

EFEKTIVITAS DOSIS BAHAN AKTIF 2,4-D Dimetil Amina DAN CARA PEMBERIAN TERHADAP PENGENDALIAN EPIFIT PADA KELAPA SAWIT DI AFD 19 PT WANASAWIT SUBUR LESTARI

Doly Syahputra^{1*}, Sunar², Fetty Dwi Rahmayanti³

^{1,2,3} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borobudur

*Corresponding author: doly10syahputra@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima : 16-12-2025 Direvisi : 26-05-2026 Dipublikasi: 24-07-2026	Effectiveness of 2,4-D Dimethyl Amine Active Ingredient Dosage and Application Method for Epiphyte Control on Oil Palm at AFD 19, PT Wanasawit Subur Lestari
Keywords: Application method; Epiphyte control; 2,4-D dimetil amina dosage, Oil palm. Kata kunci : Cara pemberian; Dosis 2,4-D dimetil amina ; Kelapa sawit; Pengendalian epifit	<i>Epiphytic Ficus sp. is one of the woody weeds that can lower agricultural yield and commonly infest oil palm trunks. In addition to competing with the host plant for resources like light, water, and growing space, this epiphyte may also obstruct plantation upkeep operations. Its powerful, difficult-to-reach root system and great regenerating capacity make mechanical control futile. In order to control epiphytic Ficus sp. in oil palm plantations at Afdeling 19 of PT Wanasawit Subur Lestari, this study compared root infusion and stem injection techniques and assessed various dosages of 2,4-D dimethyl amine. Herbicide dosage (20%, 30%, and 40%) and delivery technique (root infusion and stem injection) were the two elements that determined the experiment's factorial Completely Randomized Design (CRD). Six treatment combinations were produced as a result, and each was triple-replicated. The proportion of epiphyte mortality was the main metric used in the 30-day observations that followed application. Analysis of variance (ANOVA) and Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test were used to examine the data at a significance level of 5%. The greatest epiphyte death was seen at a herbicide dosage of 40%. The best outcomes were obtained when a 40% dose was paired with stem injection; stem injection proved to be more effective than root infusion. As a result, this strategy is suggested as the best way to manage epiphytic Ficus sp. on oil palm fields.</i> Epifit <i>Ficus sp.</i> merupakan salah satu gulma berkayu yang sering menginfestasi batang kelapa sawit dan dapat mengurangi produktivitas tanaman. Epifit ini berkompetisi untuk mendapatkan cahaya, air, dan ruang tumbuh, dan dapat mengganggu aktivitas pemeliharaan tanaman. Karena kemampuan regenerasi epifit yang tinggi dan sistem perakaran yang kuat dan sulit dijangkau, upaya pengendalian secara mekanis dianggap kurang efektif. Oleh karena itu, pengendalian yang lebih baik diperlukan melalui teknik kimia yang digunakan dengan herbisida yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memeriksa seberapa efektif berbagai dosis herbisida bahan aktif 2,4-D dimetil amina. Mereka juga membandingkan dua metode pemberian, infus akar dan suntikan batang, untuk mengendalikan epifit pada kelapa sawit di Afdeling 19 PT Wanasawit Subur Lestari. Untuk penelitian ini, Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor digunakan: dosis herbisida (20 persen, 30 persen, dan 40 persen) dan metode aplikasi (infus akar dan suntikan batang). Dengan demikian, enam kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan diperoleh. Pengamatan dilakukan selama 30 hari setelah aplikasi, dengan parameter utama persentase kematian epifit. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut Tukey pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis herbisida sebesar 40% menyebabkan persentase kematian epifit tertinggi. Suntikan batang lebih baik daripada infus akar, dan kombinasi dosis 40% dengan suntikan batang memberikan hasil terbaik. Akibatnya, pendekatan ini disarankan sebagai metode pengendalian epifit <i>Ficus sp.</i> yang paling efisien dan berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang paling strategis untuk ekonomi Indonesia. Komoditi kelapa sawit telah menjadi pilar utama pertumbuhan ekonomi, sumber devisa, dan penyerap tenaga kerja yang signifikan karena dominasinya di sektor agroindustri. Dengan lebih dari 55% ekspor minyak sawit global, Indonesia saat ini adalah produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia (Ai, 2023). Data dari Kementerian Pertanian (2024)

menunjukkan bahwa luas perkebunan kelapa sawit mencapai 16,83 juta hektar, dan produksi kelapa sawit secara keseluruhan mencapai 46,82 juta ton pada tahun 2022. Kontribusi ini menunjukkan bahwa kelapa sawit telah berkembang dari hanya komoditas agraris menjadi industri strategis nasional yang membantu stabilitas ekonomi, kesejahteraan petani, dan keberlanjutan rantai pasokan global.

