

POTENSI RIZOBAKTERI DALAM MENGENDALIKAN HAMA *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) PADA TANAMAN KUBIS

Indri Yanil Vajri^{*}, Trizelia, Haliatur Rahma

Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163, Indonesia

^{*}Correspondence author: indri_yanilvajri@yahoo.com

Abstrak

Crociodolomia pavonana merupakan salah satu hama penting yang membatasi produksi tanaman kubis. Alternatif pengendalian dengan penggunaan mikroorganisme yang berpotensi menekan perkembangan hama ini diantaranya dengan memanfaatkan rizobakteri. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan isolat rizobakteri yang virulen terhadap larva *C. pavonana*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan terdiri dari beberapa isolat rizobakteri diantaranya 3 isolat *Bacillus thuringiensis* (KJKB2, KJKB3 dan BAKB), *Bacillus subtilis* (KJTSB), 3 isolat *Serratia marcescens* (AR1, AR2 dan RK10), *Stenotrophomonas maltophilia* (LMTSA) serta kontrol negatif (Aquadest steril) dan kontrol positif (insektisida Sipermetrin). Uji Virulensi dilakukan dengan metode perendaman pakan dalam suspensi yang mengandung rizobakteri dengan kerapatan populasi 10^8 sel/ml. Variabel yang diamati adalah mortalitas larva, persentase pembentukan pupa dan imago serta preferensi oviposisi. Data dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji lanjut BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat rizobakteri dapat mematikan larva *C. pavonana* dan mampu menghambat perkembangan biologi serangga tersebut. *Bacillus thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang lebih baik dengan nilai mortalitas paling tinggi (64%) dan nilai LT_{50} yang paling pendek (6.31 hari). Semua perlakuan tidak berpengaruh terhadap preferensi oviposisi, namun perlakuan isolat *S. marcescens* mampu menurunkan jumlah telur yang diletakkan pada tanaman perlakuan.

Kata kunci: *Bacillus* spp, *Crociodolomia pavonana*, pengendalian hayati, rizobakteri, *Serratia marcescens*.

THE POTENCY OF RHIZOBACTERIA TO CONTROL INSECT *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) ON CABBAGE PLANT

Abstract

Crociodolomia pavonana is one of the primary insects that limits of production of the cabbage crop. The alternative control using the microorganism that potential to suppress the development of this insect is utilizing rhizobacterial. This research aimed to get isolate rhizobacteria that virulence against larvae *C. pavonana*. The research has been carried out in Biological Control Laboratory, Agriculture Department, Andalas University, Padang using a complete randomized design (CRD) with 10 treatments and 5 replications. The treatments consist of 3 isolates *Bacillus thuringiensis* (KJKB2, KJKB3, and BAKB), *Bacillus subtilis* (KJTSB), 3 isolates *Serratia marcescens* (AR1, AR2, and RK10), *Stenotrophomonas maltophilia* (LMTSA), negative control (distilled water) and positive control (Sipermetrin Insecticidal). Virulence test was conducted by immersion feed in a suspension containing bacteria with a population density of 10^8 cell/ml. Variables measured were larvae mortality, percentage of the pupa, and adult formation as well as oviposition preference. Data were analyzed by analysis of variance and followed by BNT at the level of 5%. The results showed that all isolates can kill larvae *C. pavonana* and able to inhibit biology insect development. *Bacillus thuringiensis* KJKB3 was the best isolate that showed the highest mortality result (64%) and the shortest LT_{50} result (6.31d). All treatments were not influenced to oviposition preference but isolate *Serratia marcescens* AR1 was able to decrease eggs amount that put on plant treatment.

Keywords: *Bacillus* spp, *Crociodolomia pavonana*, biological control, rhizobacteria, *Serratia marcescens*.

PENDAHULUAN

Crociodolomia pavonana merupakan salah satu hama pada pertanaman kubis yang berasal dari ordo Lepidoptera (Crambidae). Hama ini menyerang mulai dari munculnya krop hingga panen. Selain menyebabkan kerugian secara kuantitas, hama ini juga dapat menurunkan kualitas

krop tanaman kubis sehingga kubis tidak laku apabila dijual (Badjo *et al.* 2015). Populasi hama yang melimpah dan lingkungan yang mendukung dapat meningkatkan serangan hama sehingga menyebabkan petani gagal panen pada areal yang luas dalam waktu yang singkat, karena kerusakan dapat mencapai 100% (Paat *et al.*, 2012).

Tingginya populasi hama dan perkembangan hidup yang cepat menyebabkan petani lebih cenderung melakukan penyemprotan dengan pestisida sintetik. Penyemprotan yang dilakukan secara intensif dapat memicu timbulnya masalah baru seperti pencemaran lingkungan, timbulnya spesies hama yang resisten, ledakan hama sekunder, resurgensi, merusak keseimbangan ekosistem serta dampak terhadap masyarakat (Adriyani, 2006). Oleh karena itu diperlukan teknik pengendalian yang ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan agen hayati. Agen hayati dalam penggunaannya memiliki beberapa keuntungan, yaitu ramah lingkungan dan berkesinambungan, dapat diperbanyak dengan teknologi yang sederhana, mudah cara aplikasinya serta dapat diintegrasikan dengan program Pengendalian Hama Terpadu (PHT) lainnya (Garcia *et al.*, 2003).

Pengendalian *C. pavonana* secara terpadu dapat dilakukan dengan metode pengendalian hayati menggunakan rizobakteri. Rizobakteri merupakan bakteri yang mengkolonisasi bagian akar tanaman. Rizobakteri yang telah banyak dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai agen hayati yaitu Genus *Agrobacterium*, *Alkaligenes*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Streptomyces*, *Vario-vovax* dan *Xanthomonas* (Kim, 1997; De Silva, 2000; Bullied, 2002; Lugtenberg, 2002; Lucy *et al.*, 2004; Gupta *et al.*, 2015). Keberhasilan rizobakteri dalam mengendalikan hama tergantung kepada mekanisme yang dimiliki, salah satunya yaitu mekanisme langsung dengan menghasilkan toksin dan *septicemia* (Tanada dan Kaya, 1993).

