

**POSITIVE CORRELATION BETWEEN PESTICIDE COMBINATION
EXPOSURE RISK STRATIFICATION AND 8-OHDG LEVELS AS A DNA
DAMAGE BIOMARKER IN FARMERS**

Korelasi Positif antara Stratifikasi Risiko Paparan Kombinasi Pestisida dan Kadar 8-OHDG sebagai Indikator Kerusakan DNA pada Petani

Nurfaizah Titisari Sulihah^{1*}, Elvia Rahmi Marga Putri²

¹Bioteknologi dan Biomolekular, Fakultas Kedokteran Universitas Jember, Jl. Kalimantan Kampus Bumi Tegal Boto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

²Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Universitas Jember, Jl. Kalimantan Kampus Bumi Tegal Boto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

*Corresponding author email: nurfaizahts@gmail.com

How to cite: Sulihah NT, Putri ERM. 2025. Positive correlation between pesticide combination exposure risk stratification and 8-OHDG levels as a DNA damage biomarker in farmers. *Bul. Vet. Udayana*. 17(3): 1132-1137. DOI: <https://doi.org/10.24843/bulvet.2025.v17.i03.p60>

Abstract

Continuous exposure to pesticide mixtures has a synergistic effect on inducing oxidative stress and DNA damage. One sensitive biomarker of oxidative DNA damage is 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG). This study aimed to analyze the correlation between stratified risk levels of combined pesticide exposure and urinary 8-OHdG concentrations. A cross-sectional design was employed, with pesticide exposure risk assessed through structured interviews and a semi-quantitative scoring method based on usage patterns. Urinary 8-OHdG levels were measured using ELISA. Results demonstrated a moderate positive correlation between combined pesticide exposure risk stratification and 8-OHdG levels ($p < 0.05$), indicating that higher exposure risk corresponds to increased DNA damage. These findings highlight the need for systematic pesticide exposure evaluation and preventive interventions to safeguard farmers' health. Further longitudinal studies are recommended to establish causal relationships between combined pesticide exposure and DNA damage biomarkers, while accounting for potential confounders such as individual metabolic differences and protective measures.

Keywords: 8-OHdG, pesticides, DNA damage, farmers, risk stratification

Abstrak

Paparan kombinasi pestisida secara terus-menerus memiliki efek sinergis dalam menginduksi stres oksidatif dan kerusakan DNA. Salah satu biomarker sensitif untuk kerusakan DNA oksidatif adalah 8-hidroksi-2'-deoksiguanosin (8-OHDG). Penelitian ini bertujuan menganalisis korelasi antara stratifikasi risiko paparan kombinasi pestisida dan kadar 8-OHDG dalam urin.

Desain penelitian bersifat *cross-sectional*, dengan stratifikasi risiko paparan dinilai melalui wawancara dan metode penilaian semi-kuantitatif berdasarkan pola penggunaan pestisida. Kadar 8-OHdG diukur menggunakan ELISA. Hasil penelitian menunjukkan korelasi positif sedang antara stratifikasi risiko paparan kombinasi pestisida dan kadar 8-OHdG ($p < 0,05$), mengindikasikan bahwa semakin tinggi risiko paparan, semakin tinggi kerusakan DNA. Temuan ini menekankan pentingnya evaluasi paparan pestisida secara sistematis dan intervensi pencegahan untuk melindungi kesehatan petani. Studi longitudinal lebih lanjut disarankan untuk memastikan hubungan kausal antara paparan kombinasi pestisida dan biomarker kerusakan DNA, dengan mempertimbangkan faktor perancu seperti perbedaan metabolisme individu dan penggunaan alat pelindung diri.

Kata kunci: 8-OHdG, pestisida, kerusakan DNA, petani, stratifikasi risiko

PENDAHULUAN

Pestisida digunakan sebagai bahan penting yang berguna untuk memberikan perlindungan pada tanaman dari hama sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dalam sektor pertanian. Pestisida di Indonesia terdapat berbagai macam jenis, berdasarkan sifat kimia atau fisiknya maupun jenis tunggal atau jenis kombinasi. Kementerian Pertanian Republik Indonesia mencatat terdapat peningkatan signifikan dalam jumlah merek dagang pestisida yang terdaftar dan beredar di Indonesia pada tahun 2018 hingga 2020 (Jamal et al., 2020). Keamanan pestisida membutuhkan evaluasi lebih lanjut terutama untuk kesehatan petani. Pestisida dalam bentuk kombinasi beberapa jenis pestisida lebih berbahaya daripada pestisida jenis tunggal karena dapat menghasilkan efek toksik sinergis, aditif atau bahkan antagonis sehingga berpengaruh pada kesehatan (Bopp et al., 2019). Hal ini kurang diperhatikan oleh para petani terutama mengenai bahaya risiko paparan pestisida yang dihadapi oleh petani. Paparan pestisida didapatkan secara berulang dan tidak terkontrol sehingga dapat berdampak pada kesehatan petani.

Bebagai penelitian telah menunjukkan bahwa pestisida dapat meningkatkan stress oksidatif dan menyebabkan kerusakan materi genetik seperti DNA (Kahl et al., 2018; Kapeleka et al., 2021). Pestisida merupakan bahan kimia toksik yang dapat meningkatkan radikal bebas yang memicu terjadinya stress oksidatif. Stress oksidatif secara terus menerus dapat merusak materi genetik, sel, jaringan, hingga organ. Salah satu efek dari stress oksidatif adalah kerusakan materi genetik seperti DNA. Stress oksidatif menyebabkan gangguan ekspresi gen akibat proses transkripsi yang mengalami gangguan. Hal ini dapat berimplikasi pada kesehatan jangka panjang yaitu munculnya manifestasi klinis dari berbagai penyakit seperti diabetes, hipertensi hingga kanker (Meliyanti & Heryanto, 2020; Almaini et al., 2022). Salah satu biomarker molekuler yaitu 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) merupakan penanda terjadinya kerusakan DNA yang diinduksi oleh radikal bebas, termasuk yang berasal dari paparan pestisida.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk menganalisis korelasi antara stratifikasi risiko paparan kombinasi pestisida dengan kadar 8-OHdG sebagai penanda kerusakan DNA pada petani. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dilakukan pencegahan supaya tidak terjadi masalah kesehatan akibat paparan pestisida, penanganan lebih awal serta memberikan kontribusi pada penyusunan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif.

METODE PENELITIAN

Kelaikan etik

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan layak etik dengan No. 1746/H.25.1.11/KE/2023 dari komite etik Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi analitik observasional dengan pendekatan cross sectional. Peneliti tidak melakukan manipulasi atau intervensi terhadap variabel yang diteliti, melainkan mengamati variabel yang telah terjadi secara alami pada populasi target, yakni petani dengan variasi tingkat paparan pestisida. Variabel dikumpulkan pada satu waktu tertentu. Studi ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara tingkat risiko paparan kombinasi pestisida yang dinilai melalui metode penilaian semi-kuantitatif dengan kadar 8-hidroksi-2'-deoksiguanosin (8-OHdG) dalam urin sebagai biomarker kerusakan DNA akibat stres oksidatif.

Objek Penelitian

Sampel penelitian adalah petani di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember dengan teknik accidentally sampling sejumlah 38 petani aktif. Kriteria inklusi dari penelitian ini adalah petani atau pekerja pertanian yang telah bekerja minimal 1 tahun, dengan menggunakan pestisida dalam 2 bulan terakhir dan bersedia menjadi responden. Sementara itu, kriteria eksklusi adalah sampel memiliki riwayat penyakit lain (diabetes melitus, hipertensi, hepatitis, hamil, alkoholisme, sedang menjalani pengobatan dengan asetilkolinesterase inhibitor). Stratifikasi resiko kombinasi pestisida dikelompokkan menjadi 5 berdasarkan kelas toksisitas WHO yaitu ringan, cukup ringan, sedang, cukup berat dan berat.

Metode Koleksi Data

Pengambilan sampel dilakukan dengan wawancara dan pengambilan sampel urin. Wawancara dilakukan untuk mengetahui paparan pestisida apa saja yang digunakan. Dilanjutkan dengan mengkategorikan tingkat risiko aplikasi pestisida berdasarkan kombinasi kelas toksisitas WHO. Urin digunakan untuk menganalisis kadar 8-OHdG dengan metode ELISA di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

Analisis data

Analisis data menggunakan uji normalitas dan korelasi spearman dengan SPSS v26 untuk menentukan korelasi antara stratifikasi risiko kombinasi pestisida dengan kadar 8-OHdG.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Distribusi Penggunaan Jenis Pestisida

Pada penelitian ini terdapat 38 responden petani menggunakan berbagai jenis pestisida diantaranya fungisida, neonicotinoid, OP/karbamat, herbisida dan insektisida lainnya. Hasil ini dijelaskan pada grafik 1 dimana diketahui semua responden petani menggunakan fungisida (100%), ada yang menggunakan secara tunggal atau kombinasi dengan pestisida lain. Kombinasi yang banyak digunakan adalah neonicotinoid dengan jumlah 22 petani (58%).

Analisis Korelasi Stratifikasi Risiko Kombinasi Pestisida

Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi antara stratifikasi risiko kombinasi pestisida dan kadar 8-OHdG dalam urin menggunakan korelasi spearman. Terdapat stratifikasi resiko kombinasi pestisida berkorelasi positif sedang dengan kadar 8 OHdG ($R=0,454$; $p=0,002$). Jika terdapat peningkatan stratifikasi resiko penggunaan kombinasi pestisida, maka akan diikuti dengan peningkatan kadar 8-OHdG dalam urin.

Pembahasan

Pestisida adalah bahan kimia yang berfungsi untuk mencegah dan memberantas hama ataupun penyakit pada tanaman pertanian (Ledda et al., 2021). Kombinasi 2 atau lebih jenis pestisida

yang bersamaan dapat menimbulkan risiko kesehatan petani. Campuran bahan kimia yang toksik harus diperhatikan, karena toksisitas bahan kimia tunggal akan berbeda saat bahan kimia tersebut digabungkan dengan bahan kimia lain. Padahal sebagian besar penilaian risiko berdasarkan bahan kimia tunggal, sebagian kecil lainnya merujuk pada campuran bahan kimia (Antonio et al., 2021) F. Hernández et al, 2021). Kombinasi pestisida dapat terjadi interaksi antar bahan kimia yaitu efek aditivitas, antagonisme, atau sinergisme. Hal ini dapat mempengaruhi absorpsi, metabolisme, ekskresi, atau toksodinamik (Tiam et al., 2016; Bopp et al., 2019).

Dinas Pertanian menganjurkan penggunaan kombinasi pestisida lebih baik tidak bersamaan, yaitu dilakukan salam satu kali penyemprotan setelah itu lanjut ke penyemprotan pestisida berikutnya. Campuran pestisida lebih dari dua jenis dengan dosis tinggi berisiko mempengaruhi kesehatan petani (Mukadar et al., 2018). Penggunaan organofosfat (chlorpyrifos) digabung dengan karbamat (carbaryl) memiliki interaksi sinergis dimana antar bahan kimia saling meningkatkan mekanisme kerja dan efeknya. Chlorpyrifos bekerja dengan cara menghambat asetilkolin yang merupakan neurotransmitter terpenting dalam sistem saraf parasimpatis sehingga menyebabkan hiperaktivasi sistem saraf (Kirici, 2022). Gabungan paparan neonikotinoid dan organofosfat/ pyrethroid memiliki efek sinergisme menyebabkan stress oksidatif yang meningkat sehingga potensi kerusakan DNA meningkat. Cara kerja neonikotinoid dengan mengikat resptor nikotinik asetilkolin (nAChR) dan organofosfat menghambat AChE (Koureas et al., 2014).

Paparan pestisida meningkatkan produksi ROS sehingga kerusakan DNA hingga pemutusan dsDNA dapat terjadi (Kaur & Kaur, 2018). Kahl et al menyatakan bahwa telomer yang memendek, hipometilasi DNA dan kerusakan DNA terjadi akibat paparan pestisida (Kahl et al., 2018). Pada penelitian ini didapatkan semakin berat stratifikasi risiko kombinasi toksisitas pestisida akan mempengaruhi semakin tinggi kadar 8-OHdG. Pestisida yang digunakan pada penelitian ini termasuk stratifikasi kombinasi berat yaitu penggunaan pestisida kategori Ib lebih dari satu. Sebagian besar bahan aktif pada pestisida yang digunakan pada kelompok karbamat adalah metomil dan pada kelompok fungisida adalah abamektin.

Selain itu, penggunaan neonikotinoid dengan bahan aktif imidacloprid yang banyak digunakan. Hal ini sesuai dengan penelitian Jing Li et al, berkorelasi dengan kadar 8-OHdG (Li et al, 2020). Kerusakan DNA dapat ditandai dengan biomarker 8-OHdG dalam urin. Penelitian lain menyebutkan bahwa toksisitas pestisida meningkatkan produksi ROS sehingga memicu terjadinya stress oksidatif dan menyebabkan kerusakan DNA. Pestisida bertindak secara langsung sebagai pengoksidasi, yang dalam keberadaan reduktan seluler dapat memicu berbagai jenis kerusakan DNA (Alak et al., 2017, 2019; Atamanalp et al., 2021; Uçar et al., 2020).

Keterbatasan penelitian ini adalah terdapat faktor risiko lain yang tidak diteliti yang dapat mempengaruhi kondisi stress oksidatif sehingga berpengaruh terhadap hasil kadar 8-OHdG pada petani seperti faktor gaya hidup saat penyemprotan, pola diet dan nutrisi, paparan zat kimia lain dll. Pengukuran kadar 8-OHdG dilakukan hanya sekali sehingga tidak menggambarkan interpretasi terhadap durasi atau intensitas paparannya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Petani dengan stratifikasi risiko kombinasi toksisitas pestisida semakin berat akan mempengaruhi kerusakan DNA yang ditandai dengan peningkatan kadar 8-OHdG. Kombinasi

paparan yang lebih kompleks berpotensi menyebabkan peningkatan kerusakan DNA, yang memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaan pestisida dan kesehatan kerja petani.

Saran

Perlunya dilakukan studi longitudinal lanjutan guna memastikan adanya hubungan kausal antara paparan pestisida dan biomarker kerusakan DNA. Selain itu diperlukan perhatian terhadap variable lain yang menjadi variable perancu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kelompok petani di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini. Penghargaan juga diberikan kepada laboratorium dan institusi yang telah membantu dalam proses analisis sampel dan pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

Mukadar, Afriyani L., & Joko Bagian Kesehatan lingkungan, T. (2018). Faktor risiko pajanan pestisida terhadap kejadian keracunan pestisida pada petani di Jawa Tengah (Studi literatur hasil-hasil penelitian di FKM Undip). *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 6:205-213

Alak, G., Yeltekin, A. Ç., Özgeriş, F. B., Parlak, V., Uçar, A., Sait Keleş, M., & Atamanalp, M. (2019). Therapeutic effect of N- acetyl cysteine as an antioxidant on rainbow trout's brain in cypermethrin toxicity. *Chemosphere*, 221, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.196>

Alak, G., Yeltekin, A. Ç., Tas, I. H., Ucar, A., Parlak, V., Topal, A., Kocaman, E. M., & Atamanalp, M. (2017). Investigation of 8-OHdG, CYP1A, HSP70 and transcriptional analyses of antioxidant defence system in liver tissues of rainbow trout exposed to eprinomectin. *Fish and Shellfish Immunology*, 65, 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.04.004>

Almaini, A., Mulyadi, M., Sutriyanti, Y., & Buana, C. (2022). Hubungan penggunaan pestisida terhadap kejadian hipertensi pada petani sayur mayur di wilayah Puskesmas Sambirejo Kabupaten Rejang Lebong Tahun 2021. *Jurnal Keperawatan Raflesia*, 4(1), 41–50. <https://doi.org/10.33088/jkr.v4i1.731>

Antonio F. Hernández, Aristidis M. Tsatsakis, & Athanasios Alegakis. (2021). Chapter 13 - The problem of risk assessment of pesticide mixtures. In *Exposure and Risk Assessment of Pesticide Use in Agriculture*. Academic Press. pp. 329–345.

