Jurnal Bioteknologi Pertanian, Vol. 3, No. 1, 1998, pp. 17-22

6

Kemampuan bakteri fotosintetik anoksigenik dalam menurunkan konsentrasi H_2S dan menghambat pertumbuhan *Vibrio harveyi*

Tri Widiyanto[1], Antonius Suwanto[2], Hendra Adidjuwana[2], dan Richardus Kaswadji[3]

[1]*Pusat Penelitian dan Pengembangan Limnologi LIPI, Jalan Raya Jakarta-Bogor km 46, Cibinong 16911, Indonesia*
[2]*Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor, Jalan Raya Pajajaran, Bogor 16143, Indonesia*
[3]*Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16610, Indonesia*

Abstract

Ability of anoxygenic photosynthetic bacteria in reducing H_2S concentration and inhibiting the growth of Vibrio harveyi

Shrimp culture in Indonesia faces a few constraints, including decreasing water quality and disease caused by *V. harveyi*. Ten isolates of anoxygenic photosynthetic bacteria (APB) were isolated from Pantai Indah Kapuk, Muara Angke, and Teluk Gong to study their morphological characteristics and their ability to reduce H_2S concentration in sea water and inhibit the growth of *V. harveyi*. Some isolates which demonstrated high reduction ability were subsequently selected for their ability to compete with *V. harveyi*, to establish potential isolates as bioconditioners in shrimp ponds. MW4, MW5, MW9 and MW10 isolates were able to reduce the concentration of H_2S. Their abilities to reduce H_2S were 59, 29, 39 and 51%, repectively. *In vitro* competition experiments indicated that MW4 and MW5 were able to inhibit the growth of *V. harveyi*. The results from total plate count demonstrated that MW4 and MW5 could inhibit the growth of *V. harveyi* by 90 and 70%, respectively. Isolates of MW4 and MW5 had long rod form, whereas MW9 and MW10 had short rod form. All the isolates were gram-negative. Therefore, MW4 and MW5 were considered potential for development as bioconditioners in shrimp ponds.

[*Keywords*: Anoxygenic photosynthetic bacteria, H_2S reduction, biological competition, *V. harveyi*]

Abstrak

Budi daya udang windu di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa masalah, di antaranya menurunnya kualitas air dan penyakit yang disebabkan oleh *V. harveyi*. Sepuluh isolat bakteri fotosintetik anoksigenik (BFA) diisolasi dari perairan Pantai Indah Kapuk, Muara Angke dan Teluk Gong dan diteliti untuk mengetahui sifat morfologi, kemampuan menurunkan konsentrasi H_2S dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan *V. harveyi*. Uji kemampuan berkompetisi dengan *V. harveyi* bertujuan untuk mendapatkan isolat BFA yang berpotensi sebagai biokondisioner di perairan tambak udang. Isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 mampu menurunkan konsentrasi senyawa H_2S, masing-masing sebesar 59, 29, 39 dan 51%. Hasil uji kompetisi dari keempat isolat tersebut menunjukkan bahwa hanya isolat MW4 dan MW5 yang mampu menghambat pertumbuhan *V. harveyi*, masing-masing sebesar 90 dan 70%. Isolat MW4 dan MW5 berbentuk batang panjang, sedangkan MW9 dan MW10 berbentuk batang pendek. Semua isolat bersifat gram negatif. Isolat MW4 dan MW5 mempunyai potensi yang baik untuk digunakan sebagai salah satu pendekatan biokondisioner atau biokontrol di tambak udang windu.

[*Kata kunci*: Bakteri fotosintetik anoksigenik, penurunan H_2S, kompetisi biologis, *V. harveyi*]

Pendahuluan

Budi daya udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) di dalam tambak sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia, meskipun masih terdapat beberapa kendala yang mempengaruhi tingkat produksinya. Kendala yang dihadapi antara lain menurunnya kualitas air atau ekosistem setempat dan serangan penyakit oleh kelompok bakteri *Vibrio* berpendar (Lavilla-Pitogo *et al.*, 1990; Lavilla-Pitogo *et al.*, 1992; Nash *et al.*, 1992; Rukyani, 1992). Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengatasinya adalah melalui pendekatan biokondisioner atau biokontrol dengan menggunakan aktivitas bakteri, di antaranya bakteri fotosintetik anoksigenik (BFA).