Rizobakteri dari genus *Bacillus* yang masuk kedalam saluran pencernaan serangga akan menghasilkan kristal protein yang bersifat toksin sehingga menyebabkan terbentuknya lubang pada dinding usus. Keseimbangan osmotik akan terganggu sehingga ion-ion dan air mudah masuk kedalam sel yang menyebabkan sel mengembang dan pecah lalu akhirnya menyebabkan lisis dan hancur (Hofte dan Whiteley, 1989). Bakteri *S. marcescens* bersifat

sebagai patogen potensial dan fakultatif, masuk kedalam hemosel serangga kemudian memperbanyak diri secara cepat dan menyebabkan kematian dalam 1-3 hari (*septicemia*). Strain tertentu dari *S. marcescens* juga mempunyai efek repellent pada larva (Bell, 1969 dalam Tanada dan Kaya, 1993). Bakteri *S. marcescens* juga dikenal sebagai bakteri yang menghasilkan kitinase (Hamid *et al.* 2013) yang merupakan faktor penting yang berperan secara signifikan dalam kemampuan mereka sebagai entomopatogen (Wang *et al.* 2013).

Christina *et al.*, (2013) melaporkan penggunaan bakteri *B. thuringiensis* TKBM2 menyebabkan mortalitas *Crocidolomia binotalis* hingga 86.7%. Aisyah *et al.*, (2015) menambahkan bahwa *Bacillus* sp mampu mengganggu perkembangan instar dari larva *P. xylostella*, menekan aktivitas makan dan mempengaruhi proses pemilihan tanaman inang oleh imago betina untuk peletakan telur. Aggarwal *et al.*, (2015) juga melaporkan bahwa penggunaa *S. marcescens* SEN dosis sublethal menyebabkan mortalitas larva *S. litura* dengan LC₅₀ dan LT₅₀ masing-masingnya 4.32x10⁴ cfu/ml⁻¹ dan 4.9 hsa, menurunkan bobot larva dan pupa, menurunkan persentase terbentuknya pupa dan imago normal, memperpanjang lama perkembangan larva serta menurunkan fertilitas dan fekunditas imago.

Telah dilaporkan 3 isolat rizobakteri yaitu *B. subtilis* KJTSB dan *S. marcescens* AR1 dan AR2 (Rahma *et al.*, 2014), 3 isolat rizobakteri *B. thuringiensis* BAKB, KJKB2 dan KJKB3 (Rahma *et al.*, 2018), dan satu isolat rizobakteri *S. maltophilia* LMTSA (Rahma *et al.*, 2019) yang memiliki kemampuan sebagai agen antagonis dan mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Selain kemampuan sebagai agen antagonis dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, aspek lain yang perlu diteliti ialah potensi rizobakteri ini dalam mengendalikan hama *C. pavonana*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan isolat rizobakteri yang patogen terhadap larva *C. pavonana*.

BAHAN DAN METODE

Penyediaan dan Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat rizobakteri yang digunakan merupakan koleksi Haliatur Rahma (Tabel 1).

Tabel 1. Kode dan asal rizobakteri yang digunakan dalam penelitian

| Isolat Bakteri | No | Kode Isolat | Sumber Isolat | Sumber Asal isolat |
|-------------------------|----|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>B. thuringiensis</i> | 1 | KJKB2 | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Kuranji, Kota Padang |
| | 2 | KJKB3 | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Kuranji, Kota Padang |
| | 3 | BAKB | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Belimbing, Kota Padang |
| <i>B. subtilis</i> | 1 | KJTSB | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Kuranji, Kota Padang |
| <i>S. marcescens</i> | 1 | AR1 | Endofit akar rumput | Daerah Bogor |
| | 2 | AR2 | Endofit akar rumput | Daerah Bogor |
| | 3 | RK10 | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Sukabumi |
| <i>S. maltophilia</i> | 1 | LMTSA | Rhizosfer tanaman jagung | Daerah Limau Manis, Kota Padang |

Penyediaan Tanaman Inang dan Larva *C. pavonana*

Tanaman kubis yang digunakan adalah varietas Grand II. Benih tanaman kubis disemai dalam *seed tray* yang telah diisi tanah dan pupuk kandang yang telah disterilkan dengan perbandingan 2:1 (v/v), kemudian bibit dipindahkan ke *polybag* ukuran 35x35 cm saat berumur 14 hari untuk persiapan perlakuan. Tanaman dipelihara dengan melakukan penyiraman dan penyiangan. Larva *C. pavonana* diperoleh dari sentra pertanian kubis di daerah Nagari Batu Palano, Kec. Sungai Pua, Kab. Agam. Stadia larva yang diambil berkisar antara instar 3 dan 4. Larva dipelihara dalam kotak plastik ukuran 30 x 20 x 7 cm. Bagian atas kotak ditutup dengan kain kasa dan larva diberi makan dengan potongan daun kubis yang telah ditanam dan pakan diganti setelah 24 jam dengan daun yang segar. Larva dipelihara hingga generasi kedua dan siap digunakan sebagai serangga uji.

Aplikasi Isolat Bakteri

Isolat rizobakteri diremajakan pada media LB dengan metode gores kemudian diinkubasi 2 x 24 jam. Hasil biakan murni rizobakteri dalam petridish ditambah 9 ml akuadest dan dikikis menggunakan loop steril. Suspensi rizobakteri tersebut dipindahkan ke dalam tabung reaksi menggunakan mikropipet, dihomogenkan dengan vortex dan dibandingkan kekeruhannya dengan Larutan Mc. Farland's skala 8, jika kekeruhannya sama maka kepadatan populasi tersebut diperkirakan 10⁸ sel/ml (Klement *et al.*, 1990).

Suspensi ditambahkan dengan Triton X100 0.01% sebanyak satu tetes sebelum diujikan pada larva *C. pavonana*. Metode pengujian yang digunakan adalah metode perendaman pakan yang dilaporkan oleh Nurwidiani (1991). Daun kubis dipotong 4 x 4 cm lalu direndam dalam suspensi lebih kurang 5 menit dan dikering anginkan. Lima belas larva instar dua diletakkan ke dalam cawan petri beralaskan kertas saring

lalu dilaparkan selama satu jam. Larva diberi pakan daun kubis yang telah direndam suspensi rizobakteri. Sebagai kontrol negatif daun kubis direndam dengan akuades steril dan kontrol positif direndam dengan insektisida Sipermetrin dengan konsentrasi yang dianjurkan di lapangan (1ml/L). Perlakuan diulang sebanyak 5 kali dengan pengamatan mortalitas larva serta persentase pembentukan pupa dan imago.

