

Uji efikasi beberapa isolat bakteri entomopatogen terhadap kecoa (Orthoptera) *Periplaneta americana* (L.) dan *Blattella germanica* (L.) dalam skala laboratorium

Monaliza Sekar Rini¹, Rully Rahadian^{1*}, Mochammad Hadi¹, Deni Zulfiana²

¹Departemen Biologi, FSM, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275 Indonesia

²Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Bogor Km 46, Bogor 16911 Indonesia

ABSTRAK

Kecoa merupakan salah satu serangga vektor penyakit yang dapat menimbulkan dampak buruk pada kesehatan manusia. Pengendalian kecoa menggunakan insektisida yang berlebihan dapat menimbulkan residu di lingkungan dan resistensi kecoa. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengendalian alternatif diantaranya dengan menggunakan agen hayati berupa bakteri entomopatogen. Pada penelitian ini digunakan tiga isolat bakteri entomopatogen yang masing-masing diisolasi dari *Spodoptera litura* mati, dan *Bacillus thuringiensis* koleksi IPBCC. Pengujian dilakukan dengan metode semprot dan umpan pada konsentrasi 10^8 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga isolat bakteri entomopatogen yang digunakan pada penelitian ini dapat menimbulkan mortalitas kecoa. Pengamatan morfologi dan uji Postulat Koch menunjukkan bahwa kematian kecoa dipastikan disebabkan oleh isolat bakteri yang diberikan. Pada metode semprot, isolat bakteri SP4 menyebabkan mortalitas tertinggi baik pada *P. americana* (26,67%) maupun pada *B. germanica* (80%). Sedangkan pada metode umpan, isolat *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas tertinggi pada *P. americana* (10%) dan pada *B. germanica* (6,67%). Dari segi waktu kematian, diketahui bahwa perlakuan SP4 metode semprot lebih efektif dalam memengaruhi mortalitas *B. germanica* yaitu 2 jam 30 menit 46 detik.

Kata kunci: Pengendalian hayati, bakteri entomopatogen, uji efikasi

ABSTRACT

Cockroaches are one of the insect vectors borne diseases which could affects on human health. An effort to control cockroaches using insecticides resulting some chemical residues in the environment and resistance treat in cockroach. Therefore it is necessary to control the cockroach with alternative methods using biological agents such as entomopathogenic bacterial. This research used three isolates of entomopathogenic bacteria which is isolated from the dead pupae of *Spodoptera litura*, and *Bacillus thuringiensis* collected from IPBCC. There were two methods that use in this research, i.e., spray and bait method at a concentration of 10^8 . The results showed that three isolates of entomopathogenic bacterial caused mortality of cockroaches. Morphological observation and Koch's postulates test showed that the mortality of cockroaches likely affected by the bacterial isolates. In the spray method, SP4 caused the highest mortality on *P. americana* (26,67%) and *B. germanica* (80%). Although in the bait method, *B. thuringiensis* caused the highest mortality on *P. americana* (10%) and *B. germanica* (6.67%). Based on lethal time, known that SP4 of spray method was most effective that caused mortality to *B. germanica* in 2 hours 30 minutes 46 seconds.

Keywords: Biological control, entomopathogenic bacterial, efficacy test

1. Pendahuluan

Kecoa merupakan salah satu vektor yang berada di lingkungan rumah yang dapat menularkan penyakit kepada manusia baik secara mekanis maupun secara biologis. Kecoa dapat mengontaminasi makanan manusia dengan membawa agen berbagai penyakit yang berhubungan dengan pencernaan seperti diare, demam typhoid, disentri,

* Penulis korespondensi:

E-mail: rully.rahadian@live.undip.ac.id

hepatitis A, polio dan kolera. Bahkan dalam beberapa kasus, beberapa orang dapat mengalami alergi terhadap kecoa dikarenakan pajanan (peristiwa yang menimbulkan resiko penularan) yang terjadi terus menerus. Pada tinja kecoa juga terdapat zat-zat karsinogenik, jika makanan manusia terkontaminasi dengan tinja kecoa maka dapat membahayakan kesehatan orang yang mengonsumsinya.

