

# Pemanfaatan Limbah Ternak sebagai Media Pembuatan Bioinsektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* dalam Mendukung Pengendalian Hama Terpadu

*Utilization of Livestock Waste as a Medium Producing Bacillus thuringiensis-Bioinsecticides Containing in Supporting Integrated Pest Control*

Yulia Pujiastuti\*

Arsi

Suparman

Abu Umayah

Bambang Gunawan

Weri Herlin

Department of Plant Protection,  
Universitas Sriwijaya, Palembang,  
South Sumatra, Indonesia

email: [ypujiastuti@unsri.ac.id](mailto:ypujiastuti@unsri.ac.id)

## Kata Kunci

*Bacillus thuringiensis*

Limbah organik

Pengabdian masyarakat

## Keywords:

*Bacillus thuringiensis*

Organic waste

Community service

Received: February 2023

Accepted: June 2023

Published: September 2023

## Abstrak

Limbah ternak seringkali menjadi permasalahan yang cukup mengganggu di lingkungan masyarakat. Selain bau yang ditimbulkan, juga menyebabkan lingkungan menjadi tidak bersih. Limbah ternak, baik limbah cair maupun padat, menjadi masalah bagi masyarakat desa Jungkal Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. Pengelolaan lingkungan secara baik harus menjadi prioritas. Oleh karena itu, limbah ternak harus dimanfaatkan sehingga lingkungan permukiman menjadi lebih sehat. Tujuan kegiatan untuk memberikan penjelasan kepada masyarakat dalam memanfaatkan limbah ternak sebagai bahan media pembuatan bio-insektisida berbahan aktif bakteri *Bacillus thuringiensis* guna mendukung pengendalian hama terpadu. Masyarakat sasaran adalah kelompok tani di Desa Jungkal Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir. Kegiatan dilakukan dengan dua cara yaitu kegiatan sosialisasi dan kegiatan praktek pembuatan bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis*. Data awal menunjukkan bahwa petani menyadari bahwa limbah ternak tersebut memberikan rasa tidak nyaman, karena ternak dibiarkan bebas berkeliaran tanpa kandang terintegrasi. Penanganan limbah baik cair maupun padat masih belum memberikan hasil yang baik. Setelah kegiatan pengabdian selesai, dari 80% petani peserta kegiatan mengerti cara memanfaatkan limbah cair dan padat dari ternak. Dengan adanya pendekatan dan pendampingan yang intensif, masyarakat petani dapat menerima arahan dan kemajuan teknologi yang baru, terutama yang berkaitan dengan pengendalian hama terpadu dengan penggunaan bahan limbah.

## Abstract

Livestock waste becomes a problem and disturbs the community environment. In addition to the odor generated, it causes an unclean environment. Livestock waste is a problem for the people of Jungkal Village, Pampangan District, Ogan Komering Ilir Regency, South Sumatra. Good environmental management must be a priority. Therefore, livestock waste must be utilized to create a healthy environment. The purpose of this activity was to explain the use of livestock waste as a medium to produce bio-insecticides made from the active *Bacillus thuringiensis* bacteria. The target community was a farmer group in Jungkal Village. Activities were carried out in two ways, namely socialization activities and practical activities to produce bio-insecticide with active *B. thuringiensis*. Preliminary data showed that farmers were aware that livestock waste causes discomfort. Handling both liquid and solid waste has yielded little results because, so far, farmers have only gotten rid of this waste without using it as a helpful product. After the community service activities were completed, 80% of the participants understood the benefit of livestock waste. With an intensive approach and assistance, farmer groups can receive new directions.