Atamanalp, M., Parlak, V., Özgeriş, F. B., Çilingir Yeltekin, A., Ucar, A., Keleş, M. S., & Alak, G. (2021). Treatment of oxidative stress, apoptosis, and DNA injury with N-acetylcysteine at simulative pesticide toxicity in fish. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 31(3), 224–234. <https://doi.org/10.1080/15376516.2021.1871794>

Bopp, S. K., Kienzler, A., Richarz, A. N., van der Linden, S. C., Paini, A., Parissis, N., & Worth, A. P. (2019). Regulatory assessment and risk management of chemical mixtures: challenges and ways forward. In *Critical Reviews in Toxicology* 49(2), 174–189. <https://doi.org/10.1080/10408444.2019.1579169>

Jamal, E., Dadang, & Sarwani, M. (2020). *Pestisida di Indonesia*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Kahl, V. F. S., Dhillon, V., Fenech, M., De Souza, M. R., Da Silva, F. N., ..., & Da Silva, J. (2018). Occupational exposure to pesticides in tobacco fields: The integrated evaluation of

nutritional intake and susceptibility on genomic and epigenetic instability. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7017423>

Kapeleka, J. A., Sauli, E., & Ndakidemi, P. A. (2021). Pesticide exposure and genotoxic effects as measured by DNA damage and human monitoring biomarkers. In *International Journal of Environmental Health Research* 31(7), 805–822. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1690132>

Kaur, K., & Kaur, R. (2018). Occupational Pesticide Exposure, Impaired DNA Repair, and Diseases. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 22, 74–81.

Kirici, M. (2022). Assessment of 8-hydroxy-2-deoxyguanosine activity, apoptosis, acetylcholinesterase and antioxidant enzyme activity in Capoeta umbla brain exposed to chlorpyrifos Oceanological and Hydrobiological Studies. *Journal Owner: Faculty of Oceanography and Geography*, 51(2). <https://doi.org/10.26881/oahs-2022.2.05>

Koureas, M., Tsezou, A., Tsakalof, A., Orfanidou, T., & Hadjichristodoulou, C. (2014). Increased levels of oxidative DNA damage in pesticide sprayers in Thessaly Region (Greece). Implications of pesticide exposure. *Science of the Total Environment*, 496, 358–364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.062>

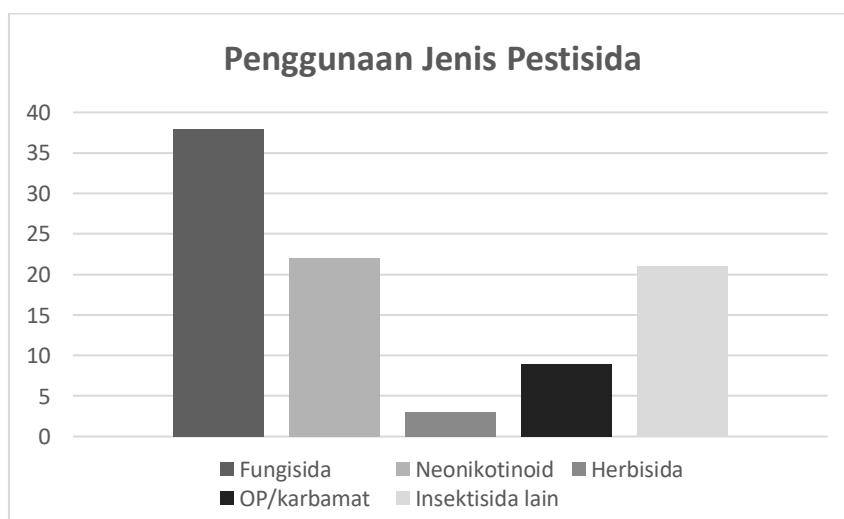
Ledda, C., Cannizzaro, E., Cinà, D., Filetti, V., Vitale, E., Paravizzini, G., Di Naso, C., Iavicoli, I., & Rapisarda, V. (2021). Oxidative stress and DNA damage in agricultural workers after exposure to pesticides. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00290-z>

Meliyanti, F., & Heryanto, E. (2020). Risiko dermatitis pada petani. *Lentera Perawat L P*. 1(2).

Tiam, S. K., Fauvelle, V., Morin, S., & Mazzella, N. (2016). Improving toxicity assessment of pesticide mixtures: The use of polar passive sampling devices extracts in microalgae toxicity tests. In *Frontiers in Microbiology* 7(9). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01388>

Uçar, A., Parlak, V., Alak, G., Atamanalp, M., & Şişecioğlu, M. (2020). Toxicity mechanisms of chlorpyrifos on tissues of rainbow trout and brown trout: Evaluation of oxidative stress responses and acetylcholinesterase enzymes activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(4), 2106–2117. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.119763>

Grafik



Grafik 1. Jenis pestisida yang dipergunakan oleh petani di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember.