JIUBJ

Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 22(1), Februari 2022, 292-296
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat universitas Batanghari Jambi
ISSN 1411-8939 (Online), ISSN 2549-4236 (Print)
DOI 10.33087/jiubj.v22i1.2076

Pengaruh Pestisida dari Aktivitas Pertanian Terhadap Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sungai Sumur Beremas Kota Sungai Penuh

Anggrika Riyanti[1]*, Marhadi[2], Syskha Eka Patri[3]
[1,2]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari
[3]Dinas Lingkungan Hidup Kota Jambi
*Correspondence email: anggrika.riyanti@unbari.ac.id

Abstrak. Kegiatan pertanian tidak terlepas dari penggunaan pestisida dengan tujuan mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Kandungan Merkuri (Hg) dalam pestisida tidak dapat terdegradasi secara alami di lahan pertanian sehingga akan terbawa limpasan (run-off) ke perairan. Limpasan dari penggunaan pestisida dari aktivitas pertanian sepanjang aliran Sungai Sumur Beremas Kota Sungai Penuh berpotensi menimbulkan peningkatan konsentrasi merkuri pada sungai tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada Sungai Sumur Beremas serta menganalisis daya tampung beban pencemaran sungai. Pengaruh penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri dianalisis dengan korelasi pearson. Daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas terhadap merkuri dianalisis dengan metode neraca massa. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan pestisida mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap peningkatan konsentrasi merkuri dalam air sungai. Nilai korelasi terbesar terjadi pada hilir irigasi yaitu 0,977, yang menunjukkan tingginya limpasan (run-off) yang terjadi dari areal pertanian ke aliran irigasi. Konsentrasi merkuri berdasarkan analisis daya tampung beban pencemaran sebesar 0,00242 ppm, melebihi bakumutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II yaitu 0,002 ppm, yang menunjukkan bahwa Sungai Sumur Beremas tidak mampu lagi menampung beban pencemaran merkuri.

Kata kunci: Merkuri; Pestisida; Kualitas sungai; Beban pencemaran.

Abstract. *Agricultural activities cannot be separated from the use of pesticides to control plant-disturbing organisms. The mercury (Hg) content in pesticides cannot be naturally degraded on agricultural land, so it will be carried off by run-off into the waters. Pesticide's run-off from agricultural activity along the Sumur Beremas River has an effect in increasing mercury concentrations in the river. This study aims to analyze the effect of pesticide use on mercury concentrations in the Sumur Beremas River and to analyze the capacity of river pollution loads. The effect of pesticide on mercury concentrations was analyzed using Pearson correlation. The capacity of Sumur Beremas River's pollution loads against mercury was analyzed using mass balance method. The results showed that the use of pesticides had a significant effect on the increase in mercury concentrations in river water. The greatest correlation value occurs in downstream of irrigation, namely 0.977, which indicates the high run-off that occurs from agricultural area to the irrigation flow. The concentration of mercury based on the analysis of river pollution loads is 0.00242 ppm, exceeding the standard PP no. 82 of 2001 Class II, 0.002 ppm, which indicates that Sumur Beremas River is no longer able to accommodate the load of mercury pollution.*

Keywords**:** *Mercury; Pesticide; River quality; Pollution loads*

PENDAHULUAN

Penggunaan pestisida dalam meningkatkan produktivitas pertanian dinilai masih sangat tinggi karena sangat efektif dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Namun yang perlu menjadi perhatian adalah resiko limpasan (*run-off*) pestisida terhadap lingkungan. Kandungan merkuri dalam pestisida menghasilkan limbah logam berat yang berpotensi terakumulasi pada tanaman dan terbawa dalam limpasan pertanian ke lingkungan. Kumalasari (2014) menunjukkan bahwa akumulasi merkuri (Hg) pada tanaman lebih banyak terdapat di bagian akar dibandingkan bagian tajuk. Namun, kecenderungan akumulasi merkuri (Hg) dalam perakaran cukup rendah. Kandungan merkuri (Hg) dari hasil pertanian yang ditanam pada tanah dengan kandungan merkuri (Hg) rendah memiliki tingkatan yang sama dengan tanah tersebut (Steinnes, 1990). Hal ini mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil merkuri yang terserap pada akar tanaman dan sisanya akan terbawa dalam limpasan pertanian dan berpotensi mencemari lingkungan. Proses fisik dan kimia yang terjadi secara alami di lingkungan akan memungkinkan terjadinya pelepasan dan pengangkutan merkuri yang terdapat dalam tanah ke aliran air permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam ruang maupun waktu (Mckee, dkk, 2005). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memprediksi jumlah pestisida yang terbawa dalam limpasan pertanian terhadap kualitas air permukaan, dimana faktor lingkungan utama yang mempengaruhi limpasan antara lain curah hujan, topografi, penggunaan lahan, dan karakteristik tanah (Kookana, dkk, 2005; Schriever, dkk, 2007). Polidoro, dkk (2017) menunjukkan bahwa sampel sedimen pada tujuh perairan permukaan yang berdekatan dengan areal pertanian di Samoa Amerika mengandung konsentrasi merkuri yang tinggi. Beberapa perairan sungai pesisir menunjukkan pestisida organofosfat yang relatif di atas nilai toksisitas kronis untuk ikan dan organisme air lainnya.