Preferensi Oviposisi Oleh Imago Betina

Lima pasang imago diintroduksi ke dalam kurungan serangga yang berisi tanaman perlakuan dan kontrol. Kurungan serangga yang berukuran 45 x 45 x 45 cm diisi tanaman perlakuan dan kontrol berumur 15 hari dengan pola penempatan 3 membujur dan 3 melintang dengan jarak masing-masingnya 10 cm. Tanaman diganti setiap 2 x 24 jam dengan tanaman perlakuan yang baru. Perlakuan diulang sebanyak 5 kali dengan pengamatan berupa jumlah telur yang diletakkan pada tanaman perlakuan selama hidup imago serta jumlah telur yang menetas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas Larva

Pengujian beberapa isolat rizobakteri terhadap mortalitas larva *C. pavonana* menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Dari 8 isolat yang digunakan, aplikasi rizobakteri *B. thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang paling baik karena mampu menyebabkan mortalitas yang paling tinggi yaitu 64% dengan waktu mematikan 50% populasi serangga uji yang paling pendek (*Lethal time/LT₅₀*) yaitu 6.31 hari. Aplikasi isolat rizobakteri *S. marcescens* RK10 menyebabkan mortalitas yang paling rendah (25.30%) dengan nilai *LT₅₀* 45.16 hari. Hasil ini berbeda nyata dengan kontrol negatif dengan nilai mortalitas 4% dan perlakuan Sipermetrin nilai mortalitas 92% dan *LT₅₀* 0.12 hari (Tabel 2).

Tabel 2. Mortalitas dan *LT₅₀* larva *C. pavonana* 7 HSA dengan perlakuan beberapa isolat rizobakteri dan kontrol.

| Perlakuan | Mortalitas (%) ± SD | Nilai <i>LT₅₀</i> (hari) |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Sipermetrin | 92.00 ± 13.80 a | 00.12 |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB3 | 64.00 ± 9.60 b | 06.31 |
| <i>B. thuringiensis</i> BAKB | 53.30 ± 8.00 b | 07.48 |
| <i>S. maltophilia</i> LMTSA | 50.67 ± 7.60 b | 13.81 |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB2 | 48.00 ± 7.20 b | 07.82 |
| <i>S. marcescens</i> AR2 | 29.30 ± 4.40 c | 16.26 |
| <i>S. marcescens</i> AR1 | 28.00 ± 4.20 c | 15.34 |
| <i>B. subtilis</i> KJTSTB | 26.67 ± 4.00 c | 91.34 |
| <i>S. marcescens</i> RK10 | 25.30 ± 3.80 c | 45.16 |
| Kontrol negatif | 04.00 ± 0.60 d | - |

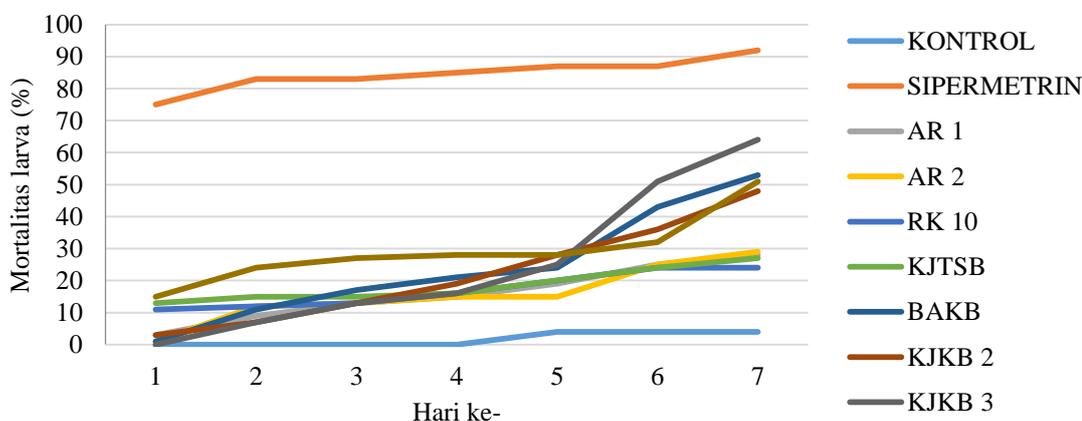
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.

Tingginya mortalitas perlakuan rizobakteri *B. thuringiensis* KJKB3 diduga karena kemampuannya dalam menghasilkan toksin berupa kristal protein yang bersifat toksik dalam saluran pencernaan serangga. Jurat-Fuentes dan Jacksony (2012) melaporkan bahwa terjadinya kematian pada serangga akibat infeksi bakteri disebabkan karena adanya toksin atau enzim yang dihasilkan oleh bakteri yang dapat merusak sel saluran pencernaan bagian tengah serangga. Bakteri juga dapat memperbanyak diri dalam hemokul sehingga menyebabkan terjadinya *septicemia* dan kematian pada serangga. Hofte dan Whiteley (1989) menyatakan bahwa kristal protein yang masuk kedalam usus serangga akan berinteraksi dengan sel-sel epitelium usus pada serangga yang rentan. Toksik ini menyebabkan terbentuknya lubang pada dinding usus dan merusak keseimbangan osmotik sehingga ion-ion dan air mudah masuk kedalam sel yang menyebabkan sel mengembang dan pecah sehingga akhirnya menyebabkan lisis. Toksin Cry yang menempel pada membran peritropik dapat melukai hingga menyebabkan kebocoran sitoplasma sehingga menyebabkan kematian.

Kemampuan petogenesitas *B. thuringiensis* terhadap serangga hama telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Zulfiana *et al* (2017) melaporkan bahwa pengujian bakteri *B. thuringiensis* terhadap larva *S. litura* menyebabkan mortalitas lebih dari 60% bahkan mencapai 90% (Krishanti *et al.*, 2017). Perbedaan toksisitas antar isolat Bacillus ini diduga disebabkan oleh perbedaan strain serta bentuk atau tipe toksin Cry yang dihasilkan oleh masing-masing isolat. Schunemann *et al.*, (2014) menyatakan bahwa toksin Cry berbentuk bipiramida umumnya toksik terhadap Lepidoptera, sedangkan yang berbentuk kubus, oval dan amorf umumnya toksik terhadap Diptera. Hofte dan Whiteley (1989) menambahkan bahwa toksin Cry untuk golongan yang berbeda maka toksin Cry tersebut juga mempunyai serangga target yang berbeda.

