
Dampak Penerapan Teknologi Biopestisida pada Pengendalian Hama Tanaman

Nia Sundari

Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Pengendalian hama merupakan salah satu tantangan terbesar dalam pertanian modern. Selama bertahun-tahun, pestisida kimia telah menjadi pilihan utama dalam mengatasi masalah ini, tetapi penggunaannya yang intensif telah menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan, penurunan kualitas tanah, resistensi hama, dan risiko kesehatan bagi manusia. Sebagai solusi yang lebih berkelanjutan, biopestisida hadir sebagai alternatif yang ramah lingkungan. Biopestisida merupakan agen pengendali hama yang berasal dari bahan alami, seperti mikroorganisme (bakteri, virus, atau jamur), ekstrak tumbuhan, dan senyawa organik lainnya. Artikel ini mengkaji dampak penerapan teknologi biopestisida dalam pengendalian hama tanaman, serta implikasinya terhadap ekosistem pertanian, kesehatan manusia, dan keberlanjutan produksi pangan.

Penggunaan biopestisida memiliki banyak keunggulan, termasuk selektivitas yang lebih tinggi terhadap hama sasaran, sehingga tidak mengganggu organisme non-target yang penting dalam ekosistem, seperti serangga penyerbuk dan mikroba tanah. Selain itu, biopestisida memiliki tingkat biodegradabilitas yang baik, sehingga tidak meninggalkan residu berbahaya di lingkungan. Penerapannya juga dinilai lebih aman bagi konsumen, karena produk pertanian yang dihasilkan bebas dari residu kimia beracun. Namun, penerapan biopestisida masih menghadapi beberapa tantangan, seperti biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pestisida kimia, serta efektivitasnya yang bergantung pada kondisi lingkungan tertentu.

Secara keseluruhan, biopestisida menunjukkan potensi besar dalam mendukung pertanian berkelanjutan, tetapi diperlukan peningkatan inovasi teknologi dan dukungan kebijakan untuk meningkatkan adopsinya di kalangan petani. Artikel ini mengupas manfaat biopestisida serta tantangan yang dihadapi dalam implementasinya, dengan tujuan mendorong pengembangan lebih lanjut teknologi ini untuk memastikan produksi pangan yang aman dan ramah lingkungan di masa depan.

Kata Kunci: biopestisida, pengendalian hama, teknologi pertanian, pertanian berkelanjutan, keamanan pangan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengendalian hama tanaman adalah aspek penting dalam praktik pertanian modern. Hama yang menyerang tanaman dapat menurunkan hasil panen, mengurangi kualitas produk, dan pada beberapa kasus, menghancurkan seluruh ladang. Oleh karena itu, petani telah lama mengandalkan pestisida kimia untuk melindungi tanaman mereka dari serangan hama. Pestisida kimia bekerja dengan cepat dan efektif dalam membunuh berbagai jenis hama, sehingga dianggap sebagai solusi instan untuk masalah hama. Namun, penggunaannya yang intensif selama beberapa dekade telah memicu berbagai dampak negatif yang mulai menjadi perhatian serius.

Pestisida kimia, meskipun efektif, sering kali tidak selektif. Artinya, zat kimia ini dapat membunuh tidak hanya hama sasaran, tetapi juga organisme non-target yang berperan penting dalam ekosistem, seperti serangga penyerbuk (misalnya lebah) dan mikroba tanah yang esensial untuk kesuburan tanah. Selain itu, penggunaan pestisida kimia dalam jangka panjang telah menyebabkan munculnya resistensi pada hama. Hama yang mampu bertahan dari paparan pestisida cenderung berkembang biak, menghasilkan populasi yang semakin sulit dikendalikan. Dampaknya, petani terpaksa menggunakan dosis pestisida yang lebih tinggi atau beralih ke produk yang lebih kuat, yang pada gilirannya meningkatkan risiko pencemaran lingkungan.

