

## Uji Patogenisitas Isolat Bakteri Indigenus (*Bacillus thuringiensis*) terhadap Serangga Hama Kubis (*Crociodolomia binotalis* Zell)

### Pathogenicity Test of Indigenous Bacterial Isolate (*Bacillus thuringiensis*) Against Insect Pest of Cabagge (*Crociodolomia binotalis* Zell)

Christina L. Salaki<sup>1\*</sup>, Jesmandt Situmorang<sup>2</sup>, Langkah Sembiring<sup>3</sup>, Niken S.N. Handayani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Unsrat, Manado

<sup>2</sup>Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>3</sup>Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>4</sup>Laboratorium Genetika, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

E-mail: christinasalaki@ymail.com \*Penulis untuk korespondensi

#### Abstract

Pathogenicity of 34 indigenous *B. thuringiensis* isolates against *C. binotalis* were determined. The pathogenicity test was conducted by using leaf dipped method with various spore concentrations. Third instar larvae of *C. binotalis* were used as insect test. Mortality data of test larvae were used to determine the pathogenicity of the isolates in terms of 72 hours LC<sub>50</sub> by using probit analysis. The results of experiments showed YPPA 1. was the most pathogenic isolate, producing 72 hours LC<sub>50</sub> =  $9.5 \times 10^3$  spore.ml<sup>-1</sup> with LT<sub>50</sub> ( $1.5 \times 10^7$  spore.ml<sup>-1</sup>) of 24.6 hours while the ACH 2.3 was found to be the least pathogenic isolate with 72 hours LC<sub>50</sub> =  $2.3 \times 10^6$  spore.ml<sup>-1</sup> and LT<sub>50</sub> ( $1.5 \times 10^7$  spore.ml<sup>-1</sup>) of 40.7 hours. The shortest LT<sub>50</sub> ( $1.5 \times 10^7$  spore.ml<sup>-1</sup>) was found to be 18.2 hours produced by TUS.1 with 72 hours LC<sub>50</sub> =  $3.9 \times 10^5$  spore.ml<sup>-1</sup> whereas the longest LT<sub>50</sub> ( $1.5 \times 10^7$  spore.ml<sup>-1</sup>) was found to be 83.2 hours produced by the SLK 4.1 with 72 hours LC<sub>50</sub> =  $3.1 \times 10^4$  spore.ml<sup>-1</sup>. Therefore, it can be concluded that both YPPA.1 and TUS.1 isolates are potential candidate to be developed for biological control agent.

**Key words:** Pathogenicity, *Bacillus thuringiensis*, *Crociodolomia binotalis*, Mortality

Diterima: 02 Februari 2009, disetujui: 18 September 2009

## Pendahuluan

Kubis (*Brassicae oleraceae* var. *capitata*) merupakan sayuran yang mengandung vitamin, mineral, protein, karbohidrat dan lemak untuk pembentukan jaringan tubuh manusia dan meningkatkan energi untuk aktivitas otot-otot manusia. Sebagai sumber vitamin, kubis mengandung vitamin A, B dan C, niacin dan mineral, di antaranya kapur, phosphor, zat besi dan belerang (Schellhorn, 2001; Untung, 2001; Cahyono, 2002; Unjianto, 2004).

Berbagai usaha telah dilakukan untuk meningkatkan produksi kubis, antara lain dengan intensifikasi dan ekstensifikasi. Dalam

usaha meningkatkan produksi kubis ini banyak faktor penghambat yang harus dihadapi antara lain adalah gangguan hama dan penyakit. Salah satu faktor penting yang harus mendapat perhatian adalah pengendalian hama.

