

**IDENTIFIKASI DAN DISTRIBUSI PENCEMAR PESTISIDA
ORGANOKLORIN PADA UDARA AMBIEN DI DAERAH
PERTANIAN HULU SUNGAI CITARUM**

***IDENTIFICATION AND DISTRIBUTION OF ORGANOCHLORINE
POLLUTANT IN THE AMBIENT AIR OF AGRICULTURAL AREA
OF CITARUM RIVER UPSTREAM***

^{1*}Rahardrian Prananditya, dan ²Katharina Oginawati

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha 10 Bandung 40132

^{*1}r_drian@yahoo.com, dan ²ogi@elga.net

Abstrak: Pestisida merupakan salah satu pencemar yang berasal dari kegiatan pertanian. Salah satu golongan pestisida yang sering digunakan adalah pestisida organoklorin. Beberapa pestisida organoklorin termasuk dalam kelompok persistent organic pollutants (POP's) yang merupakan jenis pencemar yang dipermasalahkan di seluruh dunia akibat sifatnya yang kronis, persisten dan bioakumulatif. Meskipun penggunaan pestisida ini sudah dilarang di Indonesia, namun masih banyak petani yang menggunakannya, termasuk di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum, Jawa Barat. Penelitian/pengambilan data terutama akan difokuskan pada wilayah perkebunan, dikarenakan di wilayah perkebunan kuantitas pemakaian pestisida paling banyak digunakan, mengingat komoditas tanaman perkebunan yang ada di wilayah ini sangat rentan terkena hama. Pengambilan sampling dilakukan berdasarkan metode penentuan pestisida di udara ambien, menggunakan High Volume Sampler dan dianalisis dengan metode Gas Kromatografi (EPA Methods T04). Parameter organoklorin yang diukur yaitu Lindan, Heptaklor, Aldrin, Endosulfan, DDT, Dieldrin, dan Endrin. Penentuan lokasi titik sampling ditentukan berdasarkan 3 kriteria: dekat dengan sumber, jarak 50 meter dari sumber, dan jarak 100 meter dari sumber. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi organoklorin terdeteksi pada kisaran 0 – 0,119 mg/m³ std untuk fase partikulat dan 0 – 0,183 mg/m³ std untuk fase gas, dengan 1 parameter Endrin melebihi baku mutu. Penyebaran organoklorin dianalisis dan dibuat peta penyebaran/pemodelan spray dengan metode dispersi atmosfer berbasis Sistem Informasi Geografis. Penyebaran organoklorin di udara dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologis seperti angin, temperatur, tekanan, kelembapan, serta faktor ukuran partikel pestisida yang disemprotkan

Kata kunci: DAS Citarum, high volume sampler, organoklorin.

Abstract : Pesticides are one of the pollutants that come from agricultural activities. One of them that commonly used is organochlorine pesticide. Some organochlorine pesticides belong to persistent organic pollutants (POP's) which is a type of pollutant at issue all over the world due to its chronic, persistent and bioaccumulative character. Although the use of this pesticide has been already banned in Indonesia, there are still farmers who use this pesticide especially in the headwaters of Citarum watershed, West Java. Research / data sampling will primarily be focused on the plantation areas because the large use of pesticides in these areas due to highly-vulnerable commodity. Sampling method is refers to Determination of Pesticide in Ambient Air using High Volume Sampler and analyzed with Gas Chromatographic method (EPA Methods T04). Parameters measured are Lindan, Heptaklor, Aldrin, Endosulfan, DDT, Dieldrin, and Endrin. Determining the location of the sampling point is determined by three criteria: close to the source, a distance of 50 meters from the source, and the distance of 100 meters from the source. The measurement results showed concentrations of organochlorines were detected in the range of 0 to 0.119 mg/m³ std for particulate phase and 0 to 0.183 mg/m³ std for the gas phase, with 1 parameter Endrin exceeds quality standards. Organochlorines spreading was analyzed and converted into spray modeling with the method of atmospheric dispersion based on Geographic Information System. Spreading of organochlorines on air

is affected by meteorological factors such as windspeed and direction, temperature, pressure, humidity, and also particle size of spray drift.

Key words: ambient, DAS Citarum, high volume sampler, organochlorine.

PENDAHULUAN

Pestisida dapat diartikan sebagai campuran bahan kimia yang digunakan untuk mencegah, membasmi hewan/tumbuhan pengganggu dengan tujuan kesejahteraan manusia (Soemirat, 2004). Dari berbagai jenis pestisida ada jenis-jenis pestisida yang penggunaannya dilarang karena sifatnya yang toksik dan persisten. Pestisidamerupakan salahsatu pencemar yang berasal dari kegiatan pertanian. Dari berbagai jenis pestisida ada jenis-jenis pestisida yang penggunaannya dilarang karena sifatnya yang toksik dan persisten. Salah satu jenis pestisida tersebut adalah pestisida organoklorin. Beberapa pestisida organoklorin termasuk dalam kelompok persistent organic pollutants (POP's) yang merupakan jenis pencemar yang dipermasalahakan di seluruh dunia akibat sifatnya yang kronis, persisten dan bioakumulatif. Pestisida organoklorin seperti DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Hexachloro benzene, Mirex, Toxaphene, Heptaklor merupakan pestisida yang persisten (Suprihanto, 2005).

