

# Hubungan Penurunan Vitamin C Sayuran Hiperakumulator Dengan Residu Zat Aktif Insektisida Fipronil

## *Relationship Of Decreasing Hyperaccumulator Vegetable Vitamin C With Fipronil Insecticide Active Substance Residue*

Mia Cholvistaria<sup>1</sup>, Hening Widowati<sup>1\*</sup>, dan Agus Sutanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate Program at University of Muhammadiyah Metro, Lampung, Indonesia

\*E-mail : hwummetro@gmail.com

### ABSTRACT

*The use of insecticides is often unavoidable in the production of vegetable crops, but on the other hand it can lead to the presence of harmful substances in vegetables. In this regard, the aims of this study is to determine the relation of Insecticides active substance i.e fipronil toward the reduction of Vitamin C in Hyperaccumulator vegetable i.e Spinach (*amaranthus hybridus*), Caisim (*Brassica juncea*) and Kangkung (*ipomea raptans*) with ex pose facto method, and the samples taken by Completely Random Design (CDR) and tested in Laboratory. The regression test results show the sig value of  $0.07 > 0.05$ , the R square value of 0.871 means that it has a significant correlation with the percentage of the correlation of 87.10% on the decrease in vitamin C in vegetables. Vitamin C acts as an antioxidant to ward off free radicals. Insecticide Active Substances made the contains of vitamin in hyperaccumulator vegetable tissue being decrease. Based on the research conducted, it was concluded that there was a negative relationship between the residue of the active substance of the insecticide fipronil and a decrease in vitamin C in hyperaccumulator vegetables, in other words, when the residue of the active substance of the insecticide fipronil increased, the vitamin C content in the vegetables decreased.*

*Keywords: Fipronil, Insecticide, Residue, Vegetables, Vitamin C*

**Disubmit** : 20 Maret 2021, **Diterima**: 04 Agustus 2021, **Disetujui** : 07 Desember 2021

### PENDAHULUAN

Pertanian adalah sektor penting bagi kehidupan manusia dikarenakan bagian dari pemenuhan kebutuhan primer manusia, terutama pada pangan yang masuk ke dalam kebutuhan pokok. Hasil pertanian berupa bahan baku pokok seperti beras, sayuran dan buah-buahan yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Beberapa kegiatan pertanian konvensional menjadi sumber bahan tercemar salah satunya pestisida sintetis. Menurut (Situmorang, 2017) penggunaan pestisida yang tidak terkontrol di pertanian dapat mengkontaminasi bahan makanan dan beberapa pestisida dapat berbahaya bagi kesehatan. Hasil prasarvei dan wawancara petani kebun sayuran 23 Karang Rejo Kota Metro bahwa petani melakukan budidaya tanaman sayuran dengan cara konvensional atau non organik. Permasalahan hama tanaman diatasi dengan penggunaan pestisida sintetis dan pemenuhan nutrisi tanaman menggunakan pupuk kimia sintetis. Banyak produk pestisida yang digunakan dari jenis insektisida sampai fungisida dalam mengatasi hama wereng penggerek daun, belalang, walang sangit, ulat grayak dan jamur tanaman. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia sintetis ini diaplikasikan ke tanaman sayuran dan lahan pertanian tidak sesuai dengan dosis yang dianjurkan,



**Lisensi**

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

petani mengkombinasikan pestisida satu dengan lainnya, dan penggunaan pupuk kimia tidak sesuai dosis yang ditetapkan sehingga berpotensi terakumulasi zat aktif residu pada tanah dan jaringan tanaman sayuran.

Pemenuhan kebutuhan tubuh ini menjadi hal penting untuk dikaji lebih dalam, bahwa apakah kandungan yang ada dalam hasil pertanian ini menjadi layak dan bermanfaat bagi tubuh kita. Kebermanfaatannya bisa dilihat dari proses penanaman dan bagaimana kadar yang ada di dalamnya. Sayuran menjadi salah satu makanan penting untuk pemenuhan kebutuhan tubuh dan salah satu upaya menjaga kesehatan. Sayuran banyak mengandung unsur-unsur penting seperti mineral, zat besi, magnesium, fosfor, dan vitamin. Zat-zat yang ada di sayuran ini berfungsi sebagai detoksifikasi alamiah, sebagai antioksidan dan antipenuaan yaitu mencegah kerusakan pada sel-sel tubuh dengan cara menetralkan radikal bebas, serta sebagai antikanker. Sedangkan kandungan gizi di dalam sayuran dapat berubah karena beberapa faktor, antara lain: penanganan sebelum dan sesudah panen serta cara pengolahan. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa penurunan kualitas lingkungan berpengaruh terhadap komposisi kadar senyawa biokimia dalam jaringan tanaman (Joshi dan Swami, 2009).