Banyak variabel memengaruhi produktivitas kelapa sawit seperti keadaan agroekosistem, teknik pemeliharaan, dan pengendalian organisme

pengganggu tanaman (OPT). Pertumbuhan epifit yang berlebihan pada batang kelapa sawit adalah salah satu masalah agronomis yang memerlukan perhatian khusus, karena epifit merupakan tumbuhan yang menempel pada tanaman lain tanpa mengambil nutrisi dari inangnya. Meskipun tidak parasit secara ekologis, keberadaannya yang berlebihan dapat menyebabkan masalah fisiologis dan mekanis pada tanaman kelapa sawit. Paku-pakuan, beringin, dan berbagai jenis gulma berkayu lain yang tumbuh dengan cepat pada batang kelapa sawit adalah jenis epifit yang umum ditemukan di perkebunan sawit (Adhatirana *et al.*, 2021). Edyson *et al.* (2022) melaporkan bahwa gulma epifit yang kerap menjadi masalah utama adalah paku-pakuan, beringin (*Ficus* sp.) yang dikenal memiliki kemampuan kolonisasi tinggi sebagai strangler fig. Menurut penelitian Mo *et al.* (2025), tingkat kolonisasi strangler fig sangat agresif, terutama pada pohon berdiameter besar, yang menyediakan microsities yang ideal untuk perkembangan akar udara dan proses adhesi batang.

Meskipun epifit tidak mengambil unsur hara dari tanaman inang secara langsung, efeknya terhadap kelapa sawit sangat besar. Pertumbuhan epifit yang menutupi sebagian permukaan batang dan titik keluarnya pelepah dapat menyebabkan kelembaban mikro optimal bagi hama, jamur, dan patogen untuk tinggal serta mengganggu pernapasan batang dan mengganggu proses fotosintesis, selain itu tekanan mekanis oleh akar epifit tertentu, seperti *Ficus* sp., yang membelit batang secara ketat dapat menyulitkan kegiatan pemeliharaan seperti panen, pemupukan, sensus tanaman, dan pengawasan lahan, serta mempengaruhi vigor pertumbuhan (Edyson *et al.*, 2021). Akbar *et al.* (2023) menyatakan bahwa kompetisi air, cahaya, dan ruang dapat menyebabkan produksi kelapa sawit menurun karena gulma, termasuk epifit. Ini terutama berlaku selama fase generatif, ketika tanaman membutuhkan banyak energi untuk membuat tandan.

PT Wanasawit Subur Lestari menghadapi masalah epifit yang signifikan, terutama di Afdeling 19, yang memiliki tingkat infestasi yang tinggi. Laporan tahunan perusahaan menunjukkan bahwa sekitar 35–40% tanaman kelapa sawit di afdeling ini ditumbuhi oleh epifit, dengan gulma berkayu dan *Ficus* sp. yang paling umum. Tingkat infestasi yang tinggi telah terbukti menyebabkan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) menurun dan biaya pemeliharaan rutin meningkat. Pembersihan manual membutuhkan banyak tenaga kerja, memakan waktu lama, dan tidak efektif untuk epifit berkayu. Strategi pengendalian lainnya, seperti penggunaan herbisida kontak dan sistemik, belum berhasil. Namun, penggunaan herbisida konvensional sering kali tidak mencapai target jaringan tanaman epifit sehingga mengakibatkan pertumbuhan kembali yang cepat. Dalam pengendalian gulma epifit, jenis herbisida yang dipilih, bahan aktif, formulasi, dan teknik

aplikasi sangat penting untuk hasil pengendalian. Herbisida dengan bahan aktif 2,4-D dimetil amina dikenal sangat efektif dalam mengontrol gulma berdaun lebar, termasuk spesies gulma berkayu.

Cara kerja herbisida ini adalah dengan mengganggu keseimbangan hormon pertumbuhan tanaman, terutama auksin, yang mengakibatkan nekrosis, proliferasi sel tidak terkendali, dan kematian jaringan hingga ke akar. Azari *et al.* (2023) menjelaskan bahwa 2,4-D diserap dengan mudah melalui jaringan daun dan batang dan kemudian didistribusikan ke seluruh bagian tanaman melalui sistem pengangkut. Ini membuatnya efektif untuk gulma dengan jaringan kayu dan semi-kayu. Menurut beberapa penelitian terkait, bahan aktif seperti metil metsulfuron dan glifosat dapat menghentikan gulma epifit. Namun, kedua bahan tersebut tidak sama efektifnya. Edyson *et al.* (2022) menemukan bahwa, dibandingkan dengan jenis herbisida lain, penggunaan metil metsulfuron 30% dan glifosat 30% dalam aplikasi infus akar menghasilkan tingkat kematian gulma yang lebih tinggi. Namun, penelitian yang telah dilakukan mengenai seberapa efektif herbisida Lindomin dengan bahan aktif 2,4-D dimetil amina dalam mengendalikan epifit kelapa sawit masih sangat sedikit. Meskipun 2,4-D diketahui efektif untuk gulma daun lebar, fisiologis epifit seperti *Ficus* sp., yang memiliki jaringan kayu keras, akar udara kompleks, dan sistem kolonisasi kuat, dapat memengaruhi respons terhadap herbisida. Meilin (2020) menemukan bahwa herbisida berbahan aktif 2,4-D seringkali memiliki tingkat efektivitas yang berbeda pada gulma berkayu. Ini terutama berlaku untuk kasus di mana bahan aktif menembus jaringan target dengan susah payah. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya pengujian empiris secara khusus pada sistem budidaya kelapa sawit.