Penggunaan pestisida organoklorin ini menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan udara, tanah, dan air. Interaksi pestisida organoklorin di udara terjadi melalui proses penguapan oleh foto-dekomposisi sinar matahari terhadap badan air dan tumbuhan. Selain itu masuknya pestisida ini di udara disebabkan oleh *drift* yaitu proses penyebaran pestisida ke udara melalui penyemprotan oleh petani yang terbawa angin. Akumulasi pestisida yang terlalu berat di udara pada akhirnya akan menambah parah pencemaran udara dan dapat menimbulkan bahaya kesehatan pada petani maupun orang-orang di sekitar wilayah tersebut apabila terkena paparan pestisida melalui udara.

Pada umumnya organoklorin digunakan secara disemprot. Setelah penyemprotan, organoklorin dapat berada di lingkungan udara dan tanah (Oginawati dalam Soemirat, 2004). Berdasarkan fenotipe dan kerapatan jenis tanaman, diperkirakan bahwa rata-rata 35-50% dari pestisida diendapkan pada tanah segera setelah penyemprotan melalui penggunaan langsung. Sedangkan proses pelindian akibat hujan atau pengendapan dapat menyebabkan pestisida organoklorin masuk ke dalam lingkungan air (Jayashree et al, 2004).

Sungai Citarum sebagai salah satu DAS yang terdapat di Propinsi Jawa Barat sering kali menerima limpasan air dari aktivitas manusia salah satunya adalah aktivitas pertanian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa organoklorin masih terdeteksi di air dan sedimen Sungai Citarum, antara lain :

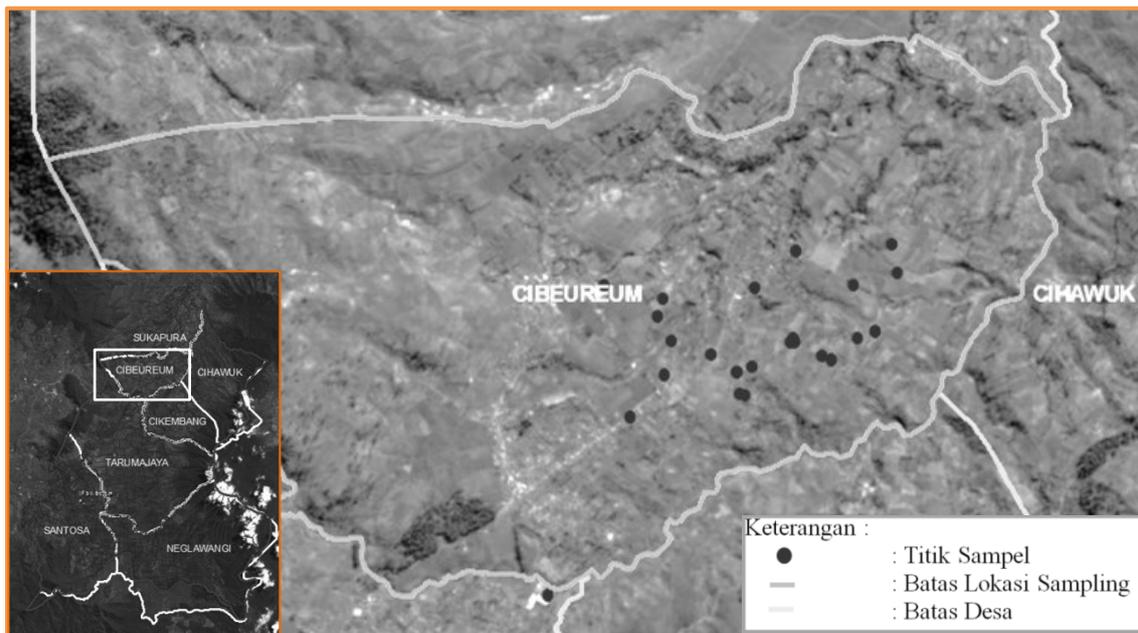
- Bahan aktif yang telah dilarang namun masih digunakan di DAS Citarum adalah aldicarb, alfa-sipermetrin, diazinon, dikofol, endosulfan, karbaril, kartap hidroklorida, klorotalonil, klorpirifos, mankozeb, permetrin, dan sipermetrin (Rochmanti dan Oginawati, 2009).
- Senyawa organoklorin seperti aldrin, dieldrin, DDT, endrin, endosulfan, dan heptaklor terdeteksi terkandung pada tanah pertanian palawija di Kecamatan Kertasari sub DAS Citarum hulu (Yunike dan Oginawati, 2009).
- Residu pestisida organoklorin terdeteksi di wortel dan kentang pada pertanian Citarum termasuk dieldrin, heptaklor, lindan, endrin, dan aldrin (Kirana dan Oginawati, 2010).
- Residu organoklorin yang terdeteksi pada air, sedimen, ikan dan hati adalah lindan, aldrin, heptaklor, dieldrin, DDT, dan endosulfan (Wibowo dan Oginawati, 2010).
- Terdeteksi residu aldrin, dieldrin dan heptaklor dalam 18 titik air tanah dengan jumlah yang melebihi baku mutu (Adhiraga dan Oginawati, 2009).
- Penggunaan DDT masih dilakukan di DAS Citarum Hulu sampai hari ini (Oginawati, *et al* 2009). Ini menunjukkan penggunaan organoklorin masih cukup banyak dilakukan di wilayah pertanian di Jawa Barat.

Sampai saat ini, data mengenai identifikasi distribusi pestisida organoklorin yang terkait dengan POP's khususnya melalui udara belum banyak dilakukan di Jawa Barat. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan khususnya di daerah pertanian DAS Citarum.

METODOLOGI

Gambaran Lokasi Penelitian

Sungai Citarum merupakan sungai terpanjang di Jawa Barat melintasi 9 wilayah kabupaten dan kota sepanjang 225 KM berhulu di Bandung selatan yang berlokasi di Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung, Jawa Barat, dengan luas 15.112, 207 Hektar (Ha). Kertasari memiliki wilayah yang cukup luas, yaitu mencakup 7 desa antara lain, desa Cibeureum, Desa Sukapura, Tarumajaya, Cihawuk, Cikembang, Santosa dan Neglawangi. Seluruh desa tersebut memiliki lahan pertanian dan perkebunan yang cukup luas. Desa Cibeureum menjadi salah satu daerah dengan wilayah perkebunan yang sangat luas. Selain itu, di wilayah ini frekuensi penyemprotan pestisida relatif lebih tinggi dibandingkan daerah lain di Kecamatan Kertasari. Hal ini disebabkan komoditas perkebunan lebih memerlukan penyemprotan pestisida dibandingkan dengan pertanian, mengingat komoditas tanaman perkebunan lebih rentan terkena hama dibanding tanaman pertanian. Oleh sebab itu, wilayah ini dipilih menjadi lokasi pengambilan data / *sampling*.



Gambar 1. Gambaran lokasi penelitian dan titik sampling.
(sumber : Bakosurtanal)

Identifikasi Penggunaan Organoklorin

Identifikasi penggunaan insektisida organoklorin, dilakukan dengan cara observasi langsung di lapangan, wawancara terhadap petani dan masyarakat sekitar. Dalam penelitian ini, responden yang akan ditinjau adalah petani-petani yang bekerja di perkebunan. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel pestisida yang digunakan. Dari data tersebut, dikelompokkan jenis-jenis senyawa organoklorin yang terkandung di dalam alat semprot pestisida yang dipakai oleh petani setempat.

Pengukuran kualitas udara

Pengukuran kualitas udara untuk mendapatkan sampel udara yang mengandung organoklorin. Metoda sampling menggunakan referensi dari *EPA Methods T04 (Determination*

of Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Ambient Air Using High Volume Polyurethane Foam (PUF) Sampling Followed by Gas Chromatographic/Multi-Detector Detection (GC/MD)).

Pengambilan sampel dilakukan secara aktif menggunakan alat ukur *High Volume Sampler (HVS) SIBATA HVC – 1000N + flowmeter*, dengan laju aliran sekitar 0,225 m³/min std (EPA method T04). Oleh karena pestisida yang akan diukur bersifat semi volatil, maka pengukuran dilakukan dengan menggunakan gabungan filter dan adsorben, dengan spesifikasi :

- Filter yang digunakan adalah *Quartz fiber filter* 102-millimeter merk Whatman Type QMA-4 untuk pengambilan sampel organoklorin fase partikular.
- Adsorben yang digunakan adalah *Polyuretan Foam (PUF) plug*, dalam bentuk silinder berdiameter 3-inch (densitas 0,022 g/cm³) untuk pengukuran gas.

Sedangkan penentuan titik sampel meliputi:

- Jumlah titik sampel : 30 titik sampel
- Penentuan titik sampel :
 - a. Pengukuran pada titik yang dekat dengan sumber
 - b. Pengukuran pada range 50 meter dari sumber
 - c. Pengukuran pada range 100 meter dari sumber
- Lama pengukuran bergantung pada lama penyemprotan berlangsung (antara ±0,5 - 2 jam)
- Pengukuran faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhi yaitu : temperatur, arah & kecepatan angin, kelembapan, tekanan udara, ketinggian, serta posisi/koordinat titik sampel. Pengukuran faktor meteorologi dilakukan setiap 30 menit.
- Pengukuran/pengamatan lain : jumlah kendaraan yang lewat, bahan aktif pestisida yang digunakan, banyak penyemprot.(Buckland, 1999)

Preparasi, Ekstraksi dan Analisis Residu Organoklorin

- Dalam proses preparasi, dilakukan *cleanup* dengan soxhlet serta perakitan cartridge filter dan adsorben sebelum dilakukan sampling.
- Metode ekstraksi yang digunakan adalah menggunakan Rotary vakum evaporator / rotavapor. Rotavapor adalah instrumen yang menggunakan prinsip destilasi (pemisahan), dimana dalam instrumen ini terletak pada penurunan tekanan pada labu alas bulat dan pemutaran labu alas bulat hingga berguna agar pelarut dapat menguap lebih cepat dibawah titik didihnya.
- Analisis menggunakan Gas Chromatograph(GC) yaitu suatu teknik untuk memisahkan campuran zat yang sudah menguap dengan cara menyuntikkan contoh ke dalam ujung kolom kromatografi gas, lalu contoh tersebut diuapkan dan dielusi oleh gas inert yang digunakan sebagai fase geraknya.

Analisis Data dan Pembuatan Peta Penyebaran Organoklorin di Udara Ambien

- Pengolahan data mencakup data konsentrasi hasil analisis GC dikonversi menjadi konsentrasi dalam 1 m³ udara sampel, serta data-data meteorologi. Analisis dilakukan untuk mengetahui adanya konsentrasi organoklorin yang melebihi baku mutu serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.
- Analisis penyebaran dengan menggunakan metode *GIS-based atmospheric spray droplet dispersion modelling system*, dengan menggunakan software DUSTAN untuk memprediksi dan simulasi penyebarandi udara, dan menggunakan ArcGIS untuk menghasilkan output peta penyebaran organoklorin di udara ambien. (Tsai et al, 2005)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dari analisis *Gas Chromatography (GC)* dibagi menjadi 2 fase, yaitu fase partikulat. Adapun parameter organoklorin yang dianalisis meliputi :

- Lindan
- Heptaklor
- Aldrin
- Endosulfan

- DDT
- Dieldrin
- Endrin

Selanjutnya konsentrasi tersebut dikonversi menjadi konsentrasi senyawa dalam satu meter kubik udara sampel melalui tahapan perhitungan sebagai berikut: (Winberry, 1999)

- Perhitungan total volume udara yang tersampel : V_a (m^3)

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \times F_i)}{1000 \text{ L/m}^3} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan :

V_a = Volume Udara tersampel (m^3)

T_i = Lama waktu sampling (menit)

F_i = Rata-rata *flowrate* selama sampling (L/menit)

- Perhitungan Volume Udara pada kondisi standar (25° dan 760 mmHg) : V_s (m^3 std)

$$V_s = V_a \left(\frac{P_b - P_w}{760 \text{ mm Hg}} \right) \left(\frac{298K}{t_A} \right) \quad \text{(Persamaan 2)}$$

Keterangan :

V_s = Volume udara pada kondisi standar (25°C dan 760 mmHg), (m^3 std)

V_a = Volume udara tersampel (m^3)

P_b = Tekanan barometer rata-rata (mmHg)

P_w = Tekanan uap air pada suhu kalibrasi (mmHg)

t_A = Temperatur ambien rata-rata (K)

- Perhitungan konsentrasi senyawa dalam 1 meter kubik udara sampel : C_a (mg/m^3 std)

$$C_a (\text{ng/std. } m^3) = \left[\frac{(A)}{(V_s)} \right] \quad \text{(Persamaan 3)}$$

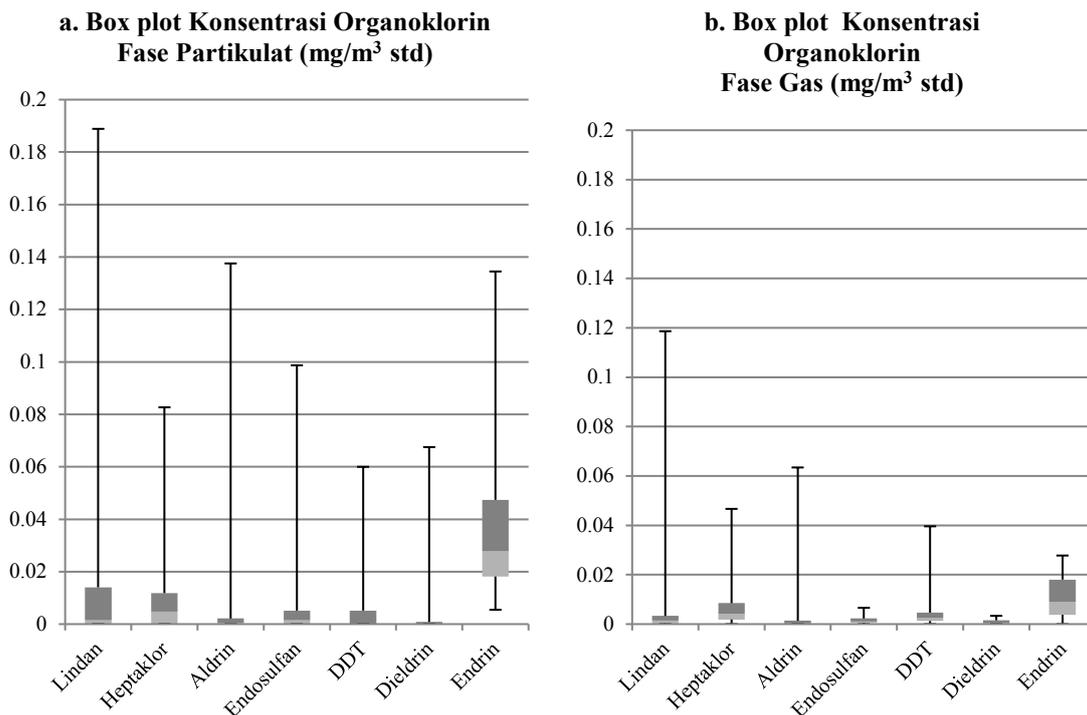
Keterangan :

C_a = Konsentrasi senyawa dalam 1 m^3 udara sampel

A = Konsentrasi analit hasil analisis GC (mg)

V_s = Volume udara pada kondisi standar (25°C dan 760 mmHg), (m^3 std)

Hasil perhitungan konsentrasi menghasilkan nilai yang bervariasi dan ditampilkan dalam bentuk grafik komposisi organoklorin di udara dalam 2 fase, yaitu fase partikulat dan fase gas. Hasil pengolahan data konsentrasi disajikan dalam bentuk *blox plot* dengan menghitung nilai maksimum, minimum, kuartil 1, kuartil 3 dan rerata.



Gambar 2. Komposisi organoklorin di udara ambien.

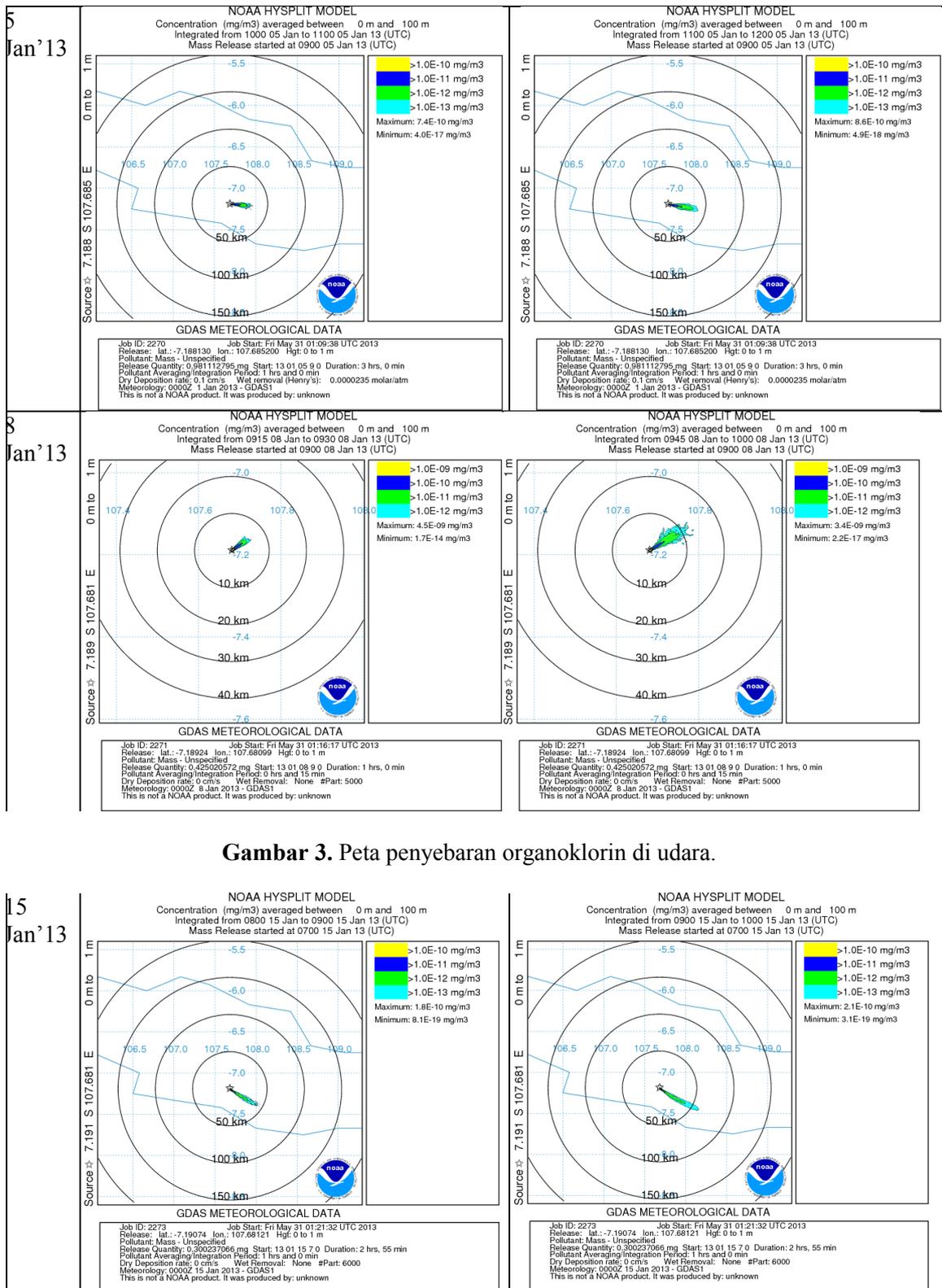
Dari hasil pengukuran di udara ambien, didapatkan nilai konsentrasi yang bervariasi. Dapat diketahui bahwa hampir seluruh parameter organoklorin terdeteksi di udara, sekalipun dalam jumlah yang kecil. Teknik penyemprotan pestisida yang menggunakan sprayer, baik yang menggunakan pompa mesin maupun tangan dimana sprayer berfungsi untuk mengubah atau memecah larutan, yang dilakukan oleh *nozzle*, menjadi bagian-bagian atau butiran-butiran yang halus (droplet) yang berukuran kecil. Hal ini menyebabkan pestisida yang disemprotkan terbentuk dalam 2 fase, yaitu fase gas dan fase partikulat. Dalam pengukuran ini dilakukan pengukuran terhadap kedua fase tersebut untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi yang terukur di udara ambien.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter-parameter Lindan, Heptaklor, Dieldrin, Endrin, DDT, Aldrin dan Endosulfan masih terdeteksi di udara ambien wilayah tersebut. Bahkan konsentrasinya ada yang melebihi baku mutu. Sebagai contoh pada sampel nomor 4, nomor 23, nomor 24 dan nomor 25, konsentrasi Endrin untuk fase gas melebihi baku mutu yang berlaku yaitu 0,1 mg/m³ std. Baku mutu konsentrasi maksimum pestisida yang diperbolehkan di udara seperti tertera pada **Tabel 1** berikut.

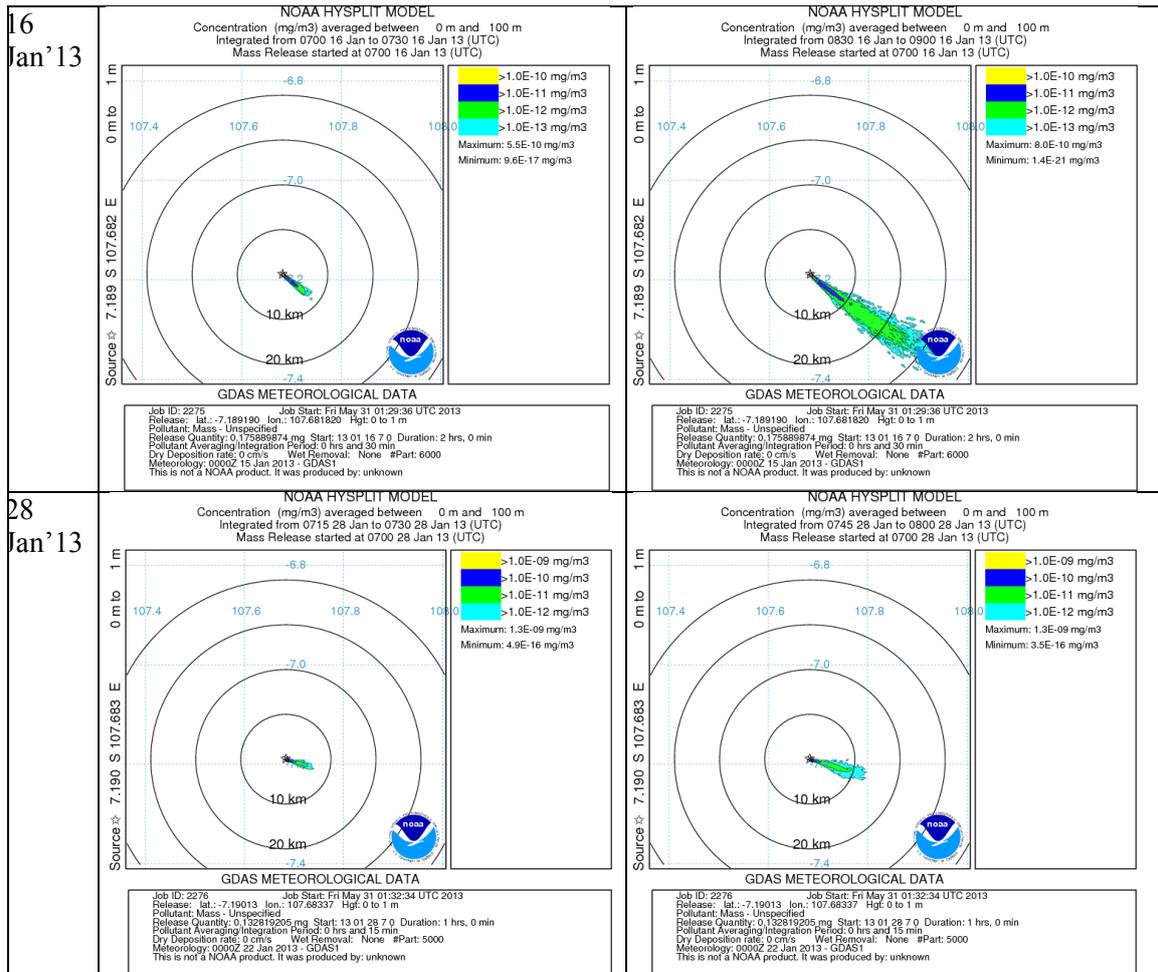
Tabel 1. Ambang batas aman residu pestisida di udara yang diperkenankan di sekitar lingkungan kerja. (Tarumingkeng, 1992)

Jenis Pestisida	Konsentrasi Maksimum di udara (mg/m ³)
Aldrin	25,00
DDT	1,00
Dieldrin	0,25
Endrin	0,10
Heptaklor	0,50
Lindan	0,50
Endosulfan	0,10

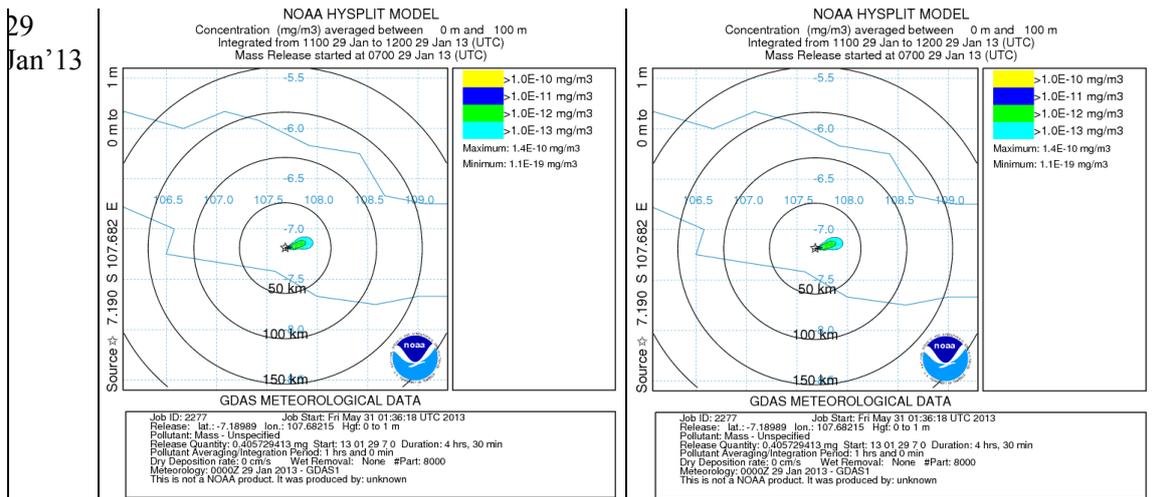
Analisis penyebaran dengan menggunakan metode *GIS-based atmospheric spray droplet dispersion modelling system*, dengan menggunakan software NOAA HYSPLIT untuk memprediksi dan simulasi penyebaran di udara, dan menghasilkan output peta penyebaran organoklorin di udara ambient. Pemetaan penyebaran polutan ditunjukkan oleh **Gambar 3** berikut:



Gambar 3. Peta penyebaran organoklorin di udara.



Gambar 3. Peta penyebaran organoklorin di udara. (lanjutan)



Gambar 3. Peta penyebaran organoklorin di udara (lanjutan).

Metode pengambilan sampel yang digunakan termasuk dalam jenis Middle Volume Sampling. Hal ini dikarenakan ukuran partikel pestisida yang melayang di udara berukuran 145-500 μm (Hipkins, 2009), sehingga diperlukan flow/kecepatan hisap yang tidak terlalu besar

(dalam sampling ini 0,225 L/menit) serta bentuk filter yang bulat/lingkaran (jenis QMA-4) dengan porositas 0,3 – 0,45 μm . Kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan suspensi Particulate Matter ini adalah 50 – 500 lpm. Sementara itu, teknik sampling High Volume Sampling yang menggunakan filter berbentuk kotak dengan flow/kecepatan hisap yang lebih tinggi (berkisar 1000 lpm). Ukuran partikel yang dihisap pun lebih besar dibandingkan dengan Teknik Middle Volume Sampling (<100 μm).

Pengukuran kualitas udara dilaksanakan selama t (waktu tertentu), yakni sebagian besar dilakukan selama penyemprotan berlangsung ($\pm 0,5$ -2 jam). Hal ini dikarenakan proses penyemprotan pestisida tidak berlangsung secara kontinyu, hanya dilakukan pada pagi hingga siang hari yaitu jam 7 pagi hingga jam 12 siang. Selain itu, proses penyemprotan juga berbeda-beda tempat dan jadwalnya. Hal ini dikarenakan pemilik tanah/lahan perkebunan yang berbeda-beda serta waktu penyemprotan yang berbeda-beda pada setiap jenis tanaman. Umumnya tanaman dilakukan penyemprotan pestisida setiap 5-7 hari sekali. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pencemaran udara akibat pestisida merupakan sumber pencemaran area, dimana pencemarannya bersifat tidak kontinyu dan berubah-ubah/tidak menentu. Lamanya penyemprotan yang hanya berkisar 0,5-2jam dalam sekali penyemprotan berpengaruh terhadap volume udara yang tersampel dalam 1 kali sampling. Berdasarkan data yang ada, volume udara yang terkumpul berkisar antara 3,6 – 17 m^3 .

Adanya pencemar pestisida yang terdeteksi menunjukkan bahwa di area tersebut terdapat sejumlah konsentrasi pestisida yang mempengaruhi kualitas udara di wilayah tersebut. Namun adanya faktor-faktor meteorologi dapat mempengaruhi nilai konsentrasi organoklorin di tiap-tiap titik. Faktor temperatur dan tekanan udara adalah salah satu yang berpengaruh terhadap konsentrasi polutan. Hal ini dikarenakan gas merupakan zat yang volumenya berubah dengan perubahan temperature dan tekanan. Maka dalam menyatakan konsentrasi zat pencemar dalam udara digunakan kondisi standar yaitu kondisi dimana volume udara ditetapkan dan kondisi tertentu, yang dinyatakan dengan kondisi standar. Hasil pengukuran zat pencemar dinyatakan dengan kondisi standar, artinya banyaknya zat pencemar persatuan volume udara/gas pada kondisi standar, yaitu pada temperatur 25°C dan tekanan 1 atmosfer (760 mmHg). Dalam mengukur tekanan, faktor yang mempengaruhinya adalah ketinggian. Semakin tinggi lokasi pengukuran, maka semakin rendah tekanan udaranya.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran kualitas udara ambien di DAS Citarum Hulu, teridentifikasi sejumlah konsentrasi pestisida organoklorin dengan 1 sampel melebihi baku mutu, yaitu parameter Endrin. Besarnya konsentrasi parameter-parameter organoklorin yang terdeteksi dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologis seperti, temperatur, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, ketinggian dan lama pengukuran. Polutan yang terdeteksi bersifat semi volatil dan terdiri dari 2 fase, yaitu fase partikulat dan fase gas. Pencemaran udara yang diakibatkan oleh pestisida organoklorin di DAS Citarum Hulu merupakan pencemaran udara yang bersumber area, bersifat tidak kontinyu dan berubah-ubah/tidak menentu konsentrasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan penelitian yang didanai oleh Riset Inovasi ITB.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiraga, Mochamad. 2009. Tingkat Pencemaran dan Distribusi Pestisida Organoklorin Pada Air dan Sedimen di Sekitar DAS Citarum Hulu. Tugas Sarjana, Teknik Lingkungan.
- Buckland, Simon J., Ellis, Howard K., Salter, Ray T. 1999. "Ambient Concentrations of Selected Organochlorines in Air". New Zealand : Ministry for the Environment.
- Donkersley, P., D. Nuytens. 2011. "A meta analysis of spray drift sampling. Crop Protection 30". pages 931- 936.

- Jayashree, R; Vassudevan, R. 2006. "Persistence and Distribution of Endosulfan Under Field Condition". *Environ Monit Assess* 131, pages 475–487.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Air Tanah*. Bandung : Penerbit ITB.
- Oginawati K., Kusnandi. 2005. "Mapping of Organophosphate Pesticide on Soil in Wangunharja Village, Lembang District, Bandung". *Proceeding Toxicology&Chemistry Seminar*: Yogyakarta.
- Rochmanti, 2009. *Identifikasi Penggunaan Organoklorin di Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu, Desa Kertasari*. Tugas Sarjana: Teknik Lingkungan.
- Tarumingkeng, R.C. 1992. *Pestisida: Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya*. Jakarta: Penerbit Ukrida.
- Teske, M. E., et al. 2001. "AgDRIFT : A Model for Estimating Near-Field Spray Drift from Aerial Applications". *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, No. 3, pp. 659–671.
- Thistle, H. W. 2000. The role of stability in fine pesticide droplet dispersion in the atmosphere: A review of physical concepts. *Trans. ASAE* 43, 1409–1413.
- Tsai, M. Y., et al. 2005. "The Washington aerial spray drift study: Modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application". *Atmospheric Environment* 39, pages 6194–6203.
- Wibowo, Niken. 2010. *Analisis Kandungan Endosulfan pada Air, Sedimen, dan Skan serta Potensi Akumulasi pada Organ Hati (Studi Kasus Sungai Citarum Hulu)*. Tugas Sarjana, Teknik Lingkungan.
- Winberry, William; Ralph Riggins; Robert G. Lewis. 1999. "Compendium Method TO-4A Determination of Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Ambient Air Using High Volume Polyurethane Foam (PUF) Sampling Followed by Gas Chromatographic/Multi-Detector Detection (GC/MD)". Cincinnati : US-EPA.
- Yunike, Vina. 2009. *Pemetaan Penyebaran Residu Pestisida Organoklorin Pada Tanah Pertanian Palawija Di Kecamatan Kertasari Sub DAS Citarum Hulu*. Tugas Sarjana, Teknik Lingkungan.