

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 1, Nomor 10, Novemer 2023, Halaman 735-741
Licenced by CC BY-SA 4.0
E-ISSN: [2986-6340](https://doi.org/10.5281/zenodo.11398290)
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11398290>

Kajian : Herbisida *Paraquat dichloride* Pada Perkebunan Kelapa Sawit dan Lingkungan Menggunakan Alat Pendekatan PRISMA

Muhammad Alfarizi¹, Awalluddin Siregar¹, Hafis Hari Alfahri¹, Rafli Affandi¹, Sovhia Agina Areta Br Ginting¹, Ivan Alvianus Simangunsong¹, Maisarah², Makhrani Sari Ginting¹, Nurliana¹, Rahmad Dian³

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan

³Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan

*Email korespondensi: maisarah@itsi.ac.id

Abstrak

Penggunaan Herbisida bahan aktif Paraquat dichloride dalam perkebunan kelapa sawit telah menimbulkan kekhawatiran akan dampak lingkungan yang serius. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan bahan Paraquat dichloride di perkebunan kelapa sawit. Artikel ini memaparkan kajian mengenai penggunaan herbisida Paraquat dichloride dengan Pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis Item* (PRISMA) yang digunakan untuk mengidentifikasi, menyaring, dan memasukkan artikel yang relevan. Mengidentifikasi artikel terkait penggunaan bahan aktif Paraquat dichloride di sektor perkebunan kelapa sawit yang memenuhi syarat untuk analisis menjadi salah satu metode penulisan. Temuan menunjukkan bahwa terdapat tingkat residu yang tinggi dalam penggunaan Paraquat dichloride dalam tanah dan air di sekitar perkebunan. Temuan menunjukkan adanya akumulasi residu Paraquat dichloride yang sering dikenal dengan merk dagang *Gramoxone* yang melebihi ambang batas yang aman, berpotensi merugikan kualitas tanah dan air, serta mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit itu sendiri. Temuan juga menunjukkan bahwa *Gramoxone* memiliki dampak terhadap keberagaman hayati di sekitar perkebunan dengan penurunan signifikan dalam keberagaman flora dan fauna. Hal ini menandakan dampak negatif terhadap ekosistem lokal. Sehingga dari artikel ini menyoroti urgensi untuk menerapkan praktik pengelolaan pestisida yang berkelanjutan dalam industri kelapa sawit. Diperlukan langkah-langkah perlindungan lingkungan yang diperkuat, termasuk pemantauan terhadap penggunaan *Gramoxone* serta pengembangan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Temuan pada artikel juga diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan dasar yang kuat bagi perumusan kebijakan yang mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit dan pelestarian ekosistem di sekitarnya.

Kata kunci: Paraquat dichloride, *Gramoxone*, Perkebunan, Kelapa Sawit

Article Info

Received date: 20 November 2023

Revised date: 25 November 2023

Accepted date: 05 December 2023

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman yang berkontribusi dalam perekonomian negara Indonesia. Hal ini didukung pula dengan Indonesia yang merupakan salah satu negara produsen dan eksportir minyak nabati kelapa sawit paling besar di dunia. Luas lahan kelapa sawit di Indonesia telah meningkat drastis yaitu dari 0,3 juta ha pada tahun 1980 menjadi 14,8 juta ha pada tahun 2020 (Zhao et al., 2023). Dengan luasnya areal perkebunan kelapa sawit Indonesia Produktivitas rata-rata TBS Indonesia pada tahun 2013 adalah 16 ton dengan rendemen minyak 24–25%, dan produktivitas CPO yang mampu dihasilkan sebesar 3.7 ton/ha/tahun (Saputra & Lontoh, 2018). Usaha untuk meningkatkan produktivitas tanaman dapat dilakukan melalui kegiatan pemeliharaan yang tepat, salah satunya adalah pengendalian gulma, hama dan penyakit. Tanaman

perkebunan mudah dipengaruhi oleh gulma, hama dan penyakit khususnya untuk tanaman muda. Gulma merupakan tanaman yang tumbuh diantara tanaman primer, saling berkompetisi air, nutrisi, dan cahaya (Nurulalia et al., 2022). Beberapa laporan menginformasikan bahwa pengaruh gulma, hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit dapat mengurangi produksi panen. Berdasarkan Saputra & Lontoh, 2018, gulma *Mikania micrantha* dilaporkan dapat menurunkan produksi Tandan Buah Segar (TBS) sebesar 20% karena pertumbuhannya sangat cepat dan mengeluarkan zat allelopatik yang bersifat racun bagi tanaman.

