

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Jumlah penduduk dunia pada tahun 2010 diperkirakan sebanyak 6.916.183.482 jiwa (United Nation, 2012). Tahun 2006-2007 jumlah pekerja di bidang pertanian mencapai 45% dari angkatan kerja dunia atau sekitar 1,3 miliar orang, bahkan di negara-negara berkembang pekerja bidang pertanian bisa mencapai 55% angkatan kerja (FAO, 2007). Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2010 sebanyak 233.477.400 jiwa, dari jumlah tersebut sebanyak 46,7 juta ($\pm 20\%$) adalah petani (BPS, 2010). Banyak wilayah kabupaten di Indonesia yang mengandalkan sektor pertanian sebagai sumber Pendapatan Asli Daerah. Didalam sektor pertanian termasuk di dalamnya subsektor tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan. Angkatan kerja yang termasuk petani adalah pekerja pada pertanian tanaman pangan (seperti padi, jagung, sagu) pemetik teh, kelapa, kopra, dan tanaman hortikultura. Petani tanaman pangan masih merupakan jumlah terbesar, sehingga kesehatan petani yang merupakan modal awal untuk bekerja harus dikelola dengan baik untuk produktivitas wilayah (Achmadi, 2005).

Salah satu permasalahan yang dikeluhkan petani adalah keberadaan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) tidak pernah tuntas untuk dikendalikan, akibatnya produksi pertanian tidak pernah sesuai dengan apa yang diharapkan. Dengan masih rendahnya produksi yang dihasilkan oleh petani maka tingkat pendapatannya menjadi rendah pula. Penyebab utama permasalahan OPT yang tidak pernah tuntas untuk dikendalikan sehingga menyebabkan masih rendahnya produksi pertanian adalah para petani dalam melakukan pengendalian OPT belum sepenuhnya menerapkan sistem Pengendalian Hama secara Terpadu (PHT). Salah satu komponen dalam PHT ini adalah penggunaan pestisida secara bijaksana atau tidak berlebihan, berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk mengendalikan berbagai hama (Djojsumarto, 2008). Tanggapan pertama petani terhadap pestisida yang kehilangan efektivitasnya adalah dengan meningkatkan dosis dan frekuensi aplikasi. Bila hal ini tidak berhasil mereka akan

menggunakan jenis pestisida yang lebih baru, lebih mahal yang diharapkan lebih manjur atau ampuh (Departemen Pertanian RI, 2011^a).

Dalam beberapa tahun terakhir penggunaan pestisida oleh petani cenderung meningkat karena dianggap paling efektif dalam mengendalikan OPT, sehingga memperbesar jumlah permintaan pestisida di tingkat petani. Meningkatnya permintaan dan pemakaian serta adanya deregulasi di bidang pestisida, menyebabkan pesatnya perkembangan industri dan peredaran pestisida di Indonesia (Departemen Pertanian RI, 2011^a). Penggunaan pestisida di Indonesia menunjukkan perusahaan multi nasional pestisida menguasai sekitar 64% dari total pasar sebesar 5,7 triliun rupiah. Segmen terbesar penggunaan pestisida masih pada tanaman padi (41%) dan tanaman perkebunan sawit (27%). Pasar pestisida paling besar masih diduduki dari kelompok herbisida (42,5%), insektisida (37,5%), fungisida (18%), dan lainnya sebesar 2% (BPS, 2012).

Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah terletak antara 110^o 40" - 110^o 70" bujur timur dan 7^o 28" - 7^o 46" lintang selatan, dengan ketinggian rata-rata 511 meter di atas permukaan laut serta beriklim tropis dengan temperatur 22– 31^oC. Kabupaten Karanganyar mempunyai luas 773,78 Km² dengan penduduk sebanyak 878.210 jiwa (234.480 KK), yang bekerja sebagai petani sendiri dan buruh tani sebanyak 203.097 jiwa (23,1%), sedangkan di wilayah Kecamatan Mojogedang jumlah penduduknya 66.029 jiwa (16.628 KK), yang bekerja sebagai petani sendiri dan buruh tani sebanyak 19.035 jiwa (28,9%) (BPS Kabupaten Karanganyar, 2010).