Kabupaten kerinci memiliki wilayah pertanian yang cukup luas. Salah satu sungai yang terletak di areal pertanian adalah Sungai Sumur Beremas, yang merupakan salah satu Sub DAS dari DAS Sungai Batang Merao yang melalui wilayah Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh. Hulu Sungai Sumur Beremas berasal dari mata air di sekitar bukit di Desa Koto Lolo dan berakhir di daerah hilir di Desa Simpang Tiga Rawang di Sungai Batang Merao. Sepanjang Sungai Sumur Beremas merupakan areal pertanian dengan beberapa pemukiman, memungkinkan adanya potensi pencemaran limbah pertanian dan limbah domestik yang masuk ke aliran sungai ini. Berdasarkan hasil pemantauan UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jambi (2018) pada DAS Sungai Batang Merao, terdeteksi kandungan logam Merkuri yang melebihi baku mutu PP Nomor 82 Tahun 2001 kelas II (2 ppb) yaitu pada dua titik sampling sebesar 6,350 ppb dan 2,680 ppb. Hal ini sangat berbeda dibandingkan hasil pemantauan di wilayah TNKS (Taman Nasional Kerinci Seblat) yang berada di hulu Sungai Batang Merao, dimana tidak terdeteksi adanya kandungan logam merkuri. Hal ini diperkirakan terjadi akibat limpasan merkuri dari pestisida yang terbawa ke aliran air pada DAS Sungai Batang Merao. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan pestisida terhadap konsentrasi Merkuri pada Sungai Sumur Beremas Kota Sungai Penuh. Penelitian juga menganalisis daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas terhadap parameter merkuri.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel air permukaan yang mengacu pada SNI 6989:57-2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Sampel air diambil pada aliran air irigasi dan air Sungai Sumur Beremas. Titik sampling berjumlah lima (4) terdiri dari 2 titik di hulu dan hilir irigasi, 2 titik pada hulu dan hilir Sungai Sumur Beremas. Penentuan titik pada hulu dan hilir ini bertujuan untuk melihat perbedaan konsentrasi merkuri sebelum dan setelah melalui areal pertanian. Pengambilan sampel air menggunakan metode grab *sampling* (sesaat). Pengambilan sampel dilakukan selama 7 (tujuh) hari berturut-turut pada sore hari antara pukul 15.00 s.d 16.00 WIB. Sampel air diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 dan HNO_3 sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Pengiriman sampel ke laboratorium dilakukan setiap hari setelah pengambilan sampel dengan menggunakan cooling box dan memakai *ice dry* agar kondisi sampel diharapkan tidak rusak selama masa pengiriman. Pengujian sampel merkuri dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jambi. Sedangkan data jumlah penggunaan pestisida diambil melalui wawancara langsung kepada petani yang menggunakan pestisida di areal persawahan sekitar Sungai Sumur Beremas selama 7 hari berturut-turut.

Konsentrasi merkuri dianalisis di laboratorium berdasarkan SNI 6989.78:2011 Cara uji raksa (Hg) secara Spektorofotometri Serapan Atom (SSA)- uap dingin atau Mercury Analizer. Pengaruh penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada sampel air dianalisis dengan korelasi Pearson. Hipotesis nol (H0) jika nilai sig > 0,05 yang menyatakan tidak ada hubungan antara penggunaan pestisida (x) terhadap konsentrasi merkuri (y). Hipotesis kerja (Ha) jika nilai sig < 0,05 yang menyatakan adanya hubungan antara penggunaan pestisida (x) terhadap konsentrasi merkuri (y). Sedangkan kualitas air dianalisis dengan metode Storet untuk mengetahui status mutu air Sungai Sumur Beremas. Bakumutu yang digunakan adalah PP Nomor 82 Tahun 2001 kelas II tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas terhadap merkuri dianalisis dengan menggunakan metode Neraca Massa. Data yang dipakai untuk perhitungan adalah data konsentrasi merkuri dari keempat titik sampling dan laju alir rata-rata. Langkah-langkah perhitungan daya tampung beban pencemaran sebagai berikut : (1) Pengukuran konsentrasi setiap konstituen dan laju alir pada aliran sungai sebelum bercampur dengan sumber pencemar; (2) Pengukuran konsentrasi setiap konstituen dan laju alir pada setiap aliran sumber pencemar; dan (3) Menentukan konsentrasi rata-rata pada aliran akhir setelah aliran bercampur dengan sumber pencemar dengan rumus pada persamaan 1 (KLH, 2003).