Selain itu dari sisi ekonomis kerugian hasil pada komoditi kelapa sawit yang disebabkan oleh *Mikania micrantha* sebesar Rp38 110 500.00 dengan luas serangan 757.5 ha (Saputra & Lontoh, 2018). Salah satu kegiatan untuk memelihara tanaman kelapa sawit adalah pengendalian dengan menggunakan bahan kimia. Pengendalian gulma, hama dan penyakit dengan pestisida merupakan cara yang umum diterapkan oleh petani kelapa sawit di Indonesia (Nurulalia et al., 2022). Paraquat dichloride merupakan salah satu herbisida kontak nonselektif yang digunakan untuk mengendalikan rumput dan gulma berdaun lebar dalam spektrum luas. Paraquat dichloride memiliki translokasi terbatas di xilem setelah diserap oleh dedaunan, mengakibatkan daun menjadi coklat dalam beberapa jam setelah aplikasi (Nurulalia et al., 2022). Ini merupakan metode pengendalian gulma yang sangat efektif dan bermanfaat, dan telah menjadi teknik penting dalam pengelolaan gulma. Namun, pentingnya kualitas dan keamanan kini harus menjadi perhatian utama. Meluasnya penggunaan pestisida menimbulkan permasalahan mengenai keberadaan residu pestisida. Residu pestisida merupakan bahan kimia yang terdapat pada produk baik langsung maupun tidak langsung akibat penggunaan pestisida dan mempunyai efek toksikologi yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia.

Dengan persebaran industri kelapa sawit yang masif dan permasalahan yang ada, hal ini juga tidak lepas dari permasalahan lingkungan, sosial dan teknologi yang terjadi akibat pemeliharaan tanaman (Maisarah & Dian R, 2023). Sehingga berdasarkan permasalahan residu Paraquat dichloride, tujuan dari artikel ini adalah untuk menganalisis keberadaan residu Paraquat dichloride diklorida pada buah kelapa sawit sebagai bahan baku minyak sawit mentah atau olahan, sehingga dapat memberikan informasi ilmiah mengenai keberadaan residu Paraquat dichloride pada perkebunan kelapa sawit setelah aplikasi herbisida. Untuk mengurangi dampak negatif, penting untuk menerapkan praktik *sustainable* dan mematuhi pedoman penggunaan herbisida yang direkomendasikan. Selain itu, penggunaan metode pengendalian gulma dan pemilihan herbisida yang lebih ramah lingkungan dapat membantu menjaga keseimbangan ekosistem tanah dan air di perkebunan kelapa sawit.

METODE

Identifikasi dan penyaringan literatur

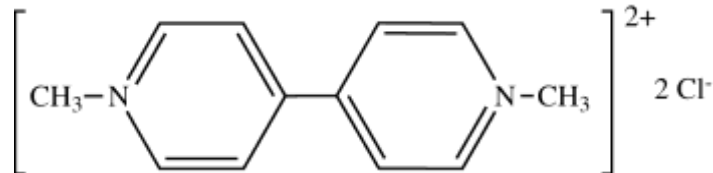
Proses *scoping review* dilakukan dimulai dengan identifikasi literatur, penyaringan, dan kriteria exclusion, dan tahap akhir dimasukkan untuk analisis lebih lanjut. Penulis menggunakan database Scopus, Web of Science (WoS), Sinta, dan artikel yang berkaitan lainnya dalam identifikasi literatur. Artikel-artikel yang dipublikasikan di database Scopus dan WoS diakui kualitasnya dalam peer review. Proses dari identifikasi hingga penggunaan artikel menggunakan pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analysis* (PRISMA). Pendekatan PRISMA pada awalnya digunakan dalam ilmu kedokteran untuk menjawab pertanyaan spesifik pada proses review (Maisarah & Dian, 2023; Moher et al., 2009, 2010). Pada artikel ini digunakan artikel penelitian untuk melihat perkembangan Paraquat dichloride dalam bidang industri perkebunan kelapa sawit. Selanjutnya penulis memeriksa secara teliti artikel-artikel (judul, penulis, jurnal, dan tahun terbit). Selanjutnya penulis membaca dengan seksama judul dan abstrak dari artikel yang diunduh.