Bakteri fotosintetik anoksigenik adalah kelompok bakteri yang dapat melakukan fotosintesis dengan donor elektron bukan H_2O, sehingga prosesnya tidak menghasilkan oksigen. Menurut Brock dan Madigan (1991), BFA mempunyai piranti fotosistem yang terdiri atas: pusat reaksi, pemanen cahaya I (LH I), bakterioklorofil dan karotenoid. Bakteri fotosintetik anoksigenik terdiri atas dua kelompok, yaitu bakteri ungu dan hijau. Famili Chromatiaceae, Ectothiorhodospiraceae dan Rhodospirillaceae dikelompokkan dalam bakteri ungu, sedangkan Chlorobiaceae dan Chloroflexaceae termasuk dalam bakteri hijau. Famili Chromatiaceae dan Chlorobiaceae mensintesis bahan organik dengan menggunakan senyawa H_2S sebagai donor elektron dan CO_2 sebagai sumber karbon (Pfennig dan Truper, 1989).

Kelompok BFA (*Rhodocyclus*) dapat hidup di dasar perairan bersama diatom dan bakteri batang pipih membentuk agregat (Seizt *et al.*, 1993). Kelompok BFA hidup tersebar di perairan tawar, estuari dan laut, serta pada habitat yang mempunyai kandungan oksigen relatif rendah atau bahkan yang bersifat anaerobik dengan intensitas cahaya rendah. Ada pula BFA yang hidup pada sistem sedimen dengan kandungan H_2S relatif tinggi.

Kemampuan BFA menggunakan H_2S sangat penting dalam menyempurnakan siklus sulfur di perairan tambak udang, karena senyawa tersebut bersifat toksik bagi organisme akuatik yang dibudidayakan. Toksisitas senyawa tersebut berbeda untuk setiap jenis dan umur organisme. Pada konsentrasi 0,1-2,0 ppm, H_2S dapat menyebabkan *Penaeus japonicus* kehilangan keseimbangan, bahkan menyebabkan kematian apabila mencapai konsentrasi 4 ppm. Pada *hatchery* udang, penggunaan H_2S dianjurkan tidak melebihi 0,033 ppm (Chin dan Chen, 1987). Oleh karena itu, kandungan H_2S pada budi daya udang perlu diperhatikan (Boyd and Fast, 1992).

