EFEKTIVITAS *Streptomyces* sp. SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI CEKAMAN PESTISIDA DI PERTANAMAN BAWANG MERAH (*Allium ascalonicum* L.) KECAMATAN BAGOR KABUPATEN NGANJUK

Michelle Lius[1)], Tri Mujoko[1*)], dan Herry Nirwanto[1)]
[1)]Program Studi Agroteknologi, UPN "Veteran" Jawa Timur
[*)]Email korespondensi: trimujoko.agri@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Pestisida merupakan bahan beracun yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup dan keanekaragaman hayati. Pengaplikasian pestisida secara langsung pada tanaman dapat meninggalkan residu yang berdampak pada kesehatan serta mengendap di dalam tanah dan menyebabkan kesuburan tanah terganggu. Bioremediasi merupakan pengembangan di bidang bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan agen biologis untuk mengendalikan pencemaran. *Streptomyces* sp. dapat menjadi agen bioremediasi yang membantu menurunkan nilai residu klorpirifos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Streptomyces* sp. sebagai agen bioremediasi serta untuk mengetahui konsentrasi *Streptomyces* sp. yang efektif. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol atau tanpa *Streptomyces* sp., penambahan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml/100 ml aquades dan 20 ml/100 ml aquades. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Streptomyces* sp. pada tanah tercemar residu klorpirfos dengan konsentrasi 20 ml mampu menurunkan nilai residu klorpirifos sebanyak 94% yaitu dari 1.08 ppm menjadi 0.06 ppm dalam waktu 21 hari.

Kata kunci: *Streptomyces* sp., konsentrasi, bawang merah, bioremediasi, pestisida

ABSTRACT

Pesticides are toxic substances that have the potential to cause negative impacts on the environment and biodiversity. Direct application of pesticides to plants can leave residues that impact health and settle in the soil and cause soil fertility to be disrupted. Bioremediation is a development in the field of environmental biotechnology that utilizes biological agents to control pollution. Streptomyces sp. can be a bioremediation agent that helps reduce the residual value of chlorpyrifos. This study aims to determine the ability of Streptomyces sp. as a bioremediation agent and to determine the effective concentration of Streptomyces sp. The study was conducted using a completely randomized design (CRD) with control treatments or without Streptomyces sp., the addition of Streptomyces sp. concentrations of 10 ml/100 ml of distilled water and 20 ml/100 ml of distilled water. The results showed that the treatment of Streptomyces sp. concentrations. In soil contaminated with chlorpyrifos

residues, a 20 ml concentration reduced chlorpyrifos residue levels by 94%, from 1.08 ppm to 0.06 ppm within 21 days.

Keywords: Streptomyces sp., concentration, shallots, bioremediation, pesticides

PENDAHULUAN

Bawang merah adalah satu tanaman yang memiliki berbagai manfaat dan banyak dibudidayakan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021), Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu sentra produksi bawang merah terbesar di Indonesia setelah Kabupaten Brebes. Pada data Badan Pusat Statistik Kabupaten Nganjuk (2024), terdapat beberapa kecamatan yang merupakan produsen bawang merah tertinggi di Kabupaten Nganjuk, salah satunya adalah Kecamatan Bagor dengan jumlah 363 632 kuintal.

Bagor merupakan kecamatan yang mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani bawang merah. Budidaya bawang merah dilakukan 4-5 kali dalam setahun tanpa rotasi atau penggantian komoditas selama setahun penuh. Budidaya bawang merah tidak dapat terhindar dari beberapa kendala salah satunya serangan hama penyakit tanaman. Hama ulat menyerang saat musim hujan maupun musim kemarau pada tanaman bawang merah (Ghozali & Wibowo, 2019).

Serangan hama pada tanaman bawang merah dapat dikendalikan dengan menggunakan pestisida sintetis. Setiyoko, *et al.,* (2017) menyatakan bahwa penggunaan pestisida untuk mengatasi permasalahan pada budidaya bawang merah banyak digunakan karena efektif dan cepat mengurangi serangan hama dan penyakit. Peraturan Menteri Pertanian (2019) menjelaskan bahwa pestisida merupakan bahan beracun yang menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup dan keanekaragaman hayati, menimbulkan resistensi, resurgensi, munculnya hama baru, serta menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia dan makhluk hidup lain, sehingga perlu diaplikasikan secara cermat.