Kualitas lingkungan yang menurun bahkan bisa dikatakan tercemar dikarenakan banyak petani modern dan aktivitas manusia yang menggunakan pupuk sintetis dan pestisida secara berlebihan. Sehingga residu pestisida dan pupuk kimia diperkirakan melampaui ambang batas toleransi Batas Maksimum Residu (BMR), hal ini berpengaruh besar pada kandungan sayuran terutama vitamin mudah sekali rusak akibat zat kimia yang berlebihan baik di dalam tanah maupun di dalam sayuran tersebut. Vitamin mudah rusak dan bisa berakumulasi dengan zat-zat logam berat hasil residu pestisida sehingga bisa menghasilkan senyawa baru yang berbahaya bagi tubuh manusia.

Vitamin C adalah kandungan umumnya ada pada komoditas sayuran hijau seperti bayam, caisim, dan kangkung. Sayur bayam, caisim, dan kangkung adalah jenis sayuran daun yang sering ditanam oleh petani dikarenakan selain waktu penanamannya relatif lebih singkat dari jenis sayuran lainnya, juga permintaan di masyarakat masih sangat tinggi. Banyak penelitian yang menguji seberapa besar kadar zat kontaminan seperti logam berat pada sayuran tetapi belum banyak penelitian melihat bagaimana zat aktif insektisida memiliki hubungan dengan penurunan senyawa kimia lainnya yang ada di dalam sayuran seperti vitamin. Sedangkan jenis sayuran ini termasuk dalam sayuran hiperakumulator yaitu sayuran yang mudah menyerap dan mengakumulasi logam berat pada jaringan tumbuhan. Bahan agrokimia yaitu pestisida dan pupuk kimia merupakan sumber logam berat terbesar pada tanah pertanian, sehingga adanya kebutuhan untuk mengetahui kadar senyawa yang ada di dalam sayuran apakah vitamin yang terkandung di dalamnya berkurang atau rusak setelah banyak mereduksi zat aktif insektisida khususnya bahan aktif jenis insektisida fipronil. Bahaya zat aktif insektisida fipronil baik pada lingkungan maupun pada kesehatan manusia adalah zat aktif ini bersifat racun sistemik yang berbahaya untuk insekta non target, mikroba tanah, dan lingkungan serta kesehatan manusia secara tidak langsung jangka panjang.

*Fipronil* adalah racun bagi serangga melalui kontak atau tertelan sebagai inhibitor ampuh dari asam klorida *gated-gamma-aminobutyric acid* (GABA) yang menyebabkan hipereksitasi, kejang, kelumpuhan, dan kematian pada serangga. *Fipronil* mempengaruhi target hama dan organisme non target. Kematian yang signifikan terhadap spesies target seperti tiram, krustasea, trout pelangi, pengusir hama, lebah madu, ikan, dan lain-lain (Gupta 2019 dalam Bhatti *et al.*, 2019). Sedangkan (Gibbons *et al.*, 2015) menjelaskan zat aktif insektisida *fipronil* ditemukan beracun bagi banyak burung dan kebanyakan ikan. Insektisida ini memberikan efek mematikan, mulai dari genotoksik, efek sitotoksik, gangguan fungsi kekebalan, berkurang pertumbuhan, dan keberhasilan reproduksi, seringkali pada konsentrasi tertentu menyebabkan kematian.

*Fipronil* adalah salah satu insektisida yang memiliki sifat zat persisten, beracun, lipofilik dan memiliki lisensi atau izin penggunaan bagi yang menggunakan zat aktif insektisida tersebut (Mohapatra *et al.*, 2010). *Fipronil* adalah insektisida spektrum luas yang sangat efektif digunakan untuk mengendalikan hama, secara

global. Meningkatkan penggunaannya telah menyebabkan kontaminasi tanah, air, buah-buahan, dan sayuran (Bhatti *et al.*, 2019; (Wang *et al.*, 2016).

Penelitian (Delso *et al.*, 2015) menjelaskan bahwa sifat sistemik pada zat aktif *fipronil* menjadikan zat ini terangkut oleh akar atau daun dan ditranslokasi ke seluruh bagian tanaman yang pada akhirnya membuat zat aktif ini secara efektif beracun untuk herbivora dan serangga. Toksisitas bertahan selama periode waktu yang bervariasi tergantung pada tanaman, tahap pertumbuhannya, dan jumlah pestisida yang digunakan. Penggunaan *fipronil* secara luas dan sering di seluruh dunia meminta perhatian terkait penilaian resiko efek yang tidak diinginkan pada non-target mikroorganisme (Bhatti *et al.*, 2019). Dengan sifat zat *fipronil* ini yang kuat dan berbahaya langsung mengenai target maupun non target pada lingkungan, zat aktif insekta ini masuk dalam kriteria kelompok zat aktif dalam tinjauan adalah kelompok ke dua sebelum masuk dalam insektisida terlarang.

Menurut badan (UTZ certified, 2015) menjelaskan bahwa kelompok pestisida dalam pantauan adalah kelompok pestisida yang memiliki zat aktif yang tidak dilarang tetapi berpotensi menimbulkan risiko serius dan kumulatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dalam hal ini *fipronil* masuk ke dalam daftar kelompok pestisida dalam pantauan, dengan kriteria toksisitas lingkungan yang teridentifikasi sangat beracun bagi lebah. UTS adalah badan sertifikasi yang dinaungi FAO dan WHO yang memiliki program pertanian berkelanjutan dengan mengedepankan praktik pertanian yang baik melalui Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) yang bekerja secara progresif menghapus pestisida sangat berbahaya (HHP) sebagaimana disarankan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) serta Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Perserikatan Bangsa-bangsa(PBB).

Penelitian sebelumnya (Widowati, 2011) mengemukakan bahwa logam berat berpengaruh terhadap vitamin pada daun dan batang sayuran air, diketahui logam Pb dan Cd sama-sama memiliki pengaruh menurunkan kadar vitamin C pada daun dan batang genjer, kangkung air, dan selada air, dengan besar pengaruh yang berbeda-beda pada setiap sayuran. Penurunan vitamin C oleh logam berat Cd dan Pb pada genjer memiliki pengaruh yang besar dibandingkan kangkung air dan selada air. Dalam menghilangkan pengaruh negatif radikal bebas berbagai mekanisme pertahanan diri dikembangkan oleh tumbuhan. Penerapan sistem antioksidan merupakan usaha bertahan terhadap cekaman polutan yang ditandai hilang atau menurunnya kandungan vitamin antioksidan (vitamin A, C, dan E). Sehingga ada korelasi negatif antara akumulasi logam Cd, Pb dengan kadar vitamin C sayuran, dan akumulasi logam berat lebih banyak terjadi pada medium logam berat tunggal Cd atau Pb saja.

Akumulasi logam berat yang mempengaruhi kadar vitamin pada sayuran memiliki hubungan yang sama pada penelitian yang dilakukan yaitu bagaimana pengaruh residu insektisida dengan penurunan vitamin sayuran, hal ini diperkuat oleh penelitian relevan yaitu hasil penelitian (Karyadi *et al.*, 2011) menunjukkan adanya hubungan yang sangat signifikan antara variabel dosis pestisida dengan jumlah kadar logam berat Pb. Uji regresi linier berganda dengan dosis pestisida, frekuensi penyemprotan, dan kandungan Pb dalam pestisida terbukti berpengaruh sangat signifikan terhadap tambahan logam berat Pb dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan pestisida yang digunakan para petani mengandung logam berat Pb, ada penambahan logam berat Pb antara sebelum tanam dan sesudah panen ada selisih sebesar 43,071,60 mg/Ha. dan dalam satu musim tanam dapat menyumbang Pb dalam tanah sebanyak 2991,26 mg/Ha. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan residu zat aktif insektisida fipronil dengan penurunan vitamin C pada sayuran hiperakumulator.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di kebun sayur Karang Rejo 23 Metro Timur Kota Metro Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan *ex pose facto* yang menguji hipotesis tetapi tidak memberikan perlakuan-perlakuan tertentu. Variabel bebas pada penelitian ini adalah bahan aktif residu insektisida fipronil, sedangkan variabel

terikat dari penelitian ini adalah kadar Vitamin A dan C pada jenis sayuran yaitu sayuran hiperakumulator Bayam (*Amarathus hybridus L*), Caisim (*Brassica juncea L*), dan Kangkung (*Ipomoeae reptans Poir*), menggunakan teknik pengambilan sampling yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL), dilakukan uji kromatografi gas dengan satuan ng/g, pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 27 Juni 2019 yang dianalisis di laboratorium Kimia Analitik Universitas Muhammadiyah Malang. Sedangkan vitamin C pada sayuran dilakukan dengan uji titrasi iodimetri dianalisis dengan satuan /g dan pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 27 Juni 2019 di laboratorium Kimia Analitik Universitas Muhammadiyah Malang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji regresi menunjukkan adanya hubungan kadar residu fipronil dengan penurunan kadar vitamin C pada sayuran hiperakumulator Tabel 1. (Iriyani dan Nugraheni, 2013) menjelaskan bahwa kualitas lingkungan pada suatu kawasan pertanian peri-urban berpengaruh terhadap komposisi kandungan biokimia jaringan tanaman yaitu kadar vitamin C, klorofil dan karotenoid, pada sayuran bayam (*Amaranthus tricolor L.*), sawi (*Brassica juncea L.*) dan kangkung (*Ipomoea reptans Poir*).

