

# Perbandingan Pencemaran Pestisida dan Logam Berat di Beberapa Negara ASEAN: *Systematic Review*

Eryna Elfasari Rangkuti<sup>1</sup>, Syaiful Anwar<sup>2</sup>, Abdul Munif<sup>3</sup>, Iskandar Zulkarnaen Siregar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program of Natural Resources and Environmental Management, Faculty of Multidisciplinary, IPB University, Indonesia; e-mail: erynarangkuti@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Soil Science and Land Resource, Faculty of Agriculture, IPB University, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, IPB University, Indonesia

<sup>4</sup>Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Environmental, IPB University, Indonesia

## ABSTRAK

Usahatani padi sawah merupakan hal yang penting dalam menjamin ketahanan pangan dan pendapatan petani lokal. Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi dan metode dalam meningkatkan produktivitas dan produksi tanaman pangan, hampir semua petani menggunakan pestisida berbahan kimia dengan berbagai dosis dan tindakan, namun tidak semua memahami aturan dan dosis yang sesuai untuk setiap jenis tanaman pangan khususnya tanaman padi sawah. Pestisida dalam kaitannya dengan lingkungan adalah salah satu elemen yang dapat mencemari tanah untuk waktu yang lama baik biotik dan abiotik. Makalah ini mengulas dan mensintesis 1025 jurnal dan disaring kembali berdasarkan negara ASEAN diperoleh 52 jurnal, dan disaring kembali berdasarkan komoditi padi sawah yang tercemar pestisida diperoleh 9 jurnal dari database Scopus yang diterbitkan antara tahun 2014 – 2022. Artikel jurnal yang diulas dikategorikan ke dalam tema pencemaran pestisida dan logam berat pada tanaman padi sawah pada beberapa negara yang mencakup ke dalam ASEAN (Indonesia, Thailand, Malaysia, Vietnam). Pengaruh pencemaran pestisida ini sudah banyak dilaporkan dalam beberapa kasus pencemaran dalam skala ringan sampai berat. Pencemaran ini dapat berpengaruh pada sifat fisik dan kimia tanah, populasi mikrob total, emisi GRK, bahkan tidak hanya berpengaruh pada kesehatan lahan namun sampai berpengaruh terhadap kesehatan petani dan hewan di sekitar lahan. Topik dominan yang kami temukan dalam literatur adalah pencemaran pestisida dan logam berat dengan metode analisis kromatografi gas (GC) yang mencakup hanya pada tanaman padi sawah. Kontribusi dari makalah ini adalah menghasilkan kerangka kerja komprehensif dan informasi yang perlu dilakukan dalam mengidentifikasi dan memberikan pengetahuan awal mengenai pencemaran tanah dan lingkungan akibat penggunaan pestisida.

**Kata kunci:** ASEAN, Gas Chromatography, Manajemen lingkungan, Padi, Pestisida, Sawah

## ABSTRACT

Lowland rice farming is important in ensuring food security and local farmers income. Along with the development of technology and method in increasing productivity and production of food crops, almost all farmers use pesticides material chemical with various doses and actions, but not all understand the rules and doses that are appropriate for each type of crops plant, especially lowland rice. Pesticides in relation to the environment are one of the elements that can pollute the soil for a long time both biotic and abiotic. This paper reviews and synthesizes 1025 journals and filtered based on ASEAN country obtained 52 journals, and filterd back based on comodity rice field contaminated with pesticides obtained 9 journals from Scopus database published between 2014 – 2022. The journal articles reviewed are categorized into the theme of pesticide and heavy metal pollution in lowland rice plants in several countries including ASEAN (Indonesia, Thailand, Malaysia, Vietnam). The effects of pesticide contamination have been reported in several cases of light to severe pollution. This pollution can affect the physical and chemical properties of the soil, the total microbial population, GHG emissions, and even not only affect the health of the land but also affect the health of farmers and animals around the land. The dominant topic that we found in the literature is pesticide and heavy metal contamination by gas chromatography (GC) analysis method which covers only lowland rice. The contribution of this paper is to produce a comprehensive framework and information that needs to be done in identifying and provide initial knowledge about soil and environmental pollution due to the use of pesticides.

**Keywords:** ASEAN, Gas Chromatography, Environmental Management, Rice, Pesticides, Rice Fields

**Citation:** Rangkuti, E.E., Anwar, S., Munif, A., Siregar, I.Z. (2024). Perbandingan Pencemaran Pestisida dan Logam Berat di Beberapa Negara ASEAN: Systematic Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 484-490, doi: 10.14710/jil.22.2.484-490

