



**Remediasi Residu Insektisida Klorpirifos
Pada Pertanaman Cabai Merah (*Capsicum
annum L.*) di Tanah Tekstur Ringan dan
Tekstur Berat**

*Remediation of Chlorpyrifos Insecticide on Red
Chili (*Capsicum annum L.*) Cropping in
Lightweight-Texture and Weight-Textures Soil*

Poniman¹, A. N. Ardiwinata², U. Muanisah¹, Sri
Wahyuni¹

¹Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

² Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan
Pertanian

Info Artikel

Diterima : 9 Maret 2021

Direvisi : 5 Mei 2021

Disetujui : 17 Mei 2017

Kata kunci:

Remediasi Klorpirifos

Tekstur Tanah

Cabe Merah

Keywords:

Chlorpyrifos Remediation

Soil Texture,

Red Chilies

Corresponding Author :

Poniman

poniman63ir@gmail.com

+ 62 821-3717-4720

Abstrak

Klorpirifos banyak digunakan oleh petani sebagai racun kontak untuk mengendalikan hama perusak daun dan buah pada tanaman cabai merah. Klorpirifos sangat toksik di lingkungan dan makhluk hidup, meskipun mudah terdegradasi dan memiliki waktu paruh yang pendek. Bahan remediasi berupa arang aktif, biochar, dan mikroba konsorsia merupakan teknologi remediasi efektif untuk menurunkan residu insektisida. Setiap senyawa memiliki karakteristik berbeda berdasarkan jenis dan tekstur tanah. Penelitian dengan tujuan untuk memperoleh teknologi remediasi residu insektisida klorpirifos pada pertanaman cabai merah yang ditanam pada tanah tekstur ringan dan tekstur berat. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Lingkungan Pertanian antara bulan Mei-November 2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua tekstur tanah memiliki karakteristik yang berbeda terhadap teknologi remediasi residu klorpirifos. Teknologi terbaik untuk menurunkan residu klorpirifos pada tanah tekstur ringan adalah perlakuan mikroba konsorsia 2 L/ha, sedangkan pada tanah tekstur berat adalah urea berlapis biochar

Abstract

Chlorpyrifos is widely used by farmers as a contact poison to control leaf and fruit pests in red chilies. Chlorpyrifos is very toxic to the environment and to living things, although it is easily degraded and has a short half-life. Remediation materials in the form of activated charcoal, biochar, and microbial consortium are effective remediation technologies to reduce insecticide residues. Each compound has different characteristics based on the type and texture of the soil. This research aims to obtain the ability of remediation technology for Chlorpyrifos insecticide residues in red chili on light and heavy textured soils. The research was carried out in the screen house of the Indonesian Agricultural Environment Research Institute (IAERI) between May to November 2017. The results showed that the two soil textures had different characteristics of Chlorpyrifos residue remediation technology. The best technology to reduce Chlorpyrifos residue in light-textured soils is the 2 L/ha consortium microbial treatment, while for heavy-textured soils is biochar-coated urea.

PENDAHULUAN

Insektisida klorpirifos banyak digunakan oleh petani untuk menanggulangi serangan ulat grayak baik fase vegetatif maupun generatif. Insektisida klorpirifos digunakan untuk mengendalikan berbagai hama pengunyah dan penghisap, tungau serangga pada berbagai tanaman seperti buah-buahan, sayur-sayuran, kopi, coklat, teh, kapas, gandum, padi, dan palawija (Tripathi, 2018). Klorpirifos banyak meninggalkan residu di dalam tanah pertanian (Wihardjaka, 2018). Klorpirifos adalah salah satu pestisida organofosfat yang paling banyak digunakan yang dapat secara efektif pengontrol organisme pengganggu tanaman (He et al., 2019).

Sulaeman et al. (2016) memperoleh informasi bahwa di tempat lokasi sentra sayuran di Jawa Barat insektisida klorpirifos selalu digunakan oleh petani dalam mengendalikan hama pada tanaman sayuran kubis. Alasan yang dikemukakan antara lain, penggunaan insektisida klorpirifos mudah dan praktis, dan memiliki spektrum yang luas terhadap hama. Penggunaan insektisida klorpirifos selain dapat mengendalikan hama pada tanaman sayuran tapi juga dapat meninggalkan residu pada tanah dan produk sayuran.