Efektivitas rizobakteri dalam mengendalikan hama dapat dilihat dari nilai LT_{50} . Aplikasi isolat *B. thuringiensis* KJKB3 mempunyai nilai mortalitas yang tertinggi dengan nilai LT_{50} yang tersingkat (6.31 hari). Kemampuan untuk membunuh 50% dari populasi serangga uji, isolat KJKB3 memerlukan waktu yang paling cepat. Semakin pendek nilai LT_{50} maka isolat tersebut akan semakin efektif dan sebaliknya. Dibandingkan isolat lainnya membutuhkan waktu 7.48 - 91.34 hari untuk membunuh 50% populasi serangga uji. Perlakuan insektisida Sipermetrin kematian 50% serangga uji sudah terjadi di hari ke 0.12, diduga karena racun yang terkandung dalam bahan kimia langsung bereaksi setelah larva diperlakukan. Hal tersebut berbeda dengan nilai LT_{50} pada aplikasi bakteri *S. marcescens* yaitu 16.26 hari. Panjangnya nilai LT_{50} disebabkan karena *S. marcescens* butuh waktu untuk memperbanyak diri (*septicemia*) sebelum menyebabkan kematian terhadap serangga. Tanada dan Kaya (1993) menyatakan bahwa nilai LT_{50} yang panjang menunjukkan rendahnya tingkat patogenesitas, sebaliknya nilai LT_{50} yang lebih singkat menunjukkan patogen memiliki kemampuan patogenesitas dan virulensi yang tinggi.

Perkembangan laju mortalitas kumulatif larva *C. pavonana* yang mati setelah diintroduksi rizobakteri dapat dilihat pada Gambar 1. Dari delapan isolat yang digunakan, umumnya mortalitas sudah terlihat sejak satu hari setelah aplikasi (1 hsa). Pada aplikasi isolat *B. thuringiensis* KJKB3, larva terus mengalami peningkatan kematian hingga hari ke enam hingga 50.67% dan meningkat di hari ke tujuh hingga 64%. Sedangkan isolat yang lainnya mortalitas tujuh hari pengamatan berkisar antara 25% - 53.30%. Di sini terlihat kecenderungan bahwa aplikasi isolat *B. thuringiensis* KJKB3 lebih baik dibandingkan aplikasi isolat lainnya. Perlakuan Sipermetrin kematian hampir mencapai 100% dihari ke tujuh dan kontrol negatif kematian hanya 4%.



Gambar 1. Grafik laju mortalitas kumulatif larva *C. pavonana* 7 hsa beberapa isolat rizobakteri dan kontrol

Gejala larva *C. pavonana* yang terinfeksi oleh rizobakteri dapat dilihat pada Gambar 2. Larva yang terinfeksi oleh rizobakteri aktivitas makannya akan mulai berkurang, gerakannya menjadi lambat, dan kurang sensitif bila disentuh. Feses menjadi cair dan pada mulut mengeluarkan cairan bening serta stadium larva juga lebih lama dibandingkan dengan kontrol. Saat kematian, larva yang terinfeksi bakteri *Bacillus* spp dan *S. maltophilia* tubuhnya akan menghitam, melengkung atau melingkar, berbau busuk dan lunak, kemudian larva akan mengering, menyusut dengan integument yang masih utuh. Gejala yang ditimbulkan sesuai dengan yang dikemukakan oleh Salaki *et al* (2013) larva *C. pavonana* yang terinfeksi oleh *B. thuringiensis* pergerakannya menjadi lamban, mengeluarkan cairan dari mulut dan anus (diare). Tubuh larva berubah menjadi gelap dan berbau busuk, tubuhnya menjadi kecil, khas sebagai bangkai larva yang terserang bakteri. Gejala dan perubahan pada larva berbeda dengan larva yang sehat, ada larva yang berhasil menjadi pupa tetapi tumbuh abnormal.

Larva yang terinfeksi bakteri *S. marcescens*, perlahan berubah warna menjadi merah muda, lunak dan berbau busuk. Saat larva diisolasi kembali dalam media LB, tumbuh biakan bakteri berwarna merah yang menyerupai morfologis *S. marcescens*. Gejala yang sama disampaikan oleh Krishanti *et al* (2017) larva yang terinfeksi *S. marcescens* tubuhnya menjadi lunak dan bila kulit disentuh akan pecah dan keluar cairan berwarna merah kehitaman karena penipisan kutikula serangga akibat proses enzimatis oleh bakteri yang berada didalam tubuh serangga uji. Kahar *et al* (2019) menyatakan bahwa bakteri *S. marcescens* menginfeksi serangga dengan menghasikan senyawa sekunder dan beberapa enzim hidrolitik. Ishi *et al* (2014) menambahkan bahwa *S. marcescens* mensekresikan senyawa sekunder prodigiosin dan Serralysin, serta kitinasi, protease, karbohidrase (Bidari *et al.*, 2018) dan nuklease (Jumiarti, 2012). Enzim kitinase dapat mendegradasi senyawa kitin yang merupakan penyusun membrane peritropik dalam saluran pencernaan serangga dan mereduksi penyerapan nutrisi (Gilbert *et al.*, 2005).



Gambar 2. Larva *C. pavonana* normal dan terinfeksi rizobakteri (A). Larva normal, (B). Larva terinfeksi *Bacillus* spp, (C). Larva terinfeksi *S. maltophilia*, (D). Larva terinfeksi *S. marcescens*

Persentase Pupa yang Terbentuk

Pengujian beberapa isolat rizobakteri terhadap pupa *C. pavonana* yang terbentuk memberikan pengaruh yang berbeda nyata (Tabel 3). Isolat bakteri *B. thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang paling baik karena berhasil menghambat pembentukan pupa hingga 75% dengan persentase pupa yang terbentuk

sebesar 25.33%. Isolat bakteri *S. maltophilia* LMTSA, *B. thuringiensis* BAKB dan KJKB2 serta *S. marcescens* AR2 pembentukan pupa berkisar antara 38.67% - 53.33% dan hasil ini berbeda nyata dengan kontrol (74.67%). Perlakuan insektisida Sipermetrin pembentukan pupa sebesar 2.67%.