$$C_R = \frac{\sum CiQi}{\sum Qi} = \frac{\sum Mi}{\sum Qi} \quad (1)$$

Dimana: C_R : konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan; Ci : konsentrasi konstituen pada aliran ke-i; Qi : laju alir aliran ke-i; dan Mi : massa konstituen pada aliran ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi merkuri (Hg)

Konsentrasi merkuri yang diperoleh dari analisis laboratorium pada masing-masing titik sampel air ditampilkan pada Tabel 1. Titik 1 dan 2 berlokasi di hulu dan hilir aliran irigasi. Sedangkan titik 3 berlokasi di hulu Sungai Sumur Beremas dan titik 4 berada pada hilir Sungai Sumur Beremas. Pada saat pengambilan sampel, usia padi yang ditanam di lokasi studi baru berusia sekitar 7 hari. Pada masa ini, pestisida jenis fungisida lebih banyak digunakan karena berfungsi untuk mengurangi hama jamur yang biasanya timbul pada awal penanaman padi. Raini (2007) menyatakan bahwa kandungan metil dan etil merkuri merupakan fungisida yang sangat efektif untuk mengawetkan butir padi. Hal ini sangat berbahaya karena logam merkuri walaupun dalam konsentrasi yang sangat kecil namun apabila terakumulasi dan mengendap akan menyebabkan

pencemaran air. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar petani di lokasi studi menggunakan fungisida dengan rata-rata jumlah pemakaian sebanyak 400-800 ml setiap harinya dengan waktu penyemprotan bervariasi pada pagi hingga siang hari. Sementara hanya sebagian kecil petani yang menggunakan herbisida dengan jumlah pemakaian sebanyak 100-200 ml.

Pengambilan sampel air dilakukan setiap sore hari pada pukul 15.00-16.00 dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pestisida yang disemprotkan ke lahan terhadap limpasannya ke air irigasi. Hasil analisis sampel air selama 7 hari (Tabel 1) menunjukkan terdapat variasi konsentrasi merkuri yang melebihi bakumutu bakumutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II (0,002 ppm) pada beberapa titik setiap harinya. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah pestisida yang digunakan oleh petani dan waktu penyemprotan pestisida yang berbeda setiap harinya. Konsentrasi merkuri yang melebihi bakumutu menunjukkan tingginya jumlah pemakaian pestisida pada hari tersebut. Nilai rata-rata konsentrasi merkuri pada titik 1,2 dan 4 melebihi bakumutu. Tingginya konsentrasi merkuri pada ketiga titik ini menunjukkan bahwa aliran sungai Sumur Bemeras telah terkontaminasi oleh merkuri yang diperkirakan berasal dari limpasan pestisida yang digunakan dalam aktivitas pertanian di sepanjang aliran sungai tersebut.

Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran diperlukan untuk melihat kemampuan Sungai Sumur Beremas dalam menampung pencemaran merkuri yang masuk ke dalam perairan sungai tersebut. Daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas terhadap merkuri dianalisis dengan menggunakan metode neraca massa. Data yang digunakan adalah data konsentrasi merkuri dan laju alir rata-rata. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daya tampung beban pencemaran konsentrasi merkuri (Hg) pada Sungai Sumur Beremas

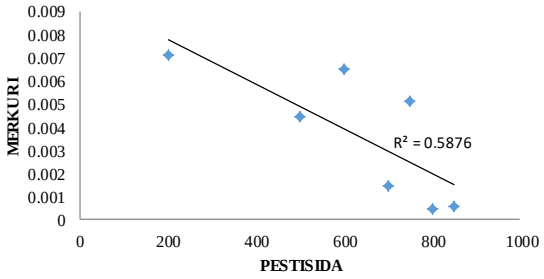
Titik sampling	Laju alir (m/dtk)	Konsentrasi Merkuri (Hg)							
		Hari 1 (ppm)	Hari 2 (ppm)	Hari 3 (ppm)	Hari 4 (ppm)	Hari 5 (ppm)	Hari 6 (ppm)	Hari 7 (ppm)	Rata-rata (ppm)
Titik 1	0,14	0,00144	0,00053	0,00711*	0,00446*	0,00043	0,00647*	0,00509*	0,00365*
Titik 2	0,17	0,00626*	0,00763*	0,00162	0,00317*	0,00689*	0,00460*	0,00667*	0,00526*
Titik 3	0,10	0,00043	0,00047	0,00054	0,00034	0,00036	0,00028	0,00032	0,00039
Titik 4	0,10	0,00386*	0,00975*	0,00210*	0,00855*	0,00360*	0,00296*	0,00420*	0,0050*
Konsentrasi Akhir	0,51	0,00207*	0,00333*	0,00174	0,00287*	0,00197	0,00229*	0,00270*	**0,00242***
BML (PP 82/2001)					**0,002**				