Para petani di kecamatan Bagor menggunakan insektisida dengan bahan aktif klorpirifos. Klorpirifos merupakan insektisida bersifat non sistemik yang

bekerja ketika terjadi kontak dengan kulit, termakan, dan terhirup. Klorpirifos termasuk golongan organofosfat. Klorpirifos berupa kristal berwarna putih dengan bau yang tajam, tidak bercampur dengan air tetapi bercampur dengan cairan berminyak. Insektisida yang sering digunakan di Indonesia adalah golongan organofosfat sebanyak 22.29% karena memiliki daya pemberantasan yang kuat dan cepat. Klorpirifos dapat bertahan cukup lama di dalam tanah, sekitar 60 hingga 120 hari, dan beberapa bahkan dapat lebih dari setahun, di antaranya tergantung pada iklim (Kurnia, 2018).

Pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan dengan cara pengaplikasian pestisida secara langsung pada tanaman sehingga meninggalkan residu. Jaringan tubuh yang mengandung lemak akan menimbun residu pestisida yang terbawa bersama makanan. Kerusakan fungsi hati, ginjal, sistem saraf, menurunkan kekebalan tubuh, menimbulkan cacat lahir, alergi, dan kanker merupakan dampak dari akumulasi residu pestisida (Kurnia, 2018). Selain itu residu pestisida juga dapat mengendap di dalam tanah dan menyebabkan kesuburan tanah terganggu. Berdasarkan SNI 7313 (BSN 2008) batas maksimum residu (BMR) pada tanaman bawang merah sebesar 0.2 ppm.

Upaya pengurangan residu pestisida memerlukan strategi pengendalian yang optimal dan efektif untuk mengurangi pencemaran akibat penggunaan pestisida yang tertimbun pada tanah, salah satunya dengan cara bioremediasi. Bioremediasi merupakan pengembangan di bidang bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan agen biologis untuk mengendalikan pencemaran. Contoh agens bioremediasi yaitu *Streptomyces* sp. yang merupakan salah satu mikroba tanah yang dapat mensintesis metabolit sekunder seperti antibiotik, herbisida, pestisida, antiparasit, dan enzim. Salah satu enzim yang sering digunakan dalam bioremediasi ialah selulase xilanase (Sulistyani & Narwanti, 2015).

Rosalina, *et al.,* (2022) menjelaskan bahwa *Streptomyces* sp. merupakan inokulum yang cocok digunakan dalam penyisihan pestisida karena kemampuan pertumbuhannya yang relatif cepat, bermiselium, dapat mengubah senyawa toksik melalui reaksi biologis. Ginting, *et al.* (2019) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pemberian *Streptomyces* sp. pada tanah yang telah tercemar

pestisida. Hal ini terbukti dengan menurunnya konsentrasi residu pestisida pada tanah yang tercemar. Nilai residu pestisida yang semula sebesar 97.69 mg/kg turun menjadi 3.72 mg/kg setelah ditambahkan *Streptomyces* sp. dalam waktu 21 hari. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Streptomyces* sp. sebagai agen bioremediasi dan konsentrasi *Streptomyces* sp. yang efektif dalam menurunkan nilai residu klorpirifos.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni-November 2024. Penelitian dilakukan di *Greenhouse* UPN "Veteran" Jawa Timur dan Balai Penelitian & Konsultasi Industri, Surabaya.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi cawan petri, tabung reaksi, autoklaf, vortex, *shaker*, *laminar air flow*, mikropipet, tip mikropipet, gelas beaker, erlenmeyer, pengaduk kaca, bunsen, timbangan analitik, kompor, jarum ose, *cork borer*, dan polybag ukuran 25x25cm, cangkul, sekop, saringan 10 mesh, ekstraktor, pengaduk, kertas saring, gelas ukur, TLC, dan spectrometer UV-Vis.

Bahan yang digunakan meliputi sampel tanah pertanian berasal dari Kecamatan Bagor, Kabupaten Nganjuk yang rutin menggunakan insektisida dengan bahan aktif klorpirifos, isolat *Streptomyces* sp. hasil eksplorasi pada tanaman cabai oleh Lukamnul Hakim, media *glucose nutrient Agar* (GNA), media cair ekstrak kentang gula (EKG), aquades, alkohol 70%, spiritus, alumunium foil, plastik bungkus tipis, bensena, metanol, dan cloroform.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan percobaan yang disusun dengan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi agen hayati yang terdiri: KS0 = tanpa isolat *Streptomyces* sp.; KS1 = *Streptomyces* sp. konsentrasi 10 ml/100 ml

aquades; dan KS2 = *Streptomyces* sp. konsentrasi 20 ml/100 ml aquades (Ginting, *et al.* 2019).