## 1. Latar Belakang

Pertambahan penduduk Indonesia rata-rata sebesar 1,49% setiap tahunnya (BPS, 2014). Hal tersebut dapat mempengaruhi kebutuhan pangan penduduk akan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Sejalan dengan itu, peningkatan kebutuhan pangan juga tidak didukung oleh ketersediaan lahan pertanian yang produktif, sehingga peningkatan produksi pertanian hanya 1,3% per tahun (Simatupang *et al.*, 1995 cit Noordwijk dan Hairiah, 2006). Minimnya ketersediaan pangan membuat pemerintah menerapkan strategi pemenuhan kebutuhan pangan dengan pola intensifikasi pertanian. Intensifikasi pertanian mengharuskan petani menggunakan input eksternal yang tinggi di lahan pertanian salah satunya aplikasi pestisida anorganik. Petani di Indonesia umumnya menerapkan pestisida dalam mencegah hama tanaman untuk meningkatkan produksi pertanian (Aktar *et al.*, 2009). Berdasarkan data Direktorat Pupuk dan Pestisida (2012) total konsumsi pestisida tahun 2008 sebesar 92.048 ton, tahun 2009 sebesar 90. 050 ton sebesar tahun 2010 sebesar 92.504 ton dan tahun 2015 sebesar 100.736 ton diproyeksikan rata-rata persentase kenaikannya. sebesar 2,69% per tahun. Tingginya penggunaan pestisida juga berdampak negatif akibat residu yang tertinggal, seperti paparan terhadap lingkungan dan produk pertanian (Fatimah dan Nugraha 2007; Bhupander 2011; Bai *et al.*, 2010; Hasan 2006), produk makanan (Bo *et al.*, 2010; Hasan 2006). al., 2011; Dehghani *et al.*, 2011), kerugian ekonomi (Djunaedy, 2009) dan kesehatan manusia (Chowdhary *et al.*, 2014; Rustia *et al.*, 2010). Terdapat batasan dan risiko jangka panjang dari penggunaan pestisida menjadi semakin nyata. Berbagai macam efek samping pestisida di dalam dan di luar lahan petani semakin disadari oleh petani maupun masyarakat luas, dan beberapa kebijakan dan insentif telah disarankan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis (Thapinta & Hudak2000; Panuwet dkk.2012; Praneetvatakul dkk.2013). Beberapa bahan kimia sintetis yang paling umum digunakan di sawah (khususnya, insektisida organofosfat dan karbamat) dilambangkan sebagai 'sangat' hingga 'sangat berbahaya' bagi petani dan lingkungan (WHO 2010). Berdasarkan uraian pendahuluan di atas, dapat dikorelasikan antara aplikasi pestisida yang tidak sesuai dengan dosis dan anjuran dapat mempengaruhi perubahan lingkungan yang penting keberlanjutan lahan padi sawah di masa depan. Penelitian seputar kasus pencemaran ini telah banyak dikaji sebelumnya, oleh sebab itu makalah ini

bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, mensintesis, dan membandingkan metode pada beberapa negara di ASEAN yang telah ada dalam berbagai jurnal bereputasi, sehingga menemukan informasi terbaru dalam kaitannya dengan pencemaran lahan padi sawah.

## 2. Metode

### 2.1. Kerangka Literature Review

Tinjauan sistematis dalam makalah ini dimulai pada pencarian *Scopus Database* dengan memasukkan kata kunci (Soil AND pesticides\*AND rice) dan ditambahkan dengan kata kunci negara ASEAN yang mencakup (Indonesia, Malaysia, Vietnam, Philipina), kemudian jurnal yang terkumpul, diidentifikasi kembali berdasarkan judul dan abstrak. Jurnal yang telah teridentifikasi berdasarkan judul dan abstrak, disaring kembali sesuai dengan topik yang ingin di *review*. Setelah itu jurnal yang terkumpul diidentifikasi kembali berdasarkan tahun, metode, kandungan pestisida, sifat fisik dan kimia tanah. Proses pemilihan kata kunci selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari pencarian kata kunci diatas penulis dapat merumuskan beberapa hal yang berkaitan dengan topik yaitu metode dalam menentukan titik dan pemetaan lahan yang terkontaminasi, sifat fisik kimia tanah yang terpapar pestisida kemudian metode yang digunakan dalam menganalisis jenis residu pestisida yang selalu diberikan petani dan mendominasi di lahan padi sawah.

Dari beberapa kasus pencemaran yang dituangkan ke dalam jurnal, Indonesia dan Vietnam memiliki lebih dari 1 kasus yang terbaru yaitu pada rentang tahun 2014-2022. Persebaran nama jurnal dapat dilihat di Tabel 2.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pencarian kata kunci Pencarian jurnal berdasarkan database Scopus dengan kata kunci di atas menghasilkan jurnal sebanyak 1025 namun disaring kembali berdasarkan negara ASEAN mencakup 52 jurnal, dan disaring kembali sesuai dengan tema yang diinginkan menghasilkan sebanyak 9 jurnal dapat dilihat pada Tabel 2.