Tabel 3. Persentase pupa *C. pavonana* terbentuk setelah diberi perlakuan rizobakteri dan kontrol.

| Perlakuan | Pupa yang terbentuk (%) ± SD | Bobot Pupa (gr) | Lama Perkembangan pupa (Hari) | Pupa Segar | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| | | | | Normal (%) ± SD | Abnormal (%) ± SD |
| Kontrol negatif | 74.67 ± 11.20 a | 0.035 a | 8.534 a | 74.67 ± 11.20 a | 00.00 ± 0.00 c |
| <i>B. subtilis</i> KJTSB | 69.33 ± 10.40 ab | 0.037 a | 8.318 a | 40.00 ± 6.00bcd | 29.33 ± 4.40 a |
| <i>S. marcescens</i> AR1 | 62.67 ± 9.40 abc | 0.037 a | 8.870 a | 56.00 ± 8.40 ab | 06.67 ± 1.00bc |
| <i>S. marcescens</i> RK10 | 57.33 ± 8.60 abcd | 0.035 a | 6.960 a | 46.67 ± 7.00 bc | 10.67 ± 1.60bc |
| <i>S. marcescens</i> AR2 | 53.33 ± 8.00 bcd | 0.037 a | 8.506 a | 40.00 ± 6.00bcd | 13.33 ± 2.00 b |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB2 | 45.33 ± 6.80 cde | 0.029 a | 6.892 a | 32.00 ± 4.80cde | 13.33 ± 2.00 b |
| <i>B. thuringiensis</i> BAKB | 40.00 ± 6.00 de | 0.030 a | 6.600 a | 25.33 ± 3.80 de | 14.67 ± 2.20 b |
| <i>S. maltophilia</i> LMTSA | 38.67 ± 5.80 de | 0.035 a | 8.066 a | 28.00 ± 4.20cde | 10.67 ± 1.60bc |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB3 | 25.33 ± 3.80 e | 0.029 a | 8.100 a | 13.33 ± 2.00 ef | 12.00 ± 1.80bc |
| Sipermetrin | 02.67 ± 0.40 f | 0.008 b | 1.500 b | 02.67 ± 0.40 f | 00.00 ± 0.00 c |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.

Pengujian rizobakteri terhadap bobot dan lama perkembangan pupa *C. pavonana* menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata. Namun dari hasil dapat dilihat bahwa perlakuan isolat *B. thuringiensis* KJKB2 dan KJKB3 mampu mengurangi bobot pupa dan perlakuan isolat *S. marcescens* AR1 mampu memperpanjang lama perkembangan pupa (8.870 hari) walaupun tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol negatif (0.035 gr dan 8.534 hari). Perlakuan insektisida Sipermetrin bobot dan lama perkembangan pupa masing-masingnya sebesar 0.0081 gr dan 1.50 hari.

Pengujian beberapa isolat rizobakteri terhadap persentase pembentukan pupa normal dan pupa abnormal *C. pavonana* memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Aplikasi rizobakteri *B. thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang paling baik dengan pembentukan pupa normal yang paling rendah yaitu 13.33% dan pembentukan pupa abnormal 12 %. Hasil ini berbeda nyata dengan kontrol negatif (100%). Rizobakteri *S. marcescens* AR1 dengan pembentukan pupa normal yang paling tinggi (56 %) dan pembentukan pupa abnormal yang paling rendah yaitu (6.67 %). Perlakuan Sipermetrin persentase pupa normal yang terbentuk 100.00%.

Rendahnya jumlah pupa yang terbentuk pada perlakuan isolat KJKB3 disebabkan karena mortalitas yang tinggi pada uji virulensi sebelumnya serta adanya prapupa yang tidak berhasil menjadi pupa. Umumnya larva yang tetap bertahan hidup untuk menuju fase pupa tidak mengalami perkembangan yang baik. Pada saat larva memasuki fase prapupa, perkembangan tubuhnya menjadi tidak sempurna, ukurannya mengecil, mengkerut, berwarna gelap, kemudian mati.

Untuk larva yang berhasil menjadi pupa, ada yang terbentuk normal dan ada yang terbentuk abnormal. Pupa yang terbentuk normal bentuknya sempurna dimana warnanya cokelat kemerahan dan bagian ekornya bergerak apabila disentuh. Sedangkan pupa abnormal tubuhnya terbentuk tidak sempurna, dimana ukuran tubuhnya mengecil, permukaannya mengkerut, setengah tubuhnya pipih, tidak bergerak bila disentuh, meghitam dan lama kelamaan tubuh menjadi lunak, mengeluarkan cairan bila ditekan dan berbau busuk.

Persentase mortalitas larva sangat berpengaruh terhadap persentase pupa yang terbentuk dan secara langsung juga mempengaruhi persentase pembentukan imago. Isolat *B. thuringiensis* KJKB3 menghambat pembentukan pupa paling baik diantara perlakuan isolat bakteri lainnya. Persentase pembentukan pupa dari perlakuan isolat *B. thuringiensis* KJKB3 adalah 23.33%, hasil ini berbeda nyata dengan kontrol (74.67%). Rendahnya persentase

pupa terbentuk disebabkan karena tingginya mortalitas serta prapupa yang tidak berhasil menjadi pupa. Terganggunya metabolisme tubuh larva akibat toksin yang dihasilkan oleh bakteri menyebabkan larva kekurangan energi untuk masuk stadium pupa (Vajri, 2014). Tanada dan Kaya (1993) menyatakan bahwa efek toksin yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* akan mengganggu proses transkripsi RNA sehingga mengganggu pembelahan sel khususnya selama pergantian kulit dan proses metamorphosis, jika larva tidak mati maka pupa akan terbentuk tidak normal.

Ciri-ciri pupa yang tidak normal tubuhnya terbentuk tidak sempurna, dimana ukuran tubuhnya mengecil, permukaannya mengkerut, setengah tubuhnya pipih, tidak bergerak bila disentuh, menghitam dan lama kelamaan tubuh menjadi lunak, mengeluarkan cairan bila ditekan dan berbau busuk. Pada penelitian Salaki *et al* (2013), larva *S. litura* yang terinfeksi *B. thuringiensis*, saat menuju fase prapupa hanya mampu membentuk benang-benang yang menutupi dirinya kemudian mati, namun ada juga yang berhasil menjadi pupa namun berkembang abnormal, berwarna hitam dan kisut (tubuhnya mengecil). Syahputra *et al* (2005) menyatakan bahwa jika suatu serangga memakan senyawa aktif, sebagai reaksi serangga tertentu yang tidak tahan akan mengalami kematian, sebaliknya serangga yang toleran akan tetap bertahan dengan memaksimalkan pemanfaatan sumber energi didalam tubuhnya namun konsekuensinya larva akan mengalami hambatan pertumbuhan dan perkembangan.

Perlakuan beberapa isolat bakteri walaupun tidak memberikan pengaruh yang nyata namun dapat dilihat adanya penurunan bobot serta lama perkembangan pupa dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan oleh pembentukan pupa abnormal yang terjadi akibat kurangnya energi untuk bermetamorphosis menjadi pupa. Pupa yang abnormal mempunyai ciri-ciri ukuran yang lebih kecil dibandingkan pupa normal karena tidak maksimalnya proses metabolisme dalam tubuh serangga. Energi yang digunakan untuk detoksifikasi diperoleh dari energi yang seharusnya untuk pertumbuhan dan perkembangan. Sebagai akibatnya pertumbuhan serangga akan terganggu (Farrar, 1989). Diantara semua perlakuan, hanya isolat *S. marcescens* AR1 yang mampu memperpanjang lama perkembangan pupa dibandingkan kontrol. Anggarwal *et al* (2015) melaporkan bahwa aplikasi *S. marcescens* terhadap larva *S. litura* dapat menurunkan bobot pupa dengan peningkatan yang signifikan terhadap periode hidup larva. Penelitian Mohan *et al* (2008) melaporkan bahwa aplikasi *B. thuringiensis* terhadap larva *Heliothis armigera* menyebabkan

terjadinya penurunan berat larva, berat pupa, pupa abnormal dan perpanjangan periode larva. Ditambahkan oleh Trizelia (1994) lamanya stadium perkembangan serangga yang mendapat perlakuan bakteri diakibatkan oleh berkurangnya aktivitas makan larva sehingga pertumbuhan larva menjadi lambat dan ketersediaan hormon juvenile berlangsung lebih lama sehingga sifat-sifatnya lebih lama bertahan.

Persentase Imago yang Terbentuk

Pengujian beberapa isolat rizobakteri terhadap persentase pembentukan imago *C. pavonana* menunjukkan adanya pengaruh perlakuan bila dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4). Dari 8 isolat yang digunakan, aplikasi bakteri *B. thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang paling baik dengan persentase pembentukan imago yang paling rendah (13.33%) dibandingkan kontrol (48%). Bakteri *B. subtilis* KJTSB dengan persentase pembentukan imago yang paling tinggi (54.67%) dan perlakuan Sipermetrin persentase imago yang terbentuk 2.67%.

Pengujian beberapa isolat bakteri menunjukkan tidak adanya pengaruh yang nyata perlakuan isolat bakteri terhadap lama perkembangan hidup imago *C. pavonana*. Namun dari hasil dapat dilihat bahwa beberapa isolat (KJTSB, LMTSA, KJKB3, BAKB dan AR2) mampu memperpanjang lama perkembangan hidup imago dengan kisaran 4.47-5.24 hari dibandingkan kontrol yaitu 4.11 hari. Perlakuan Insektisida Sipermetrin lama perkembangan hidup imago 1.10 hari.

Pengujian beberapa isolat rizobakteri memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pembentukan imago normal dan abnormal *C. pavonana*. Dari 8 isolat yang digunakan, aplikasi rizobakteri *B. thuringiensis* KJKB3 menunjukkan hasil yang paling baik dengan pembentukan imago normal yang paling rendah yaitu 10.67% dengan pembentukan imago abnormal 2.67%. Dibandingkan dengan kontrol negative dan perlakuan Sipermetrin persentase pembentukan imago normal berturut-turut 48% dan 2.67% tanpa adanya imago abnormal yang terbentuk.

Tabel 4. Persentase imago *C. pavonana* yang terbentuk setelah aplikasi rizobakteri dan kontrol.

| Perlakuan | Imago terbentuk (%) ± SD | Lama Perkembangan Imago (Hari) | Imago (%) ± SD | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | | Normal | Abnormal |
| <i>B. subtilis</i> KJTSB | 54.67 ± 8.20 a | 4.74 a | 40.00 ± 6.00 ab | 14.67 ± 2.20 a |
| Kontrol | 48.00 ± 7.20 ab | 4.11 a | 48.00 ± 7.20 a | 00.00 ± 0.00 e |
| <i>S. marcescens</i> AR1 | 41.33 ± 6.20 ab | | 32.00 ± 4.80 abc | 09.33 ± 1.40 abc |
| <i>S. marcescens</i> AR2 | 32.00 ± 4.80 bc | 5.24 a | 30.67 ± 4.60 abc | 01.33 ± 0.20 de |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB2 | 32.00 ± 4.80 bc | 4.01 a | 21.33 ± 3.20 bcde | 10.67 ± 1.60 ab |
| <i>S. marcescens</i> RK10 | 30.67 ± 4.60 bc | 3.70 a | 25.33 ± 3.80 bcd | 05.33 ± 0.80 bcde |
| <i>S. maltophilia</i> LMTSA | 28.00 ± 4.20 bc | 4.78 a | 22.67 ± 3.40 bcd | 05.33 ± 0.80 bcde |
| <i>B. thuringiensis</i> BAKB | 26.67 ± 4.00 bc | 5.23 a | 18.67 ± 2.80 cde | 08.00 ± 1.20 abcd |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB3 | 13.33 ± 2.00 cd | 4.90 a | 10.67 ± 1.60 de | 02.67 ± 0.40 cde |
| Sipermetrin | 02.67 ± 0.40 d | 1.10 b | 02.67 ± 0.40 e | 00.00 ± 0.00 e |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.

Pupa *C. pavonana* yang berhasil menjadi imago terbentuk normal dan abnormal. Imago yang terbentuk normal mempunyai bentuk tubuh yang sempurna dan tidak terdapat bagian tubuh yang rusak atau abnormal. Sebaliknya pada imago yang abnormal ada bagian tubuh seperti sayap yang mengalami kerusakan atau kematian dapat terjadi pada saat imago hampir keluar dari pupa. Hal ini diakibatkan efek sekunder dari perlakuan dimana serangga kehabisan energi sebelum menyelesaikan siklus hidupnya.

Rendahnya persentase pupa yang terbentuk serta adanya pupa yang tidak berhasil menjadi imago akan berpengaruh terhadap persentase pembentukan imago. Persentase pembentukan imago yang paling rendah pada perlakuan *B. thuringiensis* KJKB3 diduga karena adanya pengaruh atau efek lanjutan dari Kristal

protein yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Terganggunya metamorphosis serangga menjadi imago juga terlihat dari tingginya pembentukan imago abnormal yang berbeda nyata dengan kontrol khususnya dengan perlakuan *B. thuringiensis*. Gejala imago abnormal ditandai dengan bagian tubuh seperti sayap yang mengalami kerusakan atau kematian terjadi pada saat imago hampir keluar dari pupa. Gejala yang sama dilaporkan oleh Salaki *et al* (2013), larva *S. litura* yang diaplikasikan dengan *B. thuringiensis* saat berhasil bermetamorphosis menjadi imago, sayapnya tidak membuka sempurna tetapi melipat kebagian toraks. Tanada dan Kaya (1993) menyatakan bahwa selain mengganggu pembentukan pupa, efek toksin juga akan mengganggu pembentukan jaringan pada imago, seperti pertumbuhan yang tidak normal pada

antena, sayap, kaki atau bagian mulut dan efek lainnya adalah serangga menjadi infertile (tidak subur). Aplikasi *S. marcescens* walaupun hanya mampu mematikan larva dibawah 50%, namun mampu memperpanjang lama hidup imago. Hal tersebut disebabkan karena efek kitinase yang dihasilkan oleh bakteri tersebut menghambat perkembangan tubuh serangga sehingga serangga akan kehabisan energi untuk bermetamorphosis

serta ketersediaan hormon juvenile yang berlangsung lebih lama.

Telur yang diletakkan

Pengujian beberapa isolat rizobakteri memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap preferensi oviposisi oleh imago betina *C. pavonana* (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh perlakuan beberapa isolat rizobakteri terhadap preferensi oviposisi imago betina *C. pavonana*.

| Perlakuan | Telur yang diletakkan (butir) | Telur yang menetas (butir) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Sipermetrin | 40.80 a | 36.80 a |
| <i>B. subtilis</i> KJTSB | 18.60 a | 13.00 a |
| <i>S. marcescens</i> RK10 | 18.00 a | 16.20 a |
| Kontrol | 16.00 a | 16.00 a |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB3 | 13.00 a | 08.40 a |
| <i>B. thuringiensis</i> KJKB2 | 09.60 a | 07.60 a |
| <i>S. marcescens</i> AR2 | 07.40 a | 07.40 a |
| <i>B. thuringiensis</i> BAKB | 05.40 a | 05.40 a |
| <i>S. maltophilia</i> LMTSA | 05.00 a | 05.00 a |
| <i>S. marcescens</i> AR1 | 04.60 a | 04.60 a |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.

Namun dari hasil dapat dilihat bahwa isolat *S. marcescens* AR1 memiliki nilai yang paling rendah (4.60 butir) dibandingkan perlakuan yang lainnya maupun kontrol (16 butir). Hal ini diduga karena rizobakteri yang diintroduksi pada tanaman melalui perendaman benih mempengaruhi tanaman untuk menghasilkan senyawa semiochemical yang akan mempengaruhi proses pemilihan inang oleh serangga untuk meletakkan telur. Leroy *et al.*, (2011) menyatakan bahwa senyawa volatil yang dihasilkan oleh bakteri mampu menstimulasi perilaku serangga dalam memilih sumber makanan, preferensi oviposisi, regulasi oviposisi, orientasi jantan untuk menemukan betina serta lokasi inang yang cocok dan keberadaan predator. Scoonhoven *et al.*, (2005) menambahkan bahwa tanaman menghasilkan senyawa seskuiterpenoid yang bersifat deterrent dan mampu mempengaruhi serangga herbivora dalam proses pemilihan inang untuk meletakkan telur.

Hasil yang sama dilaporkan oleh Anggarwal (2015) bahwa aplikasi *S. marcescens* terhadap larva *S. litura* mampu mempengaruhi nilai fertilitas imago betina serta fekunditas telur yang dihasilkan. Pedersen *et al* (1997) juga melaporkan bahwa perlakuan efek subletal *B. thuringiensis* terhadap *Choristoneura fumiferana* pada berbagai tahap perkembangannya secara signifikan meningkatkan lama perkembangan untuk tahap pupa, menurunkan ukuran pupa dan jumlah dari telur yang diletakkan oleh imago betina.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi rizobakteri dapat mematikan larva *C. pavonana*. Mortalitas larva *C. pavonana* sangat dipengaruhi oleh jenis rizobakteri. *Bacillus thuringiensis* KJKB3 merupakan isolat yang lebih virulen, yang mampu menyebabkan mortalitas yang paling tinggi dengan LT_{50} yang paling pendek. Rizobakteri juga mampu menghambat pembentukan pupa dan imago *C. pavonana*. Rizobakteri yang diaplikasi melalui benih kubis tidak berpengaruh nyata terhadap preferensi peletakkan telur oleh imago betina, tetapi berpengaruh terhadap persentase telur menetas. Perlu dilakukan uji lapang terhadap penggunaan isolat bakteri yang potensial serta pengaruhnya dalam mengendalikan serangga hama dari ordo lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, R. 2006. Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 3(1): 95-106.
- Aisyah, M.D.N., Tarno, H dan Rahardjo, B.T. 2015. Respon Ulat Kubis *Plutella xylostella* Linn. (Lepidoptera: Plutellidae) Setelah Aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Pada Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* Var. *Alboglabra* 1). *Jurnal HPT*. Vol 3. No. 3. ISSN: 2338-4336.

- Aggarwal, C., Paul, S., Tripathi, V., Paul, B and Khan, MA. 2015. Chitinolytic Activity in *Serratia marcescens* (strain SEN) and Potency Against Different Larval Instar of *Spodoptera litura* with Effect of sublethal Doses on Insect Development. *BioControl*.
- Badjo, R., Rante, C.S., Meray, E.R.M., Assad, B.H dan Dien, M.F. 2015. Serangan Hama Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F.) Pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* var *capitata* L.) di Kelurahan Kakaskasen II Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. [Laporan Penelitian]. Fakultas Pertanian. Universitas Sam Ratulangi. Hal 1-7.
- Christina, L., Salaki, D.T dan Guntur, M. 2013. Prospek Pemanfaatan Biopestisida Bakteri Entomopatogenik Isolat Lokal Sebagai Agen Pengendali Hayati Hama Tanaman Sayuran. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Unsrat Manado. Vol. 19.
- Bidari, F., Shams-Bakhsh, M and Mehrabadi. M. 2018. Isolation and Characterization of a *Serratia marcescens* with Insecticidal Activity from *Polyphylla olivieri* (Col: Scarabaeidae). *Journal of Applied Entomology*. 142(2): 162-172.
- Farrar, R.R., Barbour, J.D., Kennedy, G.G. 1989. Quantifying Food Consumption and Growth in Insects. *Entomol Soc Amer* 89:593-598.
- Garcia, J.A.L., Propanza, A., Ramos, B and Manero, F.J.G. 2003. Effects of Three Plant Growth- Promoting Rhizobacteria on the Growth of Seedlings of Tomato and and Pepper in Two Different Sterilized and Nonsterilized Peats. *Arch. Agron. Soil Scie*. 49(1): 119-127.
- Gilbert, G.I., Iatron, K and Gill, S.S. 2005. *Biochemistry of Digestion, in: Comprehensive Molecular Insect Science Biochemical and Molecular Biology*, 171-224. Elsevier Press. Oxford. UK.
- Grupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K and Singh, V. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospect for Development of Sustainable Agriculture. *J Microb Biochem Technol* 2015. 7: 096-102.
- Hamid, R., Khan, M.A., Ahmad, M., Ahmad, M.M., Abdin, M.Z., Musarrat, J and Javed S. 2013. Chitinases: an update. *J Pharm Bioallied Sci* 5:21-29.
- Hofte, H and Whiteley, H.R 1989. Insecticidal Crystal Protein of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Rev*. 53(2): 242-255.
- Ishi, K., Tatsuo, A.H., Hiroshi and Kazuhisa, S. 2014. *Serratia marcescens* Supresses Host Cellular Imunity via the Production of an Adhesion-Inhibitory Factor against Immunosurveillance Cells. *The Journal of Biological Chemistry*. 289(9): 5876-5888.
- Jumiarti, P. 2012. Pemurnian dan Karakterisasi Protein Insektisidal dari Bakteri Entomopatogen *Serratia marcescens*. [Skripsi]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Jurat-Fuentes, J.L and Jacksony, T.A. 2012. Bacterial entomopathogens. *Insect Pathology* (eds. F.E. Vega&H.K. Kaya), pp. 265–349. Academic Press, Amsterdam.
- Kahar, S.R.S., Hasan, A.M dan Lamangantjo. 2019. Aktivitas Entomopatogen *Serratia marcescens* Bizio Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Kelapa (*Brontisपालongissima*) Gestro. *JamburaEdu Biosfer Journal* (2019) 1 (2): 64-71.
- Klement, Z., Rudolph, K and Sand, D.C. 1990. *Methods in Phytobacteriology*. Akademia Kiado: Budapest. Hungary.
- Krishanti, N.P.R.A., Wikantyoso, B., Zulfetri, A dan Zulfiana, D. 2017. Bakteri Entomopatogen Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Larva *Spodoptera litura* (F). Pusat Penelitian Biomaterial. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Cibinong.
- Leroy, P., Sabri, A., Verheggen, F.J., Francis, F., Thonart, P and Haubruge, E. 2011. The Semiochemically Mediated Interactions Between Bacteria and Insects. Department of Functional and Evolutionary Entomology. University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech.
- Mohan, M., Sushil, S.N., Bhatt, J.C., Gujar, G.T and Gupta, H.S. 2008. Synergistic Interaction Between Sublethal Doses of *Bacillus thuringiensis* and *Campoplex chlorideae* in Managing *Helicoverpa armigera*. *BioControl* 53: 375-386.
- Nurwidiani. 1991. Isolasi *Bacillus thuringiensis* dan Pengujian Toksisitasnya Terhadap Larva *Plutella xylostella* [Skripsi]. Program Sarjana Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Paat, F.J., Pelealu, J dan Manueke, J. 2012. Produksi Kubis dan Persentase Serangan

- Crossidolomia pavonana* Pada Beberapa Pola Tanam Kubis. *Eugenia*. 18 (1): 72-80.
- Pedersen, A., Dedes, J., Gauthier, D and Frankenhuyzen, V.K. 1997. Sublethal Effect of *Bacillus thuringiensis* on the Spruce Budworm *Choristoneura fumiferana*. *Entomol Exp Appl* 83: 253-262.
- Rahma, H., Arneti dan Nofrianti, S. 2018. Seleksi Rizobakteri dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Diplodia maydis* Penyebab Penyakit Busuk Tongkol pada Jagung Secara In vitro. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia* 4(2): 225-230.
- Rahma, H., Nurbailis and Kristina, N. 2019. Characterization and Potential of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Rice Seedling Growth and The Effect on *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Biodiversitas* Vol 20. Pages 3654-3661.
- Rahma, H., Surahman, M., Sinaga, M.S., Zainal, A dan Giyanto. 2014. Potensi Bakteri Endofit dalam Menekan Penyakit Layu Stewart *Pantoea stewartii* subsp *stewartii* Pada Tanaman Jagung. *Jurnal HPT Tropika*. ISSN 1411-7525.
- Salaki, Ch. L., Tarore, D dan Manengkey, G. 2013. Prospek Pemanfaatan Biopestisida Bakteri Entomopatogenik Isolat Lokal Sebagai Agen Pengendali Hayati Hama Tanaman Sayuran. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Unsrat Manado.
- Schunemann, R., Knaak, N and Fiuza, L.M. 2014. Mode of Action and Specificity of *Bacillus thuringiensis* Toxins in the Control of Caterpillars and Stink Bugs in Soybean Culture. *Hindawi Publishing Corporation. ISRN Microbiology*. 12 pages.
- Scoonhoven, L., Loon, V and Dicke, M. 2005. *Insect Plant Biology*. Oxford University Press. London.
- Syahputra, E., Prijono, D dan Dadang. 2005. Respon Fisiologi *Crossidolomia pavonana* Terhadap Fraksi Aktif *Calophyllum soulattri*. *Hayati*, Maret 2006, hal 7-12.
- Tanada, Y and Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, San Diego, California.
- Trizelia. 1994. Infeksi *Bacillus thuringiensis* Berliner pada Larva *Heliothis armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) dan Pengaruhnya Terhadap Konsumsi Polong Kedelai [Tesis]. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Vajri, I.Y. 2014. Toksisitas Beberapa Isolat Bakteri Penghasil Kristal Protein dari Rizosfer Beberapa Jenis Tanaman Terhadap Hama *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) [Skripsi]. Universitas Andalas, Padang.
- Wang, K., Yan, P., Cao, L., Ding, Q., Shao, C and Zhao, T. 2013. Potential of chitinolytic *Serratia marcescens* strain JPP1 for biological control of *Aspergillus parasiticus* and aflatoxin. *BioMed Res Int* 397142: 1-7.
- Zulfiana, D., Krishanti, N.P.R.A., Wikantoso, B dan Zulfitri, A. 2017. Bakteri Entomopatogen Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Larva *Spodoptera litura* (F.). *Berita Biologi* 16(1).