Data hasil penelitian dianalisa menggunakan sidik ragam (ANOVA). Apabila terdapat pengaruh perlakuan yang nyata, dilakukan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

Pelaksanaan Penelitian

Kemampuan *Streptomyces* sp. dalam mendegradasi residu pestisida ditentukan berdasarkan hasil analisis menggunakan metode kromatografi spectrofotometri UV-Vis. Prinsip dasar UV-Vis adalah adsorbansi (Hidayah, *et al.,* 2024). Periode pengujian dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, dan 21. Aplikasi perlakuan *Streptomyces* sp. dilaksanakan setelah pengambilan sampel tanah untuk pengujian awal pada hari ke-0.

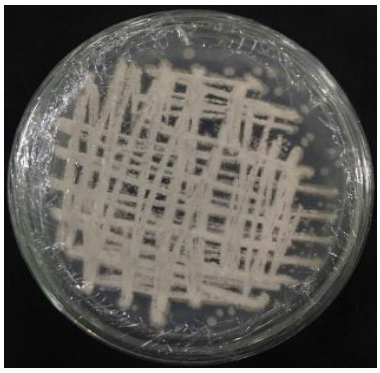
Prosedur kerja pada penelitian ini mengikuti prosedur percobaan pada penelitian bioremediasi tanah yang tercemar oleh pestisida (Aparacio, *et al.,* 2018). Prosedur kerja dilakukan dengan memasukkan 1 kg sampel tanah yang memiliki kandungan residu pestisida tinggi. Selanjutnya diaplikasikan larutan *Streptomyces* sp. dengan masing-masing perlakuan sebanyak 10 ml larutan/polibag. Perlakuan pertama didapatkan dengan mengambil 10 ml suspensi *Streptomyces* sp. pada media EKG yang dicampur dengan 100 ml aquades dan dihomogenkan dengan cara divortex. Perlakuan kedua dilakukan dengan mencampur 20 ml suspensi *Streptomyces* sp. pada media EKG dengan 100 ml aquades dan dihomogenkan dengan cara divortex.

Bioremediasi dilakukan selama 21 hari (Benimeli, *et al.,* 2007). Suhu tanah dipertahankan pada 18-30°C dengan cara meletakkan tanah di dalam *greenhouse*. Selanjutnya dilakukan penyiraman pada masing-masing wadah untuk menjaga kelembapan yang disesuaikan dengan kondisi tanah dan cuaca (Benimeli, *et al.,* 2008). Analisis residu klorpirifos diuji setiap 7 hari sekali.

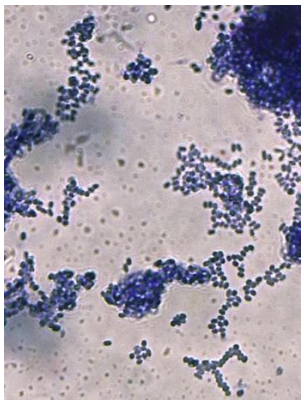
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Streptomyces* sp.

Pengamatan karakteristik *Streptomyces* sp. sebagai agen bioremediasi menggunakan isolat *Streptomyces* sp. yang diremajakan pada media GNA dan diinkubasi selama 14x24 jam untuk melihat kenampakan karakteristik *Streptomyces* sp. secara makroskopis dan mikroskopis.



Gambar 1. Karakteristik *Streptomyces* sp. Secara Makroskopis



Gambar 2. Karakteristik *Streptomyces* sp. Secara Mikroskopis Perbesaran 1000x

Secara makrokopis (Gambar 1) isolat *Streptomyces* sp. memiliki tekstur yang bertepung dengan permukaan yang halus dan tidak berlendir serta memiliki warna koloni keabu-abuan. Hal ini sesuai dengan penyataan Fardiyanti, *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa koloni *Streptomyces* sp. memiliki warna koloni yang beragam. Salah satunya adalah berwarna putih keabu-abuan dengan tekstur yang bertepung. Sandy & Sasto (2020) menyatakan bahwa bentuk makroskopis koloni *Streptomyces* sp. memiliki permukaan yang halus dengan dapat dikenali dari bentuk koloni yang berwarna putih. *Streptomyces* sp. juga memiliki ciri khas yaitu berbau seperti tanah yang disebabkan oleh produksi asam asetat, acetildehida etanol, isobutanol, dan isobutil. Kawuri (2016) menyatakan bahwa *Streptomyces* sp memiliki permukaan tidak rata, koloni berbentuk bulat dengan pinggir bergerigi, terdapat garis radial serta bertepung dan berwarna putih. Ambarwati & Purwani (2010),