Hasil pantauan lapangan di lahan pertanian yang tersebar di Kabupaten Karanganyar menunjukkan penggunaan pestisida cenderung berlebihan. Para petani secara rutin menyemprot dengan frekuensi tiga sampai empat kali seminggu. Sisa semprotan pestisida tampak kelihatan menempel seperti bedak di permukaan daun tanaman, bahkan setelah panen pun masih ada yang disemprot lagi dengan pertimbangan supaya hasil panen tetap kelihatan segar.

Penggunaan pestisida yang tidak sesuai prosedur yang benar yaitu dengan meningkatkan dosis dan frekuensi atau menggunakan pestisida baru dengan potensi lebih besar memungkinkan residu pestisida tersebut dapat mencemari

lingkungan dan secara langsung dapat bersinggungan dengan manusia. Menurut UU RI nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pasal 20 ayat 1, penentuan pencemaran lingkungan hidup diukur melalui baku mutu lingkungan hidup. Ayat 2, baku mutu air merupakan salah satu yang dinilai dalam baku mutu lingkungan hidup. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 01 tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air. Sumber utama pencemar air yang berkaitan dengan kegiatan pertanian adalah penggunaan pestisida (termasuk herbisida dan fungisida) dan penggunaan pupuk kimia yang berlebihan.

Pestisida dan senyawa agrokimia lainnya terbawa angin atau air dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi zat beracun dalam air permukaan dan tanah. Pestisida yang tidak terurai dengan mudah atau hilang melalui penguapan atau adsorpsi dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan jangka panjang. Pestisida-pestisida dan metabolitnya juga dapat berpindah ke dalam sistem air tanah, yang kemudian mencemari sumber-sumber air minum. Keadaan ini sesuai dengan 14 azas ilmu lingkungan ke 13 yang menyatakan: lingkungan fisik yang stabil memungkinkan keanekaragaman biologi berlaku dalam ekosistem mantap, yang kemudian menggalakkan stabilitas populasi lebih jauh lagi (Setyono, 2008). Penggunaan pestisida yang tidak sesuai aturan dapat meningkatkan residu pestisida di daerah tersebut. Residu pestisida dapat mengganggu lingkungan fisik setempat yang memungkinkan terhambatnya keanekaragaman biologi, akibat selanjutnya dapat mengganggu stabilitas populasi yang salah satu contohnya mengakibatkan keracunan pada manusia. Masalah lainnya adalah terbentuknya resistensi dari hama pengganggu dari pestisida tertentu yang dapat menyebabkan siklus penggunaan dosis pestisida yang lebih tinggi lagi.

Persinggungan secara langsung manusia dengan pestisida atau hasil pertanian yang banyak mengandung pestisida akan membahayakan kesehatan manusia. Petani yang berada di Kabupaten Karanganyar juga mempunyai potensi

yang besar untuk terkena keracunan akibat penggunaan pestisida yang berlebihan dan cara penggunaan yang kurang tepat, karena sebagian besar petani mempunyai tingkat pendidikan yang masih rendah (kebanyakan penduduk yang berpendidikan tinggi enggan dan bahkan tidak mau menjadi petani) sehingga pemahaman tentang akibat bahaya keracunan pestisida masih begitu rendah. Jumlah penduduk Kabupaten Karanganyar yang mempunyai pendidikan SMA keatas sebanyak 161.830 jiwa dari total penduduk sebanyak 878.210 jiwa (18,42%), artinya sebagian besar (>80%) masih berpendidikan SMA ke bawah (BPS Kabupaten Karanganyar, 2010).

Akibat penggunaan pestisida yang tidak sesuai dengan prosedur yang benar akan mencemari lingkungan dan yang lebih penting bisa secara langsung mengganggu kesehatan petani akibat keracunan. Beberapa senyawa organofosfat dapat masuk tubuh lewat *oral*, *inhalasi* dan mudah diserap melalui kulit sehingga lebih mudah menimbulkan keracunan bagi para pekerja yang langsung kontak dengan bahan itu tanpa mengenakan pelindung seperti sarung tangan atau masker hidung. Penelitian yang dilakukan terhadap 165 pekerja yang menangani pestisida di Bahrain dengan tujuan untuk menilai tingkat pengetahuan, perilaku, dan praktek selama menggunakan pestisida menyimpulkan bahwa pekerja yang menangani pestisida tidak menyadari tingkat paparan pestisida, tidak membaca petunjuk penggunaan pestisida dengan baik, penggunaan alat pelindung diri masih rendah, dan perilaku negatif terhadap *higiene* dan sanitasi diri (Al-Haddad dan Al-Sayyad, 2013).

Pestisida golongan organofosfat (DDPV, diazinon, malation, paration) menimbulkan keracunan dengan cara menghambat enzim asetilkolinesterase sehingga terjadi penumpukan asetilkolin endogen pada ujung saraf kolinergik, baik pada sambungan saraf-otot maupun pada sambungan saraf-saraf. Gejala keracunan akut pestisida golongan organofosfat meliputi perangsangan reseptor kolinergik nikotinik dan muskarinik. Perangsangan reseptor muskarinik menyebabkan gejala antara lain hipersalivasi (pengeluaran liur yang berlebihan), hipermotilitas (gerakan yang berlebihan) saluran cerna, hipersekresi (pengeluaran yang berlebihan) kelenjar saluran nafas dan bronko-konstriksi (penyempitan

bronkus). Kelenjar keringat dipersarafi oleh saraf simpatis tetapi serabutnya bersifat kolinergik, karena itu pada keracunan organofosfat juga muncul gejala berkeringat secara berlebihan. Rangsangan reseptor nikotinik pada ganglion otonom akan menyebabkan timbulnya gejala pacuan kedua sistem saraf tersebut, meskipun akibat akhirnya akan didominasi oleh gejala stimulasi reseptor muskarinik. Perangsangan reseptor nikotinik pada sambungan saraf otot akan menyebabkan timbulnya gejala kekakuan otot, fasikulasi dan kelumpuhan otot-otot pernafasan, dengan akibat terjadi gangguan pernafasan dan kekurangan oksigen. Stimulasi reseptor nikotinik pada susunan saraf pusat akan menyebabkan gejala ketegangan mental, ansietas, tidak dapat diam, insomnia, labilitas emosi, neurosis dan konvulsi. Kematian pada keracunan ini disebabkan oleh kegagalan pernafasan, sebagai akibat dari kelumpuhan otot-otot pernafasan (Darmansjah dan Wiria, 2007; Lu, 1995).

Penelitian yang dilakukan di Mexico mengenai konsentrasi organofosfat dan karbamat pada sampel tanah permukaan (0-30 cm) dan tanah bawah permukaan (30-60 cm) di area tanaman bunga yang dihubungkan dengan penghambatan aktivitas kolinesterase *invitro* menyimpulkan, dari semua pestisida yang diuji hanya *achepate* dan *methomyl* yang menunjukkan hubungan yang signifikan ($p < 0,01$) (Meza *et al*, 2010). Penelitian lain yang dilakukan di Ghana pada 63 komunitas petani di Akumadan yang terpapar pestisida menunjukkan aktivitas kolinesterase darah secara signifikan lebih rendah yaitu sebesar $3,59 \pm 2,93 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{mL}$ darah, dibanding 58 petani di Tono sebagai kontrol yaitu sebesar $7,27 \pm 1,71 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{mL}$ darah (Ntow *et al*, 2009). Penelitian yang dilakukan di Berket El-Sebe Provinsi Menoufiya Mesir terhadap 52 laki pekerja berhubungan dengan pertanian kapas yang terpapar pestisida minimal selama 3 tahun dibandingkan dengan 50 laki-laki sebagai kontrol yang tidak terpapar pestisida menunjukkan tingkat rata-rata AChE serum sebagai indikator paparan pestisida organofosfat, secara signifikan lebih rendah pada pekerja yang terpapar pestisida ($87,34 \text{ U}/\text{mL}$) dibandingkan kontrol ($108,25 \text{ U}/\text{mL}$) ($p = 0,0001$) (Farahat *et al*, 2003). Data yang dikumpulkan WHO menunjukkan 500.000-1.000.000 orang pertahun mengalami keracunan pestisida, 500-1000 diantaranya

menderita kanker, cacat, kemandulan, dan gangguan pada hepar (Purwukir dan Joko, 2002).

Hasil pemeriksaan kolinesterase darah petani di Kabupaten Bekasi Jawa Barat adalah sebagai berikut, kategori keracunan berat sebanyak enam orang atau 3,0%, dengan kategori tingkat keracunan sedang sebanyak 32 orang atau 16,0%, dengan kategori tingkat keracunan ringan sebanyak 63 orang atau 31,50% dan dengan kategori normal sebanyak 99 orang atau 49,50% (Dinkes Kab. Bekasi, 2009). Sedangkan penelitian yang dilakukan di Kecamatan Pakis Kabupaten Magelang ditemukan konsentrasi rendah kadar kolinesterase (<3600 UR) ditemukan pada 3,8% dari sampel wanita usia subur di daerah gondok endemik yang mengkonsumsi sayuran yang tercemar pestisida (Sukati *et al*, 2006)

Penelitian mengenai potensi racun pestisida penghambat kolinesterase pada manusia telah banyak dilakukan dan ada indikasi bahwa pestisida memiliki juga efek merugikan pada respons imun, namun berbagai informasi tentang pengaruh kimia ini pada sistem kekebalan tubuh manusia masih sangat terbatas. Paparan pestisida pada manusia bisa berasal dari lingkungan yang tercemar, yang relatif tidak begitu diperhatikan karena tidak secara langsung berhubungan dengan manusia dibanding yang langsung terpapar misalnya pekerja di pabrik pestisida, distributor, maupun para petani pengguna pestisida (Sharme, 2006). Ada kekhawatiran yang meningkat mengenai keamanan dan risiko terhadap sistem kekebalan tubuh akibat paparan senyawa kimia, sistem kekebalan tubuh dianggap rentan terhadap efek racun, namun data pendukung anggapan ini masih terbatas (Hollisaple *et al*, 2004).

Pestisida organofosfat mencemari lingkungan kemudian masuk ke tubuh manusia dan mempengaruhi sistem kekebalan tubuh. Efek imunotoksik organofosfat dapat mengakibatkan imunitas menurun (imunosupresi), sedangkan overaktifitasnya dapat menyebabkan hipersensitifitas (alergi, autoimun). Semua pestisida organofosfat mempunyai aktifitas antikolinesterase (AChE), fosforilasi AChE menyebabkan akumulasi asetilkolin (ACh), menimbulkan rangsangan berlebihan pada reseptor kolinergik, dan menimbulkan gejala klinik akibat neurotoksisitas. Efek langsung dari beberapa pestisida organofosfat pada reseptor

kolinergik dapat mengubah peristiwa yang mengikuti fosforilasi AChE dan dengan demikian mengubah mekanisme pada umumnya. Sel sistem imun, terutama limfosit mengekspresikan komponen kolinergik pada sistem saraf, sehingga pestisida organofosfat dapat memberikan efek toksik pada sistem ini. Pestisida juga dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh melalui Sistem Saraf Pusat (SSP). Sel-sel pada sistem neuroendokrin dapat menjadi sasaran utama efek toksik pestisida, disamping itu pestisida juga dapat mempengaruhi hormon dan neurotransmitter sebagai penyebab aktivitas imunomodulasi (Tarkowski *et al*, 2004).

Kesimpulan suatu penelitian di Belanda mengenai efek kekebalan tubuh terhadap 41 pekerja yang terpapar *ethylenebisdithiocarbamates* dibanding 40 kontrol yang tidak terpapar menunjukkan efek penurunan kekebalan tubuh yang tidak signifikan. Hasil ini kemungkinan disebabkan oleh tingkat paparan dan toksisitas *ethylenebisdithiocarbamates* yang rendah (Amelsvoot *et al*, 2008). Penelitian lain yang dilakukan di daerah Aberdeen, North Caroline pada 302 sampel darah penduduk yang hidup di dekat daerah pembuangan pestisida organoklorin menunjukkan secara statistik lebih rendah aktivitas *lymphoproliferative* dibanding yang lebih jauh dari pembuangan (Vine *et al*, 2000).

Suatu studi populasi dilakukan terhadap 248 orang yang pekerjaannya berhubungan dengan paparan pestisida dalam jangka panjang dan 231 orang yang pekerjaannya tidak berhubungan dengan pestisida di empat negara yaitu Belanda, Itali, Finlandia, dan Bulgaria. Paparan pestisida ditunjukkan dengan mengukur ekskresi dari *ethylenethiourea* (ETU) yang merupakan metabolit dari *ethylenebisdithiocarbamates*, hasilnya menunjukkan lebih tinggi secara signifikan pada penduduk yang terpapar dibanding kontrol ($2,7 \pm 8,1 \text{ mg/g}$ dibanding $0,5 \pm 3,7 \text{ mg/g}$ kreatinin). Selain itu disimpulkan pula secara statistik terdapat perbedaan signifikan walaupun sangat rendah pada komplemen C3 dan C4, serta IgG4 yang meningkat dan IgA yang menurun pada kelompok paparan pestisida (Steerenberg *et al*, 2008).

Menurut Corsini *et al* (2008), dalam studi epidemiologi di daerah barat terdapat kecenderungan peningkatan prevalensi penyakit yang berhubungan dengan respons imun seperti asma, penyakit autoimun, dan kanker. Kecenderungan ini berhubungan dengan paparan bahan kimia termasuk pestisida. Percobaan pada tikus Wistar menunjukkan bahwa keracunan subakut dengan antikolinesterase Zarin dan agen VX (suntikan subkutan setiap hari dalam 1/7 LD50 selama enam hari) menyebabkan penekanan reaksi imun seluler dan humoral dan penurunan konsentrasi darah sitokin (IL-2, IL-4, dan IFN- γ) dengan pengurangan IFN- γ /IL-4 dan IL-2/IL-4 rasio, yang membuktikan penurunan lebih jelas dalam fungsi limfosit Th1 dibandingkan dengan sel Th2 (Zabrodsky *et al*, 2007). Percobaan lain pada tikus menunjukkan bahwa pemberian *cholinesterase reactivator carboxim* dalam dosis tunggal 10 mg/kg secara signifikan mengurangi inaktivasi *acetylcholinesterase* di T-limfosit yang disebabkan oleh keracunan akut dengan senyawa organofosfat (sarin, metaphos) pada dosis 1,0 LD50. Pemberian obat mengarah ke pemulihan sebagian atau hampir lengkap respons imun humoral dan seluler. Carboxim tidak mempengaruhi respons T-independen kekebalan humoral berkurang akibat penekanan fungsi sel-B (*plasmocyte*) oleh senyawa organofosfat (Zabrodsky *et al*, 2011).

Selain hal di atas respons imun juga dipengaruhi oleh adanya stres. Stres adalah reaksi non spesifik dari tubuh terhadap setiap rangsangan dalam bentuk apapun. Perangsang atau stresor yang menimbulkan stres dapat berbeda-beda yang menghasilkan beberapa bentuk stres, yakni: stres fisik (kecelakaan, luka berat atau perdarahan, pembedahan dan lain lain), stres psikis berupa emosi negatif seperti rasa marah, jengkel, dendam dan kebencian, kecemasan, depresi dan lain-lain), stres akibat infeksi atau zat kimia (obat-obatan, zat racun, bahan kimia dan lain-lain) (Tjay dan Rahardja, 2003).

Stresor ditangkap sel PVN (*Paraventricular Nucleus*) dan sel di *locus cereleus noradrenergic center* di *hypothalamus*, kedua sel tersebut mengalami stress tahap satu atau teraktivasi sehingga mensekresi CRH (*Corticotropin Releasing Hormone*) dan AVP (*Arginine Vasopresin*). Kedua molekul tersebut akan mengirim sinyal di *pituitary* sehingga mensekresi POMC (*Pituitary*

Proopiomelanocortin) terutama ACTH, sel di *pituitary* mengalami stress tahap satu atau teraktivasi. Kemudian ACTH ditangkap oleh sel di korteks kelenjar adrenal untuk mengeluarkan kortisol dan sel di medula kelenjar adrenal untuk mengeluarkan epinefrin-norepinefrin. Kedua sel baik di kortek maupun medula kelenjar adrenal mengalami stress tahap satu (teraktivasi). Selama stress akan terjadi peningkatan CRH dan ACTH sehingga mengakibatkan peningkatan kortisol secara cepat. Karena semua leukosit termasuk limfosit mempunyai reseptor untuk kortisol, maka kortisol dapat memodulasi respons imun. Kadar kortisol yang tinggi merupakan immunosupresor (Padgett dan Glaser, 2003). Menurut Tjay dan Rahardja (2003), kortisol berlebihan selama waktu yang lama dapat mengacaukan regulasi sistem imun, misalnya ratio jumlah sel T-helper dan T-supresor bisa diubah yang dapat mencetuskan suatu penyakit autoimun.

B. Rumusan Masalah

Dari hal-hal di atas dapat dipaparkan bahwa di Indonesia penggunaan pestisida oleh petani masih jauh dari aturan yang ditetapkan, termasuk petani di wilayah Kabupaten Karanganyar, hal ini sangat memungkinkan terjadinya keracunan pada petani akibat hambatan aktivitas enzim kolinesterase. Disisi lain akibat dari pestisida juga dapat mempengaruhi respons imun berupa penurunan kekebalan tubuh, tetapi data yang ada masih sebagian besar dari penelitian binatang percobaan. Selain itu belum pernah dilakukan penelitian mengenai hubungan aktivitas kolinesterase dengan respons imun pada manusia, juga hubungan stress terhadap respons imun akibat paparan pestisida, sehingga perlu dimunculkan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan aktivitas kolinesterase petani?
2. Bagaimana hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan kadar kortisol petani?
3. Bagaimana hubungan antara aktivitas kolinesterase dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani?

4. Bagaimana hubungan antara kadar kortisol dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani?
5. Bagaimana hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kuatnya hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan aktivitas kolinesterase petani.
2. Menganalisis kuatnya hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan kadar kortisol petani.
3. Menganalisis kuatnya hubungan antara aktivitas kolinesterase dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani.
4. Menganalisis kuatnya hubungan antara kadar kortisol dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani.
5. Menganalisis kuatnya hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi berbagai pihak antara lain:

1. Ilmu pengetahuan

Diharapkan dari penelitian ini dapat menambah pengembangan ilmu pengetahuan tentang kesehatan lingkungan terutama mengenai dampak pestisida terhadap respons imun petani.

2. Dinas Kesehatan dan Pertanian Kabupaten Karanganyar

Diharapkan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan kebijakan penggunaan pestisida bagi dinas pertanian dan bagi dinas kesehatan dapat sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan pelayanan kesehatan kepada masyarakat yang menerima dampak dari penggunaan pestisida.

3. Masyarakat

Diharapkan dapat menambah pengetahuan terutama resiko kesehatan bagi petani yang berhubungan langsung dengan penggunaan pestisida, sehingga petani dapat menggunakan pestisida dengan tepat dan aman.

E. Keaslian dan Kebaruan Penelitian

Keaslian Penelitian

Sepanjang penelusuran pustaka, penelitian yang pernah dilakukan yang menyangkut pengaruh paparan pestisida terhadap aktivitas enzim kolinesterase dan respons imun adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan Meza *et al* (2010), mengenai penghambatan aktivitas kolinesterase secara invitro menggunakan sampel tanah yang terpapar pestisida menunjukkan bahwa *achepate* dan *methomyl* menunjukkan hubungan yang signifikan ($p < 0,01$) terhadap penghambatan aktivitas kolinesterase pada sampel tanah permukaan (0-30 cm) dan tanah bawah permukaan (30-60 cm). Persamaan dengan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan Meza *et al* (2010) adalah memeriksa penghambatan aktivitas kolinesterase, sedangkan perbedaannya adalah penelitian yang dilakukan memeriksa aktivitas kolinesterase pada petani (*invivo*), tetapi penelitian Meza *et al* (2010) dilakukan secara *invitro*. Selain itu penelitian yang dilakukan menggunakan sampel petani yang diambil darahnya, sedangkan Meza *et al* (2010) menggunakan sampel tanah.
2. Penelitian yang dilakukan Ntow *et al* (2009) tentang aktivitas kolinesterase darah pada komunitas petani yang terpapar pestisida menunjukkan petani di Akumadan, Ghana yang terpapar pestisida mempunyai aktivitas kolinesterase darah secara signifikan lebih rendah dibanding petani di Tono sebagai kontrol. Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa aktivitas kolinesterase darah petani yang terpapar pestisida. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan adalah selain aktivitas kolinesterase, juga dilakukan pemeriksaan tingkat kecemasan, kadar kortisol, dan respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ).