Tabel 1. Hasil Uji Regreasi *Fipronil* dengan Vitamin C

Model	R	R Square	Model Summary	
			Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.934 <sup>a</sup>	.871	.859	4.25574

Predictors: (Constant), Fipronil

Sumber: Cholvistaria 2021

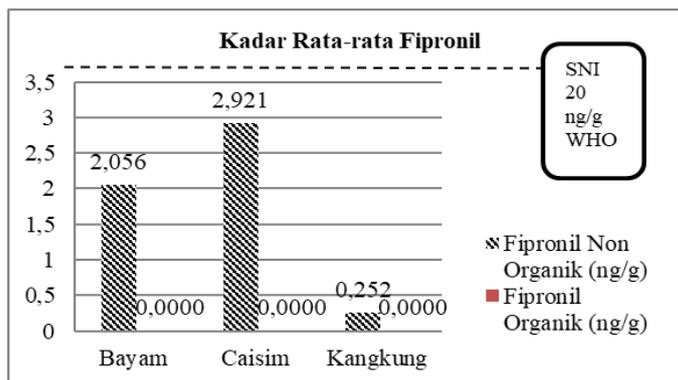
Hasil Uji Regreasi *Fipronil* dengan Vitamin C pada tabel 1 yang artinya memiliki hubungan yang signifikan dengan persentase pengaruh sebesar 87,10% pada vitamin C sayuran. Sedangkan dilihat dari kadar residu zat aktif yang dianalisis menunjukkan kadar residu yang berada di bawah Batas Maksimum Residu (BMR) yang dapat dilihat pada gambar 1 tetap membutuhkan perhatian khusus karena sifat akumulasi dan biomagnifikasi dalam jangka panjang berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Berdasarkan pernyataan (Arif, 2015) bahwa EPA menetapkan daftar pestisida yang akan digunakan pada makanan memiliki batas toleransi berdasarkan dua prinsip dasar yaitu harus ditetapkan pada aras yang tidak lebih tinggi dari pengendalian hama yang diperlukan dan batas toleransi harus melindungi kesehatan masyarakat, sedangkan residu insektisida berada di bawah ambang batas Batas Maksimum Residu (BMR) namun berdasarkan sifat akumulatif, biomagnifikasi penggunaan dalam jangka panjang harus diperhatikan karena toksisitasnya berbahaya pada lingkungan, kesehatan manusia dan mikroorganisme tanah. (Ardiwinata dan Nursyamsi, 2012).

Tabel 2. Perbandingan Kadar Residu Fipronil dan Kadar Vitamin C

No.	Sampel	Kadar residu zat aktif insektisida fipronil		Kadar vitamin C	
		Fipronil Non Organik (ng/g)	Fipronil Organik (ng/g)	Vitamin C non organik (mg/100 g)	Vitamin C organik (mg/100 g)
1.	Bayam	2,056	0,000	83,752	96,289
2.	Caisim	2,921	0,000	104,311	114,751
3.	Kangkung	0,252	0,000	79,892	89,684

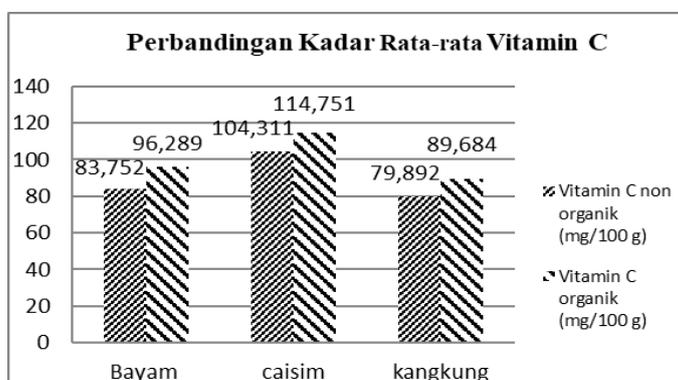
Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat perbandingan kadar residu fipronil yang memiliki pengaruh menurunkan kadar vitamin C pada masing-masing sayuran hiperakumulator. Pada sayuran bayam dengan kadar fipronil 2,056 ng/g memiliki kadar vitamin C 83,752 mg/100g, sedangkan ketika kadar residu fipronil

memiliki kadar 0,000 ng/g maka kadar vitamin C naik dengan nilai 96,289 mg/100g. kadar residu fipronil pada sayuran caisim dengan nilai kadar 2,921 ng/g memiliki kadar vitamin C sebesar 104,311 sedangkan ketika kadar residu fipronil turun dengan nilai kadar 0,000 ng/g kadar vitamin C sayuran caisim meningkat menjadi 114,751 mg/100g. sama halnya dengan sayuran hiperakumulator lainnya sayuran kangkung yang memiliki kadar residu fipronil sebesar 0,252 ng/g memiliki kadar vitamin C yaitu 79,892 mg/100g, sedangkan ketika kadar residu turun menjadi 0,000 ng/g kadar vitamin C menjadi naik sebesar 89,684 mg/100g. untuk melihat bagaimana perbedaan kadar masing-masing sayuran dengan perbedaan perlakuan yaitu non organik dan secara organik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Akumulasi Residu zat aktif insektisida *Fipronil* pada sayuran (ng/g)

