

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Petani**

Petani merupakan kelompok pekerjaan dengan risiko tinggi terhadap paparan pestisida karena keterlibatan langsung dalam berbagai tahapan kegiatan pertanian, seperti pencampuran, pengaplikasian, dan penyemprotan pestisida. Pada proses tersebut, kontak langsung dengan bahan kimia sulit dihindari sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya paparan. World Health Organization (WHO) melaporkan bahwa setiap tahun terdapat sekitar 1–5 juta kasus keracunan pestisida pada petani, dengan angka kematian mencapai  $\pm 220.000$  jiwa, di mana sebagian besar terjadi di negara berkembang (Samsulaga et al., 2022).

Tingginya risiko paparan ini berkaitan dengan sifat pestisida sebagai senyawa kimia toksik yang dapat menimbulkan berbagai dampak kesehatan. Paparan pestisida pada petani dapat terjadi melalui inhalasi aerosol saat penyemprotan, absorpsi melalui kulit, maupun melalui saluran pencernaan akibat praktik higiene yang kurang baik. Paparan yang berlangsung secara berulang dan jangka panjang berpotensi menyebabkan akumulasi zat toksik dalam tubuh, termasuk pada ginjal sebagai organ utama ekskresi. Akumulasi tersebut dapat mengganggu proses filtrasi glomerulus sehingga menurunkan kemampuan ginjal dalam mengekskresikan zat sisa metabolisme, salah satunya kreatinin. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kadar kreatinin dalam darah yang mencerminkan adanya gangguan fungsi ginjal pada petani pengguna pestisida (Danial et al., 2025).

Paparan pestisida pada petani terjadi melalui beberapa jalur, antara lain inhalasi aerosol saat penyemprotan, absorpsi melalui kulit, serta masuknya zat kimia melalui saluran pencernaan akibat praktik higiene yang kurang baik. Paparan kronis terhadap pestisida berpotensi menyebabkan akumulasi zat toksik dalam tubuh, termasuk pada ginjal yang berfungsi sebagai organ utama dalam proses ekskresi. Akumulasi tersebut dapat mengganggu proses filtrasi glomerulus, sehingga menurunkan kemampuan ginjal dalam mengekskresikan kreatinin. Akibatnya, terjadi peningkatan kadar kreatinin dalam darah yang mencerminkan adanya penurunan fungsi ginjal pada petani yang terpapar pestisida dalam jangka panjang (Siriphan et al., 2023).

## **B. Pestisida**

### **1. Pengertian Pestisida**

Pestisida merupakan bahan kimia atau campuran senyawa yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman, seperti hama, penyakit, dan gulma, guna meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil pertanian. Penggunaan pestisida telah menjadi praktik umum dalam pertanian modern karena efektivitasnya dalam meningkatkan produktivitas. Namun, penggunaan yang tidak sesuai dengan prinsip keamanan dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Jamin et al., 2024).

Berdasarkan fungsi dan komposisi kimianya, pestisida diklasifikasikan menjadi beberapa golongan, antara lain organoklorin, organofosfat, dan karbamat. Beberapa golongan tersebut, khususnya organofosfat dan karbamat, diketahui

memiliki tingkat toksisitas tinggi dan sering dikaitkan dengan gangguan kesehatan akibat paparan jangka panjang pada petani (Alfiansyah, 2023).