Di dunia terdapat kurang lebih 3.500 spesies kecoa, spesies yang biasa hidup di dalam rumah yaitu *Periplaneta americana* dan *Blattella germanica*. Kekhawatiran terhadap dampak negatif yang ditimbulkan kecoa semakin bertambah manakala diketahui bahwa kecoa merupakan serangga yang memiliki daya reproduksi tinggi yaitu menghasilkan telur 30.000-40.000/tahun dan siklus hidupnya singkat (Barbara, 2005). Kecoa merupakan salah satu vektor penyakit yang perlu dikendalikan agar tidak mengganggu kesehatan manusia.

Strategi pengendalian kecoa yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan RI (2002) meliputi 4 cara yang terdiri dari cara-cara mekanis serta penggunaan insektisida. Padahal, cara-cara mekanis tidak bisa mengendalikan keberadaan kecoa di lingkungan karena siklus hidupnya yang singkat dan daya reproduksinya yang tinggi, maka masyarakat banyak menggunakan insektisida dalam pengendalian kecoa. Penggunaan insektisida memang memiliki beberapa keuntungan. Namun penggunaan insektisida yang tidak tepat dalam jumlah yang berlebihan dan secara terus-menerus dapat mengakibatkan terjadinya resistensi serangga dan meninggalkan residu yang dapat mengontaminasi organisme lain serta lingkungan. Akibat dampak negatif yang ditimbulkan oleh penggunaan insektisida, maka dibutuhkan solusi alternatif untuk pengendalian serangga hama dan vektor penyakit yang ramah lingkungan.

Upaya pengendalian kecoa dapat dilakukan dengan memanfaatkan bakteri entomopatogen. Tidak seperti upaya pengendalian secara kimiawi yang dapat bersifat persistens di lingkungan, upaya pengendalian dengan memanfaatkan bakteri entomopatogen bersifat lebih ramah lingkungan, sehingga tidak akan memberi efek negatif terhadap lingkungan. Pemanfaatan agensia hayati mempunyai beberapa kelebihan yaitu selektivitas tinggi, organisme agen hayati yang digunakan sudah tersedia di alam, organisme yang digunakan aktif mencari dan menemukan inangnya, mudah berkembang biak dan menyebar, target tidak menjadi resisten atau kalau terjadi sangat lambat, dan pengendalian dengan agen hayati dapat berjalan dengan sendirinya (Arifin, 2011).

Bakteri entomopatogen memiliki pengaruh yang spesifik terhadap serangga target. Namun, sampai sekarang belum ada informasi mengenai bakteri entomopatogen yang berpotensi menjadi agen hayati untuk pengendalian kecoa *P. americana* dan *B. germanica*. Oleh sebab itu penelitian potensi beberapa isolat bakteri entomopatogen untuk dimanfaatkan sebagai agen pengendalian kecoa sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi beberapa isolat bakteri entomopatogen sebagai agen pengendali hayati kecoa.

2. Metodologi

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian adalah Laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong, Bogor.

Penyediaan isolat dan hewan uji. Isolat bakteri yang digunakan terdiri dari tiga isolat bakteri yaitu *B. thuringiensis* koleksi IPBCC. Dua isolat bakteri lainnya yang diberi kode nama Spodoptera Pupa isolat nomer 4 (SP4) dan Spodoptera Pupa isolate nomer 3 (SP3) hasil isolasi dari pupa *Spodoptera litura* yang ditemukan mati di kebun daerah Cibinong, Bogor. Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah dua jenis kecoa yaitu *P. americana* dan *B. germanica* fase imago koleksi Puslit Biomaterial LIPI, Cibinong-Bogor.

Pewarnaan gram & pembuatan kurva tumbuh. Pewarnaan gram bakteri mengacu pada Narasimhulu (2010). Kurva pertumbuhan bakteri dibuat guna memudahkan pengukuran jumlah sel dan kecepatan pertumbuhan dari organisme pada kondisi yang distandarkan sebagai waktu generasi, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh mikroba untuk mengganda. Prosedur pembuatan kurva tumbuh mengacu pada Handayani (2006).

Uji efikasi metode semprot. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi kerapatan jumlah sel bakteri 10^8 /ml yaitu kultur bakteri berumur 21-24 jam yang berdasarkan kurva tumbuh menunjukkan pertumbuhan fase eksponensial (log). Mengacu pada Wege dkk (1999), sebanyak 5 ml kultur bakteri disemprotkan pada setiap imago kecoa merata ke seluruh tubuh. Selanjutnya imago dimasukkan ke toples plastik berdiameter 15 cm, tiap toples diisikan 5 ekor imago kecoa yang sudah disemprot dan diberi pakan pelet dan minum yang diganti tiap 2 hari sekali. Perlakuan

terdiri dari isolat bakteri SP3, SP4, *B. thuringiensis*, akuades steril (kontrol). Setiap perlakuan menggunakan 6 ulangan. Pada 4jam pertama setelah perlakuan, pengamatan dilakukan setiap 1jam sekali, selanjutnya pengamatan dilakukan setiap sehari sekali selama 14hari (Lee, 1999).

Uji efikasi metode umpan. Komposisi umpan terdiri dari 5,2 g agar-agar (*original Swallow brand*) + 166,7 g gula putih + 8 g NB dalam 1liter akuades steril, dihomogenkan dan disterilisasi. Kultur cair bakteri diambil sebanyak 1,5 ml menggunakan mikropipet dan dimasukkan ke dalam media semi solid lalu digoyanggoyangkan supaya kultur bakteri tersebar merata pada media. Selanjutnya media semi solid yang telah diinokulasikan kultur bakteri, dituang ke dalam cawan petri, diinkubasikan selama 48 jam. Imago kecoa sebelumnya dilaparkan selama 7 hari, untuk menghilangkan pengaruh makanan yang telah dimakan sebelumnya, serta agar terlihat potensi makan kecoa pada umpan yang disediakan. 5 ekor *P. americana* dan *B. germanica* masing-masing dimasukkan ke toples plastik berdiameter 15 cm, tiap perlakuan menggunakan 6 ulangan. Media semi solid yang telah ditumbuhi bakteri selanjutnya diletakkan dan dioleskan ke atas roti tawar lalu ditimbang beratnya dan dimasukkan ke dalam toples yang berisi kecoa beserta kapas basah sebagai media minum kecoa. Setelah 2 hari perlakuan, makanan diambil dan ditimbang beratnya untuk mengetahui berat yang hilang selama pengujian. Selanjutnya kecoa diberi makan dengan umpan tanpa bakteri dimana makanan dan minuman diganti secara rutin setiap 2 hari sekali. Pengamatan dilakukan 14 hari mengacu pada penelitian yang dilakukan Lee (1999).

Uji postulat Koch. Sejumlah 5 ekor kecoa *B. germanica* yang mati pada setiap perlakuan, dimasukkan ke dalam 9 ml larutan garam fisiologi dan dihancurkan menggunakan spatula lalu dicampuratakan. Dilakukan pengenceran dengan cara mengambil 1 ml larutan garam fisiologis yang homogen dengan kecoa mati, dimasukkan ke tabung kedua yang berisi 9 ml larutan garam fisiologis. Begitu seterusnya hingga mencapai pengenceran ke tabung ketujuh. Tiap tabung pengenceran diambil 1 μ l dan dimasukkan ke media NA untuk diratakan menggunakan batang *spreader*. Diinkubasi pada suhu ruangan selama 24 jam dan diamati koloni bakteri yang tumbuh pada media NA tersebut. Metode yang sama dilakukan pula pada kecoa *P. americana* yang mati pada setiap perlakuan menggunakan 1 ekor kecoa *P. americana* yang dihancurkan pada larutan garam fisiologis.

Analisis data. Analisis data dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Data persentase mortalitas kecoa yang diperoleh terlebih dahulu dilakukan transformasi data akar kuadrat dan *arc sin*. Selanjutnya data dianalisis dengan ANOVA satu jalur (*one way ANOVA*), kemudian dilanjutkan dengan uji lanjutan, yaitu uji Duncan. Sementara itu pada metode umpan, data persentase mortalitas kecoa yang diperoleh terlebih dahulu dilakukan transformasi. Transformasi data yang digunakan ada dua jenis yaitu transformasi data akar kuadrat untuk metode umpan *B. germanica*, dan transformasi data *arc sin* untuk metode umpan *P. americana*. Selanjutnya data dianalisis dengan ANOVA satu jalur (*one way ANOVA*), lalu dilanjutkan dengan uji lanjutan, yaitu uji Duncan. Data jumlah mortalitas kecoa tiap jam pengamatan pada tiap perlakuan dianalisis dengan analisis probit untuk mengetahui LT-50 dari beberapa isolat bakteri entomopatogen.

3. Hasil

Isolat bakteri entomopatogen

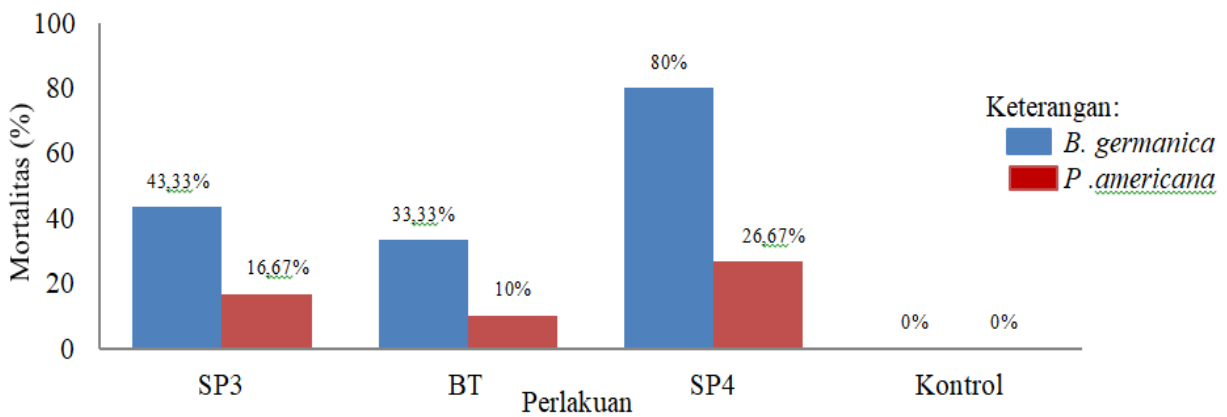
Hasil isolasi dari pupa *S. litura* yang ditemukan mati di kebun kedelai di daerah Cibinong, Bogor Provinsi Jawa Barat diperoleh sebanyak 122 isolat bakteri dan dipilih dua isolat, yaitu isolat bakteri entomopatogen SP3 dan SP4 untuk diujikan pada kecoa. Dilakukan uji karakter pewarnaan gram untuk mengetahui karakteristik isolat bakteri. Sementara *B. thuringiensis* didapatkan dari koleksi IPBCC (**Tabel 1**).

Mortalitas kecoa setelah diberi perlakuan bakteri entomopatogen dengan metode semprot

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan isolat bakteri SP4 memberikan pengaruh tertinggi terhadap mortalitas kecoa *P. americana* (26,67%) dan *B. germanica* (80%). Selanjutnya secara berturut-turut diikuti dengan perlakuan menggunakan isolat bakteri SP3 dan *B. thuringiensis*. Sementara itu, perlakuan kontrol yang menggunakan akuades steril tidak memberikan pengaruh mortalitas terhadap kedua jenis kecoa (**Gambar 1**). Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa perlakuan isolat bakteri SP4 terhadap kecoa *P. americana* dan *B. germanica* menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol (**Tabel 2**).

Tabel 1. Karakteristik isolat bakteri SP4, SP3, dan *B. thuringiensis*

Isolat Bakteri	Gram	Bentuk	Tepian Koloni	Elevasi Koloni	Bentuk Koloni	Warna Koloni
SP4	-	Oval	Licin	Cembung	Bulat	Merah
SP3	-	Coccus	Licin	Cembung	Bulat	Kuning
BT	+	Batang	Rhizoid	Datar	Tidak Beraturan	Putih



Gambar 1. Persentase mortalitas *B. germanica* dan *P. americana* yang diperlakukan dengan isolat bakteri entomopatogen menggunakan metode semprot

Tabel 2. Mortalitas *P. americana* dan *B. germanica* yang diperlakukan dengan isolat bakteri entomopatogen setelah 14 hari pengamatan menggunakan metode semprot

Mortalitas (%) ± SD	Perlakuan	
	<i>P. americana</i>	<i>B. germanica</i>
K	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 p
Bt	10,00 ± 14,25 ab	33,33 ± 13,40 q
SP3	16,67 ± 12,10 ab	43,33 ± 9,04 q
SP4	26,67 ± 19,86 b	80,00 ± 10,55 r

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji Anova dan uji Duncan pada signifikansi 95%

Tabel 3. LT-50 Isolat bakteri entomopatogen konsentrasi 10⁸ yang diperlakukan menggunakan metode semprot dan umpan terhadap kecoa *P. americana* dan *B. germanica*