Ket: *) melebihi bakumutu
Sumber: data olahan

Berdasarkan hasil analisis daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas, diperoleh rata-rata konsentrasi akhir merkuri yaitu 0,00242 ppm. Nilai ini melebihi nilai bakumutu yang ditetapkan yang menunjukkan bahwa Sungai Sumur Beremas tidak mempunyai daya tampung lagi untuk parameter merkuri. Tingginya konsentrasi merkuri dapat disebabkan oleh limpasan pestisida yang berasal dari sumber tersebar (*non-point source*) dimana limpasan permukaan, erosi dan drainase merupakan jalur utama masuknya limpasan pestisida ke aliran sungai (Vymazal dan Březinová, 2015). Untuk itu, diperlukan upaya untuk mengurangi pemakaian pestisida berbahan kimia antara lain mengganti dengan pestisida organik, menggunakan varietas yang toleran serangan hama, pemantauan rutin terhadap hama penyakit dan pemanfaatan musuh alami. Penerapan upaya ini diharapkan dapat membantu mengembalikan kualitas Sungai Sumur Beremas menjadi lebih baik.

Korelasi penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hulu irigasi (Titik Sampling 1)

Hasil korelasi pada titik sampling 1 di hulu irigasi memiliki nilai korelasi negatif sebesar -0,766 dengan nilai signifikansi sebesar 0,045 yang berarti tidak terdapat pengaruh antara penggunaan pestisida terhadap konsentrasi Merkuri (Hg). Hal ini menunjukkan bahwa pada hulu irigasi belum terlihat adanya kontaminasi merkuri akibat limpasan pada air di saluran irigasi. Hasil analisis korelasi pada titik 1 ditampilkan pada Gambar 1.

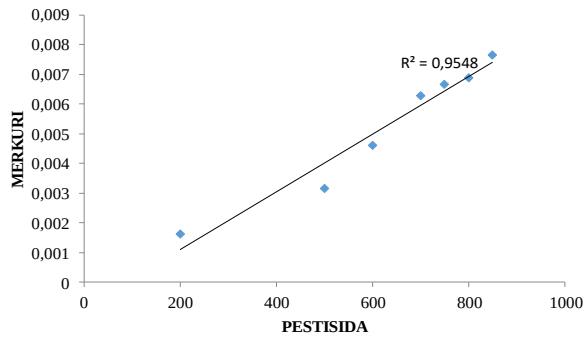


Gambar 1. Korelasi pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hulu irigasi

Korelasi penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hilir irigasi (Titik Sampling 2)

Pada titik sampling di hilir irigasi memiliki nilai korelasi positif sebesar 0,977 yang berarti terdapat pengaruh yang sangat kuat antara penggunaan pestisida terhadap konsentrasi Merkuri (Hg). Pada titik ini nilai

korelasi positif dan nilai signifikan sebesar 0,000 yang menunjukkan bahwa jumlah pestisida mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan konsentrasi merkuri pada hilir irigasi. Sementara nilai R2 (R square) sebesar 0,955 yang menunjukkan jumlah pestisida berpengaruh sebesar 95,5% terhadap peningkatan konsentrasi merkuri di hilir irigasi. Grafik analisis korelasi ditunjukkan pada Gambar 2. Tingginya nilai korelasi dikarenakan pada saat pengambilan sampel, umur penanaman padi sekitar 7 hari sehingga para petani melakukan penyemprotan pestisida untuk mengusir ataupun membunuh hama padi. Perdedaan nilai korelasi pada hulu dan hilir irigasi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan konsentrasi merkuri dalam aliran irigasi akibat limpasan (run-off) pestisida ke aliran air permukaan dan terakumulasi pada bagian hilir irigasi. Aliran permukaan (run-off) adalah salah satu jalur terpenting bagi pestisida untuk memasuki air permukaan (Schriever, dkk, 2007). Hal ini juga sesuai dengan penelitian Rezagama, dkk (2019) dimana konsentrasi pencemar mengalami peningkatan dari hulu ke hilir sehingga menyebabkan penurunan kualitas air pada hilir sungai.