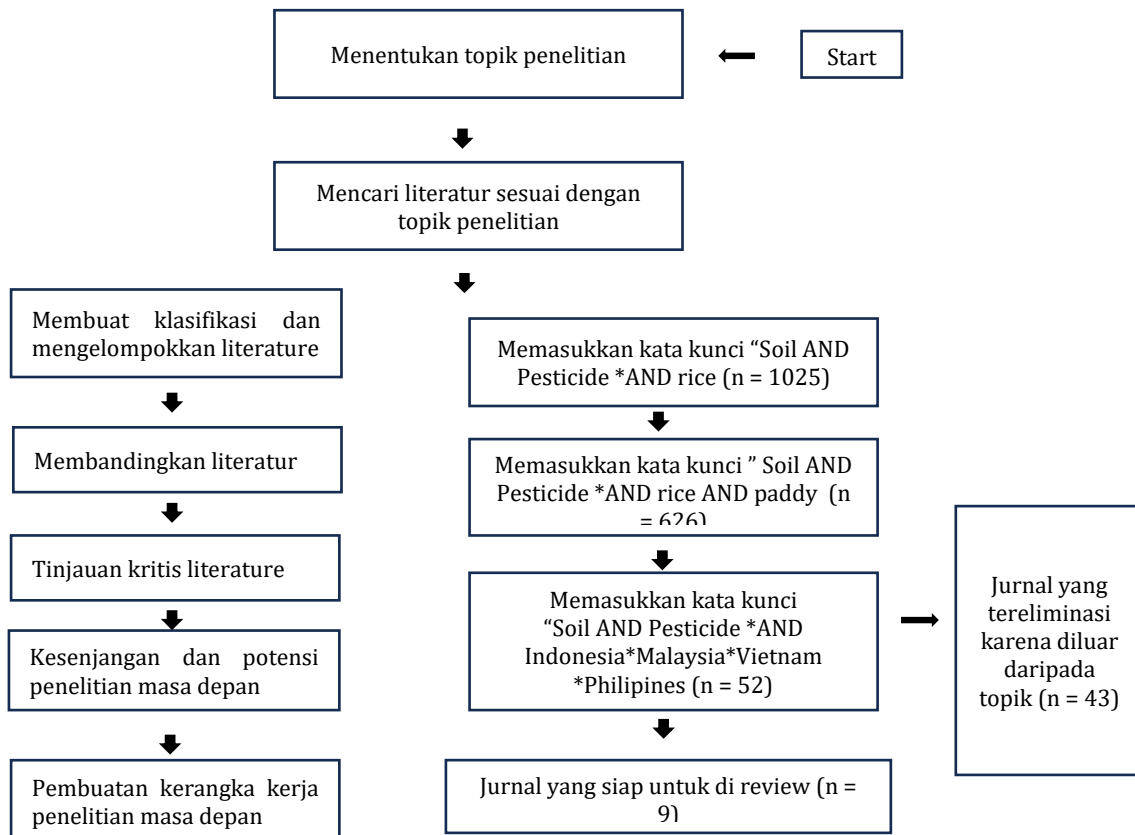
Jurnal yang dipilih dalam periode waktu 7 tahun, yakni jurnal terbitan tahun 2014 – 2022 dari database Scopus dan diidentifikasi kelayakan dan kemiripan antar jurnal dengan software Rayyan.ai. Kerangka literatur review dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Pemilihan Kata Kunci Scopus Database

String
Soil AND pesticides * AND rice
Soil AND pesticides* AND rice AND paddy
Soil AND pesticides* AND rice AND Indonesia
Soil AND pesticides* AND rice AND Malaysia
Soil AND pesticides* AND rice AND Vietnam
Soil AND pesticides* AND rice AND Philipines

**Tabel 2.** Persebaran Nama Jurnal

No	Publikasi jurnal	DOI/Link
1	Data in Brief	DOI: 10.1016/j.dib.2018.08.178
2	Journal of Degraded and Mining Lands Management	DOI: 10.15243/jdmlm.2020.081.2513
3	E3S Web of Conferences 31, ICENIS 2017	<a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103009">https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103009</a>
4	Trends in Sciences 2022; 19(12): 4604	<a href="https://doi.org/10.48048/tis.2022.4604">https://doi.org/10.48048/tis.2022.4604</a>
5	Modern Applied Science; Vol. 9, No. 6; 2015, Canadian Center of Sciences and Education	DOI: 10.5539/masv9n6p87
6	Future of Food: Journal on food, Agriculture and Society	DOI: 10.17170/kobra-202007201468
7	International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management	DOI: 10.1080/21513732.2014.905493
8	E3S Web of Conferences 68,04014 (2018)	<a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186804014">https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186804014</a>
9	Clean – Soil, Air, Water. 44 (9999): 1-9	<a href="https://doi.org/10.1002/clen.201500183">https://doi.org/10.1002/clen.201500183</a>



**Gambar 1.** Kerangka review

Dari beberapa jurnal, diperoleh data masing-masing negara memiliki persamaan metode analisis residu pestisida. Untuk itu diperoleh perbedaan *pre-screening* jenis dan kandungan pestisida ataupun insektisida yang digunakan. Peneliti mengharapkan kandungan pestisida dapat diperoleh dari data sistem budidaya yang sebelumnya dilakukan petani. Dengan adanya sistem budidaya petani yang organik dan meminimalisir segala zat-zat kimia tereduksi ke lingkungan akan menjadi suatu yang hal solutif bagi keberlanjutan lahan padi sawah.

### 3.1. Metode Analisis Residu Pestisida

Deteksi kromatografi cair UV berkinerja tinggi (HPLC) telah banyak digunakan dalam metode analisis residu pestisida baik secara kuantitatif maupun kualitatif di berbagai negara. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi jenis pestisida uji.

Metode kerja HPLC adalah gradien biner dengan menggunakan fase gerak yang dapat mendeteksi panjang gelombang dengan alat detektor UV. Uji analisis logam berat pada sampel yang larut asam ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Dari data yang diperoleh kandungan Cadmium pada tanah di lahan sawah Kabupaten Sragen menunjukkan lahan sawah yang diairi oleh industri tebu "sangat tercemar", sawah yang diairi oleh industri tekstil "sedang hingga tercemar berat", sawah konvensional inceptisol dan vertisol "cukup tercemar", sawah organik "sedikit tercemar", dan hutan "tidak tercemar" diduga karena *overspray* pestisida yang mengandung Cd. Dengan demikian, penggunaan pestisida yang berlebihan menjadi sumber antropogenik input Cd pada pucuk padi dan gabah. Rata-rata kandungan Cd dalam gabah padi yang dipanen dari tanah sawah di Kabupaten Sragen antara 0,0006 sampai 0,046 ppm (Ferina *et al.*, 2020).