Ulat krop kubis (*Crociodolomia binotalis*) merupakan hama utama tanaman kubis di daerah pegunungan di Indonesia. Secara historis dilaporkan bahwa sejak tahun 1916 ulat pemakan daun telah menimbulkan kerusakan berat pada pertanaman kubis di Jawa, Bali, Sumatera, Sulawesi dan banyak daerah lain (Sudarwohadi, 1975). Hasil penelitian di Indonesia menunjukkan serangan hama *C. binotalis* dan *Plutella xylostella* pada tanaman

kubis yang ditanam pada bulan Juli (pertengahan musim kemarau) menyebabkan kehilangan hasil sampai 100% apabila tidak dikendalikan (Sudarwohadi, 1975; Kalshoven, 1981; Pracaya, 1992). Pada tanaman yang telah membentuk krop, ulat ini menyerang terutama pada bagian dalam yang terlindung daun hingga mencapai titik tumbuh. Jika serangan ini ditambah dengan serangan penyakit, tanaman dapat mati karena bagian dalamnya menjadi busuk meskipun dari luar masih terlihat baik sehingga menyebabkan tanaman kubis gagal membentuk krop dan gagal panen (Kalshoven, 1981; Hoofman dan Frodsham, 1993; Sudarwohadi dan Setiawati, 2000; Capinera, 2000; Harjaka dan Suryanto, 2002).

Upaya pengendalian ulat *C. binotalis* yang sampai saat ini masih sering dilakukan adalah dengan penggunaan insektisida kimiawi. Penggunaan insektisida kimiawi, baik dalam bidang kesehatan maupun pertanian secara terus menerus terbukti menimbulkan dampak negatif yaitu terjadinya resistensi serangga vektor atau serangga hama, resurgensi hama, ledakan hama sekunder, dan pencemaran lingkungan serta terakumulasinya residu pestisida kimiawi dalam tanaman sehingga berbahaya bagi manusia dan berbagai spesies hewan yang memakannya (Untung, 1996). Mengingat besarnya bahaya yang dapat ditimbulkan oleh pemakaian insektisida kimiawi tersebut, maka perlu dicari teknik pengendalian alternatif yang lebih aman yaitu penggunaan musuh alami yaitu parasit, predator dan patogen.

Salah satu jenis patogen yang berpotensi untuk mengendalikan hama krop kubis adalah berbagai strain bakteri anggota spesies *Bacillus thuringiensis* (Burgess dan Hussey, 1981; Bahagiawati, 2002). Strain anggota *B. thuringiensis* merupakan agensia hayati yang bersifat entomopatogenik, mempunyai hospes yang spesifik, tidak berbahaya bagi musuh alami hama dan organisme non target lainnya, mudah terbiodegradasi oleh lingkungan, serta dapat dinaikkan patogenesisnya dengan teknik rekayasa genetik (Khetan, 2001; Trizelia, 2003).

Berdasarkan pertimbangan sifat-sifat unggul yang dimiliki oleh strain bakteri *B. thuringiensis* ini perlu dilakukan eksplorasi bakteri tersebut dari habitat lokal Indonesia

untuk selanjutnya diuji patogenesisnya terhadap ulat krop kubis (*C. binotalis*). Penelitian eksplorasi strain *B. thuringiensis* endogen Indonesia telah berhasil memperoleh sebanyak 1238 isolat yang 161 di antaranya telah diuji potensi daya bunuhnya terhadap ulat krop kubis, dan ternyata 101 isolat terbukti potensial membunuh serangga hama ulat krop kubis karena mampu menimbulkan mortalitas  $\geq 50\%$  serangga uji (Salaki et al., 2009a).

Penelitian ini bertujuan memperoleh isolat unggul di antara isolat potensial yang dapat digunakan sebagai kandidat biopestisida hayati ramah lingkungan. Kriteria keunggulan dinyatakan berdasarkan nilai patogenesis isolat *B. thuringiensis* terhadap ulat *C. binotalis* dalam bentuk nilai  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$ .

## Metode Penelitian

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, mulai bulan September 2007 sampai Oktober 2008.