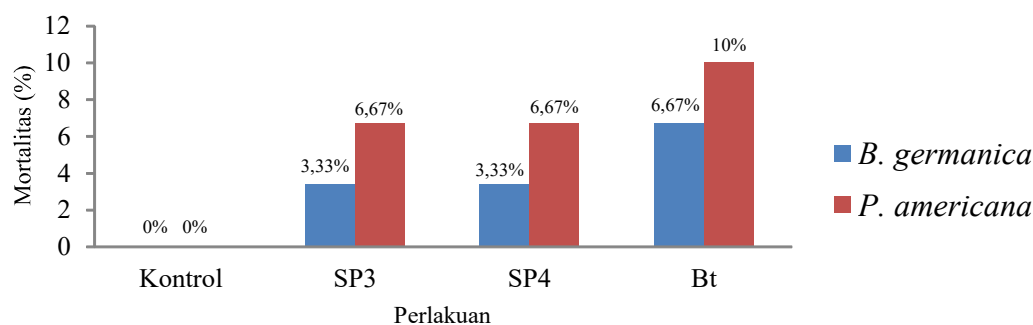
Perlakuan	<i>P. americana</i>		<i>B. germanica</i>	
	Semprot (jam)	Umpan (jam)	Semprot (jam)	Umpan (jam)
SP4	10,344	19,679	2,513	36,914
BT	11,712	16,665	19,298	23,281
SP3	12,700	19,679	19,298	36,914

semprot terhadap kecoa *P. americana* (10 jam 20 menit 38 detik) dan *B. germanica* (2 jam 30 menit 46 detik) memiliki *Lethal Time* (LT-50) paling rendah dibanding isolat bakteri entomopatogen lainnya (**Tabel 3**).

Hasil uji Postulat Koch membuktikan bahwa perlakuan isolat bakteri SP4, SP3, *B. thuringiensis* bersifat patogenik terhadap kecoa. Bakteri yang berhasil diisolasi dari kecoa mati masing-masing perlakuan pada metode semprot dan umpan, menunjukkan adanya koloni bakteri SP4, SP3, *B. thuringiensis*.

Mortalitas kecoa setelah diberi perlakuan bakteri entomopatogen dengan metode umpan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan isolat bakteri *B. thuringiensis* memberikan pengaruh tertinggi terhadap mortalitas kecoa *P. americana* (10%) dan *B. germanica* (6,67%) (**Gambar 2**). Walau begitu, berdasarkan analisis statistik perlakuan menggunakan metode umpan pada mortalitas kedua jenis kecoa tidak berbeda nyata. Hal lain yang dilakukan selain pengamatan jumlah mortalitas kecoa, yaitu ditimbang pula berat pakan yang hilang setelah 48 jam pengamatan (**Tabel 4**).



Gambar 2. Persentase mortalitas *B. germanica* dan *P. americana* yang diperlakukan dengan bakteri entomopatogen menggunakan metode umpan

Tabel 4. Berat pakan yang hilang setelah 48 jam perlakuan bakteri entomopatogen terhadap *P. americana* dan *B. germanica* menggunakan metode umpan

Perlakuan	Rata-Rata Berat Pakan yang Hilang (%)	
	<i>P. americana</i>	<i>B. germanica</i>
K	65,24	65,77
SP4	52,75	50,14
SP3	53,28	48,22
BT	55,00	56,73

4. Pembahasan

Pigmen berwarna merah yang dihasilkan oleh isolat bakteri SP4 merupakan metabolit sekunder yang memiliki kemampuan untuk menjadi racun sehingga dapat mematikan kecoa. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Priyatno, dkk (2011), bahwa pigmen merah yang dihasilkan oleh *Serratia marcescens* adalah metabolit sekunder yang dikenal sebagai prodigiosin dan memiliki sifat insektisidal. Patogenisitas atau kemampuan mikroorganisme patogen untuk menyebabkan penyakit pada serangga target dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain cara masuk bakteri ke tubuh serangga target, jumlah bakteri yang masuk ke dalam serangga dan ketahanan tubuh serangga target.