**Tabel 3.** Distribusi Topik Jurnal Berdasarkan Judul, Penulis, Tahun dan Negara

No	Judul	Penulis	Tahun	Negara
1.	Organophosphate residue in different land use in Mojogedang, Karanganyar, Central Java, Indonesia	Supriyadi, Aditya Dyah Utami, Hery Widijanto & Sumani	2014	Indonesia
2.	Heavy Metal Content in Terraced Rice Fields at Sruwen Tenganan Semarang, Indonesia	Yulishindarwati, Retnaningsih Soeprobawati, Sudarno	2018	Indonesia
3.	Insecticides Residue in the centre of paddy field in Musi Rawas, South Sumatera, Indonesia	Wartono, Rujito Suwignyo, Adipati, Napoleon, dan Suheryanto	2018	Indonesia
4.	Comparative study on agrochemical residue on rice cultivation in Tasikmalaya, Indonesia: Organic versus conventional	Wahyudi David, Ardiansyah, Nurul Asiah, Sandra Madona	2020	Indonesia
5.	Cadmium mapping and contamination potential on different paddy field managements in Sragen Regency, Indonesia	Pungky Ferina, MMA Retno Rosariastuti, Widyatmansi Sih Dewi	2020	Indonesia
6.	Uses, toxicity levels, and environmental impacts of synthetic and natural pesticides in rice fields – a survey in Central Thailand	Suthamma Maneepitak & Roland Cochard	2014	Thailand
7.	Impact of Long-Term and Intensive Rice Cultivation on Heavy Metal Accumulation in Soil: Observations from the Mae La River Basin, Central Thailand	Krongkaew Mighanetara, Achira Nakpum, Prasarn Chalardkid dan Rattiyaporn Jaidee	2021	Thailand
8.	Data on organochlorine concentration levels in soil of lowland paddy field, Kelantan, Malaysia	Bibie Evana Osmansebuah, Wan Mohd Afiq Wan Mohd Khalik	2018	Malaysia
9.	Persistence and Leaching of Two Pesticides in a Paddy Soil in Northern Vietnam	Maria Anyushevakan, Marc Lamers Nguyen La Van Vien, Nguyen Thilo Streck	2016	Vietnam

Menurut Maneepitak & Cochard (2014) menyatakan dalam menganalisis kandungan residu pestisida hal penting yang dilakukan adalah melakukan metode penelitian deskriptif eksploratif dan analisis laboratorium dengan pendekatan survey. Cara menentukan lokasi penelitian yaitu berdasarkan tanah Indonesia pada peta overlay yang dibuat. Peta yang digunakan adalah peta penggunaan lahan di Mojogedang, Karanganyar. Didapatkan tiga jenis penggunaan lahan untuk pertanian, yaitu sawah, lahan kering, dan hutan rakyat. Hasil dari budidaya tanaman ini baik sistem pertanian dan penggunaan pestisida yang meliputi jenis dan dosis merupakan data pendukung untuk mendeteksi residu pestisida di tanah dengan metode kromatografi gas-cair.

### 3.2. Jenis Bahan Aktif

Kandungan residu pestisida memiliki beberapa tipe yaitu kandungan logam berat seperti Pb, Cd dan Cu pada semua lahan dan ketinggian yang berbeda dan berada di atas ambang batas yang ditetapkan. Tingginya kandungan logam tersebut diakibatkan oleh perbedaan pengelolaan lahan persawahan. Kurangnya pemahaman petani terhadap budidaya secara organik dengan penambahan kimia yang tidak sesuai dengan rekomendasi yang ditetapkan. Untuk mengendalikan hal tersebut diperlukan teknologi ramah lingkungan untuk meminimalisir pencemaran dengan memanfaatkan sumber daya organik dan hayati. Contohnya dapat dilihat pada pencemaran lahan padi sawah di Musi Rawas, Sumatera Selatan diperoleh bahan aktif insektisida yang tertinggi yaitu metomil sebesar 19,20% lannet diikuti sebesar 16,87%. Bahan aktif lainnya adalah Buprofezin dengan 13,56% applaud dan 13,32% klorantanipol insektisida virtako. Selain itu, bahan aktif lainnya masih di bawah 10% (Wartono *et al.*, 2018).

Penelitian di Kelantan, Malaysia melaporkan residu pestisida yang dominan ditemukan pada lahan padi sawah yaitu kelompok senyawa yang ditargetkan adalah isomer

heksaklorosikloheksana ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), diklorodifenil keluarga trikloroetana (4,40-DDT, 4,40-DDE, 4-40-DDD), endosulfan ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) dan endosulfan sulfat. Ekstraksi soxhlet (heksana: aseton 50:50 v/v) digunakan untuk isolasi senyawa target dalam 100 g sampel, dilanjutkan dengan proses pembersihan menggunakan Agilent kolom florisil 200 mg 3 ml. Penentuan akhir dilakukan dengan menggunakan gas chromatography-electron capture detector Varian CP-3800. Analisis dilaporkan sebagai konsentrasi rata-rata. Konsentrasi residu pestisida yang tertinggi yaitu hexaklorosikloheksana dengan larutan  $2.8 \times 10^6$ . Estimasi risiko pestisida yang terdeteksi terhadap manusia dihitung dengan rumus hazard quotient.