3. Penelitian yang dilakukan Amelsvoot *et al* (2008) mengenai efek kekebalan dan paparan pestisida *ethylenedisithiocarbamates* pada pekerja pertanian dibanding kontrol di Belanda menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap CD3 (total T cell), CD4 (T helper/inducer), dan CD8 (T suppressor/cytotoxic) pekerja yang terpapar *ethylenedisithiocarbamates* dibanding kontrol yang tidak terpapar, walaupun terjadi penurunan CD4 pada kelompok terpapar. Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa respons imun pada pekerja yang terpapar pestisida. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan memeriksa respons imun pada tingkat molekuler (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), sedangkan penelitian ini memeriksa CD3, CD4, dan CD 8. Selain itu penelitian yang dilakukan memeriksa tingkat kecemasan dan kortisol, sedangkan penelitian ini tidak dilakukan.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Vine *et al* (2000) mengenai pengaruh terhadap sistem imun pada penduduk yang bertempat tinggal di daerah pembuangan pestisida menunjukkan sampel darah penduduk yang hidup di dekat daerah pembuangan pestisida organoklorin secara statistik lebih rendah aktivitas *lymphoproliferative* dibanding yang lebih jauh dari pembuangan. Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa respons imun yang dihubungkan dengan paparan pestisida. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan memeriksa pestisida golongan organofosfat, sedangkan penelitian ini pestisida golongan organoklorin. Selain itu respons imun yang diperiksa pada tingkat molekuler (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), sedangkan penelitian ini memeriksa pada sistem limfe.
5. Penelitian yang dilakukan Dinas Kesehatan Kabupaten Bekasi-Seksi Penyehatan Lingkungan (2009) terhadap aktivitas kolinesterase darah petani di Kabupaten Bekasi Jawa Barat menunjukkan terjadi keracunan berat enam orang (3,0%), keracunan sedang sebanyak 32 orang (16,0%), keracunan ringan 63 orang (31,50%), dan normal 99 orang atau (49,50%). Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa aktivitas kolinesterase darah petani. Perbedaannya, penelitian yang dilakukan selain aktivitas kolinesterase

diperiksa juga tingkat kecemasan, kadar kortisol, dan respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), sedangkan penelitian ini hanya memeriksa aktivitas kolinesterase.

6. Penelitian yang dilakukan Aly dan El-Gendy (2000) mengenai pengaruh *dimethoate* pada sistem imun tikus jantan menunjukkan *dimethoate* menurunkan berat *lymphata*, menurunkan sel limfosit bentuk *rossete* pada *lymphata*, juga menurunkan serum total Ig dan Igm. Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa respons imun. Perbedaannya penelitian yang dilakukan pada petani, sedangkan penelitian ini pada tikus. Selain itu penelitian yang dilakukan memeriksa respons imun pada tingkat molekuler (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), sedangkan penelitian ini memeriksa berat *lymphata*, sel limfosit, serum total Ig dan Igm.

7. Penelitian yang dilakukan oleh Zabrodsky *et al* (2007) mengenai paparan antikolinesterase pada tikus wistar menunjukkan keracunan subakut antikolinesterase Zarin dan agen VX menyebabkan penekanan reaksi imun seluler dan humoral dan penurunan konsentrasi darah sitokin (IL-2, IL-4, dan IFN- γ) dengan pengurangan IFN- γ /IL-4 dan IL-2/IL-4 rasio, yang membuktikan penurunan lebih jelas dalam fungsi limfosit Th1 dibandingkan dengan sel Th2.

Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ) pada sampel yang terpapar pestisida. Perbedaannya adalah penelitian yang dilakukan pada petani, sedangkan penelitian oleh Zabrodsky *et al* (2007) dilakukan pada tikus. Selain aktivitas kolinesterase, penelitian yang dilakukan juga memeriksa tingkat kecemasan, kadar kortisol, sedangkan penelitian oleh Zabrodsky *et al* (2007) tidak dilakukan.

8. Penelitian yang dilakukan oleh Zabrodsky *et al* (2011) terhadap tikus yang diberi *cholinesterase reactivator carboxim* menunjukkan bahwa pemberian dalam dosis tunggal 10 mg/kg secara signifikan mengurangi inaktivasi *acetylcholinesterase* di T-limfosit yang disebabkan oleh keracunan akut dengan senyawa organofosfat (sarin, metaphos). Persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah memeriksa aktivitas kolinesterase. Perbedaannya adalah penelitian yang dilakukan pada serum darah petani, sedangkan penelitian oleh

Zabrodsky *et al* (2011) pada T-limfosit tikus. Selain memeriksa aktivitas kolinesterase dilakukan juga pemeriksaan respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), tingkat kecemasan, dan kadar kortisol.

Kebaruan Penelitian

Kebaruan dari penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Penelitian untuk menganalisis hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan kadar kortisol petani yang selama ini belum pernah dilakukan penelitian. Penelitian ini penting dilakukan karena residu pestisida dalam kegiatan pertanian dapat masuk tubuh manusia dan diperkirakan dapat menaikkan kadar kortisol dalam darah, selanjutnya kadar kortisol yang tinggi dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada hubungan signifikan ($p=0,591$) antara residu pestisida organofosfat profenofos dan kadar kortisol petani di Kabupaten Karanganyar.
2. Penelitian untuk menganalisis hubungan aktivitas kolinesterase dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani yang selama ini belum pernah dilakukan. Penelitian yang sudah ada kebanyakan dilakukan pada binatang percobaan. Hasil penelitian ini menyimpulkan terdapat hubungan yang signifikan dan positif antara aktivitas kolinesterase dan respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ), penurunan aktivitas kolinesterase akan menurunkan pula respons imun petani di Kabupaten Karanganyar.
3. Penelitian untuk menganalisis hubungan antara kadar kortisol dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani yang selama ini belum pernah dilakukan. Penelitian ini penting dilakukan karena kadar kortisol petani dapat dipengaruhi oleh stres dari bahan kimia termasuk pestisida. Kadar kortisol yang tinggi dapat mempengaruhi tingkat kesehatan petani yang terpapar pestisida melalui penurunan respons imun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kortisol tidak mempunyai hubungan secara signifikan ($p=0,386$, $p=0,592$, dan $p=0,884$) dan respons imun (IL-2, IL-4, dan IFN- γ) petani di Kabupaten Karanganyar.
4. Penelitian untuk menganalisis hubungan antara residu pestisida dalam tanah dan respons imun (IL-2, IL-4, IFN- γ) petani selama ini belum pernah dilakukan. Penelitian yang dilakukan pada umumnya pengaruh pestisida

terhadap aktivitas kolinesterase darah petani. Penelitian ini penting dilakukan untuk membuktikan adanya residu pestisida dalam tanah yang mengindikasikan penggunaan pestisida yang tidak sesuai aturan dapat menimbulkan paparan kepada petani. Paparan yang terus menerus dapat mempengaruhi kesehatan petani melalui penurunan respons imun. Hasil penelitian ini menunjukkan hubungan yang signifikan ($p=0,016$ dan $p=0,023$) antara residu pestisida organofosfat profenofos dan respons imun (IL-2 dan IL-4), peningkatan residu pestisida organofosfat profenofos akan menurunkan respons imun (IL-2 dan IL-4) petani. Tetapi tidak ada hubungan yang signifikan ($p=0,080$) antara residu pestisida organofosfat profenofos dan respons imun (IFN- γ) petani di Kabupaten Karanganyar.