Meringkas dan melaporkan temuan

Kriteria *exclusion* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis artikel yang merupakan makalah *review*, kemudian artikel yang tidak ada kaitannya dengan Paraquat dichloride pada sektor industri perkebunan kelapa sawit. Selanjutnya, artikel yang disertakan pada bagian tinjauan pustaka dengan cermat dipilih untuk menjawab pertanyaan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Struktur Kimia Paraquat dichloride**

Paraquat dichloride merupakan salah satu jenis herbisida yang banyak digunakan di lahan pertanian dan perkebunan. Paraquat dichloride mempunyai rumus umum $C_{12}H_{14}Cl_2N_2$ dikenal sebagai Paraquat dichloride, memiliki berat molekul 257,16 g/mol. Nama kimia dari Paraquat dichloride berdasarkan IUPAC adalah 1,1-dymethyl-4,4bypyridium diklorida. Paraquat dichloride mempunyai rumus sebagai berikut:



Gambar 1. Stuktur Kimia Paraquat dichloride (Sumber: (Trovó et al., 2013))

Di Indonesia Paraquat dichloride dijual dengan merk paten “*Gramoxone*” berbentuk cairan berwarna hijau dengan titik didih 175-180°C dan mudah larut dalam air. Keberadaannya didalam tanah sebanyak 20ppm mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan alga. Paraquat dichloride merupakan kelompok senyawa yang sulit terdegradasi secara biologis. Paraquat dichloride relatif stabil pada suhu, tekanan, dan pH normal. Hal ini memungkinkan Paraquat dichloride untuk tinggal lebih lama didalam tanah. Paraquat dichloride telah digunakan lebih dari 40 tahun untuk perkebunan. Senyawa ini digunakan untuk mengendalikan gulma seperti rumput teki di perkebunan sawit, kopi, lada, dan tebu, dan lain-lain. Umumnya pestisida berpotensi membahayakan bagi manusia dan paparannya dapat menyebabkan kanker, cacat lahir, mutasi genetik, dan kerusakan syaraf. Tabel 1 menunjukkan Keterangan dan Sifat Kimia dari senyawa kimia Paraquat dichloride.

Tabel 1. Physical Properties paraquat dichloride (Sumber:(Igwe et al., 2012; Muhammad & Aondofa, 2020))

Parameter	Keterangan
Kelas Kimia	Herbisida
Bahan Aktif	276 g/L Paraquat dichloride
Nama Kimia IUPAC	1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride
Formula Molekular	$C_{12}H_{14}Cl_2N_2$
Klasifikasi GHS (Sistem Harmonisasi Global Klasifikasi dan Label pada Bahan Kimia)	 Corrosive Acute Toxic Irritant Health Hazard Environmental Hazard
Berat Molekul	257.16 g/mol
Titik Didih	175-180°C
Titik Leleh	300°C
Kelarutan	Kelarutan dalam air, g/100ml pada 20 °C: 62°C Larut dalam Air
Densitas	1.24 g/cm ³
Waktu Paruh	1000 (hari)