menyatakan permukaan spora *Streptomyces* sp. dapat dibedakan menjadi berduri atau berbulu, halus serta berkutil.

Secara mikroskopis *Streptomyces* sp. memiliki bentuk spora *flexous* (bergelombang) dan membentuk rantai spora. Spora yang berkumpul membentuk suatu rantai spora yang panjang, tersusun dan bergelung merupakan satu ciri dari genus *Streptomyces*. Apabila dewasa miselium udara akan membentuk rantai yang terdiri dari tiga sampai banyak konidia. Prasetya dan Abadi (2022) menyatakan bahwa *Streptomyces* sp. secara mikrokopis memiliki ciri-ciri konidia berbentuk bulat dan rantai dan terdapat hifa bercabang tidak bersepta. Ambarwati & Purwani (2010) juga menyatakan bahwa morfologi rantai spora *Streptomyces* sp. beragam, ada yang lurus, lentur atau spiral yang terdiri dari spora yang terdiri dari 3 sampai 50 spora.

Pengukuran Efektivitas Bioremediasi

Pada hasil data statistik (Tabel 1) pada hari ke-0 dan hari ke-21 tidak berbeda nyata. Hal ini dapat disebabkan karena variasi data yang rendah dan kurang beragam. Selain itu dapat disebabkan data yang terlalu tinggi dan terallu rendah, sehingga menyebabkan tidak berbeda nyata. Sedangkan pada hari ke-7 dan hari ke-14 berbeda nyata karena dapat disebabkan oleh waktu bioremediasi oleh *Streptomyces* sp. yang terlalu singkat atau terlalu lama dapat mempengaruhi efektivitas proses bioremediasi.

Tabel 1. Hasil Uji Residu Klorpirifos

No.	Residu Klorpirifos (ppm)	Hari Ke-			
		0	7	14	21
1.	Kontrol	1.08	1.12c	1.10c	0.98
2.	Konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml	1.08	0.83b	0.63b	0.21
3.	Konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml	1.08	0.31a	0.28a	0.06

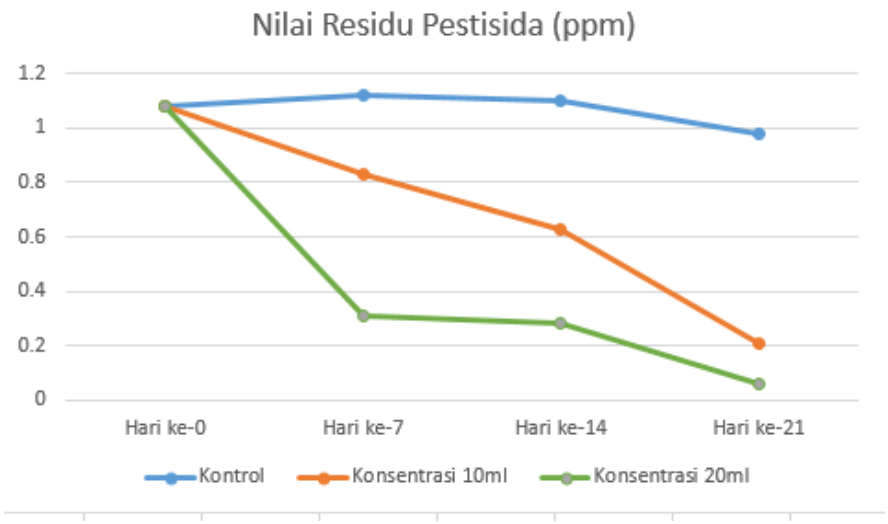
Keterangan: Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT dengan $\alpha = 5\%$.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian residu klorpiriofos pada hari ke-0 ketiga perlakuan memiliki nilai residu yang sama yaitu 1.08 ppm yang menunjukkan keseragaman kondisi awal sebelum diberi *Streptomyces* sp. Berdasarkan batas maksimar residu (BMR) pada tanah dari pengujian hari ke-0, hasil uji residu klorpirios pada lahan bawang merah yang berada di Kecamatan Bagor telah melampui batas maksimal residu (BMR=0.10 ppm) (Harsanti, *et al.,* 2015). Setelah diberikan perlakuan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml dan 20 ml dilakukan uji residu klorpirifos kedua pada hari ke-7. Hasil uji pada masing-masing sampel kontrol menunjukkan residu klorpirifos sebesar 1.12 ppm. Hasil uji residu klorpirifos sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml sebesar 0.83 ppm, dan hasil uji residu klorpirifos sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml sebesark 0.31 ppm. Berdasarkan hasil pengujian residu klorpirifos setelah diberikan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml dan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml didapatkan penurunan nilai residu klorpirifos pada sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml yaitu sebesar 23.15% dan sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml sebesar 71.30%. Hasil ini didukung oleh Kumar & Singh (2018), yang menyatakan bahwa bioremediasi dapat menurunkan residu klorpirifos hingga sebesar 70%. Sedangkan pada sampel kontrol mengalami kenaikan hasil uji residu klorpirifos yang mulanya dari 1.08 ppm menjadi 1.12 ppm. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor seperti suhu, kelembapan, dan sinar ultraviolet.

Tanah merupakan benda padat sehingga dalam proses pencampuran sampel tanah dapat terjadi kemungkinan kurang homogen. Pencampuran tanah yang kurang homogen dapat disebabkan karena tekstur tanah yang terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran yang berbeda-beda sehingga sulit mencampurkan secara merata. Hal ini dapat berpengaruh pada uji residu sampel kontrol yang mengalami kenaikan nilai residu klorpirifos pada hari ke-7. USDA (2022) menyatakan bahwa tanah tidak dapat bercampur hingga homogen karena beberapa alasan seperti komposisi tanah, keragaman tekstur, ukuran dan distribusi partikel tanah yang tidak seragam, kepadatan dan porositas tanah yang berbeda, aktivitas mikroorganisme hingga topografi dan kemiringan lahan.

Hasil uji residu kloroirifos pada hari ke-14 pada ketiga sampel mengalami penurunan. Pada sampel kontrol sebesar 1.10 ppm, sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml sebesar 0.63 ppm, dan sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml sebesar 0.28 ppm. Penurunan hasil uji klorpirifos pada sampel kontrol dapat dipengaruhi oleh penguapan secara alami oleh residu klorpirifos pada tanah. Pada sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml menunjukkan penurunan residu klorpirifos sebesar 41.67% dan sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml menunjukkan penurunan sebesar 74.07%.

Pada hari terakhir atau hari ke-21 residu klorpirifos pada ketiga sampel juga mengalami penurunan. Pada sampel kontrol yaitu sebesar 0.98 ppm, sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml sebesar 0.21 ppm, dan sampel dengan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml sebesar 0.06 ppm.



Gambar 3. Hasil Uji Residu Klorpirifos Akibat Perlakuan Bioremediasi dengan Streptomyces sp.

Berdasarkan hasil uji residu klorpirifos terlihat bahwa *Streptomyces* sp. memberi dampak positif dalam proses bioremediasi untuk menurunkan residu klorpirifos. Hasil uji residu klorpirifos pada hari ke-21 menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. dapat menurunkan residu klorpirifos pada kontrol sebesar 9.26%, pada perlakuan konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml sebesar 80.56% dan pada perlakuan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml sebesar 94.44%. Hasil ini

sesuai dengan pendapat Sutanto & Widowati (2019), yang menyatakan bahwa bioremediasi dapat menurunkan residu klorpirifos hingga 90%.

Pada gambar 3 dapat terlihat bahwa perlakuan yang paling efektif untuk menurunkan nilai residu klorpirifos adalah perlakuan 2 atau penambahan konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml. Hal ini karena *Streptomyces* sp. dalam proses bioremediasi akan menghasilkan enzim yang dapat mendegradasi residu klorpirifos menjadi residu yang tidak terlalu berbahaya seperti TCP. Hal ini didukung oleh Supreeth, *et al* (2016) yang menyatakan bahwa TCP (3,5,6-Trichloro-2-piridinol) dihasilkan dari proses bioremediasi klorpirifos oleh enzim paraozonase (PON) dan organofosfatase (OPH) yang diproduksi oleh mikroorganisme seperti *Streptomyces* sp. Penurunan residu klorpirifos ini menandakan adanya efektivitas bioremediasi dengan *Streptomyces* sp. yang dapat mengurai klorpirifos (Kumar & Singh, 2018).