Pencemaran akibat pestisida kimia menjadi isu lingkungan yang signifikan. Pestisida yang digunakan di lahan pertanian sering kali terbawa oleh air hujan dan mengalir ke sungai atau perairan lainnya, mencemari sumber air dan berdampak pada organisme akuatik. Selain itu, pestisida yang terserap ke dalam tanah dapat merusak keseimbangan mikrobiologis, mengurangi keanekaragaman hayati di tanah, serta menurunkan kesuburan tanah dalam jangka panjang. Lebih jauh, residu pestisida yang tersisa pada produk pertanian menjadi ancaman bagi kesehatan konsumen, terutama jika produk tersebut dikonsumsi dalam jangka panjang.

Menyadari berbagai dampak negatif tersebut, berkembang kesadaran global akan pentingnya mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan mencari solusi yang lebih ramah lingkungan dalam pengendalian hama. Dalam konteks ini, biopestisida menjadi salah satu alternatif yang dianggap potensial untuk menggantikan pestisida kimia. Biopestisida adalah agen pengendali hama yang berasal dari bahan-bahan alami, seperti mikroorganisme, ekstrak tumbuhan, atau senyawa organik lainnya. Tidak seperti pestisida kimia, biopestisida bekerja dengan cara yang lebih selektif, hanya mempengaruhi hama sasaran dan meninggalkan organisme non-target dengan kerusakan minimal.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan praktik pertanian yang berkelanjutan, biopestisida mulai menarik perhatian lebih luas di kalangan ilmuwan, pembuat kebijakan, dan petani. Keunggulan utama biopestisida adalah tingkat keamanan yang lebih tinggi,

baik bagi lingkungan maupun manusia. Karena biopestisida berasal dari bahan alami, residunya cenderung terurai dengan cepat di alam, sehingga mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan kontaminasi pangan. Selain itu, biopestisida memiliki mekanisme kerja yang lebih spesifik, yang berarti mereka dapat dirancang untuk menargetkan jenis hama tertentu tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

Namun, meskipun biopestisida menawarkan banyak keunggulan, penerapannya masih terbatas di banyak negara, termasuk Indonesia. Beberapa faktor yang membatasi adopsi biopestisida antara lain adalah biaya produksi yang lebih tinggi, ketergantungan pada kondisi lingkungan tertentu, serta kurangnya pengetahuan dan kesadaran di kalangan petani. Biopestisida sering kali memerlukan teknologi produksi yang lebih kompleks dibandingkan dengan pestisida kimia, yang menyebabkan harganya lebih mahal di pasar. Selain itu, efektivitas biopestisida bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan intensitas sinar matahari, yang berarti hasilnya mungkin kurang konsisten di berbagai kondisi lingkungan.

Kurangnya kesadaran di kalangan petani juga menjadi salah satu hambatan besar dalam adopsi biopestisida. Banyak petani, terutama di daerah pedesaan, masih terbiasa dengan penggunaan pestisida kimia dan kurang familiar dengan biopestisida. Oleh karena itu, edukasi dan penyuluhan pertanian menjadi kunci dalam meningkatkan pemahaman petani tentang manfaat biopestisida serta cara penggunaannya yang tepat. Dengan meningkatkan akses informasi, pelatihan, dan insentif untuk penggunaan biopestisida, diharapkan petani dapat beralih ke metode pengendalian hama yang lebih aman dan berkelanjutan.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak penerapan teknologi biopestisida pada pengendalian hama tanaman, khususnya dalam konteks keberlanjutan pertanian. Selain membahas manfaat ekologis dan sosial dari biopestisida, artikel ini juga mengupas tantangan yang masih dihadapi dalam penerapannya. Dengan demikian, diharapkan artikel ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas bagi para pemangku kepentingan di bidang pertanian, termasuk peneliti, petani, dan pembuat kebijakan, untuk mendorong adopsi teknologi biopestisida di masa depan.