Pestisida *Gramoxone*

Gramoxone adalah nama dagang untuk herbisida yang mengandung bahan aktif Paraquat dichloride. Paraquat dichloride adalah senyawa kimia beracun yang digunakan sebagai pestisida untuk mengendalikan gulma. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan pestisida perlu mematuhi petunjuk penggunaan yang disediakan oleh produsen dan badan pengatur yang berwenang untuk menghindari risiko kesehatan dan lingkungan. Penggunaan *Gramoxone* dapat memengaruhi tanah

dengan beberapa cara, termasuk potensi kerusakan struktur tanah dan kandungan nutrisi. Selain itu, ada juga risiko kontaminasi tanah dan air tanah akibat penggunaan berlebihan dari herbisida ini. Oleh karena itu, penting untuk memahami dampak *Gramoxone* terhadap tanah agar dapat mengelola penggunaannya secara optimal dan berkelanjutan dalam perkebunan. Pestisida *Gramoxone* dapat memiliki dampak negatif pada tanah karena bersifat non-selektif, artinya dapat membunuh berbagai jenis tanaman, termasuk gulma dan tanaman yang diinginkan. Penggunaan berlebihan dapat menyebabkan degradasi tanah dan mengurangi kesuburan. Selain itu, *Gramoxone* cenderung cepat terdegradasi di tanah, tetapi residu yang tinggal dapat memengaruhi mikroorganisme tanah.

Pestisida *Gramoxone* memiliki struktur kimia yang dapat memengaruhi tanah. Senyawa ini berbentuk kation bipyridinium yang sangat reaktif. Saat digunakan, *Gramoxone* akan bersentuhan dengan tanah, dan residu atau pecahan senyawa ini dapat tetap ada dalam tanah. Perlu diingat bahwa *Gramoxone* bersifat non-selektif dan memiliki toksisitas tinggi terhadap berbagai jenis tanaman. Karena itu, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan tanah dan kesuburan tanah. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem tanah, penting untuk mengikuti petunjuk penggunaan yang disarankan dan menerapkan praktik berkelanjutan untuk meminimalkan risiko dampak negatif *Gramoxone* terhadap tanah. Monitoring lingkungan dan praktik pertanian berkelanjutan dapat membantu meminimalkan efek samping dari penggunaan pestisida *Gramoxone*.

Sifat Kimia *Gramoxone*

Gramoxone merupakan herbisida kontak purna tumbuh berbentuk larutan dalam air berwarna hijau tua, untuk mengendalikan gulma berdaun lebar, sempit dan teki pada persiapan lahan budidaya kelapa sawit, jagung, padi, jagung, kakao, dll. Herbisida *Gramoxone* berbentuk larutan yang mudah larut dalam air dan berbahan aktif Paraquat dichloride diklorida 276 g/L. *Gramoxone* termasuk produk yang terkenal di pasaran sehingga tidak perlu diragukan kualitasnya. *Gramoxone* bekerja sangat cepat menghentikan kompetisi gulma, tidak terpengaruh oleh hujan dan dengan pengendalian gulma yang sangat luas. Keunggulan herbisida *gramoxone* yaitu tahan hujan tahan lama menghentikan gulma. Paraquat dichloride bekerja di kloroplas dengan mengalihkan aliran elektron dari fotosistem I. Interaksi Paraquat dichloride dengan transpor elektron fotosistem mengurangi jumlah net O_2 dan menghambat fiksasi CO_2 , sehingga menghasilkan pembentukan superoksida (O_2^-) (Ananieva et al., 2004). Superoksida yang terbentuk kemudian akan bereaksi dengan dua ion H^+ membentuk asam peroksida (H_2O_2) (Ananieva et al., 2004). Bila ada sinar matahari, asam peroksida akan terurai menjadi radikal bebas reaktif, yang berikatan dengan elektron lemak di membran sel (peroksidasi lipid). Dampaknya adalah kerusakan sel hingga kematian sel. Oleh karena itu, setelah aplikasi Paraquat dichloride pada gulma dan gulma terkena sinar matahari, gulma tersebut akan langsung menunjukkan gejala keracunan dalam waktu beberapa jam (Nurulalia et al., 2022).

Paraquat dichloride sering terdeteksi di tanah, permukaan, dan air minum (Muhammad & Aondofa, 2020). Paraquat dichloride bersifat racun bagi kesehatan manusia dan masuk ke dalam tubuh melalui penghirupan, konsumsi, dan kerusakan integritas kulit (Arivu I et al., 2016). Pada penelitian Arivu I et al., 2016, seorang petani meninggal setelah 3 setengah jam menyemprotkan Paraquat dichloride encer menggunakan alat semprot knapsack yang bocor, dan beberapa petani lainnya menderita efek akut dan kronis yang parah akibat penggunaan Paraquat dichloride di tempat kerja. Selain itu, kontaminasi Paraquat dichloride pada air permukaan dan bawah permukaan telah menjadi perhatian serius masyarakat atas dampaknya terhadap lingkungan.