Di Vietnam, sebagian besar sampel air tanah padi sawah yang dikumpulkan mengandung residu pestisida. Hanya 6 jam setelah aplikasi, tingkat tinggi dari kedua pestisida adalah terdeteksi di tanah-air dikumpulkan pada kedalaman tanah 20 dan 40 cm. Konsentrasi dimethoate rata-rata berikut diamati pada DAT 0: 12,0 dan 0,87 mg L-1 (pada 20 dan 40 cm, SC) dan 78,2 dan 79.0 mg L-1 (pada 20 dan 40 cm, SAC), masing-masing. Rata-rata konsentrasi fenitrothion yang diukur pada hari pertama pengambilan sampel adalah 0,06 dan 0,32 mg L-1 (pada 20 dan 40 cm, SC) dan 38,9 dan 46,4 mg L-1 (pada 20 dan 40 cm, SAC) (Anyusheva *et al.* 2016).

Menurut Wartono *et al.* (2018), Berdasarkan hasil analisis laboratorium metomil terdeteksi pada tanah dengan karakteristik kandungan C-organik rendah dan kandungan liat tinggi. Hal ini karena bahan organik, kandungan liat, pH, dll mempengaruhi degradasi pestisida di dalam tanah (Chowdhury *et al.*, 2008). Dalam kondisi aerobik, metomil memiliki waktu paruh lebih dari 50 hari dengan kedalaman 15-30 cm dari permukaan tanah dan terdegradasi dan membentuk karbon dioksida. Senyawa ini relatif stabil terhadap hidrolisis dalam kondisi netral dan asam. Dalam kondisi normal, metomil terdegradasi dengan waktu paruh 30 hari, tetapi dengan kondisi tekstur tanah.

Lokasi insektisida tetap terdeteksi cukup tinggi di atas baku mutu lingkungan. Degradasi metomil akan lambat pada kisaran pH 4-6 sedangkan pH 7-9 akan mempercepat degradasi metomil oleh bakteri *Paracoccus* sp. (Xu *et al.*, 2009).

Wahyudi *et al.*, (2018) juga menyatakan pestisida sangat dipengaruhi oleh metode pengendalian hama dan penyakit, semakin berwawasannya petani maka mereka akan sadar bagaimana masalah residu pestisida ini bisa dipecahkan. Di Indonesia sendiri khususnya di Jawa tengah dan Jawa Barat jenis pestisida yang paling umum digunakan adalah hidrokarbon terklorinasi, pestisida fosfor organik dan pestisida karbamat (Sawyer *et al.*, 2003). Wahyudi juga melaporkan di Tasikmalaya, golongan Diazinon pada sampel air, tanah dan tanaman mendominasi dengan frekuensi sebesar hampir 70 %, dan organoklorin hanya sekitar 20 %.

### 3.3. Pengaruh Pestisida terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Tipe dan tekstur tanah sangat bergantung pada struktur bahan kimia tanah. Sawah terbagi atas sawah bagian atas, tengah dan bawah, setiap lapisan tanah mengandung unsur kimia yang berbeda pula. Parameter yang berlaku dalam sifat fisik kimia tanah yaitu tekstur (berpasir, lumpur dan tanah liat), tingkat pH, karbon organik dan unsur nitrogen. Residu yang dihasilkan di lahan padi sawah masih sedikit yang melaporkan baik dari jenis dan kandungannya di dalam tanah, dikarenakan akibat adanya bahan kimia yang terakumulasi pada tanah akan mengakibatkan kurang terserapnya pupuk yang diberikan, sehingga menyebabkan mal nutrisi bagi tanaman. Untuk itu gejala khas yang diperoleh rata-rata masih sama dengan gejala mal nutrisi pada tanaman. Residu pestisida yang dimungkinkan dalam lahan pertanian meskipun jumlahnya tidak banyak karena senyawa fosfat terikat oleh tanah dan tidak dapat terbawa oleh aliran air irigasi. Faktor lain dimungkinkan karena aplikasi beberapa pestisida. Wartono (2018) juga mengatakan karakteristik tanah seperti sifat fisik-kimia, mineralisasi lempung, dan klasifikasi tanah menunjukkan bahwa kandungan bahan organik (C-Organik) yang tercemar bahan kimia akan semakin buruk.

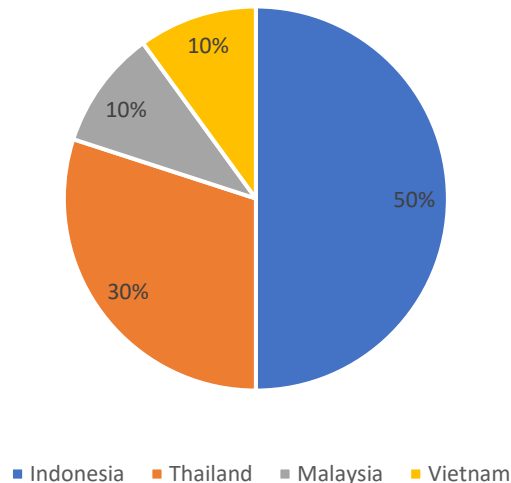
Maneepitak & Cochard (2014), melaporkan di Thailand pengaruh penggunaan pestisida menunjukkan adanya korelasi positif terhadap parameter tanah diantaranya ikatan karbon dengan indeks pencemar menunjukkan bahwa penggunaan pestisida yang tidak rasional sangat berdampak negatif pada organisme tanah yang sangat penting untuk penguraian karbon organik. Beberapa studi (Reddy *et al.* 1984, Katayama & Kuwatsuka 1991, Katayama *et al.* 1992, Kumuraswamy *et al.* 1998, Bharati *et al.* 1999,