Pada penelitian ini, metode semprot menyebabkan isolat bakteri SP4 masuk melalui celah atau lubang alami pada tubuh atau langsung mengenai mulut kecoa. Serangga target akan mati apabila bersinggungan langsung (kontak) dengan bakteri entomopatogen. Serangga inang dapat mati disebabkan perkembangbiakan bakteri di dalam tubuh

serangga atau toksin/enzim yang disekresikan bakteri, yang dapat merusak tubuh serangga dengan menginvasi hemocoel dan akhirnya menyebabkan septicemia (keracunan pada darah). Sejalan dengan Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2012), pengendalian kecoa sebagai vektor dapat dilakukan melalui penyemprotan, karena integument kecoa halus dan tipis sehingga memudahkan insektisida yang berwujud cair untuk masuk ke dalam tubuh kecoa. Bagian caput dan kaki yang berwarna sama dengan warna isolat bakteri, dikarenakan pada bagian tubuh tersebut terpapar langsung semprotan isolat bakteri perlakuan. Kutikula yang melindungi bagian kaki dan caput tidak setebal bagian abdomen dan thorax bagian dorsal. Oleh sebab itu pada bagian abdomen dan thorax bagian dorsal tidak tampak warna koloni isolat bakteri.

Secara keseluruhan perlakuan isolat bakteri mampu mematikan kecoa *P. americana* dan *B. germanica* tetapi pada pengujian terhadap *P. americana* tidak efektif untuk mematikan secara keseluruhan karena tingkat mortalitasnya di bawah 50%. Hal tersebut terjadi diduga karena isolat bakteri entomopatogen memiliki sifat yang spesifik dalam menginfeksi serangga target. Bakteri entomopatogen ini akan efektif jika diisolasi dari famili dan diaplikasikan pada famili yang sama. Pada penelitian ini isolat bakteri SP4 dan SP3 diisolasi dari *S. litura* (Famili Noctuidae), sementara itu kecoa merupakan famili Blattidae. Oleh sebab itu, untuk menanggulangi kekurang optimalan pengaruh bakteri entomopatogen yang diaplikasikan dapat dilakukan dengan mengisolasi bakteri entomopatogen dari famili yang sama dan merekayasa kondisi biotik yang memengaruhi daya hidup bakteri entomopatogen.

Ciri morfologi *P. americana* dan *B. germanica* yang mati akibat perlakuan dengan metode umpan, tubuhnya basah dan lembek sehingga mudah hancur dan mengeluarkan bau busuk, warnanya hitam gelap. Ciri morfologi kematian tersebut dikarenakan pengaruh racun perut yang ditimbulkan oleh isolat bakteri *B. thuringiensis* yang merusak perut bagian tengah kecoa sehingga mengganggu proses metabolisme kecoa.

Hal ini senada dengan yang disampaikan Lacey & Undeen (1986), proses terjadi kematian pada serangga uji diakibatkan serangga tersebut memakan kristal protein yang dimiliki oleh bakteri entomopatogen, *B. thuringiensis* dimana kristal protein itu akan larut dalam sistem pencernaan serangga dan enzim protease yang dimiliki oleh serangga akan membantu kristal protein dalam memecahkan kristalnya. Dalam tubuh serangga uji spora bakteri tersebut akan berkecambah, sehingga mengakibatkan membran usus serangga uji menjadi rusak.

Metode umpan terlihat hasilnya bahwa *B. thuringiensis* memberikan pengaruh mortalitas paling tinggi terhadap kecoa dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Palma, dkk (2014), serangga target harus pada masa perkembangan yang tepat dan bakteri yang dimakan harus dalam jumlah yang cukup. Kematian dapat terjadi dalam waktu beberapa jam atau beberapa hari. Kebanyakan racun kontak juga berperan sebagai racun perut. Oleh sebab itu pada penelitian ini yang menggunakan metode umpan, isolat bakteri SP4 yang mempengaruhi mortalitas kecoa tertinggi pada metode semprot juga menimbulkan pengaruh terhadap jumlah kematian kecoa ketika diaplikasikan dengan metode umpan walaupun tidak lebih banyak jumlah mortalitasnya dibanding dengan metode semprot. Hal yang sama juga disebutkan oleh Klein (2008), bahwa pada beberapa pestisida bekerja sebagai racun kontak dan racun perut sekaligus.

Metode semprot memberikan pengaruh nyata pada mortalitas kecoa *P. americana* dan *B. germanica* dibandingkan metode umpan. Waktu mortalitas kecoa yang dibutuhkan juga lebih cepat pada metode semprot dibandingkan dengan metode umpan. Gejala morfologi juga berbeda, pada metode semprot, warna koloni isolat bakteri patogen terekspressi pada gejala morfologi tubuh kecoa yang mati, sedangkan pada metode umpan kecoa mati berwarna hitam dan berbau busuk, hal ini disebabkan penyerangan bakteri patogen dari dalam tubuh kecoa utamanya dari sistem pencernaan.

