

PENDAYAGUNAAN KALSIUM MEDIA PERAIRAN DALAM PROSES GANTI KULIT DAN KONSEKUENSINYA BAGI PERTUMBUHAN UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii* de Man)¹

(Utilization of Calcium in Aquatic Environment for Molting Process and Its consequence on Giant Freshwater Prawn Growth Rate (*Macrobrachium rosenbergii* de Man))

Azam B. Zaidy², Ridwan Affandi³, Bambang Kiranadi⁴,
Kardiyo Praptokardiyo³ dan Wasmen Manalu⁴

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pendayagunaan kapur sebagai sumber kalsium dalam proses peningkatan kadar kalsium kulit dan lama waktu *postmolting*, serta konsekuensinya bagi pertumbuhan udang. Perlakuan dosis penambahan Ca(OH)₂ sebanyak 0 mg/L, 15 mg/L, 30 mg/L, 45 mg/L, dan 60 mg/L, dengan 3 ulangan. Parameter yang diukur meliputi kadar kalsium kulit, lama waktu *postmolting*, tingkat konsumsi pakan, laju pertumbuhan, dan efisiensi pemanfaatan pakan. Penambahan Ca(OH)₂ sebanyak 15-60 mg/L meningkatkan kadar kalsium media (25.51-35.22 mg/L) dibanding dengan kontrol (18.53 mg/L). Penggunaan Ca(OH)₂ sebanyak 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L mampu meningkatkan kadar kalsium kulit pada tahap *postmolting* 20 hari. Penggunaan Ca(OH)₂ sebanyak 30 dan 45 mg/L mampu mempercepat lama waktu *postmolting*, selanjutnya lebih dari 45 mg/L menghambat lama waktu *postmolting*. Penggunaan Ca(OH)₂ selama 3 siklus kulit berimplikasi lanjut pada konsumsi pakan harian, mulai meningkat pada penambahan Ca(OH)₂ 15 mg/L, mencapai maksimum pada penambahan Ca(OH)₂ 45 mg/L, dan selanjutnya menurun pada penambahan Ca(OH)₂ 60 mg/L. Laju pertumbuhan individu pada penambahan Ca(OH)₂ 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L adalah 0.006, 0.010, 0.010, 0.012, dan 0.009. Efisiensi pemanfaatan pakan, mencapai maksimal pada penambahan Ca(OH)₂ sebanyak 15 mg/L selanjutnya menurun pada 30, 45 dan 60 mg/L. Dengan demikian penggunaan Ca(OH)₂ sebanyak 30 mg/L mampu mempercepat lama waktu *postmolting* yang berimplikasi pada peningkatan rata-rata konsumsi pakan harian sehingga meningkatkan laju pertumbuhan individu udang.

Kata kunci: *molting*, kalsium, konsumsi pakan, pertumbuhan.

ABSTRACT

The objectives of these present research was to study the addition of calcium in the media in order to increase the calcium content in the skin and its consequence on the growth of the giant fresh water prawn. Five treatments of different Ca(OH)₂ (0, 15, 30, 45, and 60 mg/L), concentration were prepared of which each treatment consisted of three replications. The parameters measured were the concentration calcium of exoskeleton, post molting period, daily feed consumption, total feed consumption, growth rate, and feed efficiency. The addition of 15-60 mg/L has increased the concentration of the media (25.51-35.22 mg/L) compared to the control (18.53 mg/L). Duration of postmolting of the giant freshwater prawns supplemented with 0, 15, 30, 45, and 60 mg/L were 17, 15, 12, 13 and 15 days, respectively. The average of daily feed consumptions was found to be higher in the group with the input of Ca(OH)₂ of 15 and maximum at 45 mg/L. The growth rate in the prawn supplemented with Ca(OH)₂ of 0, 15, 30, 45, and 60 mg/L were 0.006, 0.010, 0.010, 0.12, and 0.009. The feed efficiency in the prawn supplemented with 0, 15, 30, 45, and 60 mg/L were 27.00, 40.45, 30.30, 28.20, and 26.90%. The results of this experiment recomended that supplementation of 30 mg/L Ca(OH)₂ in the aquatic media improved growth rate and feed efficiency of freshwater giant prawn.

Keyword: molting, calcium, food consumption, growth.

PENDAHULUAN

Keberhasilan pembenihan udang galah dan harga jual udang galah konsumsi yang cu-

kup tinggi (Rp 40 000/kg) telah mendorong perkembangan pembesaran udang galah. Pembesaran udang galah di berbagai tipe perairan tawar kurang memperhatikan pH dan alkalinitas perairan, sehingga hasil produksi belum memuaskan. Beberapa perairan tawar memiliki pH dan alkalinitas rendah yang dapat menghambat pertumbuhan kulit udang sehingga menjadi tipis serta lembek. Hal ini diduga kadar kalsium di

¹ Diterima 19 Juli 2007 / Disetujui 21 Mei 2008.

² Sekolah Tinggi Penyuluh Perikanan, Bogor.

³ Bagian Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

⁴ Departemen Anatomi, Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

lingkungan rendah sehingga proses pengerasan kulit terhambat.

Pertumbuhan udang merupakan lanjutan dari proses molting. Pada tahap *postmolting* terjadi proses pengerasan kulit melalui pengendapan kalsium di kulit. Kebutuhan kalsium dapat dicukupi dari makanan dan dari lingkungan, namun peran kalsium lingkungan sangat dominan dalam proses pengerasan kulit udang (Greenway, 1974). Untuk pengerasan kulit udang dibutuhkan kalsium yang cukup tinggi (Frence, 1983).

Dalam budidaya udang galah di berbagai tipe perairan tawar sering ditemukan masalah yaitu pertumbuhan udang melambat diikuti kekerasan kulit yang lembek bahkan sebagian keropos. Pertumbuhan udang yang menurun berkenaan dengan waktu proses pengerasan kulit yang lama, sehingga rata-rata konsumsi pakan harian sewaktu *postmolting* menurun sehingga akan menghambat pertumbuhan. Penyebab proses *postmolting* yang lama adalah ketersediaan kalsium sebagai materi pengeras kulit yang tidak memadai, terutama pada perairan asam. Untuk mengatasi permasalahan pertumbuhan serta pengerasan kulit yang lambat tersebut, ketersediaan kalsium terlarut perlu ditingkatkan sampai batas picu untuk menunjang beberapa kali pergantian kulit.

Berkenaan dengan hal tersebut, perlu dilakukan kajian pendayagunaan kapur sebagai sumber kalsium dalam mempercepat proses *postmolting*, siklus *molting*, dan tingkat konsumsi pakan, serta konsekuensinya bagi pertumbuhan udang.

Tujuan penelitian untuk mengkaji pendayagunaan kapur sebagai sumber kalsium dalam proses peningkatan kadar kalsium kulit dan lama waktu *postmolting*, serta konsekuensinya bagi pertumbuhan udang.

METODE PENELITIAN

Penelitian pendahuluan dilakukan di Jurusan Penyuluhan Perikanan, Sekolah Tinggi Perikanan, Balai Besar Pengolahan Hasil, Dep. tan, Bogor dan Laboratorium Kualitas Air, FPIK, IPB, dari bulan Mei – November 2003. Penelitian utama dilakukan di tempat yang sama dari Juli 2004 – Februari 2006.

Air yang digunakan untuk penelitian berasal dari sumur dangkal dengan pH 4.64 dan

kadar kalsium 19.7 mg/L. Pakan pelet dengan kandungan protein 37.38%, lemak 6.09%, bahan ekstrak tanpa nitrogen 29.73%, Ca 1.44%, dan energi bruto 3 560 kcal. Sumber kalsium berasal dari Ca(OH)₂. Tokolan udang galah berasal dari hasil pemeliharaan di kolam dengan berat 4 g. Wadah percobaan berupa akuarium 80 x 50 x 50 cm, yang disekat menjadi 10 kompartemen.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan dosis penambahan kapur ke dalam media yaitu 0 mg/L, 15 mg/L, 30 mg/L, dan 45 mg/L. Akuarium diisi air dan diaerasi, kemudian setiap akuarium secara acak ditambahkan kapur masing-masing 0 mg/L, 15 mg/L, 30 mg/L, dan 45 mg/L, dengan 3 ulangan. Setiap kompartemen diisi udang galah dengan berat 4 g. Udang diberi pakan pelet sebanyak 3% dari berat tubuh setiap hari. Setiap 10 hari air diganti sebanyak 20 – 25% dari total volume pemeliharaan.

Kadar kalsium kulit udang diukur pada *premolting*, *molting*, *postmolting* 4, 8, 10 dan 20 hari. Kadar kalsium terlarut, pH, DO, alkalinitas, dan TOM setiap 7 hari sekali. Waktu *molting* udang dipantau setiap terjadi *molting*. Sisa pakan diukur 2 jam setelah pemberian pakan. Perkembangan berat udang diukur setiap 10 hari.

Analisis data

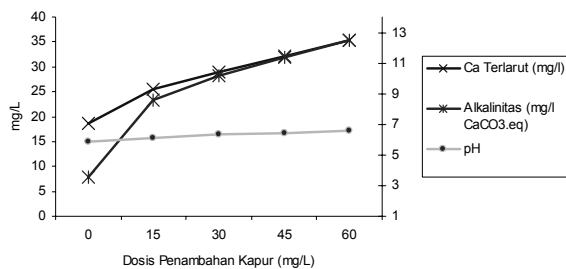
Untuk membandingkan kadar kalsium kulit pada setiap fase *molting* antar perlakuan digunakan analisis ragam. Untuk membandingkan lama waktu *postmolting* antar perlakuan digunakan analisis regresi. Untuk membandingkan tingkat konsumsi pakan harian antar perlakuan digunakan analisis ragam. Untuk membandingkan lama waktu siklus *molting* antar perlakuan digunakan analisis ragam. Untuk membandingkan laju pertumbuhan individu antar perlakuan digunakan analisis regresi. Untuk membandingkan efisiensi pemanfaatan pakan antar perlakuan digunakan analisis ragam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

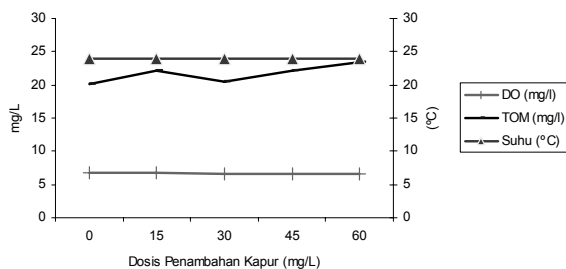
Kualitas Air

Kualitas air media percobaan diupayakan layak bagi kehidupan dan dapat menjadi faktor penentu lama waktu *molting* udang, khususnya berkenaan dengan keberadaan kadar kalsium

yang terkait dengan pembentukan kulit. Hasil pemantauan dan analisis kualitas air disajikan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Kadar Kalsium Terlarut, Alkalinitas, dan pH.



Gambar 2. Suhu, Oksigen, dan Bahan Organik Terlarut.

Rataan kadar kalsium terlarut dari media yang memperoleh tambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ berkisar antara 25.51 - 35.32 mg/L, sehingga menjadi lebih tinggi dari media (1) yang tidak memperoleh tambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 18.53 mg/L.

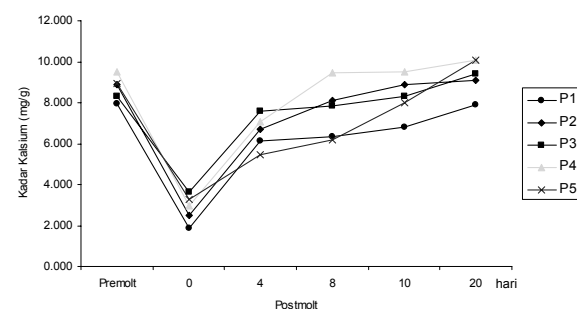
Peningkatan kalsium terlarut tersebut mampu mengakibatkan peningkatan pH dan alkalinitas. Rataan pH media percobaan perlakuan penambahan kapur 15, 30, 45, dan 60 mg/L berkisar antara 6.12 - 6.59, lebih tinggi sedikit dibanding perlakuan penambahan kapur 0 mg/L (5.84). Sedangkan rata-rata alkalinitas perlakuan 15, 30, 45, dan 60 mg/L berkisar antara 23.39 - 35.23 mg/L, lebih tinggi dibanding perlakuan kapur 0 mg/L (7.85 mg/L). Rentang kisaran pH dan alkalinitas tersebut layak bagi kehidupan udang (Boyd, 1979). Hubungan antara kadar kalsium terlarut dengan tingkat dosis penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ cukup erat ($R^2 = 0.96$). Peningkatan penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari 15 menjadi 45 mg/L mampu meningkatkan kadar kalsium terlarut dari 25.51 mg/L menjadi 32.07 mg/L. Sedangkan peningkatan penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 60 mg/L ternyata kadar kalsium terlarutnya relatif tetap. Hal tersebut disebabkan

semakin tinggi pH perairan, tingkat kelarutan kapur semakin rendah..

Data kualitas air selama percobaan dapat dinyatakan bahwa (1) oksigen dan bahan organik terlarut dari media yang diberi kapur masih dalam rentang layak untuk menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang. (2) ketersediaan kalsium terlarut, alkalinitas, dan pH dari media yang diberi kapur meningkat sehingga akan mempengaruhi lama waktu *postmolting* dan kekerasan kulit.

Molting Udang

Ganti kulit Udang Galah merupakan pergantian kulit lama oleh kulit baru melalui proses-proses (1) *premolting* (2) *molting* (3) *postmolting* dan (4) *intermolting*. Keberhasilan proses ganti kulit tersebut tercermin dari kadar kalsium yang dicapai secara sekuensial dari tahap ganti kulit mulai dari siap *molting*, *molting*, *postmolting*, dan siap *molting* berikutnya. Rataan kadar kalsium kulit setiap tahap ganti kulit tercantum pada Gambar 3.



Gambar 3. Rataan Kadar Kalsium Kulit setiap Tahap Ganti Kulit (mg/g).

Pada tahap *molting*, kadar kalsium kulit di setiap perlakuan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mencapai tingkat terendah, yaitu 2.859 mg/g. Keberadaan kadar kalsium kulit pada tahap *molting* yang tidak berbeda nyata tersebut ($\alpha = 0.05$) diperkirakan terkendali oleh hormone *molting*. Setelah tahap *molting*, kadar kalsium kulit dari setiap perlakuan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ meningkat dengan laju peningkatan yang berbeda sehingga pada tahap *postmolting* 20 hari berturut turut dari perlakuan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L, yakni 7.941, 9.091, 9.425, 10.094, dan 10.095 mg/g. Kadar kalsium kulit pada *postmolting* 20 hari cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan dosis pem-

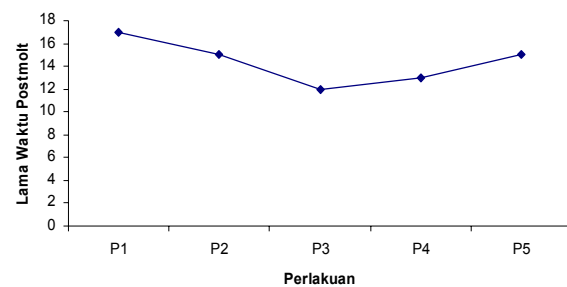
berian $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Peningkatan kadar kalsium kulit dari *molting* ke *postmolting* 20 hari tersebut mengindikasikan bahwa selama tahap *postmolting* terjadi peningkatan kadar kalsium kulit. Peningkatan kadar kalsium kulit selama *postmolting* didukung hasil penelitian Cameron (1985a) yang menunjukkan bahwa sesaat setelah *molting*, kadar kalsium kulit kepiting sebesar 3 mg/g dan pada *postmolting* 8 hari kadar kalsium kulit meningkat menjadi 30 mg/g.

Periode postmolting

Periode *postmolting* adalah waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan kadar kalsium kulit dari kadar kalsium minimal pada waktu *molting*, meningkat kembali sama seperti ketika *premolting*. Kadar kalsium kulit perlakuan penambahan kapur 0, 15, 30, dan 45 mg/L meningkat tajam pada *postmolting* 4 hari, selanjutnya dari tahap *postmolting* 4 hari sampai *postmolting* 8 hari, kadar kalsium kulit meningkat lambat. Sebaliknya, kadar kalsium kulit dari perlakuan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 60 mg/L peningkatan sangat nyata, pada penambahan kapur tahap *molting* sampai *postmolting* 8 hari meningkat lambat, selanjutnya *postmolting* 8 hari sampai *postmolting* 20 hari meningkat tajam. Dari pola perubahan kadar kalsium kulit pada *postmolting* 8 hari dari perlakuan penambahan kapur 15, 30, dan 45 mg/L telah mencapai 90%, sedangkan perlakuan penambahan kapur 60 mg/L baru mencapai 75.36%. Peningkatan kadar kalsium kulit selama *postmolting* didukung oleh hasil penelitian (Cameron, 1985a), yang mendapatkan bahwa laju peningkatan kadar kalsium kulit telah mencapai 89% setelah *postmolting* 8 hari. Adegboye (1983) menemukan bahwa lama waktu *postmolting* Crayfish ternyata ditentukan oleh banyaknya kalsium yang diambil dari lingkungan untuk pengerasan kulitnya.

Hubungan antara kadar kalsium kulit dari setiap perlakuan penambahan kapur dengan waktu ternyata memenuhi persamaan regresi linear yaitu $Y_1 = 3.479 + 0.270X$, $Y_2 = 4.1031 + 0.33X$, $Y_3 = 5.1165 + 0.2595X$, $Y_4 = 4.789 + 0.3541X$, $Y_5 = 4.1223 + 0.315X$, dengan R^2 berturut-turut adalah 0.76, 0.67, 0.75, 0.65, dan 0.93. Berdasarkan persamaan regresi tersebut, lama waktu *postmolting* pada perlakuan penambahan kapur 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L masing-masing adalah 17, 15, 12, 13, dan 15 hari untuk

mencapai kadar seperti pada waktu siap *molting*.



Gambar 4. Lama Waktu *Postmolting* pada Dosis Penambahan Kalsium.

Berdasarkan uraian di atas dapat dinyatakan bahwa penambahan kapur sampai 45 mg/L mampu mempercepat lama waktu *postmolting*, sedangkan lebih dari 45 mg/L menghambat. Lama waktu *postmolting* tercepat diperoleh dalam penggunaan kapur 30 mg/L, yaitu 12 hari.

Konsumsi Pakan Harian

Rataan konsumsi pakan harian (RKPH) mencerminkan intensitas makan selama periode perkembangan dari proses *molting*. Rataan konsumsi pakan harian dari *premolting* sampai *molting*, dari *molting* sampai *postmolting* 4 hari, dan dari *postmolting* 4 hari sampai *postmolting* 8 hari antar perlakuan penambahan kapur tidak berbeda nyata. Selanjutnya, konsumsi pakan harian antara *postmolting* 8 hari sampai akhir *postmolting* dan dari akhir *postmolting* sampai *molting* berikutnya berbeda nyata antar perlakuan penambahan kapur ($\alpha = 0.05$). Pada periode *postmolting* 8 sampai *postmolting* 10, RKPH mulai meningkat pada penambahan kapur 15 mg/L, selanjutnya mencapai maksimum pada penambahan kapur 30, 45, dan 60 mg/L. Pada periode *postmolting* 10 hari sampai akhir *postmolting*, RKPH meningkat pada penambahan kapur 30 dan 45 mg/L, kemudian menurun pada penambahan kapur 60 mg/L dan tertinggi pada penambahan kapur 45 mg/L. Pada periode akhir *postmolting* sampai *molting* berikutnya, RKPH berbeda nyata hanya pada perlakuan penambahan kapur 45 mg/L.

Dari uraian di atas dapat dinyatakan bahwa penggunaan kapur berpengaruh pada RKPH, meningkat mulai penggunaan kapur 15 mg/L dan mencapai maksimum pada penambahan ka-

pur 45 mg/L, selanjutnya menurun pada penambahan kapur 60 mg/L. Perbedaan RKP berimplikasi pada ketersediaan jumlah energi bagi pertumbuhan udang, yang mulai meningkat pa-

da penambahan kapur 15 dan 30 mg/L dan mencapai maksimum pada penambahan kapur 45 mg/L dan selanjutnya menurun pada penambahan kapur 60 mg/L.

Tabel 1. Rataan Konsumsi Pakan Harian (g/g)

No	Proses Ganti kulit	Parameter	Dosis penambahan kalsium (mg/l)					Uji Statistik
			0	15	30	45	60	
1	<i>Premolting – moltingt 1</i>	Rataan	0.008	0.006	0.004	0.005	0.004	NS
		Waktu	1	1	1	1	1	
2	<i>Molting 1 – postmolting 4 hr</i>	Rataan	0.041	0.044	0.051	0.042	0.045	NS
		Waktu	4	4	4	4	4	
3	<i>postmolting 4 hr – postmolting 8 hr</i>	Rataan	0.039	0.032	0.038	0.034	0.032	NS
		Waktu	4	4	4	4	4	
4	<i>postmolting 8 hr – postmolting 10 hr</i>	Rataan	0.029(B)	0.038(AB)	0.040(A)	0.042(A)	0.048(A)	S
		Waktu	2	2	2	2	2	
5	<i>postmolting 10 hr – akhir postmolting</i>	Rataan	0.027(B)	0.028(B)	0.034(AB)	0.038(A)	0.033(AB)	S
		Waktu	7	5	2	3	5	
6	<i>Akhir postmolting – molting 2</i>	Rataan	0.028(B)	0.027(B)	0.028(B)	0.042(A)	0.027(B)	S
		Waktu	13	10	13	10	6	

Tabel 2. Total Konsumsi Pakan (g/g) pada *Postmolting* dan *Intermolting*

No	Proses kulit	Dosis penambahan kalsium (mg/l)					Uji statistik
		0	15	30	45	60	
1 Proses <i>postmolting</i> (M – M+8)							
	Siklus molting 1	0.232	0.261	0.288	0.308	0.272	NS
	Siklus molting 2	0.181 (B)	0.292 (A)	0.294 (A)	0.358 (A)	0.313 (A)	S
	Siklus molting 3	0.147 (B)	0.237 (AB)	0.256 (A)	0.296 (A)	0.249 (A)	S
	Sub TKP <i>postmolting</i>	0.560 (B)	0.791 (A)	0.839 (A)	0.961 (A)	0.834 (A)	S
2 Proses <i>intermoltingt</i> (M+8 – Mni)							
	Siklus molting 1	0.219	0.101	0.181	0.171	0.225	NS
	Siklus molting 2	0.317	0.306	0.239	0.407	0.390	NS
	Siklus molting 3	0.342	0.209	0.408	0.502	0.322	NS
	Sub TKP <i>intermolting</i>	0.787	0.666	0.829	1.080	0.939	NS

Dari hasil analisis data dapat dinyatakan bahwa (1) penggunaan kapur sebanyak 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L mampu meningkatkan kadar kalsium kulit pada tahap *postmolting* 20 hari (2) Penggunaan kapur sebanyak 30 dan 45 mg/L mampu mempercepat lama waktu *postmolting*, selanjutnya lebih dari 45 mg/L menghambat lama waktu *postmolting* dan (3) penggunaan kapur 15, 30, 45 mg/L mampu meningkatkan RKP, mencapai maksimum pada 45 mg/L selanjutnya menurun pada 60 mg/L.

Total Konsumsi Pakan

Total konsumsi pakan pada setiap siklus *molting* yang dipantau terdiri atas jumlah pakan yang dikonsumsi dari periode *molting* sampai

postmolting 8 hari dan jumlah pakan periode dari *postmolting 8 hari* sampai *molting* berikutnya (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa total konsumsi pakan *postmolting* pada setiap siklus *molting* antar perlakuan penambahan kapur berbeda nyata ($\alpha = 0.05$). Total konsumsi pakan *postmolting* siklus *molting* 2 dan 3 cenderung meningkat sejalan dengan penambahan kapur 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L.

Total konsumsi pakan pada fase *intermolting* di setiap siklus *molting* antara perlakuan penambahan kapur tidak berbeda nyata. Tingkat konsumsi pakan *postmolting* yang berbeda nyata, ternyata tidak berlanjut pada total konsumsi pakan pada *intermolting*, karena tingkat konsumsi pakan yang tinggi terjadi dengan

waktu siklus *molting* yang cepat (52–56 hari), sedangkan konsumsi pakan yang rendah terjadi dengan lama waktu siklus *molting* yang panjang (74 hari).

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat dinyatakan bahwa total konsumsi pakan *post-molting* siklus 1 tidak berbeda nyata antara perlakuan penambahan kapur, sedangkan pada siklus *molting* 2 dan 3 total konsumsi pakan berbeda sehingga perbedaan ini menjadi sumber pasokan pakan awal berbeda untuk potensi pertumbuhan. Total konsumsi pakan *intermolting* di setiap siklus *molting* tidak berbeda nyata meskipun lama waktu siklus *molting* berbeda sehingga pasokan pakan harian berbeda.

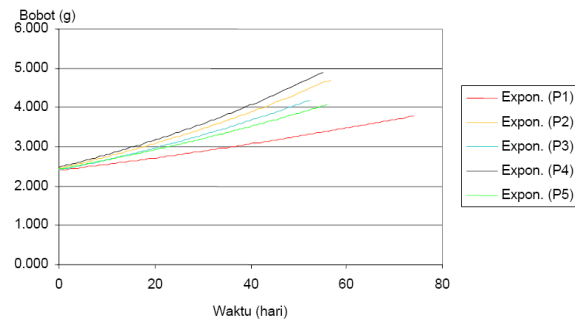
Pertumbuhan Udang

Pertumbuhan udang merupakan suatu proses perpaduan antara *molting* dan peningkatan biomassa somatik. Pertumbuhan somatik ditentukan oleh tingkat konsumsi pakan, sedangkan lama waktu *postmolting* ditentukan oleh laju pengendapan kalsium di kulit. Pertumbuhan udang terjadi melalui beberapa kali proses *molting*.

Hasil pemantauan bobot individu udang pada tahap *molting*, *postmolting* 2, dan 8 hari selama 3 siklus *molting*, diperoleh persamaan regresi pertumbuhan individu udang berbentuk logistik eksponensial dengan rumus $W_t = W_0 e^{gt}$, dengan R^2 berturut-turut sebesar 0.98, 0.96, 0.97, 0.94, dan 0.95 (Gambar 4). Urutan laju pertumbuhan dari yang terkecil adalah perlakuan penambahan kapur 0, 60, 15, 30, dan 45 mg/L berturut-turut adalah 0.006, 0.009, 0.010, 0.010, dan 0.012. Laju pertumbuhan tersebut merupakan bentuk respons stimulus dari RKPH. Selanjutnya, efisiensi pemanfaatan pakan mulai dari nilai terkecil adalah perlakuan penambahan kapur 60, 0, 45, 30, dan 15 mg/L berturut-turut adalah 26.90, 27.00, 28.20, 30.30, dan 40.45 %.

Dari uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa pemberian kapur berimplikasi pada pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan. Laju pertumbuhan mulai perlakuan penambahan kapur 15 mg/L meningkat mencapai maksimal pada perlakuan penambahan kapur 45 mg/L dan selanjutnya menurun pada perlakuan 60 mg/L. Dari aspek efisiensi pemanfaatan pakan, penggunaan kapur mulai perlakuan 15 mg/L menca-

pai maksimal selanjutnya menurun pada perlakuan 30, 45, dan 60 mg/L.



Gambar 5. Pertumbuhan Individu Udang.

Dari uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa (1) penggunaan kapur mampu meningkatkan dan mempertahankan kekerasan kulit (2) penggunaan kapur mulai dari dosis 15 mg/L meningkatkan RKPH, mencapai maksimal pada perlakuan 45 mg/L selanjutnya menurun pada perlakuan 60 mg/L (3) konsumsi pakan mulai perlakuan penambahan kapur 15 mg/L meningkat mencapai maksimal pada perlakuan penambahan kapur 45 mg/L dan selanjutnya menurun pada perlakuan 60 mg/L, efisiensi pemanfaatan pakan, penggunaan kapur mulai perlakuan 15 mg/L mencapai maksimal selanjutnya menurun pada perlakuan 30, 45, dan 60 mg/L.

Periode Siklus *molting*

Periode siklus *molting* ditentukan oleh kecepatan pertumbuhan omatic yang berakibat pada ukuran kulitnya tidak mampu lagi mengimbangi peningkatan besar ukuran tubuh yang menyebabkan udang perlu ganti kulit. Percobaan ini dilakukan selama 3 kali siklus *molting*. Periode siklus *molting* sesuai dengan pertumbuhan dan perubahan kadar kalsium kulit disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rataan Lama Waktu Siklus *Molting* 1, 2 dan 3 (hari).

Siklus	Dosis penambahan kalsium (mg/l)					Uji Statistik
	0	15	30	45	60	
<i>Molting</i> 1	20 (B)	12 (A)	14 (A)	12 (A)	14 (A)	S
<i>Molting</i> 2	27 (C)	22 (BC)	15 (A)	19 (AB)	21 (AB)	S
<i>Molting</i> 3	27	22	23	24	21	NS
Total (hari)	74	56	52	56	56	

Hasil uji ragam periode antarsiklus *molting* 1 dan siklus *molting* 2 antarperlakuan pe-

nambahan dosis kapur berbeda nyata kecuali pada siklus *molting* 3 ($\alpha = 0.05$). Periode siklus *molting* 1 lebih cepat pada media yang ditambah kapur 15, 30, 45, dan 60 mg/L dibanding yang tidak ditambah kapur. Periode *molting* siklus 1 dan 2 yang berbeda tersebut disebabkan oleh laju pertumbuhan individu udang yang lebih tinggi pada media yang ditambah kalsium terutama pada kadar 30 dan 45 mg/L. Pada periode siklus *molting* 3 tidak berbeda antar perlakuan penambahan kapur. Pada siklus *molting* 3 dengan lama percobaan telah mencapai 56–74 hari, pertumbuhan parsial udang sama mendekati bobot maksimal sehingga lama waktu siklus kulit 3 tidak berbeda nyata antar perlakuan penambahan kapur. Hasil penelitian tersebut didukung oleh Adegboye (1983) yang menemukan semakin tinggi bobot krustase, periode siklus *molting* lebih lambat ($R^2 = 0.65$).

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat dinyatakan bahwa periode *postmolting* yang dipercepat dengan tingkat konsumsi pakan yang meningkat dan laju pertumbuhan individu yang lebih tinggi dapat mempercepat periode siklus *molting* 1 dan 2.

PEMBAHASAN

Lama Waktu *Molting* dan Kekerasan Kulit

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama *postmolting* terjadi proses peningkatan kadar kalsium di kulit. Kadar kalsium kulit *postmolting* 20 hari meningkat sejalan dengan dosis penambahan kapur ke media sebesar 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L. Penambahan kapur sebesar 0, 15, 30, 45, dan 60 mg/L mampu meningkatkan kadar kalsium terlarut berturut-turut sebesar 18.53, 25.51, 29.03, 32.07, dan 35.32 mg/L. Kadar kapur terlarut tersebut menyebabkan kadar kalsium kulit *postmolting* 20 hari berturut-turut sebesar 7.941, 9.091, 9.425, 10.094 dan 10.095 mg/g. Semakin tinggi kadar kalsium terlarut, semakin tinggi pula kadar kalsium kulit. Hubungan antara kadar kalsium terlarut dan kadar kalsium kulit seperti halnya ditemukan oleh Greenway (1974) bahwa terdapat hubungan yang positif antara kadar kalsium kulit dan kadar kalsium lingkungan sejalan dengan terjadi pertukaran kalsium secara terus-menerus antara tubuh dan lingkungan. Demikian juga Malley (1980) menemukan bahwa pada tahap *postmolting* udang karang mengambil kalsium dari lingkungan untuk pengerasan kulitnya.