Chu *et al.* 2008, Kreuzweiser *et al.* 2011, Schellenberger *et al.* 2012) telah melaporkan penurunan tingkat dekomposisi organik setelah penerapan berbagai pestisida (khususnya insektisida kuat seperti klorpirifos), terutama pada kondisi lahan basah yang tergenang. Bioaktivitas tanah juga berkurang karena pestisida telah mempengaruhi keberadaan cacing sawah (*Oligochaetes*) (Simpson *et al.* 1993, Roger 1995). Karbon organik dapat terakumulasi lebih kuat di tanah sawah di bawah paparan bahan kimia yang tinggi. Selain itu, penurunan bioaktivitas tanah juga ditunjukkan dengan meningkatnya pH pada lahan yang banyak menggunakan produk insektisida sintetik, dikarenakan peningkatan kadar asam humat dan karbon dioksida (sebagai produk dekomposisi organik) dapat menurunkan pH tanah (Calver *et al.* 2009). Herbisida dapat membunuh gulma, hal tersebut dapat berpengaruh pada produksi biomassa secara keseluruhan dapat berkurang di bidang yang diperlakukan dengan tingkat herbisida tinggi, menjelaskan efek negatif pada konsentrasi karbon tanah yang tinggi. Selanjutnya, berbagai penelitian (Baruah & Mishra, 1986; Raut *et al.* 1997; Min *et al.* 2001; Usui & Kasubuchi, 2011) telah melaporkan pada aplikasi herbisida Butaklor terjadi peningkatan aktivitas mikrob tanah. Sebaliknya aplikasi moluskisida menargetkan untuk menurunkan herbivora paling kuat di sawah yaitu siput. Penggabungan pupuk organik dan pupuk kimia juga dapat menunjukkan peningkatan kadar karbon tanah di lahan padi sawah. Selain itu, jika karbon tanah dalam tanah (Srisai *et al.* 2003), tidak ada efek seperti itu ditunjukkan oleh data kandungan N tanah secara langsung berkorelasi positif dengan karbon tanah, berasal dari pupuk organik (misalnya pupuk kandang), peningkatan kadar nitrogen (N) meningkat.

Penelitian di lahan padi Kelantan, Malaysia sampel tanah menunjukkan karakteristik yang hampir sama yaitu sedikit asam, kandungan karbon organik rendah, kadar air tinggi dan tekstur didominasi oleh tipe berpasir. Hal ini dilaporkan sebelum adanya perlakuan pestisida. Karbon organik dan kadar air. memanjang dan tingkat yang lebih tinggi di situs PNA yang lebih jauh). Oleh karena itu, banjir di dataran dapat meningkatkan kadar N di tanah (Baldwin & Mitchell 2000, Chowdary *et al.* 2004). Selain itu, alga hijau biru (pengikat N utama) juga ditemukan dalam konsentrasi yang lebih tinggi ke arah barat, mungkin sebagian data menjelaskan kadar N tanah yang lebih tinggi di wilayah tersebut (Cochard *et al.* 2014). Pupuk nitrogen yang diterapkan di sawah dalam bentuk larutan yang bersifat anorganik biasanya hilang dalam kadar air dengan irigasi yang tinggi, dan penerapannya tidak selalu dapat dilacak dalam sampel tanah (Ghosh & Bhat, 1998; Spencer *et al.* 2006).

**Tabel 4.** Perbandingan Bahan Aktif dari berbagai Negara ASEAN

Perbandingan Bahan Aktif	Negara	Penulis
Organofosfat	Indonesia	(Supriyadi <i>et al.</i> , 2015)
Logam Pb, Cd dan Cu	Indonesia	(Ferina <i>et al.</i> , 2020)
Metomil dan Buprofezin	Indonesia	(Wartono <i>et al.</i> , 2018)
Karbamat	Indonesia	(Wahyudi <i>et al.</i> , 2018)
Heksaklorosikloheksana diklorodifenil (4,40-DDT, 4,40-DDE, 4-40-DDD)	Malaysia	(Bibie <i>et al.</i> , 2018)
Fenitrothion	Vietnam	(Anyusheva <i>et al.</i> , 2016)
Klorpirifos	Thailand	(Maneepitak & Cochard, 2014)