Bahan aktif dan dosis herbisida adalah faktor utama yang menentukan keberhasilan pengendalian. Dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan pengendalian yang tidak efektif, menyebabkan gulma kembali tumbuh, sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan fitotoksisitas, pencemaran lingkungan, dan biaya operasional yang berlebihan. Akbar *et al.* (2023) menunjukkan bahwa penentuan dosis herbisida yang tepat bergantung pada persyaratan khusus gulma sasaran, kondisi agroekosistem, dan teknik aplikasi yang digunakan. Kesalahan dalam penentuan dosis dapat menyebabkan biaya yang tidak efisien dan risiko kerusakan tanaman utama. Oleh karena itu, penelitian harus dilakukan secara menyeluruh untuk menentukan dosis herbisida Lindomin yang paling efektif untuk epifit kelapa sawit.

Jika dilihat dari metode aplikasi, penyemprotan foliar adalah metode yang paling banyak digunakan dalam sistem perkebunan. Penyemprotan foliar memiliki banyak keterbatasan untuk gulma yang menempel dibatang kelapa sawit

hanya 0,1% bahan aktif yang benar-benar masuk ke jaringan sasaran karena sebagian besar hilang karena penguapan air hujan atau tidak menempel pada permukaan target (Hegde *et al.*, 2024). Selain itu, metode penyemprotan sering menyebabkan bahan aktif didistribusikan secara tidak merata, yang mengurangi efektivitasnya pada gulma berkayu dengan permukaan batang keras dan serat yang sulit ditembus. Karena dianggap lebih efisien, presisi, dan ramah lingkungan, metode suntikan batang (*trunk injection*) mulai banyak digunakan. Sistem ini bekerja dengan membuat lubang kecil pada batang gulma sebelum menyuntikkan herbisida secara langsung ke jaringan pengangkut tanaman. Dengan cara ini, herbisida langsung masuk ke sistem transportasi internal, dengan tingkat penyerapan lebih dari 90% (Akbar *et al.*, 2023). Metode suntikan batang mampu mengurangi penggunaan pestisida hingga 70% dibandingkan dengan penyemprotan foliar dan meminimalkan risiko paparan organisme non-target dan tanaman utama. Studi sebelumnya, menunjukkan bahwa baik infus akar maupun injeksi batang memberikan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi pada gulma *Ficus* daripada penyemprotan biasa. Namun, belum ada penelitian yang secara khusus membandingkan seberapa efektif bahan aktif 2,4-D dimetil amina untuk mengendalikan epifit kelapa sawit.

Studi ini melakukannya dengan dua metode aplikasi, penyemprotan dan suntikan batang. Data ini sangat penting untuk menentukan strategi pengendalian yang paling tepat, efektif, dan ramah lingkungan, terutama untuk perkebunan besar seperti PT Wanasawit Subur Lestari yang memenuhi standar RSPO dan ISPO. Standar ini mengharuskan perusahaan untuk menerapkan praktik perkebunan berkelanjutan, termasuk pengendalian hama terpadu (PHT), yang mempertimbangkan ambang ekonomi, dampak lingkungan, keselamatan pekerja, dan keberagaman ornamen. Akibatnya, penggunaan herbisida harus dilakukan secara selektif, berdasarkan bukti ilmiah, dengan mempertimbangkan efisiensi teknis dan aspek ekologis. Di Afdeling 19 PT Wanasawit Subur Lestari, penelitian mendalam tentang efektivitas 2,4-D dimetil amina untuk mengendalikan epifit harus dilakukan karena kompleksitas masalah tersebut. Penelitian ini penting untuk mengumpulkan data empiris tentang dosis terbaik untuk pengendalian yang paling efektif sambil mengurangi risiko bagi lingkungan dan tanaman kelapa sawit. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu perusahaan mengembangkan strategi pengendalian epifit yang lebih ekonomis, berkelanjutan, dan efisien. Penelitian dengan judul "Efektivitas Dosis Bahan Aktif Lindomin dan Cara Pemberian terhadap Pengendalian Epifit pada Kelapa Sawit di AFD 19 PT Wanasawit Subur Lestari" dibuat berdasarkan uraian tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dari April hingga Juni 2025, Afdeling 19 PT Wanasawit Subur Lestari berada di Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah. Lokasi penelitian memiliki topografi yang relatif datar pada ketinggian 50 hingga 100 mdpl. Tanah podsolik merah kuning (Ultisols) memiliki tekstur liat berpasir hingga lempung berliat, pH masam (4,5 hingga 5,5), bahan organik rendah (2 hingga 3 %), dan KTK 8 hingga 15 cmol/kg. Dengan pengelolaan pemupukan dan pengapuran yang tepat, tanah jenis ini cocok untuk budidaya kelapa sawit. Untuk menilai efektivitas herbisida terhadap epifit beringin (*Ficus* sp.), 18 tanaman kelapa sawit berumur 10–15 tahun dengan tingkat infestasi epifit yang seragam digunakan sebagai sampel penelitian. Area Afdeling 19 dipilih karena tingkat infestasi epifit yang tinggi (35–40%).