Proses Bioremediasi oleh *Streptomyces* sp.

Proses bioremediasi oleh *Streptomyces* sp. terjadi karena *Streptomyces* sp. menghasilkan enzim yang dapat memecah struktur kimia klorpirifos. Proses bioremediasi oleh *Streptomyces* sp. yang pertama ialah penyerapan residu klorpirifos dari tanah melalui proses adsorpsi. Selanjutnya terjadilah hidrolisis atau enzim hidrolase yang dihasilkan *Streptomyces* sp. untuk memecahkan ikatan kimia klorpirifos menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses yang ketiga yaitu degradasi, pada proses ini *Streptomyces* sp. akan menghasilkan enzim laccase (Parwati, *et al.,* 2018), peroksidase, dan lipase yang digunakan untuk mendegradasi senyawa klorpirifos. Proses yang terakhir yaitu mineralisasi atau senyawa-senyawa dari klorpirifos yang telah diubah oleh *Streptomyces* sp. menjadi senyawa yang lebih stabil dan tidak berbahaya seperti karbon dioksida, air, dan garam mineral. Hal ini didukung oleh Supreeth, *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa *Streptomyces* sp. dapat mendegradasi klorpirifos dengan cara mengubah klorpirifos menjadi senyawa yang tidak terlalu berbahaya seperti 3,5,6-Trichloro-2-piridinol (TCP).

Streptomyces sp. mengubah klorpirifos menjadi dua senyawa utama yaitu TCP (3,5,6-Trichloro-2-piridinol) dan DEP (Diethylhirofosfat). Dalam proses bioremediasi ini *Streptomyces* sp. akan menghasilkan enzim paraoxonase (PON) dan organofosfatase (OPH) (Parwati *et al.,* 2018). Setelah itu enzim PON akan mengubah klorpirifos menjadi TCP (3,5,6-Trichloro-2-piridinol) dan DEP (Diethylhirofosfat). Sedangkan enzim OPH akan mengubah TCP (3,5,6-Trichloro2-piridinol) menjadi senyawa yang kurang berbahaya. Supreeth, *et al.* (2016) menyatakan bahwa TCP masih bersifat toksik tetapi kurang beracun dibandingkan klorpirifos. Sementara itu DEP memiliki tidak beracun dan dapat diuraikan lebih lanjut oleh mikroorganisme lain.

KESIMPULAN

Pemanfaatan *Streptomyces* sp. sebagai agen bioremediasi dapat menurunkan nilai residu klorpirifos pada tanah di lahan pertanaman bawang merah yang tercemar dari nilai residu klorpirifos 1.08 ppm menjadi 0.06 ppm dalam waktu 21 hari. *Streptomyces* sp. dengan konsentrasi 20 ml adalah konsentrasi yang paling efektif menurunkan residu klorpirifos pada tanah yang tercemar residu klorpirifos pada lahan pertanaman bawang merah di Kecamatan Bagor. Pemberian konsentrasi 20 ml *Streptomyces* sp. berhasil menurunkan nilai residu klorpirifos sebesar 94%.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarwati & E. Purwani. 2010. Keanekaragaman *Streptomyces* sp. yang Berasosiasi dengan Rhizosfer Jagung (*Zea mays*). Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS 513. 513–517.

Aparacio, J.D., J.M. Saez, E.M. Raimando, C.S. Benimeli & M.A Polti. 2018. *Comparative Study of Single and Mixed Cultures of Actinobacteria for the Bioremediation of Cocontaminated Matrices*. *Journal of Environmental Chemical Engineering.*

Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur. 2024. Indikator Pertanian Kabupaten Nganjuk 2021. https://nganjukkab.bps.go.id/id/infographic.

Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur. 2024. Indikator Pertanian Kabupaten Nganjuk 2024. https://nganjukkab.bps.go.id/id/infographic.

Badan Standardisasi Nasional. 2008. Batas Maksimum Residu Pestisida Hasil Pertanian. Jakarta: SNI 7313:2008.

Benimeli, C.S., G.R. Castro, A.P. Chaile & M. Amoroso. 2007. *Lindane Uptake and Degradation by Aquatic Streptomyces* sp. Strain M7. *International Biodegradation & Biodeterioration*. 59: 148–155.

Benimeli, C.S.,Fuentes, M.S., Abate, C.M., & A. M. J. 2008. *Bioremediation of Lindane-contaminated Soil by Streptomyces* sp. M7 *and its Effects on Zea mays Growth*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 61 (3): 233-239. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2007.09.001

Fardiyanti, R. 2021. Ragam Jenis Streptomyces sp pada Rizosfer Tanaman Suku Liliacea di Kawasan Desa Sumber Bening. Konservasi Hayati. 17 (1): 29-34. doi:10.33369/hayati.v17i1.14731.

Ghozali, M.R., & R. Wibowo. 2019. Analisis Risiko Produksi Usahatani Bawang Merah di Desa Petak Kecamatan Bagor Kabupaten Nganjuk. Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis. 3 (2): 294-310. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2019.003.02.7.

Ginting M.A, dan A.Y.E. Sasmita. 2019. Biodegradasi Pestisida Berbahan Aktif Profenos dengan Metode *Land Farming* Menggunakan *Streptomyces* sp. Jom FTEKNIK. 6 (2): 2-8.

Hidayah, H., S. Mudrikah, T. Amelia. 2024. Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC dan Spektrofotometer UV-VIS. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan. 10 (13): 377–386. https://doi.org/10.5281/zenodo.12775619.

Supreeth, M., M. A. Chandrashekar, N. Sachin & N. S. Raj. 2016. *Effect of chlorpyrifos on soil microbial diversity and its biotransformation by Streptomyces sp*. HP-11. Biotech. 6: 147-152.

Kumar, P., & J. Singh. 2018. *Bioremediation of Chlorpyrifos Contaminated Soil. Environmental Science and Pollution Research*. 25 (10): 0719-9728.

Kurnia, A. 2018. Analisis Residu Klorpirifos pada Tanah dan Validasinya. Agrikultura. 29 (2): 61. https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i2.19247.

Parwati, P.A, R. Kawuri, N.L. Watiniasih. 2018. Isolasi dan Identifikasi *Streptomyces* spp. Penghasil Enzim Kitinase dari Lumpur Selokan. Jurnal Metamorfosa. 5(1): 99-104.

Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2019 Tentang Pendaftaran Pestisida. 2019.

Prasetya, D dan M.F. Abadi. 2022. Isolasi dan Identifikasi *Streptomyces* sp. pada Kolam Tanah di Desa Tenggur Tulungagung Jawa Timur. 10 (1): 1-7. http://ejournal.poltekkes-denpasar.ac.id/index.php/M

Sandy, S., & I.H.S. Sasto. 2020. *Inhibition of Secondary Metabolite Extract of Streptomyces sp. on Plasmodium Falciparum in Vitro: A Study of Soil Sediment of Papua's Hamadi Mangrove Forest*. Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia. 11 (1): 34-43. https://doi.org/10.20885/jkki.vol11.iss1.art6

Setiyoko, A.S., D. Sucoko, Ardianto, & E. Purwanto. 2017. Pembuatan Alat Pembasmi Hama pada Tanaman Bawang Merah yang Ramah Lingkungan di Desa Selorejo Kecamatan Bagor Kabupaten Nganjuk. Seminar MASTER PPNS. 2 (1): 241-244.

Sulistyani, N., & I.I.N. Narwanti. 2015. Aktivitas Cairan Kultur Bakteri Penghasil Antibiotik (Isolat P301) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan Optimasi Waktu Produksi Metabolit Sekunder. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia. 13 (2): 181-186.

Sutanto & Widowati. 2019. Bioremediasi Klorpirifos Menggunakan *Streptomyces* sp. Jurnal Ilmu Lingkungan. 13 (1): 1-8.

Rosalina, F., A. Farida, & B. Satria. 2022. Skrining Bakteri Metanotrof, Pelarut Posfat, dan Nitrobacter pada Lahan Pertanian Kota Sorong, Papua Barat. Jurnal Galung Tropik. 11 (3): 304-316.

U.S. Department of Agriculture USDA. 2022. *United States Department of Agriculture FY 2023 Budget Summary.* 106.