Residu insektisida telah terakumulasi di lahan-lahan pertanian intensif baik di lahan sawah (padi) maupun lahan sayuran. Residu klorpirifos ditemukan di tanah yang ditanam bawang merah (Saputri et al., 2016; Poniman et al., 2017). Residu insektisida klorpirifos ditemukan pada buah cabai (Damaiyanti et al., 2020; Purnamasari, 2020). Bahkan residu klorpirifos dapat terbawa dalam produk dalam jangka waktu beberapa hari setelah dipanen (Hassanzadeh and Bahramifar, 2019; Yigit and Velioglu, 2020). Konsumsi produk tercemar residu insektisida mengancam kesehatan manusia (Ucar et al., 2016), meskipun masih dalam dugaan awal asupan klorpirifos dalam tubuh manusia dapat memicu gula darah (Farkhondeh et al., 2020),

mengganggu hormonal reproduksi manusia (Li et al., 2019)

Salah satu tindakan yang dapat dilakukan untuk menurunkan residu pestisida pada lahan pertanian adalah dengan melakukan remediasi lahan (Sun et al., 2018; Wang et al., 2020). Bahan organik hasil pirolisis limbah pertanian dapat membantu menurunkan residu insektisida (Khorram et al., 2016; Wu et al., 2017; Ye et al., 2019). Pemanfaatan bio (makhluk hidup) untuk remediasi residu dapat menurunkan residu insektisida dalam tanah (Ye et al., 2017; Parte et al., 2017; Poniman et al., 2017). Arang aktif dari limbah pertanian dapat digunakan untuk meremediasi lahan pertanian dari cemaran residu pestisida (Obi et al., 2016; Dai et al., 2018; Ye et al., 2019).

Ilustrasi-ilustrasi diatas memberikan informasi betapa pentingnya dilakukan remediasi residu insektisida klorpirifos, karena di satu pihak ketergantungan penggunaan insektisida sulit dihindarkan di lain pihak dampak negatifnya juga tidak dapat diabaikan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh teknologi remediasi residu insektisida klorpirifos pada pertanaman cabai merah yang ditanam pada tanah tekstur ringan dan tekstur berat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan), antara bulan Mei-November 2017. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dua faktor, dan empat perlakuan (delapan kombinasi perlakuan), serta tiga ulangan. Dua faktor adalah tekstur tanah terdiri dari: (T1) tanah tekstur ringan asal Magelang dan (T2) tanah tekstur berat asal Pati. Tanah untuk media tanam diambil diambil dari Desa Ngablak Kecamatan Ngablak Kabupaten Magelang, sedangkan tanah asal Pati diambil dari Desa Ngurensiti Kecamatan Wedarijaksa, Kabupaten Pati. Kedua asal tanah merupakan

lahan yang biasa ditanami tanaman cabe merah.

Sedangkan empat perlakuan, terdiri dari: (P1) urea berlapis arang aktif (120 kg/ha urea: 30 kg/ha AA); (P2) urea berlapis biochar (120 kg/ha urea: 30 kg/ha biochar); (P3) cara petani (150 kg/ha urea); dan (P4) mikroba konsorsia (150 kg/ha urea + mikroba konsorsia 2 l/ha). Mikroba konsorsia terdiri dari: *Bacillus megaterium*, *Spingomonas* sp., *Acinetobacter* sp., *Micrococcus* sp., dan *Bacillus* Sp..

Tanah untuk media dikering anginkan sampai benar-benar kering, dan dipecah menjadi butiran-butiran yang relatif kecil sekitar 2 mm. Tanah yang sudah kering dengan butiran 2 mm tersebut ditimbang sebanyak 8 kg dan dimasukkan ke dalam ember plastik volume 20 kg. Tambahkan pupuk kandang sebanyak 0,5 kg pada tiap-tiap pot. Mencemari media tanam dengan bahan aktif klorpirifos sebanyak 80 ml/pot konsentrasi 2 ml/l air. Tambahkan air sampai jenuh, diinkubasi selama seminggu dan diaduk setiap hari agar bahan aktif klorpirifos tercampur dengan tanah secara merata. Diamkan beberapa hari sampai tanah mencapai kapasitas lapang dan siap ditanami. Selama pertanaman berlangsung tidak dilakukan penyemprotan menggunakan insektisida berbahan aktif klorpirifos.