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dua faktor yaitudosis 2,4-D dimetil amina dan metode aplikasi. Faktor dosis terdiri dari tiga taraf (20%, 30% dan 40%) sedangkan metode aplikasi terdiri dari dua teknik yaitu infus akar dan suntikan batang. Kombinasi kedua faktor menghasilkan enam perlakuan, masing-masing diulang tiga kali, sehingga total 18 unit percobaan diperoleh. Bahan aktif 2,4-D dimetil amina 865 g/L yang digunakan dalam lindomin yang diproduksi oleh PT.Nufarm dikombinasikan dengan air bersih dan adjuvant untuk meningkatkan adhesi bahan aktif. Pada hari aplikasi, semua campuran herbisida baru dibuat.

Aplikasi metode infus akar dimulai dengan mengidentifikasi akar utama *Ficus* sp. Lalu dibersihkan, dan dimasukkan ke dalam kantong plastik berisi 100 mililiter larutan herbisida sesuai dosis. Untuk memastikan larutan tidak terkontaminasi dengan akar, kantong plastik diikat rapat (Edyson *et al.*, 2022). Aplikasi suntikan bahan aktif melalui sistem pengangkut tanaman dilakukan dengan menyuntikkan 10 mL larutan herbisida dengan alat suntik berjarum panjang pada sudut 45° menuju jaringan xilem (Akbar *et al.*, 2023). Evaluasi perkembangan kematian epifit, pengamatan dilakukan pada hari ke-30. Pengamatan dilakukan dengan pendekatan visual dan didukung oleh dokumentasi foto dari sudut yang konsisten. Parameter yang diamati termasuk persentase kematian epifit dan tingkat kerusakan visual pada skala 0–5, di mana 0 menunjukkan tidak ada kerusakan dan 5 menunjukkan kematian dari 81 hingga 100% (Gambar 1). Persentase kematian dihitung dengan membandingkan proporsi bagian epifit yang mengalami nekrosis dan mengering dengan total bagian epifit.



Gambar.1 Pengaplikasian Herbisida Lindomin produk PT.Nufarm

Untuk memudahkan dalam pembahasan penelitian digunakan kode perlakuan yang dipergunakan dalam penelitian. Selain itu untuk menilai pengaruh dosis, metode aplikasi, dan interaksi keduanya terhadap efektivitas pengendalian epifit, Analysis of Variance (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data hasil pengamatan. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan pada taraf 5%, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey HSD untuk

membandingkan perbedaan antarperlakuan. Dalam model ANOVA yang digunakan, $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, di mana Y_{ijk} adalah nilai pengamatan, α_i adalah pengaruh dosis, β_j adalah pengaruh metode aplikasi, dan $(\alpha\beta)_{ij}$ adalah pengaruh interaksi. Uji asumsi normalitas dilakukan sebelum ANOVA. Analisis statistik lengkap dilakukan menggunakan program SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menggambarkan cara epifit *Ficus* sp. menanggapi pengobatan herbisida 2,4-D dimetil amina dalam enam variasi dosis dan teknik aplikasi. Data persentase kematian epifit pada hari ketiga puluh menunjukkan pola yang kuat dan konsisten. Ini menjadi indikator utama efektivitas

perlakuan. Secara umum, tingkat kematian meningkat seiring dengan peningkatan dosis herbisida, dan teknik suntikan batang secara konsisten terbukti lebih efektif daripada infus akar. Tabel 1 menjadi dasar analisis karena memuat nilai rata-rata, variasi, dan rentang respons epifit setelah 30 hari aplikasi.

Tabel 1. Persentase Kematian Epifit Hari ke-30

Perlakuan	Mean (%)	SD	Min	Max
D1C1 (20% Lindomin dan metode infus akar)	43,43	8,07	36,4	52,1
D1C2 (20% Lindomin dan metode suntikan batang)	50,83	6,83	44,7	58,2
D2C1 (30% Lindomin dan metode infus akar)	65,50	8,25	58,3	74,5
D2C2 (20% Lindomin dan metode suntikan batang)	76,20	8,32	69,8	85,6
D3C1 (20% Lindomin dan metode infus akar)	79,20	8,07	72,9	88,3
D3C2 (20% Lindomin dan suntikan batang)	86,10	6,94	80,1	93,7