© 2023 Yulia Pujiastuti, Arsi, Suparman, Abu Umayah, Bambang Gunawan, Weri Herlin. Published by Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v8i5.4710>

## PENDAHULUAN

Desa Jungkal yang berlokasi di Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan merupakan salah satu desa yang mengandalkan pertanian sebagai sumber kehidupan masyarakat. Walaupun banyak petani yang menanam sawit dengan mengikuti program petani plasma di perkebunan terdekat, namun sebagian petani juga menanam tanaman sayuran dalam jumlah yang kecil. Permasalahan hama menjadi krusial karena para petani seperti juga petani di wilayah lain, mereka terbiasa menggunakan bahan kimia (pestisida) dalam pengendalian hama (Indiati & Marwoto 2017; Oluwole & Cheke 2009; Yuantari *et al.*, 2013). Sebenarnya di desa Jungkal, kondisi masyarakat mempunyai potensi lebih, yaitu sebagian petani memiliki ternak sapi. Karena merasa jumlah ternaknya hanya sedikit, maka penanganannya masih belum baik. Masalah kandang dan kotoran masih belum diperhatikan. Sapi dibiarkan terlepas di sudut-sudut jalan desa, sehingga kotorannya pun menjadi tersebar dimana-mana dan cukup mengganggu lingkungan. Keadaan yang demikian ini akan dapat menyebabkan munculnya udara yang tidak sehat dan menyebabkan penyakit pada anak-anak dan orang dewasa (Martinez *et al.*, 2009; Saputro *et al.*, 2014). Penanganan kotoran atau limbah sapi baik bentuk cair maupun padat menjadi perhatian.

Masyarakat desa sebagai petani masih mengalami kesulitan dalam pengendalian hama terutama hama tanaman sayuran. Selama ini penggunaan pestisida kimia sintetis masih mendominasi dalam pengendalian (Ali *et al.*, 2020; Chèze *et al.*, 2020). Dalam konsep pengendalian hama terpadu (PHT), diketahui bahwa terdapat berbagai cara yang dapat digunakan ataupun dipadukan untuk mengatasi permasalahan hama (Dara, 2019). Adapun teknik pengendalian dalam PHT meliputi teknik budidaya tanaman, pengendalian fisik/mekanik, pengendalian hayati, dan pengendalian kimia. Cara pengendalian dengan pengendalian kimia merupakan cara pamungkas yang dipilih apabila populasi hama telah mencapai ambang ekonomi (Diratmaja & Zakiah, 2015; Indiati & Marwoto, 2017)

Pengendalian hayati dengan menggunakan mikrobial menjadi pilihan yang baik karena sifatnya yang alami, ramah terhadap musuh alami dan lingkungan serta bersifat berkelanjutan. *Bacillus thuringiensis* merupakan salah satu bakteri entomopatogenik yang dapat digunakan untuk pengendalian serangga hama, dengan cara memperbanyaknya pada media yang mengandung unsur karbon dan nitrogen. Berdasarkan pengalaman Pujiastuti *et al.* (2020) *B. thuringiensis* ini dapat diperbanyak pada limbah cair ternak dan dapat tumbuh dengan baik. Sifat toksik didapatkan karena adanya spora dan kristal protein yang diperoleh saat sporulasi (Bravo *et al.*, 2013). Selain sifatnya yang toksik terhadap serangga hama, bioinsektisida ini juga dapat berperan sebagai pupuk bagi tanaman sehingga pertumbuhan tanaman juga akan menjadi lebih baik (Mangungsong *et al.*, 2020). Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan dengan tujuan untuk memanfaatkan limbah ternak sebagai bahan pembuat bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dalam rangka mendukung pengendalian hama terpadu.

## METODE

Alat yang digunakan berupa ember plastic dengan penutup (volume 20 L), alat pengaduk, botol (volume 1500 mL, untuk menyimpan starter bakteri), jaring serangga, *pitfall trap*, sedangkan bahan yang digunakan berupa limbah cair ternak, serai wangi, gula merah, starter *B. thuringiensis*, tanaman cabai. Kegiatan dilaksanakan di desa Jungkal Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan selama 3 bulan. Jumlah petani sasaran sebanyak 25 orang terdiri dari 15 orang laki-laki dan 10 orang perempuan. Biasanya kaum perempuan disini adalah para ibu rumah tangga yang merangkap bekerja sebagai petani. Secara rinci, rangkaian kegiatan meliputi:

1. Survei terhadap lokasi kegiatan, analisis situasi dan target sasaran

Pada kegiatan ini tim pengabdian melakukan kegiatan survey, bertemu dengan perangkat desa berdiskusi tentang permasalahan yang terjadi di desa Jungkal. Selain itu, tim pengabdian juga mengamati keadaan lingkungan berkaitan dengan adanya ternak yang dilepas liarkan.