### Pemeliharaan Serangga Uji

Ulat *C. binotalis* sebagai serangga uji diperoleh dari kebun kubis di desa Kopeng, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang (Jawa Tengah). Pemeliharaannya di laboratorium dengan pemberian pakan daun kubis segar, sampai diperoleh ulat instar III yang digunakan untuk pengujian.

### Isolat Bakteri Uji

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah 34 isolat di antara 101 isolat potensial (Salaki et al., 2009a) yang dapat menimbulkan mortalitas ulat *C. binotalis*  $> 50\%$  pada waktu pendedahan 24 jam dengan konsentrasi  $1,5 \times 10^7$  spora/ml.

### Uji Patogenesis *B. thuringiensis*

Pengujian patogenesis isolat *B. thuringiensis* terhadap ulat *C. binotalis* bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat-isolat tersebut menginfeksi dan menimbulkan kematian dengan konsentrasi yang bervariasi.

Uji patogenisitas menggunakan metode pencelupan daun (*leaf dipped method*) ke dalam suspensi (spora bakteri dalam larutan Ringer steril) *B. thuringiensis* pada lima variasi konsentrasi ( $1,5 \times 10^7$ ;  $1,5 \times 10^6$ ;  $1,5 \times 10^5$ ;  $1,5 \times 10^4$ ;  $1,5 \times 10^3$  spora/ml). Kontrol dilakukan dengan pencelupan daun ke dalam larutan Ringer stereril tanpa spora bakteri. Pengamatan mortalitas dilakukan pada waktu pendedahan 12, 24, 48, 72 dan 96 jam untuk melihat pengaruh perlakuan yang diujikan. Data mortalitas dikoreksi dengan formula Abbot (Finney, 1971) bila ada kematian pada kontrol.

### Analisis Data

Data mortalitas yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai patogenisitas isolat bakteri yang diuji. Patogenisitas setiap isolat dinyatakan dengan  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$  pada pendedahan 72 jam yang dihitung dengan menggunakan metode Analisis Probit (Finney, 1971).

## Hasil dan Pembahasan

### Uji Patogenisitas

Inokulum untuk pengujian menggunakan isolat berumur 2-5 hari karena pada umur tersebut bakteri telah membentuk spora dan kristal parasporal yang merupakan bahan toksin terhadap serangga. Hasil pengujian secara umum menunjukkan bahwa mortalitas larva uji meningkat seiring dengan kenaikan jumlah spora yang dipergunakan. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi spora maka jumlah spora dan kristal parasporal yang tertelan oleh larva juga semakin banyak sehingga dapat menimbulkan kematian pada serangga yang disebabkan oleh kerusakan fungsi epitel *midgut* (Hoffman *et al.*, 1988; Bajwa dan Kogan, 2001) juga semakin besar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengamatan 12 jam waktu pendedahan ditemukan hanya isolat SLK4.2 yang dapat membunuh larva uji pada konsentrasi terendah ( $1,5 \times 10^3$  spora/ml) dengan nilai mortalitas 3,33. Demikian pula pada konsentrasi tertinggi ( $1,5 \times 10^7$  spora/ml) isolat tersebut menunjukkan kemampuan membunuh tertinggi yaitu dengan nilai mortalitas 30%. Selanjutnya,

pada pengamatan waktu pendedahan 96 jam, konsentrasi terendah isolat ini (SLK4.2) juga mampu menimbulkan mortalitas urutan ketiga tertinggi (53,3%) setelah isolat YPPA1 (56,67%) dan isolat BAU6.2 (60%). Namun demikian, pada konsentrasi tertinggi dengan waktu pendedahan 96 jam semua isolat mampu menimbulkan mortalitas yang tinggi yaitu 80-100%. Hal yang menarik untuk dikemukakan bahwa ternyata ada 9 isolat (BAU6.2, BLPPN5.3, LPST1, LPSU4, SRNG2.4, SRNG1.3, TUS1, YPPA1, dan YWKA1) yang dapat dianggap unggul karena mampu menimbulkan mortalitas sampai 100%.