Pembahasan

1. Keunggulan Biopestisida dalam Pengendalian Hama

*Biopestisida memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan pestisida kimia, terutama dari segi selektivitas, dampak terhadap lingkungan, dan keamanan pangan. Selektivitas biopestisida terhadap hama sasaran menjadi salah satu keunggulan utama. Kebanyakan biopestisida hanya mempengaruhi hama tertentu tanpa merusak organisme non-target yang penting dalam ekosistem pertanian, seperti predator alami, penyerbuk, dan mikroba tanah. Sebagai contoh, *Bacillus thuringiensis* (Bt), salah satu biopestisida yang paling*

sering digunakan, menghasilkan protein kristal yang bersifat toksik hanya terhadap larva serangga tertentu, seperti kupu-kupu dan ngengat, tanpa membahayakan organisme lainnya. Keunggulan ini menjadikan biopestisida pilihan yang lebih aman untuk diterapkan dalam sistem pertanian yang berkelanjutan.

Selain selektivitas yang lebih tinggi, biopestisida juga memiliki tingkat biodegradabilitas yang lebih baik dibandingkan pestisida kimia. Ini berarti bahwa biopestisida terurai lebih cepat di lingkungan dan tidak meninggalkan residu berbahaya dalam tanah atau air. Hal ini sangat penting dalam mencegah pencemaran lingkungan yang sering kali terjadi akibat penggunaan pestisida kimia yang berlebihan. Pada banyak kasus, pestisida kimia yang tidak terurai dengan cepat dapat mencemari sumber air, memengaruhi organisme akuatik, dan merusak ekosistem secara keseluruhan. Biopestisida, dengan sifatnya yang alami dan mudah terurai, membantu meminimalkan risiko ini, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan.

Lebih jauh lagi, penggunaan biopestisida dinilai lebih aman bagi kesehatan manusia. Pestisida kimia sering kali meninggalkan residu pada hasil panen, yang jika dikonsumsi oleh manusia dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan hormonal, kanker, dan penyakit kronis lainnya. Sebaliknya, biopestisida umumnya tidak meninggalkan residu yang signifikan pada tanaman, sehingga lebih aman untuk dikonsumsi manusia. Hal ini menjadikan biopestisida sebagai pilihan yang ideal untuk pertanian organik dan produksi pangan yang bebas dari residu kimia berbahaya.

2. Dampak Ekologis Penerapan Biopestisida

Dampak ekologis dari penerapan biopestisida juga menjadi salah satu alasan penting mengapa teknologi ini semakin banyak diadopsi. Dalam sistem ekologi pertanian, ada banyak organisme yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan, termasuk predator alami hama, serangga penyerbuk, serta mikroorganisme yang mendukung kesuburan tanah. Pestisida kimia, meskipun efektif dalam membunuh hama sasaran, sering kali juga memengaruhi organisme non-target ini, yang dapat mengganggu ekosistem secara keseluruhan.

Salah satu dampak positif penerapan biopestisida adalah peningkatan kesehatan ekosistem pertanian. Dengan selektivitasnya yang lebih tinggi, biopestisida memungkinkan keberlangsungan hidup predator alami hama, seperti laba-laba, kumbang, dan tawon parasit, yang berperan dalam pengendalian alami hama. Pengendalian alami ini sangat penting untuk menjaga keseimbangan populasi hama dan mengurangi ketergantungan pada pestisida buatan. Dengan populasi predator alami yang lebih stabil, tanaman pun terlindungi dari serangan hama tanpa harus terus-menerus disemprot dengan pestisida.