Cabe merah varietas lokal Pati (Tampar) ditanam pada umur bibit 30 hari setelah sebar, 2 bibit setiap pot. Dipilihnya varietas lokal adalah memiliki ketahanan yang memadai untuk wilayah Pati dan sekitarnya dan diharapkan terhindar gagal panen. Pengamatan meliputi residu insektisida pada contoh tanah pada sebelum aplikasi perlakuan (SAP), 1 hari setelah aplikasi perlakuan (HSAP), 8 HSAP, dan saat panen pertama.

Analisis residu klorpirifos dilakukan di laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. dengan metode uji SNI 06- 6991.1-2004 (BSN, 2004), sebagai berikut:

(1) Menimbang 25 gram contoh dan masukkan ke dalam Erlenmeyer, tambahkan campuran aseton: diklorometana (50:50, v/v),

(2) Hasil ekstraksi disaring menggunakan corong yang diberi kapas, (3) Pipet sebanyak 25 mL ke dalam labu bundar, (4) Pekatkan dalam rotavapor pada suhu 40oC, dan keringkan dengan mengalirkan gas nitrogen (5) Larutkan residu dalam 5 ml iso-oktana: toluene (90:10, v/v), (6) Suntikkan 0,8 ml larutan/ekstrak ke dalam kromatograf gas (GC). Untuk menentukan kadar residu klorpirifos adalah sebagai berikut:

$$A = \frac{CxVxfp}{B}$$

dimana:

- A = kadar residu insektisida, µg/g;
- B = berat contoh uji, g (25 g);
- C = kadar residu insektisida yang diperoleh dari kurva kalibrasi, µg/mL;
- V = volume akhir pengenceran, ml (2 mL);
- fp = faktor pengenceran (bila tanpa pengenceran maka fp=1).

Data yang dikumpulkan akan diolah dan dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan diikuti dengan uji lanjutan menggunakan Duncan (DMRT) dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman cabai merah dapat tumbuh di berbagai kondisi tanah dengan kondisi drainase baik. Persebaran tanaman cabai merah mulai dari dataran rendah dan secara umum memiliki tanah bertekstur berat sampai dataran tinggi dan secara umum memiliki tanah bertekstur ringan. Tanah tekstur ringan didominasi oleh fraksi pasir, sedangkan tanah tekstur ringan didominasi fraksi liat.

Pemupukan tanaman dengan unsur hara esensial terutama nitrogen, dalam jumlah, cara, dan waktu pemupukan yang tepat merupakan salah satu penentu keberhasilan produksi tanaman. Oleh karena itu penggunaan nitrogen cenderung tinggi tidak memperhatikan kebutuhan tanaman. Pupuk nitrogen memiliki resiko efisiensi rendah melalui volatilisasi amonia, pencucian nitrat,

aliran permukaan dan denitrifikasi. Pelapisan pupuk nitrogen dengan berbagai bahan olahan hasil samping limbah pertanian diperkirakan cara efektif untuk menurunkan kehilangan nitrogen pasca diaplikasikan di lapangan.

Pada contoh tanah sebelum diberikan perlakuan terdeteksi residu klorpirifos berkisar antara 0,0,4196-1,4206 mg/kg.

Kemudian setelah diberikan perlakuan, residu klorpirifos turun drastis pada pengamatan satu hari setelah aplikasi perlakuan (HSAP), naik pada 8 HSAP dan kembali turun pada saat panen (Tabel 1). Pada pengamatan satu HSAP semua perlakuan remediasi efektif menurunkan residu klorpirifos dalam contoh tanah dibanding perlakuan cara petani.