Selanjutnya, pengujian isolat-isolat tersebut memperlihatkan bahwa pengamatan 6 jam setelah perlakuan meskipun larva belum mengalami kematian akan tetapi sudah mulai terlihat adanya gejala terinfeksi. Terdapat bekas gigitan pada pakan dan butiran-butiran *faeces* pada dasar botol. Hal ini menandakan bahwa larva uji telah memakan daun kubis yang mengandung bakteri. Perilaku larva yang terinfeksi adalah bergerak menjauhi pakan lalu diam tidak bergerak sedangkan pada kontrol, larva tetap berada pada daun kubis dan aktif makan.

Perilaku larva yang diam tak bergerak menunjukkan bahwa larva telah terinfeksi. Gejala awal yang nampak setelah larva uji memakan pakan yang mengandung *B. thuringiensis* adalah larva mulai kurang aktif dan gerakannya menjadi lamban, aktivitas makan mulai menurun. Gejala ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Poinar dan Thomas (1982) bahwa saluran pencernaan adalah organ yang mula-mula terserang oleh bakteri. Gejala ini terjadi akibat kerusakan membran sel epitelium *midgut* (Tojo, 1986). Larva yang terinfeksi kemudian mati, tubuh berubah warna dari hijau kecoklatan menjadi coklat kehitaman. Pada awal kematian larva terinfeksi tubuhnya lembek, berair dan berbau busuk. Namun demikian, setelah beberapa hari larva mulai mengering dan kemudian mengkerut. Kematian larva uji disebabkan terjadinya kerusakan pada sel-sel epitel, meningkatnya permeabilitas membran sel yang pada akhirnya menyebabkan penurunan pH usus tengah sehingga terjadinya paralisis usus

dan paralisis total yang diakhiri dengan kematian larva (LeBack, 1996).

### Patogenisitas (Nilai LC<sub>50</sub> dan LT<sub>50</sub>) Isolat *B. thuringiensis*)

Hasil analisis probit (Tabel 1) menunjukkan bahwa semua isolat yang diuji merupakan isolat yang virulen karena kisaran patogenisitasnya adalah 10<sup>6</sup>-10<sup>3</sup> spora/ml karena nilai LC<sub>50</sub> dengan kisaran 10<sup>9</sup>-10<sup>12</sup> spora/ml masih dianggap sangat potensial (Situmorang, 2009).

Berdasarkan hasil pengujian ditemukan bahwa YPPA1 merupakan isolat yang paling unggul karena mempunyai patogenisitas yang

tertinggi dengan nilai LC<sub>50</sub> 72 jam = 9,5 x 10<sup>3</sup> spora/ml sedangkan ACH2.3 merupakan isolat yang paling rendah nilai patogenisitasnya yaitu LC<sub>50</sub> 72 jam = 2,3 x 10<sup>6</sup> spora/ml. Ditinjau dari aspek kecepatan mematikan serangga uji, TUS1 merupakan isolat yang paling unggul karena mempunyai nilai LT<sub>50</sub> (1,5 x 10<sup>7</sup> spora/ml) terpendek yaitu 18,2 jam meskipun nilai patogenisitasnya bukan yang tertinggi (LC<sub>50</sub> 72 jam = 3,9 x 10<sup>5</sup> spora/ml) sedangkan SLK4.2 merupakan isolat yang paling lambat mematikan serangga uji karena nilai LT<sub>50</sub> (1,5 x 10<sup>7</sup> spora/ml) adalah 83,2 jam dengan nilai LC<sub>50</sub>-72 jam = 3,1 x 10<sup>4</sup> spora/ml).

**Tabel 1.** Nilai LC<sub>50</sub>-72 jam dan LT<sub>50</sub> (1,5x10<sup>7</sup> spora/ml) isolat *B. thuringiensis* terhadap *C. binotalis*.

| No. | Isolat     | Nilai LC <sub>50</sub><br>(spora/ml) | Fiducial Limit<br>(spora/ml)              | Nilai LT <sub>50</sub><br>(jam) | Fiducial limit<br>(jam) |
|-----|------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|
| 1.  | TUS 1      | 3,9 x 10 <sup>5</sup>                | 1,6x10 <sup>5</sup> -1,03x10 <sup>6</sup> | 18,2                            | 14,6 - 22,7             |
| 2.  | BAS 1.1    | 1,2 x 10 <sup>5</sup>                | 3,9x10 <sup>4</sup> -3,9x 10 <sup>5</sup> | 28,2                            | 21,7 - 36,6             |
| 3   | BLPPN 5.3  | 7,6 x 10 <sup>4</sup>                | 4,6x10 <sup>4</sup> -1,2x10 <sup>5</sup>  | 22,9                            | 18,6 - 28,2             |
| 4   | DGLL 5.1   | 9,6 x 10 <sup>5</sup>                | 6,0x10 <sup>5</sup> -2,3x10 <sup>6</sup>  | 34,7                            | 28,2 - 42,7             |
| 5   | BAU 6.2    | 7,1 x 10 <sup>4</sup>                | 2,8x10 <sup>4</sup> -1,4x10 <sup>5</sup>  | 23,2                            | 18,2 - 30,4             |
| 6   | SLK 4.2    | 3,1 x 10 <sup>4</sup>                | 2,4x10 <sup>4</sup> -1,3x10 <sup>4</sup>  | 83,2                            | 81,3 - 85,1             |
| 7   | ACH1.1     | 3,4 x 10 <sup>5</sup>                | 3,9x10 <sup>4</sup> -2,9x10 <sup>6</sup>  | 30,9                            | 19,1 - 38,02            |
| 8   | YWKA 1     | 2,1 x 10 <sup>4</sup>                | 1,2x10 <sup>4</sup> -3,2x10 <sup>4</sup>  | 31,4                            | 26,1 - 37,7             |
| 9   | BPSR 1.    | 1,1 x 10 <sup>5</sup>                | 1,1x10 <sup>4</sup> -2,8x10 <sup>5</sup>  | 24,7                            | 19,1 - 30,9             |
| 10  | SORONG 1.3 | 5,3 x 10 <sup>5</sup>                | 3,4x10 <sup>5</sup> -1,0x10 <sup>6</sup>  | 37,4                            | 26,9 - 51,3             |
| 11  | YPPA 1.    | 9,5 x 10 <sup>3</sup>                | 3,1x10 <sup>2</sup> -2,9x10 <sup>5</sup>  | 24,6                            | 19,9 - 30,2             |
| 12  | MPSQ 1.    | 2,6 x 10 <sup>5</sup>                | 1,1x10 <sup>5</sup> -5,9x10 <sup>5</sup>  | 24,6                            | 18,6 - 32,4             |
| 13  | YSPB 1     | 3,6 x 10 <sup>5</sup>                | 2,2x10 <sup>5</sup> -6,8x10 <sup>5</sup>  | 37,2                            | 30,9 - 44,7             |
| 14  | MPSN 1     | 3,2 x 10 <sup>5</sup>                | 2,1x10 <sup>5</sup> -5,3x10 <sup>5</sup>  | 26,3                            | 19,9 - 34,7             |
| 15  | TKO 1      | 4,9 x 10 <sup>4</sup>                | 1,3x10 <sup>3</sup> -1,9x10 <sup>6</sup>  | 30,2                            | 25,1 - 36,3             |
| 16  | BAU 2.1    | 3,5 x 10 <sup>5</sup>                | 2,4x10 <sup>5</sup> -5,7x10 <sup>5</sup>  | 36,3                            | 29,0 - 45,4             |
| 17  | UG1A       | 4,7 x 10 <sup>4</sup>                | 1,9x10 <sup>4</sup> -1,2x10 <sup>5</sup>  | 29,5                            | 23,9 - 36,0             |
| 18  | TK 9       | 8,5 x 10 <sup>4</sup>                | 4,9x10 <sup>4</sup> -1,5x10 <sup>5</sup>  | 23,4                            | 18,2 - 30,2             |
| 19  | YKAA 1.5   | 4,7 x 10 <sup>5</sup>                | 1,7x10 <sup>5</sup> -1,3x10 <sup>6</sup>  | 34,7                            | 28,2 - 42,7             |
| 20  | SOLOK 2.3  | 4,7 x 10 <sup>5</sup>                | 1,7x10 <sup>5</sup> -1,3x10 <sup>6</sup>  | 30,2                            | 25,1 - 36,3             |
| 21  | BTSKR 7.4  | 1,7 x 10 <sup>6</sup>                | 1,1x10 <sup>6</sup> -6,5x10 <sup>6</sup>  | 47,3                            | 40,7 - 57,1             |
| 22  | C 20.3     | 1,6 x 10 <sup>6</sup>                | 1,1x10 <sup>6</sup> -3,1x10 <sup>6</sup>  | 47,2                            | 40,7 - 53,7             |
| 23  | TKLR 2.2   | 3,4 x 10 <sup>5</sup>                | 2,2x10 <sup>5</sup> -5,6x10 <sup>5</sup>  | 35,9                            | 30,9 - 42,7             |
| 24  | BTMG 4.3   | 2,7 x 10 <sup>5</sup>                | 1,6x10 <sup>5</sup> -4,9x10 <sup>5</sup>  | 34,7                            | 28,2 - 42,7             |
| 25  | LPSU 4     | 1,0 x 10 <sup>5</sup>                | 5,9x10 <sup>4</sup> -1,7x10 <sup>5</sup>  | 19,5                            | 15,9 - 33,9             |
| 26  | PONTI 18.1 | 1,4 x 10 <sup>6</sup>                | 9,4x10 <sup>5</sup> -3,1x10 <sup>6</sup>  | 36,5                            | 30,2 - 43,7             |
| 27  | ACH 2.3    | 2,3 x 10 <sup>6</sup>                | 2,5x10 <sup>5</sup> -2,1x10 <sup>7</sup>  | 40,7                            | 33,1 - 50,1             |
| 28  | LPST 1     | 7,4 x 10 <sup>4</sup>                | 1,7x10 <sup>4</sup> -2,5x10 <sup>5</sup>  | 22,4                            | 17,4 - 28,8             |
| 29  | BPSL 1     | 2,5 x 10 <sup>5</sup>                | 1,1x10 <sup>5</sup> -5,8x10 <sup>5</sup>  | 26,3                            | 21,4 - 32,4             |
| 30  | C 51       | 5,1 x 10 <sup>5</sup>                | 4,7x10 <sup>4</sup> -4,5x10 <sup>5</sup>  | 28,2                            | 22,4 - 35,5             |
| 31  | BLPPN 8.2  | 1,9 x 10 <sup>4</sup>                | 4,1x10 <sup>3</sup> -7,7x10 <sup>4</sup>  | 38,0                            | 31,6 - 45,7             |
| 32  | DGLL 3.2   | 2,0 x 10 <sup>5</sup>                | 7,8x10 <sup>4</sup> -5,4x10 <sup>5</sup>  | 32,4                            | 27,5 - 38,0             |
| 33  | BAU 3.2    | 6,3 x 10 <sup>4</sup>                | 3,3x10 <sup>4</sup> -1,0x10 <sup>5</sup>  | 30,2                            | 25,1 - 36,3             |
| 34  | SORONG 2.4 | 2,9 x 10 <sup>4</sup>                | 2,3x10 <sup>4</sup> -9,7x10 <sup>4</sup>  | 28,2                            | 23,4 - 58,9             |

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa di antara 34 isolat yang diuji ternyata isolat YPPA1 merupakan isolat yang paling unggul bila ditinjau dari aspek patogenisitasnya sedangkan dalam hal kecepatan mematikan serangga uji maka TUS1 merupakan isolat yang paling unggul. Hal ini berarti bahwa kedua isolat tersebut (YPPA1 dan TUS1) merupakan isolat unggul dan sangat potensial untuk digunakan sebagai kandidat biopestisida hayati yang ramah lingkungan.

Berdasarkan kecepatan menimbulkan kematian pada serangga uji yang dinyatakan dengan nilai  $LT_{50}$  maka kedua isolat unggul (YPPA1 dan TUS1) termasuk II yang menyebabkan kematian dalam waktu satu sampai empat hari (LeBack, 1996).

Walaupun YPPA1 ini merupakan strain anggota *B. thuringiensis* yang patogenik terhadap *C. binotalis* (Ordo Lepidoptera) tetapi strain ini ternyata sangat berbeda dengan strain acuan yang dikenal patogenik terhadap serangga hama anggota Ordo Lepidoptera pada umumnya yaitu *B. thuringiensis* serovar *kurstaki* HD1 (Dipel) baik berdasarkan hasil analisis sistematik numerik-fenetik (Salaki *et al.*, 2009b) maupun analisis sistematik molekular-filogenetik (Sembiring *et al.*, 2009). Oleh karena itu, isolat YPPA1 ini dapat diidentifikasi sebagai *B. thuringiensis* YPPA1 yang merupakan strain bakteri endogen Indonesia yang diduga kuat merupakan strain baru (*novel strain*) dalam takson spesies *B. thuringiensis*.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian patogenisitas dengan analisis probit maka dapat disimpulkan bahwa diantara 34 isolat potensial yang diuji diperoleh dua isolat unggul yaitu YPPA1 dan TUS1. Ditinjau dari kemampuan membunuh serangga uji maka YPPA1 merupakan isolat yang paling unggul sedangkan dalam hal kecepatan membunuh serangga uji maka isolat TUS1 yang paling unggul. Dengan demikian, kedua isolat tersebut dapat dianggap sangat potensial untuk dikembangkan sebagai kandidat biopestisida yang ramah lingkungan.

### Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dapat disarankan bahwa perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji spektrum daya bunuh yang lebih luas terutama terhadap hama penting tanaman kubis misalnya *Plutella xylostella*, *Spodoptera litura* dan *Spodoptera exigua*. Dengan demikian dapat diketahui potensi keunggulan isolat dalam upaya pengendalian hama kubis.

### Ucapan Terima Kasih

Dengan selesainya penelitian ini, kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat UGM yang telah memberi dukungan pendanaan melalui Hibah Penelitian Mahasiswa Program Doktor 2009.

### Daftar Pustaka

- Bahagiawati, A. 2002. Adaptasi Serangga Hama terhadap *Bacillus thuringiensis* Toksin dan Protease Inhibitor. *Pros. Sem. Bioteknologi Pertanian*. Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia. Jakarta
- Bajwa, W.I. and Kogan, M. 2001. *Bacillus thuringiensis* – Based Biological Control of Insect Pest. <http://www.ippc.orst.edu/dir/microbial/bt/>. 11/27/2008.
- Burges, H.D. and Hussey, N.W. 1981. *Microbial Control of Insect and Mites*. Academic Press, New York.
- Cahyono, B. 2002. *Cara Meningkatkan Budidaya Kubis*. Cetakan Ketiga. Yayasan Pustaka Nusantara.
- Capinera, J.L. 2000. *Plutella xylostella* <http://creatures.ifas.ufl.edu>. 11/26/2007.
- Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis*. Third Edition. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain.
- Harjaka, T. dan Suryanto. 2002. Kajian Beberapa Jamur Entomopatogenik pada Ulat Daun Kubis Hijau, *Plutella xylostella*. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia*. 8 (2): 94-99.
- Heimpel, A.M. and Angus, T.A. 1963. Disease Caused by Certain Sporeforming Bacteria. pp. 21-74. In: Steinhaus, E.A. (Ed.). *Insect Pathology and Advanced Trastise*, Vol. 2; Academic Press. New York.

- Hoofmann, M.P. and Frodsham, A.C. 1993. *Biological Control : A Guide to Natural Enemies in North America*. <http://www.nysaes.cornell.edu>. 12/11/2008.
- Kalshoven, L.E.G. 1981. *The Pest of Crops in Indonesian*. Translated by Vander Lann, P.A. P.T. Iktiar Baru Van Houve. Jakarta.
- Khetan, S.K. 2001. *Microbial Pest Control*. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.
- LeBack, L.M. 1996. *Insect Pathology in Biological Control*. University of Hawaii at Manoa. Manoa, Hawaii, USA.
- Poinar, G.O. and Thomas, G.M. 1982. *Diagnostik Manual for the Identification of Insect Pathogen*. Plenum Press. New York.
- Pracaya. 1992. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Penebar Swadaya Jakarta.
- Schellhorn, N. 2001. *Crociodolomia binotalis*-IPM/ CIIFAD, <http://www.Agrobiological.com>.
- Salaki, Ch., Situmorang, J. and Sembiring, L. 2009a. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Indonesia (*Bacillus thuringiensis*) yang Berpotensi sebagai Agensi Pengendalian Hayati terhadap Serangga Hama Kubis (*Crociodolomia binotalis*). *Pros. Sem. Nas. Basic Science VI* Fakultas MIPA Universitas Brawidjaya, Malang. 21 Februari 2009.
- Salaki, Ch.L., Sembiring, L., Situmorang, J. and Handayani, N.S.N. 2009b. Diversity Analysis of Indigenous *Bacillus thuringiensis* Isolates Pathogenic to *Crociodolomia binotalis* by Using Numerical Systematic Approach. *International Conference on Biological Science*, Faculty of Biology, UGM. Yogyakarta. 16-17 Oktober 2009.
- Sembiring, L., Salaki, Ch.L., Situmorang, J. and Handayani, N.S.N. 2009. Genetic Diversity Analysis of Indigenous *Bacillus thuringiensis* Isolates Pathogenic to *Crociodolomia binotalis* by Using Molecular Phylogenetic Approach Based on 16S rRNA Gene Sequences. *International Conference on Biological Science*, Faculty of Biology, UGM. Yogyakarta, 16-17 October 2009.
- Situmorang, J. 2009. Komunikasi personal
- Sudarwohadi, S. 1975. Hubungan antara Waktu Tanam Kubis dengan Dinamika Populasi *Plutella xylostella* dan *Crociodolomia binotalis* Zell. *Bull. Penelitian. Hortikultura*. 3 (4): 3-14.
- Sudarwohadi, S. and Setiawati, W. 2000. *Biology and Control of Crociodolomia binotalis in Indonesia*. LEHRI. Lembang Indonesia.
- Tojo, A. 1986. Mode of Action of Bipiramidal Delta-Endotoksin of *Bacillus thuringiensis* subs. *Kurstaki* HD-1. *Appl. and Environmental Microbiology* 51 (3): 630-633.
- Trizelia. 2003. Pemanfaatan *Bacillus thuringiensis* untuk Pengendalian Hama *Crociodolomia binotalis*. Kumpulan Makalah Entomologi. Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI). Jakarta.
- Unjianto, B. 2004. HamaUlatKantongKubisBelumBisa Diatasi.<http://www.suaramerdeka.com/cybernews/haran/0402/26/dorg.htm>. 09/26/2008.
- Untung, K. 1996. *Dasar-dasar Pengelolaan Hama Terpadu*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Untung, K. 2001. *Pengantar Analisis Ekonomi Pengendalian Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.