Selain itu, biopestisida juga berkontribusi pada peningkatan keanekaragaman hayati di lingkungan pertanian. Keanekaragaman hayati ini sangat penting karena organisme yang

beragam dalam suatu ekosistem membantu menciptakan sistem yang lebih kuat dan lebih tahan terhadap gangguan eksternal. Keanekaragaman spesies juga membantu meningkatkan kapasitas regeneratif ekosistem, sehingga lebih mudah pulih dari dampak negatif seperti kekeringan, banjir, atau wabah hama. Penerapan biopestisida, dengan efeknya yang minimal terhadap organisme non-target, mendukung keanekaragaman hayati ini, menciptakan lingkungan pertanian yang lebih stabil dan sehat.

3. Tantangan dalam Implementasi Biopestisida

Meskipun biopestisida menawarkan berbagai keunggulan, implementasinya masih menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu tantangan utama adalah biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pestisida kimia. Produksi biopestisida sering kali melibatkan teknologi yang lebih kompleks, seperti kultur mikroorganisme atau ekstraksi senyawa aktif dari tumbuhan. Proses-proses ini membutuhkan peralatan yang canggih dan sering kali memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan produksi pestisida kimia sintetis. Akibatnya, biopestisida sering kali lebih mahal di pasar, yang dapat menghambat adopsinya di kalangan petani, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, di mana akses terhadap teknologi pertanian canggih masih terbatas.

Tantangan lain yang dihadapi adalah efektivitas biopestisida yang sering kali bergantung pada kondisi lingkungan tertentu. Sebagai contoh, beberapa biopestisida berbasis mikroorganisme hanya efektif pada suhu dan kelembaban tertentu. Selain itu, paparan sinar matahari yang terlalu kuat juga dapat mengurangi efektivitas biopestisida, karena sinar UV dapat menghancurkan mikroorganisme atau senyawa aktif di dalamnya. Oleh karena itu, penerapan biopestisida memerlukan pemahaman yang baik tentang kondisi lingkungan yang ideal untuk penggunaannya, serta penyesuaian strategi pengendalian hama di lapangan. Hal ini berbeda dengan pestisida kimia, yang biasanya lebih konsisten dalam hasilnya di berbagai kondisi lingkungan.

Kurangnya kesadaran dan pengetahuan di kalangan petani juga menjadi hambatan dalam penerapan biopestisida. Banyak petani yang belum familiar dengan biopestisida dan lebih memilih untuk tetap menggunakan pestisida kimia, yang sudah lama mereka kenal dan terbukti efektif. Biopestisida dianggap baru dan sering kali dihadapkan pada persepsi bahwa biopestisida kurang ampuh dibandingkan pestisida kimia. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan edukasi yang lebih intensif di kalangan petani mengenai manfaat dan cara penggunaan biopestisida. Penyuluhan pertanian yang memadai, termasuk demonstrasi lapangan dan pelatihan, sangat penting untuk meningkatkan adopsi biopestisida.

4. Potensi Penerapan Biopestisida di Masa Depan

Terlepas dari tantangan yang ada, potensi penerapan biopestisida di masa depan sangat besar. Salah satu faktor yang mendorong potensi ini adalah meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk pertanian yang lebih sehat dan ramah lingkungan. Konsumen saat ini semakin peduli dengan dampak negatif pestisida kimia terhadap kesehatan dan lingkungan, sehingga permintaan terhadap produk organik dan bebas pestisida terus meningkat. Tren ini menciptakan peluang pasar yang besar bagi biopestisida, karena petani yang ingin memenuhi standar organik dan keamanan pangan yang ketat harus beralih ke metode pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan.

Selain itu, perkembangan teknologi di bidang bioteknologi dan mikrobiologi membuka peluang baru untuk menciptakan biopestisida yang lebih efektif dan efisien. Penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa modifikasi genetik pada mikroorganisme penghasil biopestisida dapat meningkatkan kemampuan mereka untuk mengendalikan hama secara lebih spesifik dan tahan lama. Penggunaan nanoteknologi dalam formulasi biopestisida juga sedang dikembangkan untuk meningkatkan stabilitas produk dalam berbagai kondisi lingkungan dan memperpanjang umur simpannya. Dengan kemajuan teknologi ini, diharapkan biaya produksi biopestisida dapat ditekan, sehingga lebih terjangkau bagi petani di berbagai negara, termasuk negara berkembang.