**Gambar 2.** Perbandingan Lahan Tercemar Pestisida pada Beberapa Negara

Mighanetara *et al.* (2021) menyatakan di Thailand dan China ada kemungkinan bahwa akumulasi logam yang tinggi dapat diamati di daerah lahan yang tercemar, khususnya Zn, dikaitkan dengan pH relatif rendah (4,6 - 6,5;  $5,6 \pm 0,28$ ) pada lapisan tanah atas, yang dapat meningkatkan mobilitas logam. Secara umum, mobilitas logam meningkat dengan menurunnya pH. Sebagai contoh, penulis melaporkan bahwa pada nilai pH di bawah 6, mobilitas relatif yang dinyatakan sebagai persentase kandungan total terlarut seperti  $Zn > Cu > Pb$ . Pergerakan Zn juga dilaporkan pada penelitian lainnya. Akumulasi logam berat di daerah penelitian tersebut juga dapat berasal dari aplikasi pestisida, terutama herbisida, yang diterapkan secara teratur sebelum dan selama 10 hari setelah perkecambahan padi. Penelitian telah menunjukkan hubungan antara pestisida dan kontaminasi logam berat. Untuk hal tersebut sulit untuk memvalidasi dampaknya dalam penelitian ini. Hal ini disebabkan oleh: 1) walaupun ada banyak formulasi pestisida yang dipasarkan di seluruh dunia, informasi tentang kandungan logam beratnya relatif langka; 2) keterbatasan informasi mengenai jumlah dan formulasi herbisida dan insektisida yang digunakan di daerah pengamatan relatif normal dengan persentase 4.57 dan 87 % pada tanah berpasir. Selain itu dampak dari adanya pestisida organoklorin, karbon organik menurun, tekstur tanah menjadi lempung dan total mikrob dapat menurun.

#### 4. Kesimpulan

Aplikasi pestisida tidak bisa terlepas dari budidaya petani lokal. Dari setiap negara memiliki teknik aplikasi, jenis pestisida dan metode analisis yang bervariasi. Indonesia dengan lahan padi sawah yang mendominasi memiliki *case* yang cukup banyak terhadap pencemaran tanah dan air dibandingkan dengan negara lain. Aplikasi pestisida mampu merubah struktur kimia tanah sehingga kandungan hara dan populasi mikrob total menurun hal ini berakibat menurunnya kualitas tanah dan akhirnya lama-kelamaan akan berpengaruh terhadap kesehatan petani dan keberlanjutan lingkungan. Diharapkan dengan adanya sistem budidaya petani semi organik ataupun organik dapat menjadi langkah keberlanjutan lahan padi sawah, namun penelitian ini memiliki dua poin keterbatasan yaitu keterbatasan alat dan metode yang dilakukan oleh petani dalam menganalisis lahan yang terkontaminasi pestisida di tanah, serta tingginya *cost* untuk melakukan uji residu

pestisida sehingga banyak petani membiarkan kebiasaan menggunakan pestisida dan tidak memperdulikan kesehatan diri dan lingkungannya. Dari beberapa negara ASEAN yang terdeteksi hampir sebagian besar terdapat di Indonesia, diikuti oleh Thailand, Malaysia dan Vietnam dengan berbagai jenis bahan aktif, hal ini dapat disimpulkan bahwa dalam penggunaan pestisida di Indonesia masih belum digunakan secara rasional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anyusheva, M., M. Lamers, N. La, VV, Nguyen, T, Streck. 2016. Persistence and leaching of two pesticides in a paddy soil in Northern Vietnam. *Clean – Soil, Air, Water*. 44 (9999): 1-9
- Baldwin, D.S., AM, Mitchell. 2000. The effects of drying and reflooding of the sediment and soil nutrient dynamics of lowland river-floodplain systems: a synthesis. *Regulated Rivers Res Manag*. 16:457-467. doi:10.1002/1099-1646(200009/ 10)16:53.0.CO;2-B
- Baruah, M., RR, Mishra. 1986. Effect of herbicides butachlor, 2, 4- D and oxyfluorfen on enzyme activities and CO<sub>2</sub> evolution in submerged paddy field soil. *Plant Soil*. 96:287-291. doi:10.1007/BF02374772
- Bharati, K., SR, Mohanty, VR, Rao, TK, Adhya. 1999. Effect of endosulfan on methane production from three tropical soils incubated under flooded condition. *Bull Environ Contam Toxicol*. 63:211-218. doi:10.1007/s001289900968
- Calver, M., A, Lymbery, J, McComb, M, Bamford. 2009. *Environmental biology*. Cambridge (UK): Cambridge University Press
- Chu, X., H, Fang, X, Pan, X, Wang, M, Shan, B, Feng, Y, Yu. 2008. Degradation of chlorpyrifos alone and in combination with chlorothalonil and their effects on soil microbial populations. *J Environ Sci*. 20:464-469. doi:10.1016/S1001-0742(08) 62080-X
- Chowdary, V.M., N.H, Rao, P.B.S. Sarma. 2004. A coupled soil water and nitrogen balance model for flooded rice fields in India. *Agric Ecosystems Environ*. 103:425-441. doi:10.1016/j. agee.2003.12.001
- David, W., Ardiansyah, N. Asiah, S. Madona. 2020. Studi banding residu agrokimia pada budidaya padi di Tasikmalaya, Indonesia: organik versus

- konvensional. Masa Depan Pangan: Jurnal Pangan, Pertanian dan Masyarakat. 8 (2): 1-10.
- Ferina, P., R. Rosariastuti, W.S. Dewi. 2020. Cadmium mapping and contamination potential on different paddy field managements in Sragen Regency, Indonesia. JDMLM. Universitas Brawijaya. 8(1): 2513-2524, DOI: 10.15243/jdmlm.2020.081.2513
- Ghosh, B.C., R. Bhat. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ Pollut. 102:123-126. doi:10.1016/S0269-7491(98)80024-9
- Hindarwati, Y., T.R. Soeprbowati, Sudarno. 2018. Heavy Metal Content in Terraced Rice Fields at Sruwen Tenganan, Semarang, Indonesia. Web Konferensi E3S31, 03009 (2018) ICENIS 2017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103009>
- Katayama, A., S. Kuwatsuka. 1991. Effect of pesticides on cellulose degradation in soil under upland and flooded conditions. Soil Sci Plant Nutr. 37:1-6. doi:10.1080/00380768.1991.10415003
- Kumaraswamy, S., A.K. Rath, S.N. Satpathy, B. Ramakrishnan, T.K. Adhya, N. Sethunathan. 1998. Influence of the insecticide carbofuran on the production and oxidation of methane in a flooded rice soil. Biol Fert Soil. 26:362-366.
- Kreutzweiser, D.P., D. Thompson D, S. Grimalt, D. Chartrand, K. Good, T. Scarr. 2011. Environmental safety to decomposer invertebrates of azadirachtin (neem) as a systemic insecticide in trees to control emerald ash borer. Ecotoxicol Environ Saf. 74:1734-1741. doi:10.1016/j.ecoenv.2011.04.021
- Maneepitak, S. and R. Cochard. 2014. Penggunaan, tingkat toksisitas, dan dampak lingkungan dari pestisida sintesis dan alami di sawah - survei di Thailand Tengah. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 10:2, 144-156, DOI:10.1080/21513732.2014.905493
- Mighanetara, K., A. Nakpum, P. Chalardkid, R. Jaidee. 2021. Impact of Long-Term and Intensive Rice Cultivation on Heavy Metal Accumulation in Soil: Observations from the Mae La River Basin, Central Thailand. Thailand. Trends in Science 2022. 19(12):4604
- Min, H., Y. Ye, Z. Chen, W. Wu., D. Yufeng. 2001. Effects of Butachlor on microbial populations and enzyme activities in paddy soil. J Environ Sci Health Part B. 36:581-595. doi:10.1081/PFC-100106187
- Od-ompanich, W., A. Krittisiri, M. Thongnoi. 2007. Organic and inorganic rice production: a case study in Yasothon Province, northeast Thailand. Penang: Pesticide Action Network, Asia and the Pacific. Chapter 1, Organic and inorganic rice production; 3-16.
- Phung, D.T., D. Connell, G. Miller, S. Rutherford, C. Chu. 2012. Pesticide Regulations and Farm Worker Safety: The Need to Improve Pesticide Regulations in Viet Nam, Bull. World Health Organ 2012, 90, 468-473.
- Raut, A.K., G. Kulshrestha, P.K. Chhonkar. 1997. Effect of butachlor on microbial soil populations in rice fields. Toxicological Environ Chem. 59:145-149. doi:10.1080/02772249709358431
- Reddy, B.V.P., P.S. Dhanaraj, V.V.S.N. Rao. 1984. Insecticide microbiology. Heidelberg: Springer. Chapter 8, Effects of insecticides on soil microorganisms; p. 169-210.
- Roger, P.A. 1995. Impact of pesticides on farmer health and the rice environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Chapter 10, The impact of pesticides on wetland rice field microflora: a review; p. 271-308
- Sawyer, C., P.M. Carty, G. Parkin. 2003. Kimia untuk Teknik Lingkungan dan Sains. Bukit Mc Graw.
- Schellenberger, S., H.L. Drake, S. Kolb. 2012. Impairment of cellulose- and cellobiose-degrading soil bacteria by two acidic herbicides. FEMS Microbiol Lett. 327:60-65. doi:10.1111
- Simpson, I., P.A. Roger, R. Oficial, I.F. Grant. 1994. Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland ricefield. Biol Fert Soil. 17:129-137. doi:10.1007/BF00337745
- Spencer D, Lembi C, Blank R. 2006. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of algae present in selected California Office of Land Development Region 12, Land Development Department (In Thai Language) rice fields. J Freshwater Ecol. 21:649-656. doi:10.1080/02705060.2006.9664126
- Srisai U, Srisai S, Sathanasaowapath V, Sakaew S. 2003. Study on various green manure crops for soil improvement in Banthon soil series. Bangkok: Office of Land Development Region 12, Land
- Supriyadi, Utami AD, Widijanto H, Sumani. 2015. Residu Organofosfat pada Penggunaan Lahan Berbeda di Mojogedang Karanganyar Jawa Tengah Indonesia. Pusat Sains dan Pendidikan Kanada. Ilmu Terapan Modern: JIL. 9(6). Thuy PT, Geluwe SV, Nguyen VA, Bruggen BVD. 2012. Current Pesticide Practices and Environmental Issues in Vietnam: Management Challenges for Sustainable Use of Pesticides for Tropical Crops in (South-East) Asia to Avoid Environmental Pollution. J. Mater. Cycles Waste Manage. 14, 379-387.
- Usui Y, Kasubuchi T. 2011. Effects of herbicide application on carbon dioxide, dissolved oxygen, pH, and RpH in paddyfield ponded water. Soil Sci Plant Nutr. 57:1-6. doi:10.1080/00380768.2010.541868
- Wartono, Rujito, Suwignyo, Napoleon A, Suheryanto. 2018. Residu insektisida di sentar sawah Musi Rawas, Sumatera Selatan, Indonesia. Indonesia. Web Konferensi ES368 SRICOENV. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186804014>
- Yulishindarwati, Soeprbowati R, Sudarno. 2017. Kandungan Logam Berat di Sawah Terasering Sruwen Tenganan Semarang - Indonesia. Semarang. Web Konferensi E3S31. ICENIS 2017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103009>