## 2. Sosialisasi program kerja

Kegiatan sosialisasi program kerja, terutama tentang pengenalan cara membuat bio-insektisida berbasis *B. thuringiensis*. Dengan media gambar dan tayangan, tim pengabdian menjelaskan tentang Pengendalian Hama Terpadu dan pengendalian hayati dengan menggunakan bio-insektisida berbasis mikrobia.

## 3. Pelaksanaan pembuatan bioinsektisida

Pembuatan bioinsektisida dimulai dengan mengumpulkan bahan berupa limbah cair sapi (selanjutnya disebut bio-urine). Sejumlah 10 L bio-urine dimasukkan dalam ember volume 20 L selanjutnya ditambah dengan serai wangi 0,5 kg dan dibiarkan selama satu minggu. Selanjutnya bio-urine tersebut disaring dan dapat digunakan untuk menumbuhkan bakteri *B. thuringiensis*. Selanjutnya ditambahkan sebanyak 1 L *seed culture* yang disiapkan di laboratorium Fitopatologi PS Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian UNSRI (Pujiastuti *et al.*, 2020) dan ditambahkan 100 g gula merah (1% w/v) (Wahyuono, 2015). Fermentasi dilakukan selama satu minggu, selanjutnya siap untuk diaplikasikan sebagai bioinsektisida pada tanaman cabai.

## 4. Aplikasi pada demplot di lapangan dan pengamatan hama

Penggunaan sebagai bio-insektisida dilakukan pada tanaman cabai mulai dari umur 20, 30, dan 40 hari. Untuk memahami adanya perubahan jenis serangga hama yang menyerang, maka sebelum aplikasi bio-insektisida, dilakukan terlebih dulu pengamatan jenis-jenis serangga hama yang menyerang. Cara pengamatan serangga hama dilakukan dengan metode visual, jaring serangga, dan *pitfall trap* (Sidabutar *et al.*, 2017).

## 5. Pengamatan kondisi populasi hama di demplot setelah aplikasi

Setelah aplikasi bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dilakukan pengamatan lagi jenis-jenis serangga hama yang menyerang, sehingga dapat diketahui jenis serangga hama apa saja yang masih menyerang pada pertanaman cabai tersebut. Cara pengamatan serangga hama dengan metode visual, jaring serangga, dan *pitfall trap* (Sidabutar *et al.*, 2017)

## 6. Survei respon petani untuk mengetahui keberhasilan program

Kegiatan ini dilakukan dengan mengedarkan kuesioner untuk melihat ketertarikan petani terhadap kegiatan pengendalian secara hayati dengan menggunakan bio-insektisida yang dibuat oleh petani secara langsung. Selain itu, juga dilakukan wawancara secara langsung dengan petani peserta sehingga data dapat diperoleh lebih komprehensif.

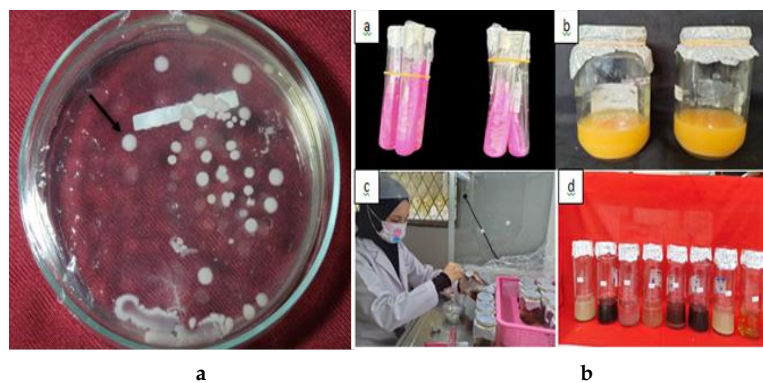
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sosialisasi program kerja melalui kegiatan tatap muka dengan melakukan diskusi melalui pertemuan dengan kelompok tani. Peserta petani berkumpul di rumah Kades Desa Jungkal. Tim pengabdian UNSRI memberikan penjelasan tentang arti penting Pengendalian Hama Terpadu, pengendalian hayati, dan pembuatan bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis*. Selain itu tim pengabdian juga menjelaskan tentang manfaat limbah yang dapat digunakan sebagai media pembuatan bio-insektisidatersebut. Dalam forum sosialisasi tersebut, petani memberikan penjelasan bahwa masalah limbah ternak (baik cair maupun padat) seringkali mengganggu kesehatan karena menyebar dimana-mana dan tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu tim pengabdian UNSRI akan memperkenalkan cara pengendalian dengan menggunakan bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* yang dapat dibuat sendiri oleh petani. Kegiatan ini diikuti oleh semua anggota kelompok tani. Selain itu, sosialisasi serangga yang ada pertanaman cabai yang dianggap semua hama oleh petani. Berdasarkan diskusi langsung dengan petani bahwa serangga yang ada di pertanaman merupakan hama yang harus dikendalikan. Kemudian tim pengabdian melakukan penjelasan bahwa serangga di lapangan yang terdapat pada pertanaman tidak semuanya hama. Serangga-serangga di lapangan ada yang menguntungkan yang termasuk ke dalam kelompok serangga-serangga predator dan parasitoid, sedangkan serangga hama merupakan serangga yang dapat merusak tanaman kita di lapangan. Berikut dicatumkan beberapa jenis serangga yang berada di sekitar pertanaman cabai (Gambar 1).



Gambar 1. Berbagai jenis serangga yang ditemukan berada di sekitar pertanaman cabai

Berdasarkan hasil pertemuan yang dilakukan para petani mulai mengerti dan dapat membedakan serangga-serangga yang menguntungkan dan yang merugikan. Ketidaktahuan para petani akibat dari kurang informasi mengenai serangga tersebut dan masih awam petani dalam mengenai serangga. Sosialisasi cara pembuatan bio-insektisida dengan cara para anggota kelompok tani dan partisipan lainnya berkumpul untuk mengikuti pembuatan bio-insektisida dengan bahan-bahan yang sudah disiapkan. Acara dimulai dengan pengenalan bahan berupa bio-urine, *seed culture* (starter) *B. thuringiensis* (yang secara khusus dibawa dari lab Fitopatologi) (Gambar 2) dan gula merah. Para petani sangat antusias dalam berpartisipasi pada pelaksanaan acara tersebut (Gambar 3).



Gambar 2. Persiapan seed culture di laboratorium. (a) Isolat *B. thuringiensis* dan b) Pembuatan *seed culture*/starter



Gambar 3. Penyuluhan mengenai serangga pada tanaman cabai dan cara pengendaliannya