Berdasarkan gambar 1 tersebut masing-masing tanaman sayuran pada setiap ulangan memiliki kadar residu zat aktif insektisida fipronil dengan nilai rata-rata, pada tanaman sayuran non organik pada bayam yaitu 2,056 ng/g. Pada tanaman sayuran caisim memiliki kadar residu fipronil yaitu caisim 2,921 ng/g. Dan pada tanama sayuran kangkung memiliki kadar residu fipronil yaitu kangkung 0,252 ng/g. Sedangkan kadar residu fipronil pada tanaman sayuran organik mengalami penurunan yang jauh sehingga kadar menunjukkan nilai 0,00001 ng/g. Pertanian organik menurunkan kadar residu fipronil pada semua sayuran mencapai persentase penurunan kadar yang sama yaitu rata-rata 100%. Meskipun demikian pada setiap tanaman dan ulangannya memiliki kadar yang masih di bawah ambang batas maksimum residu (BMR) menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 0,02 mg/kg yang dikonversikan menjadi 20 ng/g, sedangkan menurut WHO batas maksimum residu (BMR) fipronil 0,03 mg/kg yang dikonversikan menjadi 30 ng/g juga menunjukkan hasil pengukuran kadar dibawah ambang batas maksimum. Pertanian organik tanpa insektisida dan penggunaan pupuk organik dapat menjaga kualitas tanaman terhadap akumulasi zat berbahaya (Kifah et al, 2020).



Gambar 2. Kadar Perbandingan Vitamin C Sayuran pada Pertanian Non Organik dan Organik (mg/100g)

Berdasarkan gambar 2 dapat dijelaskan bahwa perbandingan kadar vitamin C yang diukur hasil dari kegiatan pertanian secara non organik dibandingkan dengan hasil kegiatan pertanian secara organik sebagai berikut; kadar vitamin C pada bayam 83,752 mg/100g dengan pertanian organik kadar vitamin C meningkat menjadi 96,289 mg/100g peningkatan kadar vitamin C mencapai persentase 13,02%, dengan perlakuan yang sama kadar vitamin C pada caisim 104,311 mg/100g mengalami peningkatan kadar vitamin C sebesar 114,751 mg/100g peningkatan mencapai persentase sebesar 9,09%, dan kadar vitamin C pada kangkung non organik sebesar 79,892 mg/100g setelah diberikan perlakuan organik kadar vitamin C yaitu 89,684 mg/100g peningkatan kadar vitamin C mencapai persentase 10,92%.

Pengaruh residu salah satu zat aktif insektisida terhadap pengaruh penurunan vitamin dapat diperkuat oleh penelitian yang relevan yang dilakukan oleh (Iriyani dan Nugraheni, 2013) bahwa kualitas lingkungan pada suatu kawasan pertanian peri-Urban berpengaruh terhadap komposisi biokimia jaringan tanaman seperti kadar vitamin C, karotenoid, dan klorofil pada sayuran bayam (*Amaranthus tricolor L.*), sawi (*Brassica juncea L.*), dan kangkung (*Ipomoea reptans Poir*) yang dibudidayakan di tiga kawasan peri-Urban Kota Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan sayuran sawi yang dibudidayakan di kawasan Wonorejo memiliki kandungan vitamin C tertinggi (4.55 ng/g) sedangkan pada sayuran bayam memiliki kadar klorofil tertinggi (3.046 mg/g) dan karotenoid tertinggi (375.33 mol/L) di kawasan Bangkingan-Lakarsantri.

Sedangkan sayuran yang diteliti seperti sayuran bayam (*Amaranthus hybridus, L.*), kangkung (*Ipomoea reptans Poir*) dan sawi (*Brassica juncea L.*) adalah kelompok sayuran hiperakumulator. Caisim (*Brassica juncea L.*) merupakan tanaman berbiji minyak atsiri dan tanaman sayuran yang memiliki kemampuan sebagai tanaman hiperakumulator dari logam berat Cd (Iqbal *et al.*, 2010) Varietas bayam savrun ditemukan toleran terhadap aplikasi CaCO<sub>3</sub>, kekeringan dan NiCl<sub>2</sub>, sensitif terhadap aplikasi NaCl 225 mM, ZnCl<sub>2</sub> dan FeCl<sub>3</sub>, dan cukup toleran terhadap aplikasi garam 75 mM. Dalam penentuan toleransi, selain efek stimulasi enzim APX, CAT, GuPX dan SOD, pigmen fotosintetik, karoten dan likopen, protein, jumlah MDA juga berpengaruh positif terhadap aktivitas antioksidan bayam varietas savrun, yang meningkatkan toleransi terhadap stres. melawan kekeringan dan aplikasi nikel (Turfan, 2017). Jenis tanaman sayuran ini memiliki kemampuan dalam mengakumulasi ion logam atau kontaminan dalam konsentrasi tinggi tanpa mengalami gangguan pertumbuhan akibat keracunan logam (Hidayati, 2013). Dengan kata lain tanaman hiperakumulator adalah jenis tanaman yang memiliki tingkat toleransi tinggi terhadap suatu cemaran atau kontaminan seperti logam berat dan residu pestisida serta memiliki mekanisme tersendiri dalam menghadapi cekaman lingkungan.

Mekanisme tanaman hiperakumulator melakukan penyerapan kontaminan (Ghosh dan Singh, 2005; Callahan *et al.*, 2006; Idris *et al.*, 2004; Sheoran *et al.*, 2009; Shah dan Nongkynrih, 2007; Eapen dan D'Souza, 2005 dalam Hamzah dan Priyadarshini, 2019) sebagai berikut: 1) Meningkatkan akumulasi logam dengan cara pengasaman rhizosfer dan pelepasan karboksilat. Kemudian akar merubah rhizosfer menjadi asam dan meningkatkan penguraian logam dengan mengeksresikan H<sup>+</sup>. 2) Rhizosfer mengsekresikan ligand dengan cara akar tanaman mengeluarkan bermacam ligand diantaranya, asam organik, enzim (reduktase) dan senyawa pembentuk kelat logam (phytosiderophore), serta meningkatkan ketersediaan logam organik tanah dan akumulasi yang lebih besar pada tanaman. 3) terjadi simbiosis mikroorganisme seperti bakteri dan jamur mikoriza pada rhizosfer yang berperan menjadikan ketersediaan logam di dalam tanah dengan cara mengkatalisasi transformasi redoks pada logam. 4) Absorpsi logam dengan cara logam larut masuk melewati membran plasma dalam sel endodermis akar atau masuk ke sel akar ke dalam symplast akar atau melalui ruang antar sel. Untuk memasuki xylem, logam harus melintasi jalur casparian, sebuah lapisan lilin yang kedap larutan. Ketika di dalam xylem, aliran getah xylem berfungsi mengantarkan logam ke pucuk tanaman. 5) Distribusi, pemisahan ion logam, dan detoksifikasi. logam dipisahkan dan disimpan pada sel-sel pucuk tanaman seperti trichone (jaringan apoplas), dinding sel, mesofil, dan jaringan epidermis sehingga logam tidak merusak proses seluler yang vital. 6) Langkah terakhir yaitu pemisahan logam sejauh mungkin dari

proses seluler.. Pemisahan terjadi di vakuola tanaman, dimana ligand logam harus ditransportasikan melalui membran vakuola. Tahapan di atas diperkuat oleh fokus penelitian (Hidayati, 2013) bahwa secara fisiologis tanaman *hyperaccumulator* diatur oleh beberapa jalur dan gen mengendalikan akumulasi, serapan, dan toleransi logam. Dengan tahapan berikut: (1) Meningkatkan sistem perakaran tanaman untuk kapasitas penetrasi yang lebih tinggi dan ekstraksi polutan lebih efisien dari tanah yang terkontaminasi, (2) Mengubah rhizosfer tanaman dengan mengekstrak berbagai enzim untuk meningkatkan ekstraksi, (3) Meningkatkan sistem transportasi jarak pendek untuk nutrisi dan unsur-unsur beracun dalam akar, (4) Meningkatkan transportasi jarak jauh dari logam, (5) Meningkatkan mobilitas logam dari akar hingga pucuk, (6) Memaksimalkan kapasitas tenggelam fisik seperti vakuola subselular, sel-sel epidermis, dan (7) Mekanisme *hypertolerance* untuk melawan efek sitotoksik dari logam akumulasi.

Proses penyerapan dan translokasi logam berat oleh tanaman *hiperakumulator* memiliki mekanisme sama dengan residu zat aktif insektisida yaitu tanaman sayuran yang bersifat *hiperakumulator* akan mengakumulasi residu zat aktif insektisida seperti *chlorfenapyr* dan *fipronil* dalam jumlah tertentu, dan akan mempengaruhi kadar vitamin di dalam sayuran dikarenakan vitamin digunakan oleh tumbuhan sebagai antioksidan untuk membantu proses degradasi dan detoksifikasi residu menjadi satu zat yang lebih sederhana atau tingkat toksisitas zat berkurang sehingga tidak membahayakan ketika dikeluarkan kembali ke lingkungan.

Dan untuk membantu tumbuhan melawan atau mengurangi residu zat aktif insektisida *fipronil* di dalam jaringan tumbuhan, tumbuhan menggunakan antioksidan yaitu vitamin C. Antioksidan adalah zat penting yang terdapat dalam buah dan sayuran (Jideani *et al.*, 2021). Karotenoid (prekursor vitamin A), vitamin C dan E adalah antioksidan sekunder alami yang berfungsi melawan serangan radikal bebas, penyebab penuaan dini, dan berbagai jenis kanker. Mekanisme kerja antioksidan yaitu memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan menyumbang satu electron pada radikal bebas sehingga mencegah kerusakan oksidatif serta mencegah terjadinya reaksi berantai (Nimse dan Pal, 2015).

Antioksidan adalah senyawa yang menghambat oksidasi. Untuk menyetarakan bilangan oksidatif, tumbuhan memelihara system antioksidan kompleks seperti enzim dan glutathione, diproduksi secara internal atau eksternal yaitu vitamin C dan E (Kannu *et al.*, 2021). Antioksidan alami dalam bentuk tereduksi memiliki banyak karakteristik penunjang kesehatan, yang diketahui memiliki efek bentuk teroksidasi dan metabolit lainnya. Bentuk antioksidan alami yang teroksidasi mempengaruhi pensinyalan sel, regulasi aktivitas faktor transkripsi dan determinan lain dari ekspresi gen (Jideani *et al.*, 2021). Bayam hijau adalah sumber potensial komponen nutrisi dan fitokimia antioksidan dalam makanan serta memberikan kesempatan untuk mengatasi kekurangan nutrisi mineral (Sarker *et al.*, 2020). Daun kangkung dapat menjadi sumber alami untuk agen antioksidan (Kurniawan *et al.*, 2010).

Vitamin C berfungsi sebagai antioksidan kuat, membersihkan oksigen dan nitrogen reaktif spesies di dalam tubuh. Spesies reaktif dihasilkan secara normal proses sel serta zat kimia penyebab stres lingkungan dan dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada lipid, protein sel, dan asam nukleat di DNA. Suplementasi vitamin C terbukti mengurangi tingkat stres oksidatif, sehingga mengurangi potensi kerusakan ke jaringan (Halliwell B, 1997 dalam Schlueter dan Johnston, 2011).

Mekanisme antioksidan dalam menghambat oksidasi atau menghentikan reaksi berantai pada radikal bebas dari lemak yang teroksidasi disebabkan oleh 4 macam reaksi adalah: (1) pelepasan hidrogen, (2) pelepasan elektron, (3) penambahan lemak ke dalam cincin aromatik, (4) pembentukan senyawa kompleks antara lemak dan cincin aromatik (Ketaren, 1986 dalam Sayuti dan Yenrina, 2015). Mekanisme kerja antioksidan yang berada di dalam jaringan tumbuhan memungkinkan berkurang kandungan vitamin dengan bertambahnya tingkat akumulasi residu zat aktif insektisida. Sehingga vitamin yang kita harapkan dapat dikonsumsi dan dipenuhi melalui mengkonsumsi sayuran menjadi tidak dapat diambil dan dimanfaatkan karena vitamin sudah habis digunakan oleh tumbuhan untuk menangkal residu zat aktif insektisida.