Dosis rendah menyebabkan tingkat kematian yang minimal; dosis menengah menyebabkan tingkat kematian yang moderat hingga tinggi; dan dosis tinggi menyebabkan tingkat kematian yang sangat tinggi dan bahkan hampir total. Pola yang sangat jelas terlihat dalam data. Perbedaan ini menunjukkan pengaruh konsentrasi bahan aktif 2,4-D dimetil amina dan cara jalur masuk herbisida ke dalam tubuh epifit mempengaruhi tingkat kerusakan jaringan. Perilaku dosis Lindomin 20% dengan metode infus akar memiliki tingkat efektivitas yang paling rendah. Kemampuan bahan aktif untuk memasuki dan merusak jaringan epifit sangat terbatas pada dosis 20%, menurut rata-rata kematian 43,43%. Dalam perlakuan ini, infus akar yang digunakan sangat bergantung pada aktivitas akar dalam menyerap zat. Akar epifit *Ficus* sp. tidak aktif secara keseluruhan karena sebagian besar akar yang menempel berfungsi sebagai penopang daripada sebagai organ penyerapan utama. Oleh karena itu, larutan herbisida tidak dapat masuk ke sistem vaskuler epifit dalam jumlah yang cukup. Nilai maksimum 52,1% jauh dari kategori kematian tinggi, dan nilai minimum 36,4% menunjukkan bahwa beberapa epifit hampir tidak terpengaruh sama sekali.

Hambatan fisiologis yang berasal dari rute aplikasi memainkan peran penting dalam efektivitas perawatan ini, seperti yang ditunjukkan oleh variasi respon yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi 8,07. Hasil penelitian dengan perlakuan pemberian Lindomin 20% dengan metode suntikan batang menunjukkan peningkatan efektivitas menjadi 50,83% dengan metode suntikan batang pada dosis yang sama (20%). Ini menunjukkan betapa pentingnya metode aplikasi. Dengan suntikan batang, bahan aktif dapat masuk secara langsung ke jaringan xilem tanpa bergantung pada proses serapan akar. Penyebaran herbisida melalui aliran transpirasi mempercepat penyebaran bahan aktif ke seluruh tubuh epifit. Meskipun peningkatan sekitar 7% dalam perlakuan pada perlakuan dosis Lindomin 20% dengan metode infus akar terjadi, nilai ini tetap berada dalam kategori rendah karena dosisnya masih terlalu kecil untuk menyebabkan perubahan fisiologis bersifat letal. Nilai maksimum 58,2% menunjukkan bahwa meskipun beberapa orang menunjukkan reaksi yang lebih baik terhadap suntikan batang, konsentrasi bahan aktif tidak cukup kuat untuk menyebabkan kematian jaringan yang menyeluruh.

Respon epifit berubah secara signifikan ketika dosis dinaikkan menjadi 30%. Perlakuan perlakuan pemberian Lindomin 30% dengan metode suntikan akar memiliki tingkat kematian 65,50%, yang menunjukkan bahwa bahan aktif telah mencapai ambang kerja efektifnya. Efek fisiologis herbisida sudah jelas dan konsisten pada konsentrasi menengah. Tidak ada epifit yang mampu mempertahankan lebih dari separuh jaringan hidup, menurut nilai minimum 58,3%. Sementara itu, nilai maksimum 74,5% menunjukkan bahwa sebagian besar individu telah mengalami kematian struktural pada sebagian besar batang dan akar adventif. Dibandingkan dengan dosis rendah, rentang responsnya sudah lebih homogen, meskipun masih ada variasi antarunit, menurut nilai standar deviasi 8,25. Perilaku perlakuan pemberian Lindomin 30% dengan metode suntikan batang menunjukkan bagaimana jalur aplikasi langsung dan dosis menengah dapat menghasilkan respons yang jauh lebih kuat. Perlakuan ini dianggap sangat efektif dengan rata-rata 76,20%. Gejala fisiologis berat seperti pengeringan menyeluruh, kerontokan daun, pengerutan jaringan batang, dan nekrosis di berbagai titik percabangan muncul pada epifit yang diobati dengan suntikan batang pada dosis 30%. Dengan nilai tertinggi 85,6%, sebagian besar epifit hampir mati. Penyebaran bahan aktif melalui jaringan xilem menyebabkan tekanan fisiologis yang tidak dapat diperbaiki oleh epifit. Akibatnya, kerusakan yang terjadi menjadi permanen.

Dosis 40% menghasilkan perubahan yang lebih signifikan. Pada perlakuan pemberian Lindomin 40% dengan metode infus akar, tingkat kematian mencapai 79,20% meskipun metode aplikasi masih menggunakan infus akar. Ini menunjukkan bahwa proses fisiologis epifit tidak dapat mempertahankan struktur jaringan terhadap tekanan kimia ketika konsentrasi bahan aktif tinggi. Seluruh unit percobaan mengalami kerusakan jaringan yang signifikan dan homogen, menurut nilai minimum 72,9%. Sebagian besar epifit tidak dapat bertahan, menurut nilai maksimum 88,3%. Setiap epifit dikategorikan sebagai kematian berat, menurut distribusi respons yang ditunjukkan oleh standar deviasi 8,07. Hasil penelitian perlakuan pemberian Lindomin 40% dengan metode suntikan batang menjadi kombinasi yang paling efektif selama penelitian. Hampir semua jaringan epifit mengalami kerusakan fatal yang tidak dapat dipulihkan, seperti yang ditunjukkan oleh rata-rata kematian 86,10 persen.