Perlakuan beberapa isolat bakteri entomopatogen pada metode umpan dapat mematikan kecoa, namun tidak efektif karena persentase kematian dibawah 50%, selain itu waktu kematiannya (LT-50) lebih dari 6 jam. Kriteria bioinsektisida efektif untuk kecoa dikemukakan oleh Bestari, dkk (2014) serta Jauharlina & Hendrival (2003) bahwa suatu bioinsektisida dikatakan efektif apabila waktu kematian hewan uji mampu dicapai paling lambat 6 jam setelah pemaparan dan dapat mematikan serangga target sebanyak 50%.

5. Kesimpulan

Metode semprot pada perlakuan isolat bakteri SP4 mempunyai pengaruh tertinggi terhadap mortalitas *P. americana* dan efektif terhadap *B. germanica*, karena mampu memengaruhi mortalitas hingga mencapai 80% dengan

nilai LT 2 jam 30 menit 46 detik. Adapun pada metode umpan, mortalitas tertinggi *P. americana* dan *B. germanica* terdapat pada perlakuan menggunakan isolat *B. thuringiensis*.

Daftar Pustaka

- Arifin, K. 2011. Penggunaan Musuh Alami sebagai Komponen Pengendalian Hama Padi Berbasis Ekologi. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 4: 29-46.
- Barbara, K. A. 2005. *American cockroach*. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/roaches/american_cockroach.htm. 20 Oktober 2015.
- Bestari, W., Rahayu, R., Dahelmi & Hariani, N. 2014. Efektivitas Beberapa Insektisida Aerosol Terhadap Kecoak *Blattella germanica* (L.) (Dyctioptera; Blattellidae) Strain VCRU-WHO, GFA-JKT dan PLZPDG dengan Metode Semprot. *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 3(3): 207-212.
- Departemen Kesehatan. 2012. *Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida)*. <http://www.depkes.go.id>. 20 Januari 2016.
- Handayani, T., Tuasikal, B. J., & Sugoro, I. 2006. LD₅₀ Sinar Gamma pada *Streptococcus agalactiae* untuk Bahan Vaksin Iradiasi Mastitis pada Sapi Perah. *Risalah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, 2006*.
- Jauharlina & Hendrival. 2003. Toksisitas (LC50 dan LT50) Jamur Entomopatogen *B. bassiana*. (Bals) Vuill. terhadap Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. *Jurnal Agrista* 7 (3): 295-301.
- Klein, G. M. 2008. Mechanism of Action of Organophosphate Pesticides and Nerve Agents, in Klein GM (Ed), Disaster preparedness: Emergency Response to 63 Organophosphorus Poisoning. Postgraduate Institute for Medicine and Quadrant Medical Education, New York.
- Lacey, L. A., & Undeen, A. H. 1986. Microbial Control of Blackflies and Mosquitoes. *Ann. Rev. Entomol* 31: 265-296.
- Lee, C. Y., Lee, L. C., Ang, B. H., & Chong, N. L. 1999. Insecticide Resistance In *Blattella Germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) from Hotels and Restaurants In Malaysia. *Proceedings of the 3rd International Conference on Urban Pests USA*.
- Narasimhulu, K., Rao, P. S., & Vinod, A. V. 2010. Isolation and Identification of Bacterial Strains and Study of their Resistance to Heavy Metals and Antibiotics. *J Microbial Biochem Technol Volume* 2(3): 074-076.
- Palma, L., Munoz, D., Berry, D., Murillo, J., & Caballero, P. 2014. *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. *Journal Toxins* 6, 3296-3325.
- Priyatno, T. P., Dahliani, Y. A., Suryadi, Y., Samudra, M., Susilowati, D. N., Rusmana, I., Wibowo, B. S., & Irwan, C. 2011. Identifikasi Entomopatogen Bakteri Merah pada Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens* Stal). *Jurnal AgroBiogen* 7(2): 85-95.
- Wege, P. J., Hoppe, M. A., Bywater, A. F., Weeks, S. D., & Gallo, T. S. 1999. A Microencapsulated Formulation Of Lambda-Cyhalothrin. *Proceedings of the 3rd International Conference on Urban Pests. USA*.