- a. Pestisida organoklorin merupakan salah satu golongan pestisida yang tersusun atas senyawa kimia dengan kandungan klorin tinggi dan dikenal memiliki sifat persisten di lingkungan. Golongan pestisida ini bekerja dengan mengganggu sistem saraf organisme sasaran, terutama dengan memengaruhi transmisi impuls saraf, sehingga efektif dalam mengendalikan hama. Namun, karakteristik organoklorin yang sulit terurai menyebabkan senyawa ini dapat bertahan lama di tanah, air, dan jaringan makhluk hidup, serta mudah terakumulasi dalam rantai makanan. Paparan pestisida organoklorin pada manusia, termasuk petani, dapat terjadi melalui kontak kulit, inhalasi, maupun konsumsi bahan pangan yang terkontaminasi residu. Paparan jangka panjang diketahui berhubungan dengan berbagai dampak kesehatan, seperti gangguan sistem saraf, gangguan endokrin, kerusakan hati dan ginjal, serta peningkatan risiko kanker. Oleh karena itu, meskipun penggunaannya telah dibatasi di banyak negara, residu pestisida organoklorin masih menjadi perhatian serius dalam bidang kesehatan dan lingkungan akibat sifat toksik dan bioakumulatifnya (Achza et al., 2025)
- b. Pestisida organofosfat merupakan salah satu golongan pestisida yang paling banyak digunakan dalam sektor pertanian karena efektivitasnya yang tinggi dalam mengendalikan hama. Golongan ini bekerja dengan

cara menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase secara irreversibel, sehingga menyebabkan penumpukan asetilkolin pada sinaps saraf. Akibatnya, terjadi gangguan transmisi impuls saraf yang dapat menimbulkan efek toksik serius pada manusia, terutama pada sistem saraf pusat dan perifer. Paparan organofosfat secara kronis pada petani diketahui dapat menyebabkan gangguan neurologis, gangguan metabolisme, serta kerusakan organ vital akibat akumulasi senyawa toksik dalam tubuh (Awalia et al., 2023).

- c. Pestisida karbamat memiliki mekanisme kerja yang mirip dengan organofosfat, yaitu menghambat enzim asetilkolinesterase, namun bersifat reversibel. Meskipun efek toksiknya relatif lebih singkat dibandingkan organofosfat, paparan karbamat yang terjadi secara berulang dan jangka panjang tetap berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Pada manusia, khususnya petani, paparan kronis karbamat dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, gangguan pernapasan, serta perubahan fungsi organ akibat paparan berulang tanpa perlindungan yang memadai. Risiko tersebut meningkat pada petani yang sering melakukan pencampuran dan penyemprotan pestisida secara langsung (Awalia et al., 2023).
- d. Pestisida piretroid merupakan pestisida sintetis yang dikembangkan dari senyawa alami piretrin yang berasal dari tanaman *Chrysanthemum*. Golongan ini bekerja dengan memengaruhi saluran ion natrium pada membran sel saraf, sehingga menyebabkan gangguan impuls saraf pada

organisme sasaran. Dibandingkan dengan organofosfat dan karbamat, piretroid dianggap memiliki toksisitas akut yang lebih rendah terhadap manusia. Namun demikian, paparan piretroid secara kronis tetap dapat menimbulkan efek neurotoksik, iritasi kulit, gangguan pernapasan, serta potensi akumulasi dalam jaringan tubuh jika terpapar terus-menerus, terutama pada petani yang tidak menggunakan alat pelindung diri secara optimal (Awalia et al., 2023).

Menurut Inten et al., (2022), Pestisida dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga jalur paparan utama saat bekerja di lahan pertanian atau berada di lingkungan yang terpapar pestisida:

1. Inhalasi (pernapasan): Partikel aerosol atau uap pestisida yang terbentuk selama penyemprotan dapat dihirup dan masuk ke paru-paru, selanjutnya diserap ke dalam darah, lalu terdistribusi ke berbagai organ termasuk ginjal dan hati.
2. Dermal (kulit): Senyawa pestisida dapat diserap melalui kulit yang bersentuhan langsung dengan larutan pestisida, tanaman, atau tanah yang masih mengandung residu, terutama ketika tidak menggunakan alat pelindung diri (APD).
3. Ingesti (saluran cerna): Pestisida tertelan secara tidak sengaja melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi residu, atau dari tangan yang terpapar pestisida dan tidak dicuci sebelum makan.

## **2. Dampak kesehatan akibat paparan pestisida**

Paparan pestisida dalam aktivitas pertanian berpotensi menimbulkan berbagai dampak kesehatan, terutama apabila terjadi secara berulang dan tanpa perlindungan yang memadai. Kandungan zat toksik dalam pestisida dapat mengganggu fungsi berbagai organ tubuh, termasuk sistem saraf, hati, dan ginjal. Rendahnya kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD) serta keterbatasan pengetahuan mengenai prosedur kerja yang aman meningkatkan risiko terjadinya paparan langsung pada petani (Masyura et al., 2023).

Selain intensitas penggunaan, kebiasaan pribadi dan kondisi lingkungan kerja petani juga berperan penting dalam meningkatkan risiko paparan pestisida. Beberapa praktik yang masih sering dijumpai meliputi penyimpanan pestisida di dalam rumah atau area dapur, pembersihan alat semprot di sungai atau sumur terbuka, serta tidak segera mengganti pakaian kerja setelah penyemprotan. Kebiasaan tersebut memungkinkan residu pestisida menempel pada tubuh dan lingkungan sekitar sehingga meningkatkan paparan jangka panjang. Selain itu, perilaku makan, minum, atau merokok tanpa mencuci tangan setelah penyemprotan dapat menjadi jalur masuk pestisida ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan. Rendahnya tingkat pengetahuan dan kesadaran petani terhadap prosedur kerja yang aman turut meningkatkan risiko terjadinya keracunan pestisida (Ibrahim et al., 2025).

Ginjal sebagai organ utama ekskresi berperan penting dalam menyaring dan membuang zat sisa metabolisme serta senyawa toksik dari dalam tubuh. Paparan pestisida jangka panjang memungkinkan terjadinya akumulasi zat toksik di ginjal, yang dapat mengganggu proses filtrasi glomerulus. Gangguan tersebut menyebabkan penurunan kemampuan ginjal dalam mengekskresikan kreatinin, sehingga terjadi peningkatan kadar kreatinin dalam darah. Oleh karena itu, pemeriksaan kadar kreatinin pada petani pengguna pestisida dapat digunakan sebagai indikator awal untuk menilai adanya gangguan fungsi ginjal akibat paparan pestisida (Danial et al., 2025).

## **C. Kreatinin**

### **1. Pengertian Kreatinin**

Kreatinin merupakan produk sisa metabolisme otot yang terbentuk secara konstan dan selanjutnya masuk ke dalam sirkulasi darah untuk diekskresikan oleh ginjal. Ginjal berperan sebagai organ ekskresi utama yang menyaring kreatinin melalui proses filtrasi glomerulus dan membuangnya melalui urin. Pada kondisi fungsi ginjal normal, kadar kreatinin serum cenderung stabil. Penurunan kemampuan ginjal dalam melakukan filtrasi glomerulus akan menyebabkan akumulasi kreatinin di dalam darah, sehingga peningkatan kadar kreatinin serum digunakan sebagai indikator yang sensitif untuk menilai adanya gangguan fungsi ginjal (Yuniar et al., 2023).

### **2. Pemeriksaan Kadar Kreatinin**

Pemeriksaan kadar kreatinin serum dilakukan menggunakan automatic chemistry analyzer. Dalam studi yang dilakukan oleh Kesuma dkk. (2024), pemeriksaan kreatinin menggunakan Chemistry Analyzer Mindray BS240 dengan metode kolorimetri end-point, di mana reaksi antara kreatinin dan reagen menghasilkan perubahan warna yang diukur secara otomatis oleh alat untuk menentukan konsentrasi kreatinin serum. Pemeriksaan ini dilakukan pada sampel serum yang dihasilkan dari darah vena yang telah disentrifugasi, sehingga diperoleh hasil yang cepat, presisi, dan akurat.

Menurut Kafiari (2023), metode pemeriksaan kreatinin adalah sebagai berikut

1. Jaffe reaction

Metode Jaffe Reaction yang merupakan salah satu metode dimana pengujian kadar kreatininnya menggunakan asam pikrat yang berperan untuk mengikat kreatinin sehingga menciptakan warna kuning.

2. Kinetik

Pada pemeriksaan kreatinin dengan metode ini relatif sama hanya dalam proses pembacaan dibutuhkan sekali pembacaan yang tepat. Alat yang digunakan autoanalyzer.

3. Enzymatic colorimetric test

Pada pengukuran ini memiliki substrat sebagai dasar dari metode. Dengan menggunakan alat photometer, substrat yang terdapat pada sampel akan bereaksi dengan enzim dan membentuk suatu senyawa substrat. Enzim yang digunakan yaitu enzim kreatinase, Enzim ini akan mengkatalisis kreatinin menjadi kreatin, dengan penambahan multi enzim

serial (enzim creatininase, enzim kreatin kinase, piruvat kinase, dan lactate dehydrogenase) akan terjadi perubahan warna. Perubahan warna yang terbentuk berbanding lurus dengan kadar kreatinin yang kemudian diukur pada panjang gelombang 340 nm.

### **3. Faktor Risiko Peningkatan Kreatinin**

Kadar kreatinin dalam darah dapat meningkat akibat berbagai faktor risiko, baik yang bersifat intrinsik maupun ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi usia, jenis kelamin, dan massa otot, yang memengaruhi laju pembentukan dan ekskresi kreatinin. Faktor ekstrinsik terutama berkaitan dengan lingkungan kerja dan paparan zat toksik, termasuk pestisida, yang berpotensi menurunkan fungsi ginjal melalui akumulasi zat toksik di jaringan ginjal. Semakin bertambah usia dan semakin lama masa kerja petani yang disertai paparan pestisida berulang, risiko gangguan fungsi ginjal meningkat sehingga kadar kreatinin serum dapat menjadi lebih tinggi (Dini et al., 2020).

Menurut Yim et al., (2023) faktor-faktor penyebab kadar kreatinin Adalah:

#### **a. Masa Otot**

Kadar kreatinin serum sangat dipengaruhi oleh massa otot seseorang. Kreatinin terbentuk dari kreatin yang terdapat di jaringan otot dan dilepaskan secara konstan ke dalam darah. Semakin besar massa otot, semakin banyak kreatinin yang dihasilkan. Oleh karena itu, individu dengan massa otot tinggi, seperti pekerja fisik berat atau laki-laki dewasa muda, cenderung memiliki kadar kreatinin yang lebih tinggi, meskipun

fungsi ginjalnya normal. Hal ini menjadikan massa otot sebagai determinan utama variasi kadar kreatinin dalam populasi sehat.

b. Jenis Kelamin

Jenis kelamin juga memengaruhi kadar kreatinin, terutama karena perbedaan massa otot antara laki-laki dan perempuan. Laki-laki umumnya memiliki massa otot lebih besar, sehingga kadar kreatinin mereka lebih tinggi dibanding perempuan. Dalam model prediksi kreatinin serum, faktor jenis kelamin tetap berpengaruh positif terhadap kadar kreatinin meskipun sudah dikoreksi dengan massa otot dan usia. Oleh karena itu, perbedaan biologis ini harus diperhatikan saat menilai kadar kreatinin untuk mengevaluasi fungsi ginjal.

c. Usia

memengaruhi kadar kreatinin secara tidak langsung melalui penurunan massa otot seiring bertambahnya usia, fenomena yang dikenal dengan istilah *sarcopenia*. Penurunan massa otot lebih signifikan terjadi pada laki-laki, sehingga pada usia lanjut kadar kreatinin cenderung menurun meskipun fungsi ginjal tetap normal. Pada perempuan, perubahan kreatinin seiring bertambahnya usia relatif lebih stabil karena massa otot mereka lebih kecil dan tidak mengalami penurunan drastis. Hal ini menunjukkan bahwa interpretasi kreatinin harus memperhitungkan faktor usia.