Berdasarkan keberadaan kadar kalsium terlarut dan kadar kalsium kulit tahap *molting* dan tahap *postmolting* 20 hari, penambahan kapur ke dalam media mampu meningkatkan kadar kalsium terlarut dan berakibat pada peningkatan kadar kalsium kulit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju peningkatan kalsium kulit antarwaktu dengan persamaan linier pada setiap perlakuan. Berdasarkan persamaan tersebut dapat ditetapkan lama waktu *postmolting* pada setiap perlakuan. Penambahan kapur media dari 0 mg/L sampai 30 mg/L dapat mempercepat lama waktu *postmolting* dari 17 hari menjadi 12 hari, selanjutnya lebih dari 45 mg/L akan memperlambat *postmolting* menjadi 15 hari. Lama waktu *postmolting* mulai melambat pada penambahan kapur lebih dari 45 mg/L disebabkan oleh beberapa faktor antara lain (1) keseimbangan kalsium lingkungan dan kalsium dalam tubuh (2) konsentrasi relatif kalsium dan ion-ion lain (magnesium dan fosfat) terlarut.

Kalsium dan HCO_3 dari media masuk ke dalam tubuh udang melalui insang secara pasif tanpa membutuhkan energi sehingga setelah waktu tertentu kadarnya dalam tubuh akan jenuh. Kalsium dan HCO_3 dalam tubuh akan bereaksi menjadi CaCO_3 yang mengendap di kulit sedangkan H^+ dikeluarkan ke lingkungan. Pada saat kadar kalsium lingkungan tinggi, jumlah HCO_3 di lingkungan rendah, sehingga HCO_3 yang masuk ke tubuh udang terhambat bahkan sebaliknya dapat keluar dari tubuh udang, akibat lanjut proses pengendapan CaCO_3 di kulit terhambat bahkan terhenti. Kadar HCO_3 di lingkungan yang rendah sesuai hasil penelitian Cameron (1985c) menemukan kadar asam karbonat (HCO_3) cukup rendah akan menghambat proses masuk ke dalam tubuh, bahkan pada kadar kurang dari 0.2 mmol/L, HCO_3 dari tubuh akan keluar ke lingkungan, akibatnya proses pengendapan Ca^{2+} menjadi CaCO_3 di kulit terhambat bahkan terhenti. Kadar kalsium lingkungan yang terlalu tinggi juga menghambat transfer kalsium dari lingkungan ke dalam tubuh udang, sesuai hasil Cameron (1985b) yang menemukan bahwa kadar kalsium lingkungan sebesar 3 – 8 mmol/L dapat mempercepat transfer kalsium dari lingkungan ke dalam tubuh udang dan tranfer kalsium tersebut mulai melambat setelah kadar kalsium lingkungan meningkat menjadi 10 mmol/L.

Faktor lain yang mempengaruhi lama waktu *postmolting* adalah konsentrasi relatif antara kalsium dan magnesium terlarut. Jumlah kalsium terlarut lebih tinggi pada perlakuan penambahan kapur 60 mg/L dibanding perlakuan penambahan kapur lainnya, namun karena jumlah magnesium-fosfat diasumsikan tidak berbeda antarperlakuan penambahan kapur, maka perbandingan konsentrasi kalsium dan magnesium-fosfat relatif lebih rendah pada penambahan kapur 60 mg/L dibanding perlakuan penambahan kapur 15, 30, dan 45 mg/L. Perbandingan optimum kalsium dan fosfat adalah 1.2 : 1 (Pascual, 1982).

Berdasarkan pembahasan di atas dapat dinyatakan bahwa penambahan kapur ke dalam media mampu mempercepat lama waktu *postmolting*. Penambahan kapur media dari 0 mg/L ke 30 mg/L dapat mempercepat lama waktu *postmolting* dari 17 hari menjadi 12 hari.

Laju Pertumbuhan Individu

Urutan laju pertumbuhan individu dari yang terkecil adalah perlakuan penambahan kapur 0, 60, 15, 30 dan 45 mg/L berturut-turut adalah 0.006, 0.009, 0.010, 0.010, dan 0.012. Udang yang mengkonsumsi pakan lebih banyak, yaitu pada perlakuan penambahan kapur 30 dan 45 mg/L mempunyai laju pertumbuhan individu yang lebih tinggi (0.010 dan 0.012). Laju pertumbuhan individu yang tinggi dapat mempercepat periode siklus *molting* 2 mulai perlakuan penambahan kapur sebesar 30 mg/L. Pengaruh tingkat konsumsi pada periode siklus *molting* sesuai hasil penelitian Chittleborough (1975) pada juvenil *Panulirus longipes* yang diberi pakan setiap hari, 2 kali seminggu dan 1 kali seminggu berakibat pada periode siklus *molting* berturut-turut yaitu, 42, 31, dan 79 hari. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa laju pertumbuhan udang yang tinggi merupakan konsekuensi dari rata-rata tingkat konsumsi pakan yang lebih tinggi.

Konsumsi Pakan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi pakan harian (RKPH) periode *molting* dan *postmolting* 8 hari antarperlakuan penambahan kapur tidak berbeda nyata, sedangkan RKPH antara *postmolting* 8 hari sampai menjelang *intermolting* meningkat mulai perlakuan penambahan kapur 30 mg/L dan RKPH

tertinggi pada penambahan kapur 45 mg/L. Penambahan kapur dari 0 mg/L menjadi 30 dan 45 mg/L, mampu mempercepat pengendapan kalsium di kulit sehingga lama waktu *postmolting* lebih cepat dari 17 hari menjadi 12 dan 13 hari. Lama waktu *postmolting* yang dipercepat berimplikasi pada peningkatan RKPH. Proses transfer kalsium dari hemolimf ke kulit udang melalui mekanisme transport aktif yang membutuhkan energi. Transfer kalsium ke kulit berjalan lebih cepat yang ditandai oleh laju pengendapan kalsium kulit lebih tinggi akan membutuhkan energi yang lebih besar. Kebutuhan energi yang besar ini diperoleh dari pakan yang dikonsumsi. Tingkat RKPH yang tinggi pada media yang ditambah kalsium 45 mg/L merupakan akibat kebutuhan energi yang lebih tinggi untuk mendukung laju pengendapan kalsium di kulit yang lebih cepat.

Total konsumsi pakan *postmolting* siklus 2 dan 3 lebih tinggi pada media yang ditambah kapur mulai dari 15 mg/L dibandingkan yang tidak ditambah kapur, namun perbedaan tersebut tidak berlanjut pada *intermolting*. Total konsumsi pakan *intermolting* setiap siklus tidak berbeda nyata meskipun lama waktu siklus berbeda, sehingga pasokan pakan harian berbeda. Konsumsi pakan harian mulai *postmolting* yang lebih tinggi menjadi titik awal kemampuan konversi pakan yang lebih baik untuk menunjang pertumbuhan udang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi pakan tertinggi pada media yang ditambah kapur 45 mg/L dengan laju pertumbuhan tertinggi yaitu 0.012, tetapi efisiensi pemanfaatan pakan terbaik pada media yang ditambah kapur 15 mg/L. Lingkungan yang ditambah kapur 15 mg/L diduga merupakan media yang lebih optimal untuk pertumbuhan udang sehingga proporsi energi pakan yang digunakan untuk respirasi relatif kecil sehingga sisa energi tersebut dapat digunakan untuk pertumbuhan. Sebaliknya pada lingkungan yang ditambah kapur sebanyak 45 mg/L, tingkat konsumsi pakan cukup tinggi, namun proporsi energi pakan tersebut yang digunakan untuk respirasi relatif besar dan sisa energi respirasi digunakan untuk pertumbuhan. Dengan demikian, pemberian kapur sebanyak 30 mg/L diharapkan dapat memberikan tingkat konsumsi pakan yang optimal sehingga laju pertumbuhan cukup bagus dan efisiensi pemanfaatan pakan yang cukup baik.

Dari pembahasan tersebut di atas dapat dinyatakan bahwa konsep penggunaan kapur untuk mempercepat lama waktu *postmolting* berimplikasi pada konsumsi pakan sehingga meningkatkan pertumbuhan individu dapat dibuktikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan kapur Ca(OH)_2 sebanyak 30 mg/L mampu mempercepat lama waktu ganti kulit, sedangkan lebih dari 45 mg/L bersifat menghambat. Lama waktu ganti kulit yang dipercepat berimplikasi terhadap peningkatan konsumsi pakan dan berkonsekuensi lanjut bagi peningkatan pertumbuhan udang.

Aplikasi penggunaan kapur Ca(OH)_2 sebanyak 15-30 mg/L untuk mempercepat proses ganti kulit udang yang berimplikasi terhadap pertumbuhan udang, perlu memperhatikan kualitas air khususnya pH dan alkalinitas, dalam pengembangan lahan basah asam.

Penelitian lanjutan penambahan kapur 30 mg/L disarankan dilakukan mengenai kualitas pakan yang dijadikan dasar efisiensi dan produktivitas.

PUSTAKA

Adegboye, D. 1983. **Table Size and Physiological Condition of The Crayfish in Relation to Calcium**

Ion Acumulation. In C. R. Goldman (ed)., Freshwater Crayfish. Avi Publishing Copm, Inc. Connecticut.

Boyd, C. E. 1979. **Water Quality in Warmwater Fish Pond.** Auburn University, Agricultural Experiment Station. Auburn. Alabama. 82-84p.

Cameron, J. N. 1985a. **Compensation of Hypercapnic Acidosis in The Aquatic Blue Crab, *Callinectes sapidus* : The Predominance of External Sea Water Over Carapace Carbonate as The Proton Sink.** J. Exp. Biol. 114:197-206.

Cameron, J. N. 1985b. **Post-Moult Calcification in The Blue Crab (*Callinectes sapidus*): Relationships between Apparent Net H^+ Excretion, Calcium and Bicarbonate.** J.exp. Biol. 119: 275-285.

Chittleborough, R. 1975. **Environmental Factors Affectif Growth and Survival of Juvenile Western Rock Lobster *Panulirus Longipes*.** Aust. J. Mar Freshwater Res 26: 177-196.

Frence, R. L. 1983. **Response of The Crayfish *Orconectes virilis* to Experimental Acidification of The Lake with Special Reference to The Importance of Calcium.** In C. R. Goldman (ed). Freshwater Crayfish V. AVI Publ Comp, INC, Westport.

Greenway, P. 1974. **Calcium Balance at The Postmolting Stage of The Freshwater Crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet).** J. Exp. Bio. 61.

Malley, D. F. 1980. **Decreased Survival and Calcium Uptake by The Crayfish *Orconectes virilis* in The Low pH.** Can. J. Fish. Aquat. Sci.

Pascual, F. P. 1983. **Nutritions and Feeding of Sugpo.** Extention Manual SEAFDEC. Philippines.