Pengaruh *Gramoxone* terhadap Lingkungan Tanah dan Air

Pestisida *Gramoxone* memiliki struktur kimia yang dapat memengaruhi tanah. Senyawa ini berbentuk kation bipyridinium yang sangat reaktif. Saat digunakan, *Gramoxone* akan bersentuhan dengan tanah, dan residu atau pecahan senyawa ini dapat tetap ada dalam tanah. *Gramoxone* bersifat non-selektif dan memiliki toksisitas tinggi terhadap berbagai jenis tanaman. Karena itu, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan tanah dan kesuburan tanah. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem tanah, penting untuk mengikuti petunjuk penggunaan yang disarankan dan menerapkan praktik pertanian berkelanjutan untuk

meminimalkan risiko dampak negatif *Gramoxone* terhadap tanah. Pestisida *Gramoxone* dapat memiliki dampak negatif pada tanah karena bersifat non-selektif, artinya dapat membunuh berbagai jenis tanaman, termasuk gulma dan tanaman yang diinginkan. Penggunaan berlebihan dapat menyebabkan degradasi tanah dan mengurangi kesuburan. Selain itu, *Gramoxone* cenderung cepat terdegradasi di tanah, tetapi residu yang tinggal dapat memengaruhi mikroorganisme tanah.

Tanah yang terpapar Paraquat dichloride dapat menjadikan populasi bakteri yang berperan sebagai dekomposer, pelarut fosfat, dan nitrifikasi lebih rendah dibanding pada tanah yang tidak terpapar Paraquat dichloride (Sahribulan et al., 2019). Penggunaan pestisida ini dapat berpengaruh negatif terhadap kehidupan mikroorganisme tanah, residu pestisida dalam tanah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Sodiq, 2000). Jumlah mikroorganisme tanah pada yang diaplikasikan herbisida setiap minggu mengandung mikroorganisme tanah yang lebih kecil dari perlakuan tanpa herbisida (Sakiah et al., 2020).

Berdasarkan penelitian Maksuk et al., 2016, hasil konsentrasi Paraquat dichloride dalam air antara < 0,005 sampai 0,01 mg/L. Penggunaan Paraquat dichloride secara terus menerus dan jangka panjang dapat meningkatkan konsentrasi Paraquat dichloride dalam air pada perkebunan kelapa sawit. Hal ini disebabkan karena Paraquat dichloride mengendap di permukaan tanah setelah diaplikasikan, dan juga residu Paraquat dichloride di permukaan tanah dapat terangkut oleh air untuk dialirkan ke saluran atau sumber air lainnya di perkebunan kelapa sawit. Paraquat dichloride merupakan pestisida kationik yang sangat larut dalam air, sehingga memungkinkan terjadinya pencucian oleh air hujan atau saluran air di areal perkebunan. Kelarutan Paraquat dichloride dalam air cukup tinggi pada suhu 20°C dengan pH 7,2 dan 9,2 serta kelarutan Paraquat dichloride dalam air sebesar 620 g/L (Maksuk et al., 2016). Selain itu konsentrasi Paraquat dichloride di dalam air dapat diserap oleh partikel dan sedimen, dimana waktu paruh Paraquat dichloride di dalam air antara 2 sampai 820 tahun, tergantung dari sinar matahari dan kedalaman air (Maksuk et al., 2016). Pada penelitian di negara Thailand, Konsentrasi Paraquat dichloride ditemukan di air tanah sebanyak > 18,9 mg/L (Amondham et al., 2006). Residu Paraquat dichloride ditemukan dalam air minum > 0,1 mg/L pada beberapa sampel, berkisar hingga 5,3 mg/L di St. Lucia Karibia (Maksuk et al., 2016). Selain itu, penelitian yang dilakukan di perairan Rawa Lubuk Lampam, Sumatera Selatan melaporkan konsentrasi Paraquat dichloride relatif rendah dengan rata-rata 0,004 mg/L (Maksuk et al., 2016). Sedangkan konsentrasi Paraquat dichloride yang dilakukan pada dua musim di Thailand, ditemukan pada sampel air yang diambil dari hulu ke hilir, dua musim panas sebesar 0,13 hingga 7,13 mg/L dan musim dingin antara 0,07 hingga 13,05 mg/L (Pataranawat et al., 2012). Sehingga sangat penting untuk mengikuti petunjuk penggunaan yang disarankan dan menghindari overdosis agar mengurangi dampak negatif terhadap tanah. Monitoring lingkungan dan praktik perkebunan berkelanjutan dapat membantu meminimalkan efek samping dari penggunaan pestisida seperti *Gramoxone*.

Pengaruh Pestisida Terhadap Perkebunan Kelapa Sawit

Pada penelitian Nurulalia et al., 2022 ditemukan bahwa sisa kandungan Paraquat dichloride pada buah kelapa sawit dari tiga perkebunan tidak terdeteksi pada batas deteksi analitik (LoD) instrumen sebesar 0,0151 ppm (mg/kg). Dijelaskan bahwa penggunaan Paraquat dichloride di perkebunan kelapa sawit dengan dosis yang dianjurkan sesuai dengan praktik pertanian yang baik (GAP) tidak menimbulkan masalah residu (Nurulalia et al., 2022). Residu pestisida pada produk pertanian bergantung pada beberapa faktor, antara lain intensitas penggunaan, konsentrasi/dosis, cara kerja (persistensi, sistemik/non-sistemik), bahan tambahan pestisida, morfologi tanaman, dan penggunaan pestisida terakhir sebelum panen (pra- interval panen/PHI) (Nurulalia et al., 2022). Kombinasi faktor-faktor tersebut akan menentukan jumlah residu pestisida pada produk pertanian.

Gramoxone adalah merek Penggunaan *Gramoxone* (Paraquat dichloride) dalam perkebunan kelapa sawit dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap tanah. Beberapa dampak yang mungkin terjadi meliputi Kerusakan Mikroorganisme Tanah: *Gramoxone* bersifat non-selektif dan dapat merusak mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam siklus nutrisi tanaman. Ini dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem tanah. Selain itu penggunaan *Gramoxone* juga dapat menyebabkan Penurunan Kesuburan Tanah: Penggunaan berlebihan *Gramoxone* dapat menyebabkan degradasi kualitas tanah dan mengurangi kesuburan tanah. Tanah yang subur penting untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang optimal. Kerusakan Struktur

Tanah: Efek toksik *Gramoxone* dapat merusak struktur tanah, mempengaruhi kemampuan tanah untuk menyimpan air dan nutrisi. Ini dapat berdampak negatif pada pertumbuhan kelapa sawit. Pengaruh Terhadap Organisme Tanah: *Gramoxone* dapat memengaruhi organisme tanah seperti cacing tanah dan serangga pengurai, yang berperan dalam menjaga kesehatan tanah. Pengurangan populasi organisme ini dapat merugikan ekosistem tanah. Risiko Kontaminasi Tanah dan Air: Penggunaan yang tidak benar atau berlebihan *Gramoxone* dapat menyebabkan risiko kontaminasi tanah dan air di sekitar perkebunan kelapa sawit.

SIMPULAN

Penggunaan Herbisida bahan aktif Paraquat dichloride dalam perkebunan kelapa sawit telah menimbulkan dampak lingkungan yang serius. Pada perkebunan kelapa sawit paraquat dichloride ditemukan berdampak pada tanah dan air serta lingkungan. Temuan menunjukkan bahwa terdapat tingkat residu yang tinggi dalam penggunaan Paraquat dichloride dalam tanah dan air di sekitar perkebunan. Sehingga urgensi untuk menerapkan praktik pengelolaan pestisida yang berkelanjutan dalam industri kelapa sawit sangat diperlukan dalam langkah *sustainable development goals*.

SARAN

Diperlukan penelitian dan kajian lanjutan mengenai remediasi dan pengelolaan lingkungan terhadap dampak paraquat dichloride yang dapat dilakukan untuk mencegah residu di lingkungan.

REFERENSI

- Amondham, W., Parkpian, P., Polprasert, C., DeLaune, R., & Jugsujinda, A. (2006). Paraquat adsorption, degradation, and remobilization in tropical soils of Thailand. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 41(5), 485–507. <https://doi.org/10.1080/03601230600701635>
- Ananieva, E. A., Christov, K. N., & Popova, L. P. (2004). Exogenous treatment with Salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to Paraquat. *Journal of Plant Physiology*, 161(3), 319–328. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01022>
- Arivu I, Muthulingam M, & Jiyavudeen M. (2016). Toxicity Of Paraquat On Freshwater Fingerlings Of Labeo rohita (Hamilton). *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(10), 1965–1971.
- Igwe, J. C., Nwadike, F. C., & Abia, A. A. (2012). Kinetics and Equilibrium Isotherms of Pesticides Adsorption onto Boiler Fly Ash. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 6(1), 21–29.
- Maisarah, & Dian, R. (2023). Penggunaan Metode Life Cycle Assessment (LCA) Sebagai Pendukung Pengambilan Keputusan Dampak Lingkungan Pada Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Betahpa*, 2(2), 7–15.
- Maksuk, M., Malaka, T., Suheryanto, S., & Umayah, A. (2016). Environmental Health Risk Analysis of Paraquat Exposure in Palm Oil Plantations. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 5(4), 465. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v5i4.4852>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., Gøtzsche, P. C., ... Tugwell, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Muhammad, A. A., & Aondofa, N. T. (2020). Paraquat dichloride adsorption from aqueous solution using Carbonized Bambara Groundnut (<I>Vigna subterranean</I>) Shells. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 12(1), 167–177. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v12i1.28s>
- Nurulalia, L., Mubin, N., & Dadang. (2022). Study of paraquat dichloride residue in oil palm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974(1). [Vol. 1 No. 10](https://doi.org/10.1088/1755-</p>
</div>
<div data-bbox=)

1315/974/1/012057

- Pataranawat, P., Kitkaew, D., & Suppaodom, K. (2012). Paraquat Contaminations in the Chanthaburi River and Vicinity Areas, Chanthaburi Province, Thailand. *Journal of Science, Technology, and Humanities*, 10(1), 17–24.
- Sahribulan, Ni'matuzahroh, & Tini Surtiningsih. (2019). Pengaruh Paparan Paraquat terhadap Populasi Bakteri yang Berperan sebagai Dekomposer, Pelarut Fosfat, dan Nitrifikasi pada Tanah Perkebunan Desa Batetangga Sulawesi Barat. *Jurnal Bionature*, 20(2), 79–83.
- Sakiah, Guntoro, & Manullang, A. M. (2020). Pengaruh Herbisida Berbahan Aktif Paraquat Terhadap Persentase Kematian Gulma Dan Jumlah Mikroorganisme Tanah. *Agro Estate*, 4(2), 29–38.
- Saputra, Y., & Lontoh, A. P. (2018). Manajemen Pengendalian Gulma Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) di Kebun Aneka Persada, Riau. *Buletin Agrohorti*, 6(3), 440–450. <https://doi.org/10.29244/agrob.v6i3.23041>
- Sodiq, M. (2000). Pengaruh Pestisida terhadap Organisme Tanah.pdf. In *Jurnal Pertanian MAPETA (Majalah Pembangunan Pertanian)* (Vol. 2, Issue 5, pp. 20–22).
- Trovó, A. G., Gomes, O., Machado, A. E. H., Neto, W. B., & Silva, J. O. (2013). Degradation of the herbicide paraquat by photo-Fenton process: Optimization by experimental design and toxicity assessment. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 24(1), 76–84. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532013000100011>
- Zhao, J., Elmore, A. J., Lee, J. S. H., Numata, I., Zhang, X., & Cochrane, M. A. (2023). Replanting and yield increase strategies for alleviating the potential decline in palm oil production in Indonesia. *Agricultural Systems*, 210(July), 103714. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103714>