### *Pengamatan serangga hama sebelum aplikasi.*

Dilakukan bersama-sama oleh tim pengabdian UNSRI dan para petani anggota kelompok. Pada pengamatan sebelum aplikasi bioinsektisida, petani menemukan beberapa jenis serangga hama meliputi ulat grayak (*Spodoptera litura*), kutu putih ataupun kutu dompolan, tungau dan lalat buah (*Bactrocera* sp.) (Gambar 1). Pada umumnya petani memahami dan mengerti jenis serangga hama tersebut. Aplikasi bio-insektisida pada demplot tanaman cabai. Penyemprotan dilakukan pada tanaman cabai yang sedang berbunga berumur 30 hari. Petani menggunakan hand sprayer sehingga dapat terukur volume yang diberikan pada setiap individu tanaman cabai. Untuk setiap tanaman cabai mendapatkan sekitar 20 mL bio-insektisida. Pengamatan serangga setelah aplikasi Setelah 3 hari masa penyemprotan, dilakukan pengamatan kembali terhadap serangga hama yang berasosiasi dengan tanaman cabai. Petani juga mengamati secara langsung serangga hama yang menyerang tanaman cabai. Serangga-serangga yang dapat mengganggu tanaman yang ditemukan oleh para petani dan menjadi permasalahan besar bagi petani yaitu, kutu daun, kutu kebul dan lalat buah. Ketika jenis serangga ini dapat menyebabkan tanaman cabai tidak berbuah dan mati. Akan tetapi, para petani banyak mengeluh mengenai kutu daun yang banyak di tanaman milik petani. Kutu daun sangat meresahkan karena dapat menularkan penyakit, penyakit yang ditularkan oleh kutu daun tidak diketahui oleh petani. Setelah dilakukan diskusi baru tahu bahwa ketika ada kutu daun pada tanaman cabai pasti ada penyakit. Kemudian tim pengabdian melakukan penjelasan mengenai penyakit yang ditularkan oleh kutu daun tersebut. Setelah dijelaskan oleh tim, para petani mulai mengerti bahwa tanaman mereka yang memiliki daun-daun kecil dan mengeriting akibat serangga kutu daun. Evaluasi terhadap kegiatan ini dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada anggota kelompok tani dan ditambah dengan wawancara langsung. Pada umumnya petani sangat memahami manfaat bio-insektisida setelah dilakukan aplikasi pada demplot (Tabel I).

**Tabel I.** Hasil evaluasi tahap awal, tahap pelaksanaan dan tahap akhir kegiatan

Materi evaluasi, pemahaman dan pengetahuan peserta	Jumlah peserta yang paham dan mengerti tentang materi evaluasi (%)		
	Tahap awal	Tahap pelaksanaan	Tahap akhir
Pengendalian hama terpadu	40	60	80
Pembuatan bahan pembuatan bioinsektisida	25	60	90
Penanaman cabai	40	80	95
Jenis-jenis hama tan cabai	30	70	90
Penilaian terhadap manfaat bioinsektisida berbasis Bt	30	70	95
Dampak kegiatan terhadap kebersihan lingkungan	40	60	80
Kreativitas dan rencana pengembangan pengendalian hama dengan bahan limbah	30	50	80

Dari kegiatan yang dilakukan oleh tim pengabdian UNSRI, menunjukkan bahwa hasil pertemuan bahwa hampir semua materi evaluasi dapat dipahami oleh petani. Dari nilai presentase yang didapatkan pada akhir kegiatan, sebagian besar petani memahami pengendalian hama terpadu (80%). Begitu juga dengan penilaian manfaat bio-insektisida berbasis *B. thuringiensis*, dimana pada tahap akhir jumlah peserta yang paham mencapai 95%. Berarti mereka telah menyadari manfaat dari aplikasi bio-insektisida. Selain bahan bio-urine mudah diperoleh, harganya murah dan mudah dibuat, para petani menyadari bahwa dengan memanfaatkan bio-urine ternak berarti dapat membantu mengatasi pencemaran lingkungan akibat bebasnya hidup ternak di luar kandang. Kesadaran akan lingkungan yang bersih dan sehat akan menjadi modal bagi generasi muda untuk hidup lebih sejahtera. Dari sisi perencanaan dan pengembangan ke depan, terlihat bahwa petani cukup bersemangat (pemahaman terukur 30% di awal dan 80% di akhir pertemuan). Hal ini menunjukkan bahwa petani memiliki semangat untuk maju dan menerima kemajuan teknologi. Kegiatan ini dirasa sangat bermanfaat bagi petani di desa Jungkal dan tim pengabdian UNSRI (mahasiswa dan dosen). Kegiatan ditutup dengan foto bersama (Gambar 4).



**Gambar 4.** Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat skim terintegrasi di Desa Jungkal Kecamatan Pampangan Kab. Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan

## KESIMPULAN

Dengan adanya pendekatan dan pendampingan yang intensif, masyarakat petani dapat menerima arahan dan kemajuan teknologi yang baru, terutama yang berkaitan dengan pengendalian hama terpadu dengan penggunaan bahan limbah yang mudah didapat, murah, mudah penanganannya dan bersifat berkelanjutan. Dengan memanfaatkan limbah ternak sebagai bioinsektisida yang ramah lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan berupa dana melalui skim Kegiatan Pengabdian Masyarakat Terintegrasi tahun anggaran 2022 dengan nomor kontrak 0004/UN9/SK.LP2M.PM/2022.

## REFERENSI

- Ali, M. P., Kabir, M. M. M., Haque, S. S., Qin, X., Nasrin, S., *et al.* (2020). Farmer's Behavior in Pesticide Use: Insights Study from Smallholder and Intensive Agricultural Farms in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, **747**, 141160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141160>
- Bravo, A., Isabel, G., Helena P., Blanca I. G. G., Claudia R.A., Liliana P., *et al.* (2013). Evolution of *Bacillus Thuringiensis* Cry Toxins Insecticidal Activity. *Microbial Biotechnology*, **6**(1), 17–26. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2012.00342.x>
- Chèze, B., Maia D., & Vincent M. (2020). Understanding Farmers' Reluctance to Reduce Pesticide Use: A Choice Experiment. *Ecological Economics*, **167**, 106349. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.06.004>
- Dara, S. K. (2019). The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, **10**(1), 12. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz010>
- Diratmaja, I. A. & Zakiah. (2015). Konsep Dasar Dan Penerapan PHT Padi Sawah Di Tingkat Petani. *Jurnal Pertanian Agros*, **17**(1), 33–45.
- Indiati, S.W. & Marwoto, M. (2017). Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada Tanaman Kedelai. *Buletin Palawija*, **15**(2), 87-100. <https://dx.doi.org/10.21082/bul/palawija.v15n2.2017.p87-100>
- Mangungsong A., Soemarsono, & Zudri, F. (2020). Pemanfaatan Mikroba Tanah Dalam Pembuatan Pupuk Organik Serta Peranannya Terhadap Tanah Aluvial Dan Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, **47**(3), 318-325. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.24721>

- Martinez, J., Patrick D., Suzelle B., & Colin B. (2009). Livestock Waste Treatment Systems for Environmental Quality, Food Safety, and Sustainability. *Bioresource Technology*, **100**(22), 5527–5536. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.038>
- Oluwole, O. & Cheke, R. A. (2009). Health and Environmental Impacts of Pesticide Use Practices: A Case Study of Farmers in Ekiti State, Nigeria. *International Journal of Agricultural Sustainability*, **7**(3), 153–163. <http://dx.doi.org/10.3763/ijas.2009.0431>
- Pujiastuti, Y., Gunawan B., Arsi, Suparman, Sulistyani, D. P., & Sandi, S. (2020). Bacillus thuringiensis Propagated in Bio-Urine Media as a Biological Control of Termite Coptotermes curvignathus and Armyworm Spodoptera litura. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **468**, 012009. <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012009>
- Saputro, D. D., Wijaya, B. R., & Yuni, W. (2014). Pengelolaan Limbah Peternakan Sapi untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi pada Kelompok Ternak Patra Sutera. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*, **12**(2), 91–98. <https://doi.org/10.15294/rekayasa.v12i2.10124>
- Sidabutar, V., Marheni, & Lubis, L. (2017). Indeks Keanekaragaman Jenis Serangga pada Fase Vegetatif dan Generatif Tanaman Kedelai (Glycine max Merrill) Di Lapangan. *Jurnal Agroekoteknologi*, **5**(2), 474–483.
- Wahyuono, D. (2015). Kajian Formulasi Bacillus thuringiensis dengan Carrier Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Pengendalian Ulat Api (Setora nitens). *Planta Tropika: Jurnal Agrosains*, **3**(1), 24–30. <https://doi.org/10.18196/pt.2015.036.24-30>
- Yuantari, M. G. C, Budi, W., & Henna, R. S. (2013). Tingkat Pengetahuan Petani dalam Menggunakan Pestisida (Studi Kasus Di Desa Curut Kecamatan Penawangan Kabupaten Grobogan). In: *Prosiding Seminar nasional Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan : Optimasi pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan Semarang, 27 Agustus 2013*. Semarang: Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro: 142–148.