## **KESIMPULAN**

Ada hubungan yang signifikan antara kadar residu aktif insektisida fipronil dengan penurunan kadar vitamin C pada sayuran hiperakumulator yaitu Bayam (*Amaranthus hybridus* L.), Caisim (*Brassica juncea* L.), dan Kangkung (*Ipomoeae reptans* Poir) dengan nilai R square 0,871 hasil uji regresi sederhana. Dimana semakin tinggi kadar residu fipronil maka semakin rendah kadar vitamin C pada sayuran hiperakumulator. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan satu variabel yang memiliki hubungan terhadap penurunan vitamin pada sayuran sehingga dapat diuji regresi berganda seperti logam berat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ardiwinata, A. N. dan Nursyamsi, D. (2012) "Residu Pestisida di Sentra Produksi Padi di Jawa Tengah," *Pangan*, 21(1), hal. 39–58.
- Arif, A. (2015) "Pengaruh Bahan Kimia terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan," *Jf Fik Uinam*, 3(4), hal. 134–143.
- Bhatti, S. *et al.* (2019) "Bioaccumulation, Biotransformation and Toxic Effect of Fipronil in *Escherichia coli*," *Chemosphere*, 231, hal. 207–215. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.124.
- Gibbons, D., Morrissey, C. dan Mineau, P. (2015) "A Review of The Direct and Indirect Effects of Neonicotinoids and Fipronil on Vertebrate Wildlife," *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), hal. 103–118. doi: 10.1007/s11356-014-3180-5.
- Hamzah, A. dan Priyadarshini, R. (2019) *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat*, UNITRI Press.
- Hidayati, N. (2013) "Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(2), hal. 75–82.
- Iqbal, N. *et al.* (2010) "Photosynthesis, Growth and Antioxidant Metabolism in Mustard (*Brassica juncea* L.) Cultivars Differing in Cadmium Tolerance," *Agricultural Sciences in China*, 9(4), hal. 519–527. doi: 10.1016/S1671-2927(09)60125-5.
- Iriyani, D. dan Nugraheni, P. (2013) *Determinasi Perubahan Kandungan Vitamin C, Klorofil dan Karotenoid Beberapa Jenis Sayuran Daun pada Pertanian Periurban di Kota Surabaya*, Universitas Terbuka.
- Jideani, A. I. O. *et al.* (2021) "Antioxidant-rich Natural Fruit and Vegetable Products and Human Health," *International Journal of Food Properties*, 24(1), hal. 41–67. doi: 10.1080/10942912.2020.1866597.
- Joshi, P. C. dan Swami, A. (2009) "Air Pollution Induced Changes in The Photosynthetic Pigments of Selected Plant Species," *Journal of Environmental Biology*, 30(2), hal. 295–298.
- Kannu, P. *et al.* (2021) "Regulation of Salinity Tolerance in *Brassica juncea* (L.) Introgression Lines: Osmoprotectants, Antioxidative Molecules and Ionic Content," *GSC Advanced Research and Reviews*, 6(3), hal. 116–131. doi: 10.30574/gscarr.2021.6.3.0038.
- Karyadi, K., Syafrudin, S. dan Soterisnanto, D. (2011) "Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) sebagai Residu Pestisida pada Lahan Pertanian (Studi Kasus Pada Lahan Pertanian Bawang Merah di Kecamatan Gemuh Kabupaten Kendal)," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 9(No 1), hal. 1–9.
- Kifah, A. S., Sutanto, A. dan Widowati, H. (2020) "Organic Fertilizer Application of Shrimp Pond Waste Sediment For Growth And Productivity ( *Lactuca Sativa Crispa* L.)," 20(2), hal. 170–176.
- Kurniawan, M., Izzati, M. dan Nurchayati, Y. (2010) "Kandungan Klorofil, Karotenoid, dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik," *Anatomi Fisiologi*, XVIII(1), hal. 28–40. doi: 10.14710/baf.v18i1.2614.

- Mohapatra, S. *et al.* (2010) "Fate of Fipronil and its Metabolites in/on Grape Leaves, Berries and Soil under Semi Arid Tropical Climatic Conditions," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(5), hal. 587–591. doi: 10.1007/s00128-010-9965-4.
- Nimse, S. B. dan Pal, D. (2015) "Free Radicals, Natural Antioxidants, and Their Reaction Mechanisms," *RSC Advances*, 5(35), hal. 27986–28006. doi: 10.1039/c4ra13315c.
- Sarker, U., Hossain, M. M. dan Oba, S. (2020) "Nutritional and Antioxidant Components and Antioxidant Capacity in Green Morph Amaranthus Leafy Vegetable," *Scientific Reports*, 10(1), hal. 1–10. doi: 10.1038/s41598-020-57687-3.
- Sayuti, K. dan Yenrina, R. (2015) *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Padang: Andalas University Press.
- Schlueter, A. K. dan Johnston, C. S. (2011) "Vitamin C: Overview and Update," *Complementary Health Practice Review*, 16(1), hal. 49–57. doi: 10.1177/1533210110392951.
- Simon Delso, N. *et al.* (2015) "Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites," *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), hal. 5–34. doi: 10.1007/s11356-014-3470-y.
- Situmorang, M. (2017) *Kimia Lingkungan*. Depok: Rajawali Pers.
- Turfan, N. (2017) "Savrun Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Çeşidinin Bazı Abiyotik Stres Faktörlerine Tepkisi," *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, hal. 660. doi: 10.24925/turjaf.v5i6.660-667.1138.
- UTZ certified (2015) "Daftar Pestisida Terlarang dan Pestisida dalam Pantauan," hal. 0–16. Tersedia pada: [www.utz.org](http://www.utz.org).
- Wang, X. *et al.* (2016) "Fipronil Insecticide Toxicology: Oxidative Stress and Metabolism," *Critical Reviews in Toxicology*, 46(10), hal. 876–899. doi: 10.1080/10408444.2016.1223014.
- Widowati, H. (2011) "Pengaruh Logam Berat Cd, Pb terhadap Perubahan Warna Batang dan Daun Sayuran," *el-Hayah*, 1(4), hal. 167–173. doi: 10.18860/elha.v1i4.1786.