Tabel 1. Residu klorpirifos pada contoh tanah berdasarkan tesktur tanah berbagai waktu pengamatan

Perlakuan	Waktu pengamatan			
	SAP*)	1 HSAP**)	8 HSAP	Panen
	----- mg/kg -----			
T1P1	0,7533bc	0,0123c	1,4690a	0,2360c
T1P2	0,4196bc	0,0123c	1,2680bc	0,2650bc
T1P3	1,4206a	0,0436a	0,7660cd	0,3780a
T1P4	1,2363ab	0,0083c	1,3370b	0,2216c
T2P1	0,5573bc	0,0090c	0,9140cd	0,2900b
T2P2	0,4856bc	0,0096c	0,5323d	0,1130d
T2P3	0,6176bc	0,0040c	0,5220d	0,2533bc
T2P4	0,6073bc	0,0413a	0,9760c	0,2253c
CV (%)	15,6	13,9	16,3	13,4

Angka sekolom yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata uji BNT 5%

Keterangan:

Jenis tanah : (T1) tanah tekstur ringan asal Magelang dan (T2) tanah tekstur berat asal Pati.

Perlakuan : (P1) urea berlapis arang aktif (120 kg/ha urea: 30 kg/ha AA) ; (P2) urea berlapis biochar (120 kg/ha urea:30 kg/ha biochar) ; (P3) cara petani (150 kg/ha urea) ; dan (P4) mikroba konsorsia (150 kg/ha urea+mikroba konsorsia 2 l/ha).

*) : SAP (sebelum aplikasi perlakuan)

**) : HSAP (hari setelah aplikasi perlakuan)

Pada kedua tekstur tanah, perlakuan cara petani menunjukkan residu klorpirifos tinggi, sedangkan residu rendah ditunjukkan oleh perlakuan mikroba konsorsia 2 l/ha. Pada tanah tekstur berat, tidak menunjukkan konsisten terhadap penurunan klorpirifos. Perlakuan urea berlapis biochar dan perlakuan mikroba konsorsia 2 l/ha sampai pengamatan 8 HSA menunjukkan residu tertinggi secara bergantian. Residu klorpirifos terendah saat panen ditunjukkan oleh perlakuan urea berlapis biochar. Kandungan liat dan

karasteritik tanah menentukan serapan insektisida (Khan, 2016; Khan, 2019; García-Delgado et al., 2020). Bahan organik tanah dan lempung bermuatan negatif mudah menjerap gugus positif insektisida dari insektisida (Khan, 2016). Biochar sebagai produk samping limbah pertanian dapat berfungsi sebagai penyeimbang muatan listrik dalam tanah (Cross et al., 2016).

Penurunan residu selain disebabkan oleh faktor lingkungan, juga disebabkan waktu paruh dari pestisida itu sendiri. Waktu

paruh klorpirifos mencapai 22 hari (FAO, 2014), dan dalam suasana anaerobik waktu paruh klorpirifos sekitar 39-51 hari (Christensen et al., 2009). Perlakuan mikroba konsorsia 2 l/ha sekali pemberian efektif menurunkan residu klorpirifos dalam contoh tanah (Tabel 2). Pada tekstur tanah ringan persentase penurunan tertinggi ke rendah adalah perlakuan mikroba 2l/ha>cara petani>urea berlapis arang aktif>urea berlapis biochar yaitu masing-masing sebesar

82,1%>73,4%>68,7%>36,8%. Sedangkan pada tanah tekstur berat adalah perlakuan mikroba konsorsia 2l/ha>urea berlapis biochar>cara petani>urea berlapis arang aktif masing-masing sebesar 62,9%>76,7%>59,0%>48,0%. Mikroba efektif menurunkan residu klorpirifos (Jabeen et al., 2016; Yadav et al., 2016; Puspitasari dan Khairuddin, 2016; Poniman et al., 2017; Anggreini, 2019; Huang et al., 2020).

Tabel 2. Penurunan residu klorpirifos berbagai perlakuan dan tesktur tanah

Perlakuan	Residu saat		Penurunan
	SAP ^{*)}	Panen	
	----- mg/kg -----		---- % ----
T1P1	0,7533	0,2360	0,5173
T1P2	0,4196	0,2650	0,1546
T1P3	1,4206	0,3780	1,0426
T1P4	1,2363	0,2216	1,0147
T2P1	0,5573	0,2900	0,2673
T2P2	0,4856	0,1130	0,3726
T2P3	0,6176	0,2533	0,3643
T2P4	0.6073	0,2253	0,3820

Angka sekolom yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata uji BNT 5%

Keterangan:

Jenis tanah : (T1) tanah tekstur ringan asal Magelang dan (T2) tanah tekstur berat asal Pati.

Perlakuan : (P1) urea berlapis arang aktif (120 kg/ha urea: 30 kg/ha AA) ; (P2) urea berlapis biochar (120 kg/ha urea:30 kg/ha biochar) ; (P3) cara petani (150 kg/ha urea) ; dan (P4) mikroba konsorsia (150 kg/ha urea+mikroba konsorsia 2 l/ha).

*) : SAP (sebelum aplikasi perlakuan)

Residu insektisida dalam tanah diperkirakan akan mempengaruhi residu pada produk tanaman di atasnya (Harvey, 2016; Lozowicka et al., 2016; Rao et al., 2016). Pada penelitian ini tidak ditemukan residu klorpirifos dalam produk cabai merah. Translokasi residu insektisida dalam batang tanaman berkayu terjadi dalam jumlah yang sangat kecil (Li, 2020), dan menyebabkan tidak terdeteksinya residu klorpirifos dalam buah cabai.

Hasil cabai merah dari tiga kali panen (panen 1-3) menunjukkan bobot antara 136,9-161,0 g/tanaman. Keragaan bobot cabai merah disajikan pada Tabel 3. Pada tanah tekstur ringan hasil cabai merah berturut adalah urea berlapis arang aktif>urea berlapis biochar>mikroba konsorsia>cara petani, sedangkan pada tanah tekstur berat adalah urea berlapis arang aktif>mikroba konsorsia>cara petani>urea berlapis biochar.

Urea berlapis arang aktif menunjukkan hasil yang stabil pada kedua tekstur tanah. Pupuk urea dengan biochar meningkatkan hasil pertanian (Saputra, 2016; Abbas et al., 2017) memperbaiki kesuburan tanah (Saputra, 2016; Bella dan Padrikal, 2018). Pemupukan dengan urea berlapis arang aktif menyebabkan urea lebih lambat urai (Liu et al., 2019; Shi et al., 2020). Urea berlapis arang aktif meningkatkan efisiensi nitrogen (Hulyatussyamsiah et al., 2019; Dimkpa et al., 2020).

Tabel 3. Bobot cabai merah berdasarkan jenis tanah dan bahan remediasi

Perlakuan	Panen ke			Bobot cabai 3 kali panen
	Panen-1	Panen-2	Panen-3	
	----- g/tanaman -----			
T1P1	35,7b	55,9b	63,7ab	155,3
T1P2	36,5ab	57,0b	60,9b	154,3
T1P3	28,2d	55,6b	53,1c	136,9
T1P4	35,6b	58,4b	56,0c	150,0
T2P1	30,7c	65,9a	64,4a	161,0
T2P2	31,6c	56,1b	54,1c	141,8
T2P3	30,6c	55,1b	59,5b	145,2
T2P4	39,9a	57,9b	62,9ab	160,7
CV (%)	7,12	5,83	6,76	-

Angka sekolom yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata uji BNT 5%

Keterangan:

Jenis tanah : (T1) tanah tekstur ringan asal Magelang dan (T2) tanah tekstur berat asal Pati.

Perlakuan : (P1) urea berlapis arang aktif (120 kg/ha urea: 30 kg/ha AA) ; (P2) urea berlapis biochar (120 kg/ha urea:30 kg/ha biochar) ; (P3) cara petani (150 kg/ha urea); dan (P4) mikroba konsorsia (150 kg/ha urea+mikroba konsorsia 2 l/ha)

SIMPULAN

Kedua tekstur tanah memiliki karakteristik yang berbeda terhadap teknologi remedasi residu klorpirifos. Teknologi terbaik untuk menurunkan residu klorpirifos pada tanah tekstur ringan adalah perlakuan mikroba konsorsia 2 L/ha, sedangkan pada tanah tekstur berat adalah urea berlapis biochar.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, A., Yaseen, M., Khalid, M., Naveed, M., Aziz, M.Z., Hamid, Y. and Saleem, M., 2017. Effect of biochar-amended urea on nitrogen economy of soil for improving the growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum* L.)