Selain itu, dukungan kebijakan dari pemerintah juga dapat berperan penting dalam mendorong penggunaan biopestisida di kalangan petani. Pemerintah dapat memberikan insentif bagi petani yang beralih ke biopestisida, seperti subsidi harga atau bantuan teknis. Kampanye nasional tentang pertanian ramah lingkungan dan bebas pestisida juga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya biopestisida dalam mewujudkan pertanian yang berkelanjutan.

Kesimpulan

Penerapan teknologi biopestisida dalam pengendalian hama tanaman menawarkan banyak manfaat yang signifikan dalam mendukung pertanian yang berkelanjutan. Dibandingkan dengan pestisida kimia, biopestisida lebih selektif terhadap hama sasaran, aman bagi organisme non-target, serta memiliki dampak yang jauh lebih minimal terhadap lingkungan. Penggunaan biopestisida juga mendukung upaya menjaga keanekaragaman hayati dan ekosistem pertanian yang sehat, sambil mengurangi risiko pencemaran dan residu berbahaya pada hasil panen.

Meskipun demikian, tantangan seperti biaya produksi yang lebih tinggi, efektivitas yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, serta rendahnya kesadaran petani menjadi hambatan dalam penerapan luas teknologi ini. Namun, dengan dukungan kebijakan yang tepat, edukasi yang intensif, dan kemajuan teknologi, potensi penggunaan biopestisida dapat meningkat secara signifikan. Permintaan konsumen terhadap produk pertanian yang ramah lingkungan dan bebas dari residu pestisida kimia juga mendorong prospek yang cerah untuk adopsi biopestisida di masa depan.

Biopestisida berperan penting dalam mewujudkan sistem pertanian yang lebih sehat, aman, dan berkelanjutan, serta memberikan solusi jangka panjang untuk pengendalian hama tanaman yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pane, E. (2008). *Pengaruh Waktu Kastrasi Bunga Jantan pada Beberapa Varietas Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung (Zea mays L)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Hasibuan, S., & Aziz, R. (2019). *Pengaruh Pemangkasan Cabang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Semangka (Citrullus vulgaris Schard)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Indrawati, A. (2005). *Kliping Koran Kegiatan Universitas Medan Area Juni 2005*.
- Noer, Z., & Aziz, R. (2023). *Eksplorasi dan Identifikasi Patogen, Kejadian Penyakit dan Intensitas Penyakit Bercak Daun pada Pembibitan Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) di Kabupaten Simalungun*.
- Hasibuan, S., & Aziz, R. (2019). *Pengaruh Pemangkasan Cabang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Semangka (Citrullus vulgaris Schard)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Noer, Z., & Aziz, R. (2023). *Eksplorasi dan Identifikasi Patogen, Kejadian Penyakit dan Intensitas Penyakit Bercak Daun pada Pembibitan Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) di Kabupaten Simalungun*.
- Mardiana, S., & Pane, E. (2023). *Pengaruh Pemberian Pupuk Petrogenik dan Mulsa Batang Pisang terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata L.)*.
- Harahap, G., & Lubis, M. M. (2019). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi dan Kelayakan Usaha Rumah Tangga Gula Aren (Studi Kasus: Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Pane, E., Siregar, T., & Rahman, A. (2016). *Kelangkaan Penyadap di Perkebunan Karet*.
- Tantawi, A. R., & Panggabean, E. L. (2013). *Komparasi Pertanaman Kailan (Brassica Oleracea Var Chepala) Sistem Aeroponik dan Konvensional dengan Pemberian Pupuk Organik Cair Bio Subur di Rumah Kassa*.
- Tantawi, A. R. (2018). *Kesalahan Individual dan Sosial*.
- Astuti, K., & Pane, E. (2012). *Analisis Efisiensi Pemasaran Cabai Merah di Kabupaten Batu Bara*.
- Rahman, A. (2022). *Efektivitas Waktu Aplikasi Dan Dosis Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin Terhadap Mortalitas Hama Spodoptera frugiperda Pada Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.)*.
- Tantawi, A. R. (2018). *Hikmah yang Terkandung Dalam Waktu Shalat*.
- Lubis, M. M., & Saleh, K. (2022). *Analisis Nilai Tambah dan Kelayakan Usaha Pengolahan Ikan Asin (Studi Kasus: Desa Percut, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Harahap, G. (2003). *Pengaruh Faktor-Faktor Produksi Usaha Tani Terhadap Produksi dan Pendapatan Petani Padi Sawah (Studi Kasus: Desa Sidodadi Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Saragih, M., & Rahman, A. (2001). *Kajian Sebaran dan Tingkat Parasitasi Hemipterus Varicornis Terhadap Lirionya sp Pada Berbagai Tanaman Inang*.
- Lubis, Y. (2000). *Pengendalian Hama Penggerek Batang Tebu Dengan Parasitoid Telur Trichogramma Spp*.
- Indrawati, A. (2013). *Berita Kegiatan Universitas Medan Area Periode Maret 2013*.
- Rahman, A., & Indrawati, A. (2002). *Pemberian Pupuk Cair Organik Super Bionik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tiga Varietas Jagung (Zea mays) di Polybag* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Lubis, Z., & Efendi, I. (2023). *Model Keberhasilan Kinerja UKM Program Kemitraan pada PT. Perkebunan Nusantara III*.
- Tantawi, A. R. (2018). *Shalat Sebagai Ajang Atau Sarana Bertawarrub Kepada Allah Swt*.
- Sianipar, G. (2019). *Respon pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah (arachis hypogaea l.) Terhadap pemberian kompos batang jagung dan pupuk organik cair limbah ampas tebu* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Panggabean, E. L., Simanullang, E. S., & Siregar, R. S. (2013). *Analisis Model Produksi Padi, Ketersediaan Beras, Akses dan Pengeluaran Pangan Rumah Tangga Petani Padi di Desa Sei Buluh Kecamatan Teluk Mengkudu Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara Untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan*.
- Banjarnahor, M. (2018). *Penuntun Praktikum Pengukuran Statistik*.
- Aziz, R., & Hutapea, S. (2021). *Pengaruh Pemberian Biochar Kulit Jengkol dan Pupuk kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Serta Intensitas Serangan Hama Pada Tanaman Jagung Manis (Zea Mays Saccharata Slurt.)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Saragih, M., & Noor, Z. (1998). *Evaluasi Kerapatan Populasi Hama Tikus Sebelum dan Sesudah Pengendalian dengan Metode Capture-Recapture di Perkebunan Kelapa Sawit*.
- Rahman, A., & Pane, E. (2010). *Peranan Kredit Kelompok Petani Kecil Dalam Pembinaan Usaha Sampingan di Kabupaten Deli Serdang Langkat*.

- Umar, S., & Harahap, G. (2002). *Penyuluhan Kehutanan dan Faktor Sosial Ekonomi yang Mempengaruhi Pendapatan Petani di Sekitar Kawasan Hutan (Studi Kasus: Desa Tiga Dolok Kecamatan Dolok Panribuan Kabupaten Simalungun)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Lubis, Z., & Hasibuan, S. (2020). *Analisis Komparasi Kinerja dan Variabel Lingkungan antara Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik di PT Eastern Sumatra Indonesia* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Pane, E. (2006). *Pengaruh Konsentrasi Pupuk Cair Organik KK-1 Dengan Berbagai Waktu Pemberian Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jack) di Pembibitan Utama*.
- Panggabean, E. (2007). *Pengaruh Media Tumbuh dan Pupuk Daun Gandasil D Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Anggrek Tanah (Vanda Douglas)*.