

ANALISIS SUMBER MOLEKUL, PENYEBAB KONTAMINASI DAN PENANGGULANGAN RESIDU PESTISIDA PADA KAYU MANIS (*Cinnamomum burmannii*) DI PROVINSI JAMBI DAN SUMATERA BARAT

*Analysis of Molecular Sources, Causes of Contamination, and Mitigation of Pesticide Residues in Cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) from Jambi and West Sumatra Provinces*

Muhammad Fachri¹, Andasuryani², Rusnam²

¹Program Magister Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Andalas

²Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas,

Email: muhammadfachri19@gmail.com

ABSTRAK

Kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) merupakan komoditas ekspor unggulan Indonesia dengan permintaan global tinggi, sehingga kualitas dan keamanan produk harus memnuhi standar internasional. Namun, penggunaan pestisida yang tidak terkendali dapat memengaruhi mutu serta daya saing produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis molekul kontaminan dominan, sumber kontaminasi, perbedaan residu antar wilayah, keterkaitan dengan praktik budidaya, serta strategi penanggulangannya. Data diolah menggunakan Microsoft Excel dan IBM SPSS melalui analisis deskriptif, uji nonparametrik Mann–Whitney U, analisis korelasi, dan *time series analysis*. Hasil analisis menunjukkan adanya residu pestisida yang bervariasi antar wilayah, dengan perbedaan kadar yang berkaitan dengan mutu produk serta praktik budidaya yang diterapkan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian hama terpadu, edukasi petani, dan remediasi lingkungan sebagai strategi utama penanggulangan residu pestisida. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk mendukung keamanan pangan, keberlanjutan produksi, dan peningkatan daya saing ekspor kayu manis Indonesia.

Kata kunci- residu pestisida; kayu manis; *cinnamomum burmannii*; Jambi; Sumatera Barat

ABSTRACT

Cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) is one of Indonesia's leading export commodities with high global demand, requiring product quality and safety to comply with international standards. However, uncontrolled pesticide use can compromise both quality and competitiveness. This study aimed to identify dominant contaminant molecules, determine their sources, compare residue levels between regions, examine their relationship with cultivation practices, and propose mitigation strategies. Data were analyzed using Microsoft Excel and IBM SPSS through descriptive statistics, the non-parametric Mann–Whitney U test, correlation analysis, and time series analysis. The findings indicate the presence of pesticide residues with variations across regions, showing differences in levels associated with product quality and cultivation practices. These results highlight the importance of integrated pest management, farmer education, and environmental remediation as key strategies to address pesticide residues. This study provides a scientific basis to support food safety, promote sustainable production, and enhance the global competitiveness of Indonesian cinnamon.

Keywords- pesticide residues; cinnamon; *cinnamomum burmannii*; Jambi; West Sumatra

PENDAHULUAN

Kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) merupakan salah satu komoditas rempah-rempah yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berperan penting dalam perdagangan global. Dalam konteks modern, kayu manis tetap menjadi komoditas yang sangat dicari karena aplikasinya yang luas dalam industri makanan, minuman, farmasi, dan kosmetik (Wang, Chen, & Wu, 2016). Indonesia konsisten berada di posisi teratas sebagai pengeksport kayu manis terbesar di dunia, dengan kontribusi sekitar 40% dari total ekspor global (FAO, 2022). Nilai ekspor kayu manis Indonesia pada tahun 2020 mencapai USD 139,6 juta, menunjukkan signifikansi komoditas ini terhadap perekonomian nasional (Badan Pusat Statistik, 2021). Dalam konteks nasional, Provinsi Jambi dan Sumatera Barat merupakan dua wilayah utama penghasil kayu manis di Indonesia. Menurut laporan Dinas Perkebunan Provinsi Jambi, produksi kayu

manis di provinsi ini mencapai 53.249 ton pada tahun 2019, dengan luas area tanam mencapai 45.630 hektar (Dinas Perkebunan Provinsi Jambi, 2020). Sementara itu, Sumatera Barat juga memiliki kontribusi signifikan, dengan produksi mencapai 28.745 ton pada tahun yang sama (Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Barat, 2020).

Di tengah signifikansi ekonominya, isu kontaminasi residu pestisida menjadi perhatian utama, mengingat semakin ketatnya regulasi keamanan pangan di pasar global. Situasi ini berpotensi mengancam posisi Indonesia sebagai eksportir utama kayu manis dunia. Banyak petani Indonesia mengandalkan penggunaan pestisida untuk menghadapi serangan hama dan penyakit. Namun, penggunaan pestisida yang tidak terkendali menimbulkan tantangan baru terkait dengan kontaminasi residu pada produk akhir. Penelitian yang dilakukan oleh Wiratno *et al.* (2019) menemukan bahwa 32% sampel kayu manis yang diuji dari berbagai daerah di Indonesia mengandung residu pestisida melebihi batas maksimum residu (BMR) yang ditetapkan oleh *Codex Alimentarius Commission*.

Praktik budidaya dan penanganan pascapanen yang tidak tepat juga menjadi tantangan dalam memproduksi kayu manis berkualitas tinggi. Menurut Rismunandar dan Paimin (2001), proses pengeringan yang tidak sempurna dapat menyebabkan tumbuhnya jamur pada kulit kayu manis, yang tidak hanya menurunkan kualitas tetapi juga berpotensi menghasilkan mikotoksin berbahaya. Lebih lanjut, Irmansyah *et al.* (2018) melaporkan bahwa ketidaksesuaian waktu panen dan teknik pengupasan kulit yang tidak tepat dapat menurunkan kandungan minyak atsiri, yang merupakan komponen utama penentu kualitas kayu manis.

Residu pestisida pada kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) membawa risiko dan dampak yang signifikan dari berbagai aspek, termasuk kesehatan, ekonomi, dan lingkungan. Dari perspektif kesehatan, residu pestisida dapat menimbulkan berbagai masalah serius bagi konsumen, seperti memicu pertumbuhan sel kanker, mengganggu sistem endokrin dalam tubuh, gangguan reproduksi, perkembangan abnormal pada anak, masalah metabolisme, kerusakan pada sistem saraf, serta kerusakan permanen pada fungsi otak. Dari segi ekonomi, residu pestisida yang melebihi batas maksimum dapat menyebabkan penolakan ekspor kayu manis, yang berdampak langsung pada pendapatan petani dan eksportir. Dari segi lingkungan, Penggunaan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air di area budidaya kayu manis. Oleh karena itu, penting untuk mengimplementasikan praktik pertanian yang berkelanjutan dan aman, serta meningkatkan kesadaran petani tentang penggunaan pestisida yang tepat dan pengelolaan hama yang ramah lingkungan.

Urgensi penelitian mengenai kontaminasi residu pestisida pada kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) di Provinsi Jambi dan Sumatera Barat tidak dapat diabaikan, mengingat signifikansi komoditas ini bagi perekonomian Indonesia dan tuntutan pasar global yang semakin ketat. Kayu manis merupakan salah satu rempah-rempah utama Indonesia dengan nilai ekspor yang substansial, mencapai US\$ 139,7 juta pada tahun 2020 (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021). Namun, keberlanjutan dan pertumbuhan ekspor ini sangat bergantung pada kemampuan produsen untuk memenuhi standar keamanan pangan internasional, terutama terkait residu pestisida.

Urgensi penelitian tentang kontaminasi residu pestisida pada kayu manis di Provinsi Jambi dan Sumatera Barat sangat penting, mengingat kayu manis merupakan komoditas ekspor utama Indonesia dengan nilai mencapai US\$139,7 juta pada tahun 2020 (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021), namun menghadapi tantangan dalam memenuhi standar keamanan pangan global. Peningkatan kesadaran akan dampak residu pestisida terhadap kesehatan, termasuk gangguan endokrin dan risiko kanker, serta regulasi internasional yang semakin ketat seperti MRLs dari Uni Eropa (European Commission, 2022), menuntut perhatian serius terhadap kontaminasi pada rempah ini. Selain itu, tren pasar global yang semakin mengarah pada produk organik (Willer *et al.*, 2021), serta risiko peningkatan penggunaan pestisida akibat perubahan iklim (Prakash *et al.*, 2018), semakin menegaskan perlunya penelitian ini.

Penelitian ini hadir untuk menyajikan analisis mendalam mengenai molekul kontaminan dominan pada sampel kulit manis dari Provinsi Jambi dan Sumbar, mengetahui asal-usul molekul kontaminan dan faktor-faktor yang menyebabkan akumulasinya dalam produk kayu manis. Dengan memahami lebih jelas keterkaitan antara penggunaan pestisida dan kontaminasi residu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi perumusan strategi pengendalian yang lebih tepat sasaran. Hasil penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata bagi peningkatan kualitas dan keamanan produk kayu manis, serta memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi para pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, petani, dan pelaku industri. Dalam jangka panjang, temuan ini diharapkan dapat

memperkuat posisi industri kayu manis Indonesia di pasar internasional, mendorong keberlanjutan, dan menjaga reputasi komoditas unggulan nasional dari ancaman penolakan akibat residu pestisida yang melebihi ambang batas.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan berbagai peralatan dan bahan yang sesuai dengan metode standar untuk analisis residu pestisida dan pengujian kualitas kayu manis. Analisis residu pestisida dilakukan menggunakan instrumen LC-MS/MS, GC-MS, sentrifuge, dan vortex mixer, yang semuanya mengacu pada standar AOAC International (2020). Bahan yang digunakan meliputi sampel kayu manis dari Jambi dan Sumatera Barat, bahan kimia untuk ekstraksi seperti asetonitril dan magnesium sulfat, serta standar pestisida organoklorin, organofosfat, dan piretroid dari Dr. Ehrenstorfer, sesuai dengan metode QuEChERS yang dimodifikasi (Anastassiades et al., 2021; Kementerian Pertanian, 2023). Untuk uji kualitas, digunakan reagen seperti etanol, Folin-Ciocalteu, asam galat, dan natrium karbonat, mengacu pada standar ISO untuk pengujian minyak atsiri kayu manis (ISO, 2022).

B. Metode Penelitian

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel kayu manis dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *stratified random sampling* untuk memastikan representasi geografis dan praktik budidaya yang beragam dari Provinsi Jambi dan Sumatera Barat, mengikuti pedoman *Codex Alimentarius Commission* (2019). Setiap karung seberat 65 kg diambil sampel ± 50 gram, dengan jumlah karung antara 385–500 per *batch*, dan minimal 30 *batch* diperlakukan secara konsisten di kedua provinsi. Dari seluruh proses tersebut, diperoleh 182 sampel siap analisis yang dianggap memadai untuk menjawab tujuan penelitian. Pendekatan ini dirancang untuk menjaga keseragaman dan validitas statistik, sehingga memungkinkan evaluasi komprehensif terhadap tingkat kontaminasi residu pestisida.

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan pada produk kayu manis siap ekspor dari PT Sumatera Tropical Spices, yang berasal dari Provinsi Jambi dan Sumatera Barat. Sampel diambil setelah proses pengeringan dan pengolahan, kemudian dimasukkan ke dalam kantong bersih yang diberi label berisi informasi asal provinsi, nomor *batch*, dan tanggal pengambilan. Seluruh sampel disimpan dalam kondisi yang sesuai untuk menjaga kualitas selama transportasi ke laboratorium pengujian di Vietnam. Prosedur ini dirancang untuk memastikan representasi yang akurat dari setiap *batch*, serta memungkinkan analisis perbandingan kontaminasi residu pestisida antar wilayah secara menyeluruh.

Penelitian ini menerapkan sistem *traceability* secara menyeluruh untuk memastikan ketelusuran produk kayu manis dari hulu hingga hilir. Setiap sampel yang dianalisis dapat ditelusuri secara akurat berdasarkan informasi geografis, proses produksi, dan penanganan pascapanen melalui identifikasi *batch*, yaitu kode produksi unik yang digunakan perusahaan, sehingga memungkinkan pelacakan asal bahan baku secara spesifik, serta mendukung pemantauan kualitas dan pengendalian kontaminasi.

C. Prosedur Pengamatan

Analisis residu pestisida dalam penelitian ini dilakukan pada sampel kayu manis siap ekspor dari Provinsi Jambi dan Sumatera Barat dengan metode yang telah dioptimalkan untuk mendeteksi 1103 molekul target. Analisis instrumental dilakukan dengan LC-MS/MS dan GC-MS/MS menggunakan mode Multiple Reaction Monitoring (MRM) dan *full scan* untuk mendeteksi molekul yang tidak terduga. Identifikasi dan kuantifikasi pestisida dilakukan dengan membandingkan parameter analitik terhadap database, serta menggunakan kurva kalibrasi multi-level. Molekul ditetapkan sebagai kontaminan dominan berdasarkan frekuensi deteksi dari seluruh sampel. Sumber kontaminasi ditentukan berdasarkan klasifikasi literatur menjadi aplikasi pestisida, pencemaran lingkungan, dan aktivitas manusia. Perbandingan residu antar wilayah dilakukan menggunakan uji Mann–Whitney U, Jika nilai $p\text{-value} < 0,05$, artinya terdapat perbedaan kadar residu yang signifikan secara statistik antara kedua wilayah. Hubungan antara mutu produk dengan kadar residu dianalisis melalui uji korelasi dan interpretasi terhadap praktik budidaya dan pascapanen. Strategi penanggulangan dirumuskan dengan mensintesis hasil penelitian dan membandingkannya dengan standar internasional maupun pedoman

nasional, serta melakukan analisis SWOT untuk merancang strategi yang lebih relevan.

D. Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara komprehensif dengan menggunakan Microsoft Excel dan IBM SPSS, mencakup analisis deskriptif untuk menggambarkan tingkat kontaminasi residu pestisida, pola dan tren kontaminasi dari 1103 molekul, serta jumlah sampel yang melebihi batas maksimum residu di Provinsi Jambi dan Sumatera Barat. Uji statistik nonparametrik *Mann-Whitney U* digunakan untuk menguji perbedaan tingkat kontaminasi antar wilayah, sementara analisis korelasi diterapkan untuk mengevaluasi hubungan antara residu pestisida dengan parameter kualitas kayu manis. Selain itu, analisis tren berbasis time series dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan temporal dalam tingkat kontaminasi, guna menilai efektivitas metode penanggulangan dan memahami implikasinya terhadap mutu produk ekspor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua sentra produksi utama kayu manis di Indonesia, yaitu Provinsi Jambi dan Sumatera Barat, dengan total 7 titik pengambilan sampel yang tersebar di Kabupaten Kerinci (Jambi) serta Tanah Datar, Agam, dan Lima Puluh Kota (Sumatera Barat). Wilayah Jambi berada pada ketinggian 850–1.400 mdpl dengan curah hujan 3.100–3.400 mm/tahun, sedangkan wilayah Sumatera Barat berada pada ketinggian 600–1.200 mdpl dengan curah hujan 2.900–3.300 mm/tahun, yang memengaruhi intensitas serangan hama dan penggunaan pestisida. Sebanyak 182 sampel dianalisis, terdiri dari 122 sampel *high grade* dari Jambi dan 60 sampel *low grade* dari Sumatera Barat, dengan perbedaan metode pascapanen yang turut diduga memengaruhi kadar residu pestisida yang terdeteksi. Perbedaan ini menggambarkan variasi mutu produk antar daerah, sekaligus menjadi dasar perbandingan antara dua provinsi penghasil utama. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menganalisis kadar residu pestisida yang ditemukan, tetapi juga menilai keterkaitan antara mutu produk dan tingkat kontaminasi, sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Perbedaan grade dalam rancangan penelitian ini justru menjadi penting, karena memberikan gambaran nyata tentang bagaimana variasi praktik budidaya dan pascapanen berpengaruh terhadap mutu dan keamanan kayu manis, serta memungkinkan analisis perbandingan yang komprehensif antara sampel dari Provinsi Jambi dan Sumatera Barat.

B. Identifikasi Molekul Kontaminan Dominan

1. Molekul Residu Pestisida Berdasarkan Lokasi Deteksi

Sebanyak 28 molekul residu pestisida terdeteksi dalam penelitian ini, dengan 13 molekul hanya ditemukan di Sumatera Barat dan 15 molekul muncul di kedua provinsi, sementara tidak ada molekul yang eksklusif berasal dari Jambi. Temuan ini menunjukkan adanya variasi pola penggunaan pestisida antar wilayah, yang dipengaruhi oleh perbedaan kondisi agroklimat, preferensi petani, tekanan organisme pengganggu, dan akses terhadap sarana produksi. Jambi cenderung menggunakan bahan aktif yang lebih terbatas dan seragam, seperti *profenofos*, *propamocarb*, dan *chlorpyrifos*, diduga karena dampak penerapan program Pengendalian Hama Terpadu (IPM) sejak 2021. Di sisi lain, Sumatera Barat menunjukkan keragaman molekul yang lebih tinggi karena curah hujan yang lebih lembap, tekanan patogen yang lebih besar, mencerminkan kombinasi faktor iklim serta sistem budidaya dan pascapanen.

2. Molekul Kontaminan Dominan di Provinsi Jambi dan Sumatera Barat

Penelitian ini mengidentifikasi sejumlah molekul residu pestisida yang muncul secara konsisten dengan frekuensi tinggi, yang dikategorikan sebagai kontaminan dominan karena berpotensi memengaruhi kualitas dan keamanan kayu manis. Molekul dianggap terdeteksi jika nilai residunya di atas nol, termasuk yang sangat rendah ($<0,01$). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui jenis residu yang paling umum ditemukan pada sampel dari Jambi dan Sumatera Barat. Terdapat 7 molekul dengan frekuensi deteksi di atas 5%. Batas 5% digunakan untuk membedakan molekul yang muncul secara konsisten dan signifikan pada proporsi sampel (kontaminan dominan) dengan molekul yang hanya terdeteksi secara sporadis (kontaminan minor), sebanyak 21 molekul lainnya. Pemilihan batas ini mencerminkan kondisi aktual distribusi data, sehingga analisis dapat lebih fokus pada molekul yang paling berpengaruh terhadap mutu dan keamanan kayu manis. Identifikasi kontaminan dominan dapat diamati pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Molekul Kontaminasi Dominan

No	Molekul	Jambi	Sumbar	Total Sampel Terdeteksi	Frekuensi (%)
1	Phenylpenol, 2-	42	15	57	31,3%
2	Propamocarb	19	17	36	19,8%
3	Chlorpyrifos	3	11	14	7,7%
4	Fipronil	8	5	13	7,1%
5	Isoprocarb	0	12	12	6,6%
6	Fipronil (sum)	7	5	12	6,6%
7	DEET (Diethyl-m)	0	11	11	6,0%

Keterangan: Frekuensi (%) menunjukkan proporsi jumlah sampel yang terdeteksi mengandung molekul tertentu dibandingkan dengan total sampel yang dianalisis (182 sampel).

C. Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Kontaminan Dominan pada Sampel

Berdasarkan hasil penelitian, tujuh molekul yang tergolong kontaminan dominan karena memiliki frekuensi deteksi lebih dari 5% pada sampel kayu manis dari Jambi dan Sumatera Barat adalah *phenylphenol 2-*, *propamocarb*, *chlorpyrifos*, *fipronil*, *fipronil (sum)*, *isoprocarb*, dan *DEET*. *Phenylphenol 2-* merupakan senyawa fenolik alami yang berkaitan dengan stres tanaman dan perlakuan pascapanen, sedangkan *propamocarb* adalah fungisida karbamat yang umumnya digunakan untuk mencegah busuk batang dan akar, dengan residu dipengaruhi oleh intensitas aplikasi dan faktor lingkungan. *Chlorpyrifos*, insektisida organofosfat, ditemukan pada 14 sampel dan kadarnya dipengaruhi oleh metode aplikasi, kondisi lingkungan, dan potensi polusi dari limpasan lahan lain.

Sementara itu, *fipronil* dan *isoprocarb*, insektisida untuk mengendalikan hama seperti kutu dan penggerek, terdeteksi akibat aplikasi rutin atau mendekati masa panen yang menyebabkan residu tertinggal. *DEET*, senyawa yang umum digunakan sebagai repellent manusia, ditemukan sebagai kontaminan non-konvensional yang berasal dari lingkungan sekitar pertanian, seperti air irigasi yang tercemar atau penggunaan produk oleh masyarakat sekitar. Keberadaan senyawa-senyawa ini menunjukkan kombinasi antara praktik budidaya, perlakuan pascapanen, dan pengaruh lingkungan terhadap kontaminasi residu pestisida pada kayu manis.

D. Tingkat Keamanan Berdasarkan Batas Maksimum Residu (BMR)

Evaluasi terhadap ambang Batas Maksimum Residu (BMR) sangat penting untuk menilai keamanan konsumsi dan kelayakan ekspor kayu manis, karena BMR mencerminkan batas aman berdasarkan toksisitas dan asupan harian suatu senyawa. Nilai BMR ini diatur dalam standar internasional seperti *codex alimentarius* dan *european union pesticide MRLs database*, serta beberapa regulasi nasional. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari seluruh molekul pestisida yang terdeteksi, sebanyak 17 tidak melebihi BMR, namun beberapa lainnya menunjukkan pelanggaran yang signifikan. Molekul *phenylphenol 2-* menjadi perhatian utama dengan 8,2% sampel melebihi BMR (0,01 mg/kg), disusul oleh *DEET* sebesar 5,5% (BMR 0,01 mg/kg), *isoprocarb* 2,7% (BMR 0,01 mg/kg), *propamocarb* 2,2% (BMR EU 0,05 mg/kg), dan *nicotine* 1,1% (BMR 0,01 mg/kg). Enam molekul lainnya (*carbendazim*, *carbofuran*, *chloropyrifos*, *cypermethrin*, *ethylene oxide*, dan *isoprothiolane*) juga tercatat melebihi BMR meskipun hanya pada 0,5% sampel, yang tetap menandakan adanya potensi risiko terhadap keamanan dan penerimaan produk di pasar global.

E. Analisis Perbandingan Antar Provinsi

Berdasarkan hasil penelitian, dari 28 molekul yang dianalisis, hanya 15 molekul yang diuji dalam analisis statistik ini karena molekul-molekul tersebut teridentifikasi pada sampel dari kedua provinsi. Terdapat 4 molekul yang memiliki nilai $p < 0,05$, menandakan perbedaan nyata secara statistik, dengan konsentrasi lebih tinggi pada sampel dari Sumatera Barat. Molekul-molekul tersebut antara lain *chlorpyrifos*, *DEET*, *anthraquinone* dan *propamocarb*.

Perbedaan kontaminasi residu pestisida antara Jambi dan Sumatera Barat terutama dipengaruhi oleh pola penggunaan pestisida, kondisi agroekologis, serta praktik budidaya. Sumatera Barat yang memiliki kelembapan lebih tinggi mendorong penggunaan fungisida dan insektisida, seperti *propamocarb*. Praktik pertanian di wilayah ini juga lebih intensif, dengan frekuensi aplikasi pestisida lebih tinggi, panen pada usia relatif muda (8–12 tahun), serta sistem tumpang sari dengan tanaman

hortikultura yang meningkatkan potensi paparan residu. Sebaliknya, di Jambi kayu manis lebih sering dipanen pada usia tua (20–30 tahun) dengan kanopi rapat, sehingga tumpang sari dan penggunaan pestisida lebih terbatas. Faktor edukasi petani, pengawasan pestisida, dan potensi kontaminasi silang pascapanen turut memperkuat perbedaan tersebut. Dengan demikian, molekul yang menunjukkan nilai $p < 0,05$ tidak hanya merefleksikan signifikansi statistik, tetapi juga perbedaan nyata dalam praktik pertanian dan kondisi lingkungan antarwilayah.

F. Korelasi Praktik Budidaya dan Pengolahan dengan Profil Molekul Kontaminan

Sistem pengelompokan mutu (*grading*) pada kayu manis mencerminkan kualitas fisik dan kimia produk yang sangat dipengaruhi oleh praktik budidaya serta pengolahan pascapanen seperti pengupasan, pengeringan, dan penyimpanan (Ranasinghe et al., 2013). Sampel dari Provinsi Jambi, khususnya Kabupaten Kerinci, dikategorikan sebagai *high grade*. Sebaliknya, sampel dari Sumatera Barat umumnya diklasifikasikan sebagai *low grade*. Perbedaan mutu ini berhubungan langsung dengan sistem produksi. Di Jambi, petani menerapkan pendekatan Pengendalian Hama Terpadu (PHT), menggunakan pestisida hanya saat serangan mencapai ambang ekonomi (3–5 kali per musim), dan pascapanen dilakukan dengan pengeringan terbuka tanpa perlakuan kimia berlebih. Praktik ini mendukung terbentuknya mutu fisik tinggi sekaligus menekan tingkat kontaminasi residu pestisida.

Sebaliknya, di Sumatera Barat budidaya lebih intensif dengan penggunaan pestisida sistemik (misalnya propamocarb dan karbamat), serta perlakuan pascapanen yang kompleks seperti fumigasi dan penyemprotan antijamur. Meskipun ditujukan untuk meningkatkan daya simpan, praktik ini justru memicu akumulasi residu pestisida lebih tinggi, termasuk molekul non-pertanian yang diduga berasal dari polusi domestik atau repelan pekerja (Faizal & Marta, 2023). Temuan ini menunjukkan bahwa intensifikasi kimiawi tidak selalu menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik dari sisi keamanan pangan.

Dengan demikian, mutu *high grade* (Jambi) berkorelasi dengan praktik budidaya yang lebih berkelanjutan dan minim input kimia, sedangkan *low grade* (Sumatera Barat) cenderung terkait dengan intensifikasi yang berisiko tinggi terhadap kontaminasi. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi negatif antara mutu fisik dan kadar residu, di mana sistem produksi yang ramah lingkungan justru menghasilkan kayu manis yang unggul secara fisik sekaligus aman dikonsumsi.

G. Strategi Penanggulangan Kontaminasi Residu Pestisida

Dalam upaya menekan kontaminasi residu pestisida pada komoditas kayu manis, diperlukan pendekatan strategis yang bersifat komprehensif dan adaptif terhadap kondisi lapangan. Agar perumusan strategi lebih terarah, analisis SWOT sebagai berikut:

<i>Strengths (Kekuatan)</i>	<i>Weaknesses (Kelemahan)</i>
Tersedianya data ilmiah dan hasil laboratorium tentang jenis molekul kontaminan dominan dan trennya (2021-2025), sehingga memudahkan dalam penentuan prioritas Tindakan.	Rendahnya edukasi petani tentang prinsip “5 Tepat”, jeda panen, dan praktik IPM.
Rekomendasi teknis berbasis bukti untuk mitigasi residu (pencucian, ozonisasi, bioremediasi, dll).	Penggunaan pestisida ilegal atau racikan sendiri yang masih umum di lapangan.
Adopsi teknologi pascapanen seperti <i>solar tunnel dryer</i> dan biofilter mulai berkembang.	Tidak adanya SOP baku untuk pengolahan/pengeringan di level UMKM dan petani pengumpul.
Regulasi ekspor yang ketat mendorong kesadaran terhadap keamanan pangan.	Minimnya fasilitas uji residu cepat dan laboratorium terakreditasi di daerah penghasil.
<i>Opportunities (Peluang)</i>	<i>Threats (Ancaman)</i>
Tren global terhadap produk ramah lingkungan dan bebas residu membuka pasar premium.	Penolakan ekspor akibat kadar residu melebihi ambang batas internasional (BMR UE/Codex).
Inovasi teknologi: ozonisasi, uji residu cepat, dan bioinput terus berkembang.	Perubahan iklim mendorong peningkatan serangan hama dan penggunaan pestisida sintesis.
Adanya program pemerintah/LSM yang mendorong pertanian organik dan GAP.	Kurangnya pengawasan terhadap limbah non-pertanian (seperti <i>DEET</i> , <i>phenylphenol</i>).
Peluang kemitraan dengan eksportir atau buyer besar untuk peningkatan mutu.	Harga input pertanian ramah lingkungan dan alat pascapanen masih mahal bagi petani kecil.

Strategi penanggulangan residu pestisida pada kayu manis disusun melalui analisis SWOT yang menghasilkan empat pendekatan utama, yaitu:

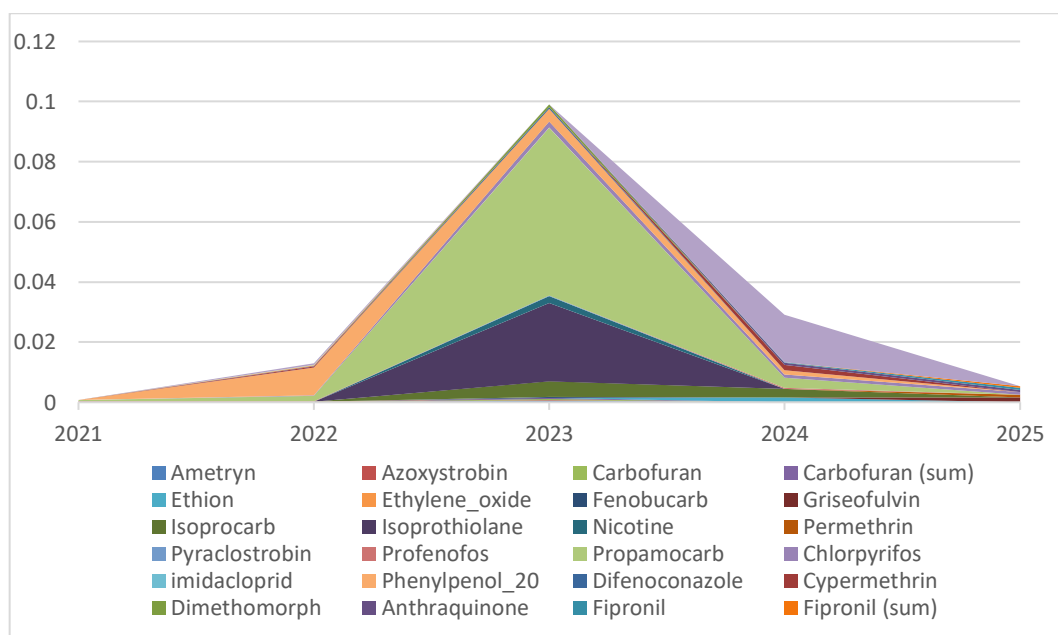
1. Strategi SO (*Strength–Opportunity*), berfokus pada optimalisasi GAP dan PHT berbasis data ilmiah melalui pelatihan, penggunaan *rapid test kit*, dan kemitraan buyer.
2. Strategi WO (*Weakness–Opportunity*) diarahkan pada pembentukan *Desa Binaan Kayu Manis Bebas Residu* dengan SOP lokal dan fasilitas uji sederhana.
3. Strategi ST (*Strength–Threat*) menekankan implementasi *internal residue monitoring system* di tingkat petani/koperasi
4. Strategi WT (*Weakness–Threat*) menitikberatkan pada edukasi dan pengawasan komunitas, sosialisasi bahaya pestisida racikan, serta pembentukan tim pengawas residu desa/koperasi.

Upaya penanggulangan dilakukan secara berlapis mulai dari prapanen, pascapanen, hingga remediasi lingkungan. Pada tahap prapanen, edukasi petani mengenai prinsip GAP dan PHT dengan penerapan “5 Tepat” menjadi kunci, termasuk penetapan interval henti semprot sesuai jenis pestisida. Pada tahap pascapanen, pencucian, perendaman air panas, pengupasan tipis, penjemuran, serta inovasi seperti *solar tunnel dryer* dan ozonisasi terbukti efektif menurunkan residu berbagai molekul dominan. Sementara itu, remediasi lingkungan dilakukan melalui bioremediasi bakteri, penambahan kompos/biochar, pengelolaan limbah, serta monitoring kualitas tanah dan air untuk mencegah akumulasi jangka panjang.

Lapisan terakhir adalah edukasi dan pengawasan. Lembaga pengawasan pangan dan ekspor perlu memperluas cakupan parameter uji, memperkuat monitoring, serta mendorong penggunaan kit cepat di tingkat petani. Strategi ini bukan hanya menekan kadar residu agar sesuai dengan ambang batas maksimum residu (BMR), tetapi juga memastikan keberlanjutan, keamanan, dan daya saing kayu manis Indonesia di pasar global.

H. Analisis Tren Kontaminasi Residu Pestisida

Untuk memahami perubahan kadar residu pestisida dari waktu ke waktu, dilakukan analisis tren tahunan berdasarkan rata-rata kadar seluruh molekul yang terdeteksi selama periode 2021–2025. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi pola temporal yang mencerminkan dampak perubahan praktik budidaya, pengolahan pascapanen, atau kebijakan eksternal. Data dikelompokkan per tahun pengambilan sampel, lalu dihitung rata-rata kadar residunya, yang divisualisasikan dalam bentuk grafik area bertumpuk (*stacked area chart*) untuk menunjukkan kontribusi masing-masing molekul terhadap total residu per tahun, serta memperlihatkan pergeseran dominasi dan intensitas residu dalam produk kayu manis dari tahun ke tahun. Berikut disajikan Gambar 1.



Gambar 1. Tren Kadar Residu Pestisida (2021-2025)

Grafik menunjukkan fluktuasi kadar residu pestisida pada kayu manis selama 2021–2025, dengan tren meningkat tajam hingga mencapai puncak pada 2023 yang disebabkan oleh intensifikasi penggunaan pestisida untuk mengendalikan serangan hama dan penyakit tanaman yang meningkat. Lalu, menurun drastis pada 2024, dan hampir seluruh molekul tidak lagi terdeteksi pada 2025. Tahun 2023 ditandai sebagai titik kritis, dengan dominasi molekul seperti *propamocarb*, *chlorpyrifos*, dan *phenylphenol_20* dalam konsentrasi tinggi. Penurunan signifikan pada dua tahun terakhir mengindikasikan adanya perubahan positif dalam praktik budidaya atau regulasi, seperti pengurangan pestisida, peningkatan kesadaran petani, atau pengaruh pengawasan ekspor. Temuan ini menegaskan perlunya evaluasi praktik pertanian pada masa puncak kontaminasi serta pentingnya pengawasan berkelanjutan untuk menjaga keamanan komoditas ekspor seperti kayu manis.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa residu pestisida pada kayu manis di Jambi dan Sumatera Barat didominasi oleh 7 molekul yang berasal dari aplikasi pestisida secara langsung maupun tidak langsung. Salain itu, terdapat 4 molekul yang memiliki perbedaan signifikan antar wilayah, di mana konsentrasi residu lebih tinggi di Sumatera Barat, sedangkan kayu manis dari Jambi cenderung menghasilkan mutu high grade dengan residu lebih rendah. Strategi penanggulangan residu meliputi pengendalian hama terpadu, penggunaan pestisida secara bijak, teknik pascapanen yang tepat, serta remediasi lingkungan. Tren kadar residu 2021–2025 menunjukkan puncak kontaminasi pada 2023 dan menurun signifikan hingga 2025 mengindikasikan adanya perubahan positif dalam pengelolaan dan kebijakan residu pestisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2023, Agustus 1). Metode-Metode Pengurangan Residu Pestisida pada Hasil Pertanian.
- Anastassiades, M., Kolberg, D. I., Mack, D., Wildgrube, C., Sigalov, I., & Dörk, D. (2021). Quick method for the analysis of residues of numerous highly polar pesticides in foods of plant origin involving simultaneous extraction with methanol and LC-MS/MS determination (QuPPE-method). EU Reference Laboratory for pesticides requiring Single Residue Methods (EURL-SRM).
- Anugrah, M. (2022, December 21). Kiat Mengurangi Kadar Residu Pestisida.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia 2020. Jakarta: BPS-Statistics Indonesia.
- Dinas Perkebunan Provinsi Jambi. (2020). Laporan Tahunan Produksi Perkebunan Provinsi Jambi 2019. Jambi: Dinas Perkebunan Provinsi Jambi.
- Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Barat. (2020). Statistik Perkebunan Sumatera Barat 2019. Padang: Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Barat.
- European Commission. (2022). *EU Pesticides database*.
- Faizal, D., & Marta, I. (2023). “Pengelolaan gudang rempah tertutup di Padang Panjang.” *Jurnal Agroindustri Tropika*, 11(1), 15–24.
- FAO/WHO. (2022). Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides (4th ed.). World Health Organization.
- Irmansyah, T., Lubis, L. M., & Ginting, S. (2018). Pengaruh umur panen dan teknik pengeringan terhadap mutu kayu manis (*Cinnamomum burmanii*). *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 6(2), 341-348.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2021). *Statistik Ekspor Impor Indonesia*.
- Prakash, A., Rao, J., Mukherjee, A. K., & Berliner, J. (2018). Climate change: Impact on crop pests. In *Advances in Crop Environment Interaction* (pp. 253-285). Springer, Singapore.
- Purnomo, Y. S., & Dhiningrum, G. K. (2023). Bioremediasi Lahan Tercemar Pestisida dengan Cara Pengomposan di Perkebunan Apel Batu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 419-429.
- Putri, Y. A., & Cintamulya, I. (2020). Pengendalian Pencemaran Tanah Akibat Pestisida Melalui Teknik Bioremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 275-280.
- Ranasinghe, P., Pigera, S., Premakumara, G. A. S., Galappaththy, P., Constantine, G. R., & Katulanda, P. (2013). Medicinal properties of ‘true’ cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): A systematic review. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 275. <https://doi.org/10.1186/1472->

6882-13-275

- Rismunandar & Paimin, F. B. (2001). Kayu manis: Budidaya dan pengolahan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wang, Y. H., Chen, Y. F., & Wu, S. N. (2016). Cinnamon and its metabolites as potential neuroprotective and anti-inflammatory agents: A review of in vitro and in vivo studies. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 6(3), 204-211.
- Willer, H., Trávniček, J., Meier, C., & Schlatter, B. (Eds.). (2021). *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2021*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM – Organics International.
- Wiratno, W., Syakir, M., & Mahendradatta, M. (2019). Residu pestisida pada tanaman rempah dan obat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 38(3), 133-142.