under field condition. *Journal of Plant Nutrition*, 40(16), pp.2303-2311. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1267746>

Anggreini, C.D., 2019. Bioremediasi Lingkungan Tercemar Klorpirifos. DOI: 10.31227/osf.io/ugv2w

Bella, S.E. dan Padrikal, R., 2018. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Pupuk NPK Dalam Peningkatan Kualitas Lahan Pertanian. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 2(1), pp.27-34. DOI:

6 *Poniman, A. N. Ardiwinata, U. Muanisah, Sri Wahyuni, Remediasi Residu Insektisida Klorpirifos Pada Pertanaman Cabai Merah (Capsicum annum L.) di Tanah Tekstur Ringan Dan Tekstur Berat*

- BSN.2004. SNI 06-6990.1-2004. Tanah-Bagian 1: Cara uji pestisida organoklorin secara ekstraksi menggunakan pelarut n-heksan dengan Kromatografi Gas-Spektrofotometer Massa (KG-SM)
- Cross, A., Zwart, K., Shackley, S. and Ruyschaert, G., 2016. The role of biochar in agricultural soils. *Biochar in European Soils and Agriculture*. Routledge, London, New York, pp.73-98.
<https://books.google.co.id/books?id=zlaaCwAAQBAJ&lpg=PA73&ots=yypqYzIJPFI&dq=Negatively%20charged%20soil%20and%20clay%20organic%20matter%20readily%20absorb%20the%20positive%20groups%20of%20insecticides&lr&pg=PA73#v=onepage&q&f=false>
- Dai, Y., Sun, Q., Wang, W., Lu, L., Liu, M., Li, J., Yang, S., Sun, Y., Zhang, K., Xu, J. and Zheng, W., 2018. Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review. *Chemosphere*, 211, pp.235-253.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.179>
- Damaiyanti, D., Yulianty, R., Marzuki, A., Kasim, S. and Rante, H., 2020. Analisis Residu Pestisida Klorpirifos Pada Cabai (*Capsicum sp.*) Dari Desa Bungin Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 23(3), pp.106-108.
- Dimkpa, C.O., Fugice, J., Singh, U. and Lewis, T.D., 2020. Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency—Trends and perspectives. *Science of the Total Environment*, p.139113.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139113>
- FAO STAT-Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. <http://faostat.fao.org/site/424/default.aspx#ancor>
- Farkhondeh, T., Amirabadizadeh, A., Samarghandian, S. and Mehrpour, O., 2020. Impact of chlorpyrifos on blood glucose concentration in an animal model: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), pp.2474-2481. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07229-w>
- García-Delgado, C., Marín-Benito, J.M., Sánchez-Martín, M.J. and Rodríguez-Cruz, M.S., 2020. Organic carbon nature determines the capacity of organic amendments to adsorb pesticides in soil. *Journal of hazardous materials*, 390, p.122162.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122162>
- Harvey JR, J.O.H.N., 2016. Pesticide Metabolism. In *Plants. Principles, Statistics, and Applications: Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators*, Vol. 15,