Dosis tinggi suntikan batang memungkinkan bahan aktif langsung masuk ke seluruh tubuh epifit dalam waktu singkat. Ini menyebabkan gangguan metabolisme pada tingkat seluler. Sebagian besar epifit mengalami kematian total pada seluruh jaringan penting, termasuk batang, percabangan lateral, dan akar adventif yang menempel pada batang kelapa sawit, menurut nilai maksimum

93,7%. Seluruh karakteristik anatomis epifit tidak lagi menghalangi masuknya bahan aktif, seperti yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi yang paling kecil di antara seluruh perlakuan (6,94), menunjukkan bahwa respons antarunit sangat homogen. Ini menunjukkan bahwa perlakuan ini telah mencapai titik tertinggi di mana seluruh karakteristik anatomis epifit tidak lagi menghalangi masuknya bahan aktif.

Dosis adalah faktor utama yang menentukan keberhasilan pengendalian, seperti yang ditunjukkan oleh analisis menyeluruh terhadap seluruh data dalam tabel. Peningkatan dosis dari dua puluh persen ke tiga puluh persen memberikan peningkatan efektifitas yang sangat tajam, karena pada dosis ini ambang toksisitas terhadap epifit berkayu mulai tercapai. Sementara peningkatan dosis dari tiga puluh persen ke empat puluh persen memberikan peningkatan efektivitas yang tinggi namun lebih stabil, karena jaringan epifit telah mencapai fase kerentanan biologis tertinggi. Metode suntikan batang sangat membantu karena mempercepat dan memaksimalkan distribusi herbisida, yang menghasilkan konsentrasi bahan aktif yang diterima setiap bagian tanaman yang lebih merata.

Perbedaan antara perlakuan yang paling efektif dan yang paling tidak efektif mencapai lebih dari 40%, menunjukkan bahwa epifit *Ficus sp.* sangat sensitif terhadap perubahan konsentrasi dan jalur aplikasi herbisida. Efek yang tinggi dari kombinasi dosis tinggi dan metode suntikan batang menunjukkan bahwa jaringan epifit tidak memiliki kemampuan regeneratif yang kuat ketika seluruh sistem pembuluh tersaturasi oleh bahan aktif. Kondisi ini menunjukkan bahwa agar hasil pengendalian epifit benar-benar optimal, strategi pengendalian epifit harus mempertimbangkan konsentrasi herbisida yang cukup tinggi serta metode aplikasi yang efisien. Hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian epifit berkayu pada tanaman kelapa sawit memerlukan pendekatan yang memasukkan jenis bahan aktif, konsentrasi, dan teknik aplikasi secara bersamaan. Apakah epifit mengalami kerusakan parsial atau total tergantung pada kombinasi kedua komponen tersebut. Oleh karena itu, Tabel 1 menunjukkan hubungan biologis dan fisiologis yang kompleks antara tanaman sasaran, bahan aktif, dan jalur aplikasinya selain data statistik.

Hasil penelitian sangat sejalan dengan teori dasar toksikologi tumbuhan dan fisiologi tanaman berkayu, serta hasil penelitian sebelumnya mengenai efektivitas dosis 2,4-D dimetil amina terhadap kematian epifit *Ficus sp.* Golongan herbisida sistemik yang berfungsi sebagai auksin sintetis adalah bahan aktif 2,4-D dimetil amina yang ditemukan dalam Lindomin. Konsentrasi tinggi auksin sintetis akan merusak keseimbangan hormon endogen, mengganggu aktivitas enzim, dan menyebabkan pertumbuhan abnormal dan kematian

jaringan. Teori ini sangat sesuai dengan pola kematian yang diamati dalam penelitian ini, di mana peningkatan konsentrasi herbisida diikuti oleh percepatan dan kerusakan jaringan epifit yang lebih besar. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa struktur anatomis epifit berkayu *Ficus sp.* menghadirkan tantangan khusus dalam pengendalian. Hal ini sejalan dengan hasil Mo *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa strangler fig lebih tahan terhadap gangguan eksternal karena tingkat kolonisasi yang tinggi dan jaringan batang yang padat. Akibatnya, konsentrasi herbisida yang rendah sulit masuk ke jaringan vaskularnya.

Dalam kasus ini, data penelitian menunjukkan bahwa dosis 20% tidak mampu memberikan tekanan fisiologis yang cukup besar, seperti yang ditunjukkan oleh persentase kematian yang hanya mencapai 43% hingga 50%. Temuan ini sejalan dengan penelitian Akbar *et al.* (2023) yang menyebutkan bahwa herbisida sistemik efektif pada gulma berkayu ketika diberikan pada konsentrasi di bawah ambang toksik. Sesuai dengan teori titik ambang kerusakan, juga dikenal sebagai ambang dosis, di mana organisme mulai menunjukkan kerentanan fisiologis ketika konsentrasi bahan aktif mencapai batas tertentu, peningkatan efektivitas yang terlihat pada dosis 30%. Respon ini jelas terlihat pada perlakuan 30%, di mana tingkat kematian meningkat menjadi 65–76%. Ini mengkonfirmasi hasil Edyson *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa larutan herbisida dengan konsentrasi menengah sangat efektif terhadap gulma epifit karena bahan aktif mulai mencapai jaringan meristem dan kambium dalam jumlah yang cukup. Studi Edyson *et al.* menunjukkan pola kematian progresif yang serupa, terutama pada gulma dengan jaringan kayu keras.

Sementara itu, efektivitas tertinggi pada dosis 40% menunjukkan bahwa jaringan epifit *Ficus sp.* sangat responsif terhadap konsentrasi tinggi 2,4-D. Fenomena ini sangat sejalan dengan teori translokasi herbisida sistemik, yang berpendapat bahwa kecepatan dan jumlah bahan aktif yang dapat masuk ke jaringan xilem meningkat secara signifikan pada konsentrasi lebih tinggi. Menurut Akbar *et al.* (2023), agar herbisida dapat menembus lapisan parenkim yang lebih dalam, lapisan bahan aktif harus saturasi. Perlakuan pemberian Lindomin 40% dengan metode suntikan batang menunjukkan pola ini, dengan tingkat kematian 86,10%. Ini menunjukkan bahwa jaringan epifit telah kehilangan kemampuan untuk mempertahankan metabolisme dasar, terutama pada titik penting seperti jaringan vaskuler, meristem apikal, dan akar adventif. Perbedaan yang mencolok antara dua teknik penerapan, infus akar dan suntikan batang, juga sejalan dengan gagasan bahwa herbisida sistemik bergerak di dalam jaringan tanaman.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hegde *et al.* (2024), hanya sekitar 0,1% herbisida

yang disempatkan pada daun yang benar-benar mencapai jaringan target. Sebaliknya, metode aplikasi langsung, seperti injeksi trunk, dapat meningkatkan efisiensi penyerapan hingga lebih dari 90%. Suntikan batang selalu lebih efektif pada semua tingkat dosis, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan. Suntikan batang memotong hambatan epidermis dan memasukkan bahan aktif langsung ke jaringan pengangkut, yang membuat proses translokasi jauh lebih cepat dan efektif. Menurut penelitian Ilham *et al.* (2023) tentang penggunaan sistem infus akar untuk mengendalikan gulma beringin, efektivitas infus akar sangat dipengaruhi oleh aktivitas akar dalam menyerap larutan. Jika akar tidak aktif atau memiliki kontak dengan larutan yang ideal, proses translokasi akan terhambat. Hasil Ilham *et al.* (2023) sepenuhnya sejalan dengan perlakuan dosis rendah yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan dosis 20 %, bahkan dengan penggunaan metode infus akar yang benar, bahan aktif tidak mampu masuk ke jaringan dalam jumlah yang memadai, sehingga tingkat kematian tetap rendah. Namun, ketika dosis dinaikkan menjadi 30 % dan 40 %, infus akar mulai menjadi sangat efektif karena konsentrasi larutan yang tinggi memungkinkan penyerapan pasif melalui akar yang lebih kecil dan tidak aktif sebelumnya. Namun, suntikan batang menunjukkan pola keberhasilan yang lebih konsisten. Hasil ini mendukung teori bahwa jalur xilem adalah jalur utama pergerakan herbisida sistemik. Akses langsung ke jaringan ini meningkatkan tekanan kimiawi pada jaringan internal tanaman. Suntikan batang pada perlakuan dosis tinggi tidak hanya mempercepat penyebaran bahan aktif tetapi juga menjamin akumulasi herbisida letal dalam jaringan pengangkut, yang mengakibatkan kematian epifit lebih cepat dan merata. Prinsip-prinsip pengendalian gulma yang dijelaskan oleh Akbar *et al.* (2023) adalah bahwa kecocokan antara jenis gulma, tipe jaringan, dan teknik aplikasi herbisida sangat penting untuk keberhasilan pengendalian. Teknik aplikasi yang dapat mengatasi hambatan anatomi ini diperlukan untuk Epifit *Ficus sp.*, yang memiliki jaringan berkayu, akar adventif, dan kemampuan regeneratif yang kuat.

Sebagai hasil dari penelitian ini secara ilmiah, kombinasi dosis tinggi 2,4-D dimetil amina dan teknik suntikan batang adalah metode yang paling efektif untuk mengatasi tantangan tersebut. Teori kompetisi fisiologis, yang menyatakan bahwa jaringan berkayu lebih tahan terhadap tekanan kimia daripada jaringan herba, juga sejalan dengan temuan penelitian ini. Namun, resistensi dapat diatasi ketika konsentrasi herbisida dalam jaringan vaskular mencapai saturasi, yang berarti metabolisme tanaman terganggu pada tingkat yang tidak dapat dipulihkan. Perlakuan D3C2 memiliki efektivitas hingga lebih dari 86%, yang menunjukkan bahwa

mekanisme kerja 2,4-D dimetil amina pada konsentrasi tinggi dapat merusak struktur jaringan epifit hingga titik kematian. Akibatnya, temuan penelitian ini tidak hanya menunjukkan bahwa Lindomin efektif sebagai herbisida, tetapi juga mengonfirmasi teori dasar tentang fisiologi tanaman dan bagaimana auksin sintesis bekerja. Penelitian ini juga konsisten dengan penelitian sebelumnya tentang metode aplikasi dan tingkat konsentrasi. Keputusan bahwa pengendalian epifit berkayu memerlukan pendekatan yang tepat yang mencakup konsentrasi tinggi dan metode aplikasi langsung diperkuat oleh integrasi antara temuan empiris dan fondasi teoretis ini.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini secara jelas menunjukkan bahwa dosis herbisida berbahan aktif 2,4-D dimetil amina yang digunakan sangat memengaruhi seberapa efektif pengendalian epifit *Ficus sp.* pada tanaman kelapa sawit. Ini menunjukkan bahwa jaringan epifit yang berkayu dan memiliki struktur anatomis yang kompleks membutuhkan konsentrasi bahan aktif yang tinggi agar dapat terjadi akumulasi toksik yang cukup untuk menghentikan secara menyeluruh aktivitas fisiologis tanaman. Dosis yang lebih tinggi menunjukkan bahwa herbisida lebih mampu melewati jaringan vaskular dan mencapai titik-titik meristematik, tempat epifit berkembang. Tingkat kematian yang signifikan antara dosis rendah, menengah, dan tinggi menunjukkan hal ini.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti empiris kuat bahwa keberhasilan pengendalian epifit pada kelapa sawit dipengaruhi oleh keberadaan herbisida yang efektif dan kecocokan antara metode aplikasi dan konsentrasi bahan aktif. Metode suntikan batang yang dikombinasikan dengan dosis tinggi memberikan kombinasi optimal untuk memaksimalkan kerusakan pada jaringan epifit yang kompleks dan sulit ditembus. Hasil ini memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengelola perkebunan untuk membuat strategi pengendalian gulma berkayu yang lebih efisien, efektif, dan sesuai dengan prinsip-prinsip pengelolaan perkebunan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhatirana, R., Ratna Djuita, N., Sulistijorini, S., & Nasution, T. (2021). Paku Epifit pada Gymnospermae di Kebun Raya Cibodas. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 7(2), 49–56. <https://doi.org/10.29244/jsdh.7.2.49-56>
- Ai, Y.R. (2023). Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan, 7(1), 1148-1159.
- Akbar, I., Ardi, & Efendi, S. (2023). Penggunaan Herbisida Triklorpir Untuk Mengendalikan Gulma Pada Perkebunan Kelapa Sawit Fase Belum Menghasilkan Dan Pengaruhnya Terhadap Keanekaragaman Serangga. *AgriPeat*, 24(2), 40–50. <https://doi.org/10.36873/agp.v24i2.8180>
- Azari, D F H., & Syaifuk K. (2022). Efektivitas Herbisida Berbahan Aktif 2,4 - D Dimetil Amina terhadap Gulma Tanaman Kakao Menghasilkan di PTPN XII Kebun Kendenglembu, Banyuwangi. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v3il.339>
- Edyson, E., Murgianto, F., & Ardiyanto, A. (2022). Epiphytic Weeds Control by Root Infusion Method in Oil Palm. *PLANTA TROPICA: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 10(1), 55–61. <https://doi.org/10.18196/pt.v10i1.10802>
- Hegde, V., Bhat, M. P., Shin, D., & Lee, K. (2024). Recent advancement in direct delivery of active ingredients into plants : A shift from traditional approach to targeted precision : A review. *Precision Agriculture Science and Technology*, 6(4), 278–295.
- Ilham, Z., Harahap, F. S., Dalimunthe, B. A., & Adam, D. H. (2023). The Effect Of Giving Supremo Made From Active Glyphosate On The Control Of Banyan Weeds On Oil Palm Plants Produces Using The Root Infusion System. *International Journal of Science and Environment (IJSE)*, 3(1), 25–29. <https://doi.org/10.51601/ijse.v3i1.53>
- Meilin, A. (2020). Pergeseran Dominansi Spesies Gulma Pada Perkebunan Kelapa Sawit Setelah Aplikasi Herbisida Sistemik. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 8(2), 58–66. <http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah/article/view/248>
- Mo, Y. X., Zou, H., Hu, H. X., Li, S., Lu, H. Z., Pu, X. Y., Zhang, Y. X., Balami, S., Li, Y., Hu, T., Song, L., & Liu, W. Y. (2025). Strangler fig–host tree associations: Insights into the ecology and management of tropical urban green spaces. *Plants People Planet*, 7(1), 159–175. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10572>
- Pertanian, P. D. dan S. I. (2024). *Outlook Kelapa Sawit*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian.