwana dan Banyuwangi sebesar 0,058. Perbedaan tersebut dibandingkan jarak genetik *Penaeus monodon* sebesar 0,05 dan *Metapenaeus monoceros* sebesar 0,024 nampak lebih besar. Hal ini disebabkan jauhnya jarak antara kedua populasi, dengan asumsi udang putih dalam melakukan migrasi tidak terlalu jauh karena adanya halangan berupa arus laut, jarak, serta perilaku dari udang tersebut yang pada umumnya terpusat pada satu lokasi.

Terdapat perbedaan karakteristik dari habitat udang sebesar 3,6% pada populasi Juwana dan Banyuwangi. Perbedaan pada individu yang menyusun populasi sebesar 96,4%, disebabkan banyaknya variasi genetik yang terdapat pada tiap individu dalam masing-masing populasi. Populasi dari Juwana dan Banyuwangi menunjukkan perbedaan secara nyata pada lokus *MDH-3*. Dengan ditemukannya hal tersebut maka populasi udang *P. Merguensis* dari Juwana dan dari Banyuwangi dapat dibedakan berdasarkan jumlah lokus *MDH.*

KESIMPULAN

Terdapat variasi genetik populasi udang putih (*Penaeus merguiensis* de Man) dari daerah Juwana dan Banyuwangi yang meliputi jumlah lokus dan nilai heterosigositas. Untuk jarak genetik antara populasi Juwana dan Banyuwangi sebesar 0,058. Pada populasi dari Juwana didapatkan lokus *MDH-3* yang tidak ditemukan pada populasi dari banyuwangi. Populasi dengan variasi genetik yang tinggi berasal dari daerah Banyuwangi.

DAFTAR PUSTAKA

Allendorf, F.W. and F. M. Utter. 1979. Population genetics. *In* Hoor, W.S. and D.J. Kandall (eds.). *Fish Physology.* Vol. 3. New York: Wiley.

Arik, H.W. 2001. *Analisis Variasi Gen dan Struktur Populasi Genetik Ikan Napoleon Wrasse (***Cheiling undulatus** *Ruppel).* [Tesis]. Malang: Program Pascasarjana Universitas Brawijaya.

Diniah, 2001. Suatu Tinjauan Terhadap Surat Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 39 Tahun 1980. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Hadie, W. 1997. *Studi Morfometrik dan Keragaman Genetika pada Populasi Ikan Lele (***Clarias batrachus***) di Sungai Musi dan Bengawan Solo.* [Tesis]. Depok: Program Pascasarjana Universitas Indonesia.

Hara, M. and U. Na-Nakorn. 1996. *Development of Sustainable Aquaculture Technology in Southeast Asia.* Bangkok: International Research Center for Agricultural Sciences and The Faculty of Fisheries, Kasetsart University.

Sugama, K., Haryanti, and F. Cholik. 1996. Biochemical genetic of tiger shrimp **Penaeus monodon;** description of electrophoretic dedectable loci. *IFR Journal* 2 (1): 19-28

Sugama, K. and A. Prijono. 1998. Biochemical genetics of tiger shrimp, **Peneaus monodon**, discription of electroforesis detectabel loci. *Indonesian Fisheries Research Journal* 2 (1): 19-28.

Warintek. 2003. *Udang (*Palaemonidae/Penaeidae*).* www.Warintek.Progression.or.id/Perikanan/Udang.html. (17 Agustus 2003).