- 15,p.231.<https://books.google.co.id/books?id=1srYBAAAQBAJ&lpg=PA231&ots=S0tcb7ji-U&dq=transport%20of%20pesticide%20residues%20from%20roots%20to%20plant%20parts&lr&pg=PA231#v=onepage&q&f=false>
- Hassanzadeh, N. and Bahramifar, N., 2019. Residue Content of Chlorpyrifos Applied to Greenhouse Cucumbers and Its Reduction during Pre-Harvest Interval and Post-Harvest Household Processing. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(2), pp.381-391. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-16211-en.html>
- He, Y., Xiao, S., Dong, T. and Nie, P., 2019. Gold nanoparticles with different particle sizes for the quantitative determination of chlorpyrifos residues in soil by SERS. *International journal of molecular sciences*, 20(11), p.2817. <https://doi.org/10.3390/ijms20112817>
- Huang, Y., Zhang, W., Pang, S., Chen, J., Bhatt, P., Mishra, S. and Chen, S., 2020. Insights into the microbial degradation and catalytic mechanisms of chlorpyrifos. *Environmental Research*, p.110660. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110660>
- Hulyatussyamsiah, S.N., Hartono, R. and Anwarudin, O., 2019. Adopsi pemupukan berimbang padi sawah melalui penggunaan urea berlapis arang aktif di Majalengka. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, 14(2). <https://doi.org/10.51852/-v14i2.391>
- Jabeen, H., Iqbal, S., Ahmad, F., Afzal, M. and Firdous, S., 2016. Enhanced remediation of chlorpyrifos by ryegrass (*Lolium multiflorum*) and a chlorpyrifos degrading bacterial endophyte *Mezorhizobium* sp. HN3. *International journal of phytoremediation*, 18(2), pp.126-133. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1073666>
- Joko, T., Anggoro, S., Sunoko, H.R. and Rachmawati, S., 2017. Pesticides usage in the soil quality degradation potential in wanasari subdistrict, Brebes, Indonesia. *J.Applied and Environmental Soil Science*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5896191>
- Khan, S.U., 2016. Pesticides in the soil environment. Elsevier. <https://books.google.co.id/books?id=uS1fDAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=QT9jfdSKnm&dq=the%20clay%20content%20of%20the%20soil%20determines%20the%20uptake%20of%20pesticide%20residues&lr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Khorram, M.S., Zhang, Q., Lin, D., Zheng, Y., Fang, H. and Yu, Y., 2016. Biochar: a review of its impact on pesticide behavior in soil environments and its potential applications. *Journal of environmental sciences*, 44, pp.269-279. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.12.027>
- Li, J., Ren, F., Li, Y., Luo, J. and Pang, G., 2019. Chlorpyrifos induces metabolic
- Poniman, A. N. Ardiwinata, U. Muanisah, Sri Wahyuni, Remediasi Residu Insektisida Klorpirifos Pada Pertanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) di Tanah Tekstur Ringan Dan Tekstur Berat

- disruption by altering levels of reproductive hormones. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(38), pp.10553-10562. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03602>
- Li, Z., 2020. Spatiotemporal pattern models for bioaccumulation of pesticides in common herbaceous and woody plants. *Journal of Environmental Management*, 276, p.111334. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111334>
- Liu, X., Liao, J., Song, H., Yang, Y., Guan, C. and Zhang, Z., 2019. A biochar-based route for environmentally friendly controlled release of nitrogen: urea-loaded biochar and bentonite composite. *Scientific reports*, 9(1), pp.1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46065-3>
- Lozowicka, B., Kaczynski, P., Wolejko, E., Piekutin, J., Sagitov, A., Toleubayev, K., Isenova, G. and Abzeitova, E., 2016. Evaluation of organochlorine pesticide residues in soil and plants from East Europe and Central Asia. *Desalination and Water Treatment*, 57(3), pp.1310-1321. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.996008>
- Obi, F.O., Ugwuishiwu, B.O. and Nwakaire, J.N., 2016. Agricultural waste concept, generation, utilization and management. *Nigerian Journal of Technology*, 35(4), pp.957-964.
- Parte, S.G., Mohekar, A.D. and Kharat, A.S., 2017. Microbial degradation of pesticide: a review. *African journal of microbiology research*, 11(24), pp.992-1012. <http://www.academicjournals.org/AJMR>
- Poniman, C.O. Handayani, dan E. Suprptomo. 2017. Potensi Mikroba Konsorsia untuk Mendegradasi Residu Klorpirifos pada Pertanaman Bawang Merah. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian Pascasarjana*. Undip. Hal: 135-141
- Purnamasari, W., 2020. Kontaminasi Residu Pestisida Organofosfat pada Tanaman Holtikultura (Cabai). *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology*. <http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/biotro>.
- Puspitasari, D.J. and Khairuddin, K., 2016. Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 2(3). <https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/kovalen/article/view/7541>
- Rao, G.R., Kumari, B.R., Sahrawat, K.L. and Wani, S.P., 2016. Awareness on Pesticide Residues in Food Crops: A Challenge. In *Economic and Ecological Significance of Arthropods in Diversified Ecosystems* (pp. 411-422). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1524-3_20
- Saputra, I., 2016. Aplikasi biochar dan urea terhadap beberapa sifat fisika tanah serta pertumbuhan dan produksi

- kentang. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 3(1), pp.63-74. <http://jurnal.unsam.ac.id/index.php/jagr/article/view/347>
- Saputri, R.D., Darundiati, Y.H. and Dewanti, N.A.Y., 2016. Hubungan penggunaan dan penanganan pestisida pada petani bawang merah terhadap residu pestisida dalam tanah di lahan pertanian desa Wanasari kecamatan Wanasari kabupaten Brebes. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(3), pp.879-887. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Shi, W., Ju, Y., Bian, R., Li, L., Joseph, S., Mitchell, D.R., Munroe, P., Taherymoosavi, S. and Pan, G., 2020. Biochar bound urea boosts plant growth and reduces nitrogen leaching. *Science of the Total Environment*, 701, p.134424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134424>
- Sulaeman, E., Ardiwinata, A.N. dan Yani, M., 2016. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Insektisida Klorpirifos di Lahan Sayuran Kubis Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(2), pp.103-112. DOI:10.2017/jti.v40i2.5701
- Sun, S., Sidhu, V., Rong, Y., and Zheng, Y. 2018. Pesticide pollution in agricultural soils and sustainable remediation methods: a review. *J.Current Pollution Reports*, 4 (3), 240-250. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-018-0092-x>
- Tripathi, A.K., 2018. Pests of Medicinal and Aromatic Plants. In *Pests and Their Management* (pp. 719-822). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8687-8_22
- Ucar, A., Yilmaz, M.V. and Cakiroglu, F.P., 2016. Food safety—problems and solutions. *Significance, Prevention and Control of Food Related Diseases*, pp.1-26. <https://books.google.co.id/books?id=gmqQDwAAQBAJ&lpg=PA1&ots=WuqeQHIVKZ&dq=Consumption%20of%20contaminated%20products%20threatens%20health%20&lr&pg=PA1#v=onepage&q=Consumption%20of%20contaminated%20products%20threatens%20health&f=false>
- Wang, X., Song, L., Li, Z., Ni, Z., Bao, J., and Zhang, H. 2020. The remediation of chlorpyrifos-contaminated soil by immobilized white-rot fungi. *Journal of the Serbian Chemical Society*, (00), 130-130. <https://doi.org/10.2298/JSC190822130W>
- Wihardjaka, A., 2018. Penerapan model pertanian ramah lingkungan sebagai jaminan perbaikan kuantitas dan kualitas hasil tanaman pangan. *Jurnal Pangan*, 27(2), pp.155-164. <https://doi.org/10.33964/jp.v27i2.376>
- Wu, S., He, H., Inthapanya, X., Yang, C., Lu, L., Zeng, G. and Han, Z., 2017. Role of biochar on composting of organic wastes and remediation of contaminated soils—a review. *Environmental Science and Pollution*

Research, 24(20), pp.16560-16577.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9168-1>

Yadav, M., Shukla, A.K., Srivastva, N., Upadhyay, S.N. and Dubey, S.K., 2016. Utilization of microbial community potential for removal of chlorpyrifos: a review. *Critical reviews in biotechnology*, 36(4), pp.727-742.
<https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1015958>

Ye, S., Zeng, G., Wu, H., Zhang, C., Dai, J., Liang, J., Yu, J., Ren, X., Yi, H., Cheng, M. and Zhang, C., 2017. Biological technologies for the remediation of co-contaminated soil. *Critical reviews in biotechnology*, 37(8), pp.1062-1076.
<https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1304357>

Ye, S., Zeng, G., Wu, H., Liang, J., Zhang, C., Dai, J., Xiong, W., Song, B., Wu, S. and Yu, J., 2019. The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil. *Resources, Conservation and Recycling*, 140, pp.278-285.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.004>

Yigit, N. and Velioglu, Y.S., 2020. Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(21), pp.3622-3641.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1702501>