Pendekatan biokondisioner atau biokontrol yang dilakukan untuk mengontrol atau menanggulangi terjadinya *blooming* plankton di tambak udang antara lain adalah pemakaian bakteri fotosintetik atau yang disebut *photosynthetic sulfur bacteria* (PSB). Penelitian biokondisioner yang telah dilakukan diantaranya adalah pemakaian berbagai isolat bakteri untuk menekan pertumbuhan *V. harveyi* (Tjahjadi *et al.*, 1994; Bergh, 1995; Taufik dan Zafran, 1997), penggunaan *bacteriophage* untuk mengontrol pertumbuhan *Vibrio* berpendar (Gudina *et al.*, 1992; Hirayama *et al.*, 1993; Pellon *et al.*, 1995) dan pemanfaatan fitoplankton untuk menekan *V. harveyi* (Taufik *et al.*, 1996). Pemanfaatan mikroorganisme sebagai biokondisioner senyawa-senyawa toksik dalam budi daya tambak masih belum banyak dikembangkan, tetapi penggunaan mikroba untuk mendegradasi senyawa-senyawa rekalsitran (sulit diurai) telah banyak diteliti (Gekeler *et al.*, 1988; Heald dan Jenkins, 1994; Irawati dan Udiharto, 1994). Oleh karena itu, kemungkinan pemanfaatan BFA sebagai biokondisioner di tambak udang perlu diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat morfologi isolat BFA dan kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi H_2S, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan *V. harveyi*.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 1995 sampai Februari 1996 di Laboratorium Mikrobiologi dan Biokimia PAU Bioteknologi IPB, dan PT. Tirta Mutiara Makmur, Besuki-Situbondo. Penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu: 1) perbanyakan isolat BFA, 2) uji pengurangan produksi H_2S, 3) uji kompetisi dengan *V. harveyi* dan 4) karakterisasi sifat morfologi isolat BFA. Sepuluh isolat, yaitu MW1, MW2, MW3, MW4, MW5, MW6, MW7, MW8, MW9 dan MW10, digunakan dalam penelitian ini. MW merupakan nama sandi isolat BFA yang diisolasi oleh Wu dan Suwanto (1994). Sampel air sebanyak 10 ml diambil dari perairan Pantai Indah Kapuk, Muara Angke dan Teluk Gong (Tabel 1), kemudian diinokulasi dalam media cair Sistrom yang mengandung H_2S sekitar 0,2 % (Lueking *et al.*, 1978) dan diinkubasi secara mikroaerofilik. Inokulan yang tumbuh diseleksi dengan kultur gores secara kuadran pada media agar Sistrom. Seleksi dilakukan berulang-ulang sampai didapat koloni yang terpisah. Koloni yang terpisah dan secara morfologi berbeda, dikultur ulang pada media agar Sistrom.

Tabel 1. Isolat dan asal BFA (Wu dan Suwanto, 1994).
Table 1. Isolates and origins of APB (Wu and Suwanto, 1994).

Isolat *Isolates*	Lokasi *Origin*
MW1	Pantai Indah Kapuk, air tampak bersih
MW2	Pantai Indah Kapuk, air tampak kotor
MW3	Muara Angke, sekitar rumah makan
MW4	Muara Angke, pasir
MW5	Muara Angke, dekat kapal
MW6	Teluk Gong
MW7	Teluk Gong
MW8	Muara Angke, pasir
MW9	Muara Angke, air
MW10	Pantai Indah Kapuk, air tampak bersih

Perbanyakan isolat

Isolat murni BFA sebanyak satu *loop* diinokulasikan ke dalam 5 ml media cair *Sea Water Complete* (SWC) dalam tabung reaksi berulir. Komposisi media cair SWC adalah 5 g bakto pepton, 1 g ekstrak *yeast*, 3 ml gliserol, 250 ml aquades dan 750 ml air laut. Kultur diinkubasi pada suhu ruang (28-30 °C) selama 4 x 24 jam di depan lampu *tungsten* 40 watt dengan intensitas cahaya 173-249 lux. Satu *loop* isolat murni *V. harveyi* dari PT. Tirta Mutiara Makmur (Tjahjadi *et al.*, 1994), diinokulasikan ke dalam 5 ml media cair SWC. Kultur diinkubasi pada suhu ruang selama 1-2 hari. Kedua jenis kultur bakteri tersebut kemudian dijadikan kultur induk (*stock*) untuk uji selanjutnya.

Uji pengurangan produksi H_2S

Dalam pengujian ini diteliti kemampuan 10 isolat BFA dalam menurunkan konsentrasi H_2S. Media cair SWC yang mengandung H_2S dengan konsentrasi awal 1 ppm, dibuat dengan menambahkan larutan 0,1 M $Na_2S_{7-10}H_2O$, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berulir volume 22 ml sampai penuh. Masing-masing isolat BFA (5 x 10^2 sel/ml) diinokulasikan ke dalam media tersebut. Kultur diinkubasi pada suhu ruang selama 4 x 24 jam di depan lampu *tungsten* 40 watt (intensitas cahaya 173-249 lux). Setiap perlakuan diulang tiga kali. Konsentrasi H_2S diukur berdasarkan metode reaksi biru metilin dengan menggunakan HACH Spektrofotometer, DR 2000 (Cleseri *et al.*, 1989). Persentase perubahan konsentrasi H_2S dihitung dengan cara konsentrasi H_2S awal dikurangi konsentrasi H_2S akhir dibagi konsentrasi awal kemudian dikalikan 100%. Isolat BFA yang mampu menurunkan konsentrasi H_2S diuji kemampuan berkompetisi dengan *V. harveyi*.

Uji kompetisi

Sebanyak 5 ml media cair SWC dengan kandungan nutrisi 10% dituang ke dalam tabung reaksi berulir dan diinokulasi dengan isolat BFA sebanyak 1 x 10^4 sel/ml dan isolat *V. harveyi* sebanyak 1 x 10^2 sel/ml. Selanjutnya kultur diinkubasi pada suhu ruang selama 7 x 24 jam. Sebagai kontrol digunakan isolat BFA dan *V. harveyi* yang diinokulasikan secara terpisah dengan jumlah inokulum dan kondisi inkubasi yang sama. Jumlah koloni dihitung dengan metode *total plate count* pada media agar SWC. Persentase penghambatan isolat BFA terhadap pertumbuhan *V. harveyi* dan sebaliknya dihitung dengan cara: jumlah populasi *V. harveyi* pada kontrol dikurangi jumlah *V. harveyi* pada kultur kompetisi dan dibagi dengan jumlah *V. harveyi* pada kontrol dan dikalikan 100%. Demikian pula sebaliknya untuk kemampuan *V. harveyi* dalam menghambat pertumbuhan isolat BFA.

Hasil dan Pembahasan

Kemampuan penurunan H_2S

Hasil pengukuran konsentrasi H_2S menunjukkan bahwa isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 mampu menurunkan konsentrasi H_2S; sedangkan MW1, MW2, MW3, MW6, MW7 dan MW8 dapat meningkatkan konsentrasi H_2S (Tabel 2). Isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 diduga mempunyai enzim respirasi yang mampu mengoksidasi H_2S melalui sistem sitokromnya. Enzim yang bekerja pada proses tersebut antara lain adalah sulfida oksidase, sulfit oksidase dan adenilat kinase. Keempat isolat tersebut menggunakan senyawa H_2S sebagai tenaga pereduksi dan donor elektron dalam proses fotosintesis (Overmann *et al.*, 1992). Lebih lanjut dijelaskan oleh Overmann dan Pfennig (1992), bahwa kelompok organisme yang bersifat fototrof biasanya mempunyai kompleks sitokrom Bc1 yang sering digunakan dalam proses fotosintesis untuk membawa elektron. Sebaliknya, isolat BFA yang mampu meningkatkan konsentrasi H_2S diduga melakukan proses respirasi secara anaerobik, melalui reduksi senyawa sulfat atau sulfur organik sehingga dihasilkan H_2S.

Dalam proses metabolisme, isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 menggunakan H_2S sebagai donor elektron yang berfungsi seperti H_2O dalam proses fotosintesis pada tumbuhan tinggi/algae. Senyawa H_2S dioksidasi menjadi sulfit (SO_3^{2-}), kemudian diubah menjadi sulfat oleh aktivitas enzim adenilfosfosulfat

Tabel 2. Kemampuan beberapa isolat BFA dalam menurunkan atau meningkatkan H_2S (%).
Table 2. The ability of APB isolates in reducing or increasing H_2S concentration (%).

Isolat *Isolates*	Konsentrasi H_2S *H_2S Concentration (ppm)* Awal *Initial*	Akhir *Final*	% perubahan H_2S[1] *% changes of H_2S*[1]
MW1	1,00	1,58	+58
MW2	1,00	2,84	+184
MW3	1,00	2,92	+192
MW4	1,00	0,41	-59
MW5	1,00	0,71	-29
MW6	1,00	1,45	+45
MW7	1,00	1,22	+22
MW8	1,00	2,79	+179
MW9	1,00	0,61	-39
MW10	1,00	0,49	-51

[1]+/- = Peningkatan/penurunan konsentrasi senyawa H_2S
[1]+/- = *Increase/decrease of H_2S concentration*

reduktase (APS reduktase) dan adenilfosfosulfurilase. Cahaya yang dibutuhkan untuk mengeksitasi piranti fotosistem tersebut mempunyai panjang gelombang sekitar 870-900 nm (Brock dan Madigan, 1991). Pada penelitian ini digunakan lampu *tungsten* 40 watt, karena lampu tersebut memancarkan sinar berwarna merah dengan panjang gelombang yang mendekati panjang gelombang yang dibutuhkan BFA untuk melakukan aktivitas fotosintesisnya. Intensitas cahaya yang digunakan sebesar 173-249 lux, karena jika terlalu tinggi akan menghambat pembentukan perangkat fotosistem BFA. Lebih lanjut Brock dan Madigan (1991) serta Lee dan Kaplan (1992) menyatakan bahwa intensitas cahaya yang tinggi akan mengganggu pembentukan piranti sistem fotosintesis pada isolat bakteri fotosintetik, karena metabolisme piranti tersebut dipengaruhi oleh tekanan parsial oksigen dan intensitas cahaya.

Mekanisme transpor elektron dari MW4, MW5, MW9 dan MW10 dapat digambarkan pada kelompok bakteri ungu. Cahaya dengan panjang gelombang sekitar 870 nm akan mengeksitasi piranti fotosistem (pusat reaksi) dari potensial reduksi + 0,5 volt menjadi -1,0 volt. Saat kembali ke kondisi awal (stasioner), elektron akan ditransfer melalui bakterioklorofil, bakteriofiofitin, quinon dan sistem sitokrom. Elektron tersebut selanjutnya digunakan untuk mereduksi NADP menjadi NADPH.

Kompetisi isolat BFA dengan V. harveyi

Berdasarkan perhitungan jumlah sel per ml pada uji kompetisi, diketahui bahwa isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 mampu menghambat pertumbuhan *V. harveyi* masing-masing sebesar 89,6; 69,2; 18,8 dan 15,4%. Sebaliknya, *V. harveyi* mampu menghambat pertumbuhan BFA isolat MW4, MW5, MW9 dan MW10 masing-masing sebesar 35, 30, 79 dan 81% (Tabel 3). Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat MW4 dan MW5 mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan *V. harveyi* yang lebih besar dibandingkan kemampuan *V. harveyi* menghambat pertumbuhan isolat MW4 dan MW5, sehingga populasi isolat tersebut mampu mendominasi. Kondisi sebaliknya terjadi pada MW9 dan MW10, karena kedua isolat tersebut mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan *V. harveyi* yang rendah, sehingga kalah dalam berkompetisi dengan *V. harveyi.*

Kemampuan isolat MW4 dan MW5 menghambat pertumbuhan *V. harveyi*, mungkin disebabkan adanya laju pertumbuhan dan laju metabolisme yang relatif tinggi, dan sebaliknya isolat MW9 dan MW10. Hal ini

Tabel 3. Kompetisi antara isolat BFA dan *V. harveyi.*
Table 3. Competition between APB isolates and V. harveyi.

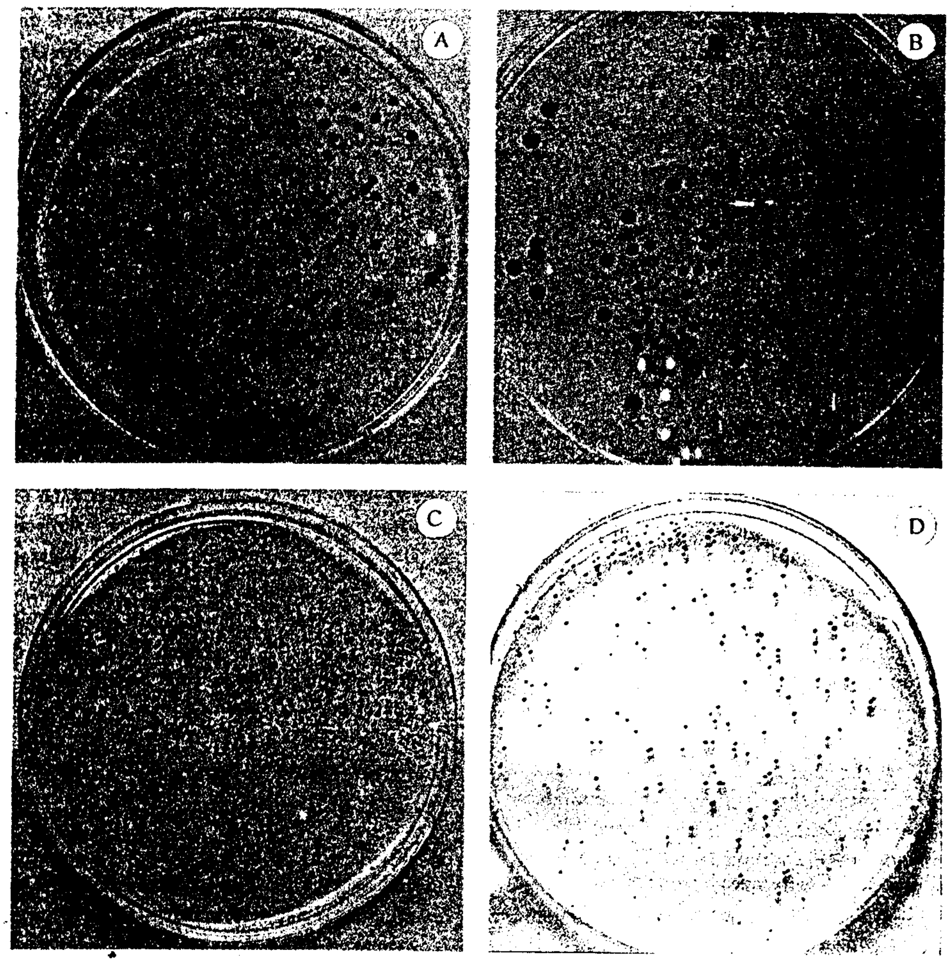
Kompetitor *Competitors*	Penghambatan[1] *Inhibition[1]*	
	Isolat BFA *APB isolates*	*V. harveyi*
	.... %	....
MW4 vs *V. harveyi*	89,6	35,0
MW5 vs *V. harveyi*	69,2	30,0
MW9 vs *V. harveyi*	18,8	79,0
MW10 vs *V. herveyi*	15,4	81,0

[1]Terhadap kontrol (isolat BFA atau *V. harveyi* yang ditumbuhkan pada kondisi dan jumlah awal yang sama)
[1]*Against control (APB isolates or* V. harveyi *grown at the same initial condition and numbers)*

dapat dilihat pada pertumbuhan isolat-isolat tersebut pada media agar SWC. Isolat MW4 dan MW5 sudah dapat diamati bentuk koloninya pada media agar SWC sesudah inkubasi 2 x 24 jam, sedangkan MW9 dan MW10 membutuhkan waktu selama 4 x 24 jam (Gambar 1). Pertumbuhan isolat MW4 dan MW5 yang lebih cepat mengakibatkan isolat tersebut mempunyai kemampuan berkompetisi dengan *V. harveyi* yang lebih baik daripada MW9 dan MW10.

Terjadinya kompetisi antara isolat BFA dan *V. harveyi* diduga karena persaingan untuk mendapatkan makanan dan ruang. Namun, kompetisi tersebut tidak mengindikasikan dihasilkannya senyawa yang bersifat racun atau menghambat (inhibitor) dari masing-masing organisme uji, juga bukan karena adanya kesesuaian salah satu isolat uji dengan media yang digunakan. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan masing-masing isolat untuk tumbuh dan berkembang bersama (berdekatan atau bahkan tumpang tindih) pada satu media yang sama (*in vitro*). Jika salah satu organisme tersebut mensekresikan senyawa yang bersifat menghambat, biasanya akan terlihat adanya zona yang tidak ditumbuhi oleh salah satu bakteri uji di sekitar koloni tersebut. Media yang digunakan dalam uji kompetisi adalah media cair SWC 10%, karena kedua isolat uji secara ekologis mempunyai kondisi lingkungan hidup yang relatif sama, yaitu pada sistem perairan laut sampai estuari dan sebelumnya telah dilakukan aklimatisasi dengan media yang akan digunakan. Oleh karena itu, faktor kesesuaian media dianggap sama.

Hasil karakterisasi MW4, MW5, MW9 dan MW10 menunjukkan bahwa isolat-isolat tersebut bersifat gram negatif dan berbentuk batang. Isolat MW4 dan MW5 berbentuk batang panjang, sedangkan MW9 dan MW10 berbentuk batang pendek.



Gambar 1. Penampakan empat isolat BFA setelah diinkubasi selama 72 jam dalam media agar SWC; (A) MW4, (B) MW5, (C) MW9 dan (D) MW10.

Fig. 1. Appearance of some APB isolates cultured on SWC agar after 72-hour incubation;(A) MW4, (B) MW5, (C) MW9 and (D) MW10.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa isolat BFA, yaitu MW4 dan MW5 berpotensi untuk dikembangkan sebagai salah satu biokondisioner atau biokontrol pada perairan tambak udang. Isolat MW4 dan MW5 mampu menurunkan konsentrasi H_2S masing-masing sebesar 60 dan 30% dan menekan pertumbuhan *V. harveyi* masing-masing sebesar 90 dan 70%.

Daftar Pustaka

Bergh, O. (1995) Bacteria associated with early life stages of halibut, *Hippoglosus hippoglosus* L., inhibit growth of a pathogenic *Vibrio* sp. J. Fish Dis. 18: 31-40.

Boyd, C.E. and A.W. Fast (1992) Pond monitoring and management. 497-514. *In* A.W. Fast and L.J. Lester (*Eds.*) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Sci. Publ., Netherlands.

Brock, T.D. and M.T. Madigan (1991) Biology of Micro-organism. Prentice Hall, New Jersey.

Chin, T.S. and S.C. Chen (1987) Acute toxycity of ammonia to larvae of the tiger prawn (*Penaeus monodon* Fab.). Aquaculture 55: 297-309.

Cleseri, L.S., A.E. Greenberg and R.R. Trussel (1989) Standard methods for the examination of water and wastewater. Port City Press, Baltimore.

Gekeler, W., E. Grill, E-L Winnacker and M.H. Zenk (1988) Algae sequester heavy metals via synthesis of phycochelatin complex. Arch. Microbiol. 150: 197-202.

Gudina, L., L. Carino, C.L. Pitogo and G.B. Calleja (1992) Phage as potential biological control measure agaînts luminous bacterial diseases of prawn. *In* L.L. Ilag, A.K. Raymundo (*Eds.*). Proc. The Second Asian-Pacific Biotechnology Congress. College-Laguna, Phillippines.

Heald, S. and R.O. Jenkins (1994) Trichloroethylene removal and oxidation toxicity mediated by toluene dioxygenase of *Pseudomonas putida*. Appl. Environ. Microbiol. 60: 4634-4637.

Hirayama, S., R. Ueda, K. Sugata and H. Kamiyosi (1993) Production of bacteriolytic enzyme by bacteriophage from seawater. Biosci. Biotechnol. Biochem. 57 (12): 2166-2167.

Irawati, R. dan M. Udiharto (1994) Penelitian mikrobiologi pengurai minyak dari limbah kapal. Laporan Penelitian Kerjasama BPP Teknologi dan LEMIGAS, BPP Teknologi, Jakarta. Tidak dipublikasikan.

Lavilla-Pitogo, C.R., L.J. Albright, M.G. Paner and N.A. Sunaz (1992) Studi on the sources of luminecent *Vibrio harveyi* in *P. monodon* Fab. hatcheries. 157-164. *In*. M. Shariff, R.P. Subagsinghe and J.R. Arthur (*Eds.*) Diseases in Asian Aquaculture I. Asian Fisheries Society, Manila.

Lavilla-Pitogo, C.R., M.C.L. Baticados., E.R. Cruz-Laierda and L.D. de la Pena (1990) Occurrence of luminous bacterial disease of *Penaeus monodon* Fab. larvae in Philippines. Aquaculture 91:1-13.

Lee, J.K. and S. Kaplan (1992) *cis*-Acting regulatory elements involved in oxygen and ligh control of *puc* operon transcription in *Rhodobacter sphaeroides*. J. Bacteriol. 174: 1146-1157.

Lueking D.R., R.T. Fraley and S. Kaplan (1978) Intracytoplasmic membrae synthesis in sincronous cell populations of *Rhodopseudomonas sphaeroides*. J. Biol. Chem. 253-451.

Nash, G., C. Nithimathachoke, C. Tungmandi, A. Arkarjamorn, P. Prathanpipat and P. Ruamthaveesub (1992) Vibriosis and its control in pond-reared *P. monodon* Fab. in Thailand. 143-155. *In* M. Shariff, R.P. Subagsinghe, and J.R. Arthur (*Eds.*) Diseases in Asian Aquaculture I. Asian Fish. Soc., Manila.

Overmann, J. and N. Pfennig (1992) Buoyancy regulation and agregate formation in *Amoebobacter purpureus* from Mahoney Lake. FEMS. Microbiol. Ecol. 101: 67-79.

Overmann, J., U. Fisher and N. Pfennig (1992) A new purple sulfur bacterium from saline litoral sediments *Thiorhodovibrio winogradsky*. Arch. Microbiol. 157: 329-335.

Pellon, W., R.J. Simonson and R.B. Lutfig (1995) Isolation of bacteriophage infections for *Vibrio vulvinicus*. J. Current Microbiol. 30 (6): 33-336.

Pfennig, N. and H.G. Truper (1989) Anoxygenic phototropic bacteria. *In* J.T. Staley, M.P. Bryant, N. Pfennig and J.G. Holt (*Eds.*) Bergeys Manual of Systematic Bacteriology. William and Wilkins, Baltimore.

Rukyani, A. (1992) Penyakit kunang-kunang, dampak terhadap produksi benur udang windu dan upaya penanggulangannya. Jurnal Litbang Pertanian 11 (2): 32-36.

Seizt, A.P., T.H. Nielsen and J. Overmann (1993) Physiology of purple sulfur bacteria forming macroscopic aggregates in Great Sippewissett Salt Marsh. Massachusetts. FEMS. Microbiol. Ecol. 12: 225-136.

Taufik, I. dan Zafran (1997) Uji daya hambat berbagai jenis bakteri terhadap perkembangan *Vibrio harveyi* pada pemeliharaan larva kepiting bakau (*Scylla serrata*). Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 3 (1): 36-43.

Taufik, I., Zafran, I. Koesharyani dan D.R. Boer (1996) Pemanfaatan fitoplankton untuk menekan pertumbuhan *Vibrio harveyi*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 2 (2): 37-41.

Tjahjadi, R.M., S.L. Angka and A. Suwanto (1994) Isolation and evaluation of marine bacteria for biocontrol of luminous bacterial disease in tiger shrimp larvae (*Penaeus monodon* Fab.) Aspac. J. Mol. Biotechnol. 2: 347-352.

Wu, M.I. dan A. Suwanto (1994) Isolasi bakteri fotosintetik anoksigenik dari perairan Teluk Jakarta, Muara Angke dan Pantai Indah Kapuk. Tidak dipublikasikan.