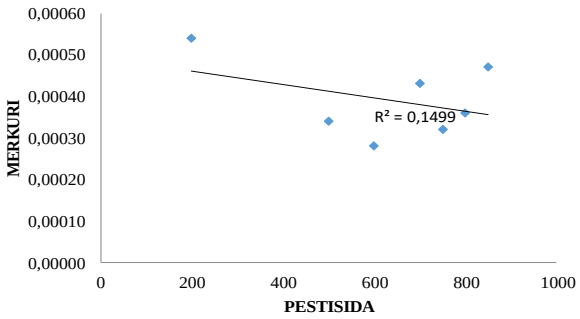
Gambar 2. Korelasi pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hilir irigasi

Korelasi penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hulu Sungai Sumur Beremas (Titik Sampling 3)

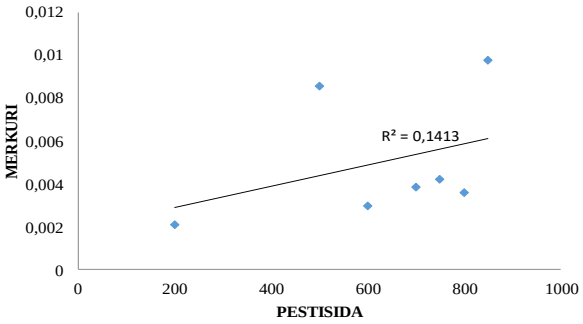
Titik sampling 3 terletak di hulu Sungai Sumur Beremas memiliki nilai korelasi negatif sebesar -0,387 yang berarti tidak terdapat pengaruh antara penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri. Pada titik ini nilai R2 (R square) sebesar 0,15 yang menunjukkan jumlah pestisida hanya berpengaruh sebesar 15% terhadap peningkatan konsentrasi merkuri di hulu sungai. Hal ini dikarenakan pada titik ini kondisi air masih alami berasal dari kaki bukit dan belum terdapat pengaruh kontaminasi dari aktivitas pertanian. Grafik analisis korelasi titik sampling 3 ditunjukkan pada Gambar 3.

Korelasi penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hilir Sungai Sumur Beremas (Titik Sampling 4)

Pada titik sampling hilir Sungai Sumur Beremas memiliki korelasi positif dengan nilai 0,376 yang menunjukkan terdapat hubungan yang rendah antara penggunaan pestisida terhadap konsentrasi merkuri. Nilai R2 (R square) yang didapat sebesar 0,141 yang menunjukkan jumlah pestisida hanya berpengaruh sebesar 14,1% terhadap konsentrasi merkuri di hilir sungai. Hal ini dikarenakan penggunaan jumlah pestisida oleh petani yang bervariasi setiap harinya sehingga mempengaruhi hubungan korelasi yang rendah terhadap konsentrasi merkuri pada lokasi ini. Jumlah rata-rata pestisida yang mencapai sumber daya air sangat bervariasi antar wilayah dan sangat bergantung pada tingkat penggunaannya, karakteristik kimiawi pestisida dan kondisi alam selama aplikasi (Huber, dkk, 2000). Hal ini juga dimungkinkan karena sebagian merkuri telah mengalami pengendapan pada dasar sungai di sepanjang aliran dari hulu sampai ke hilir sehingga pada hilir sungai konsentrasi merkuri menjadi rendah. Merkuri merupakan logam dengan berat jenis yang cukup besar yaitu 5,0 gr/cm3 atau lebih sehingga sehingga berpengaruh terhadap kecepatan pengendapannya. Merkuri memiliki kelarutan yang rendah dalam air sehingga mudah teradsorpsi pada partikel suspensi dan mengalami pengendapan pada dasar perairan (Chen, dkk, 2012; Yusuf, dkk, 2013).



Gambar 3. Korelasi pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hulu Sungai Sumur Beremas



Gambar 4. Korelasi pestisida terhadap konsentrasi merkuri pada hilir Sungai Sumur Beremas

Logam berat termasuk merkuri yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi. Sebagian merkuri anorganik akan dikonversi oleh mikroba menjadi metil merkuri yang toksik dan mengalami biomagnifikasi hingga rantai makanan (Langston dan Bebbianno, 1998). Hal ini mengakibatkan bioakumulasi merkuri pada organisme yang hidup di lingkungan perairan tersebut dan meningkatkan pencemaran pada badan air.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis daya tampung beban pencemaran Sungai Sumur Beremas terhadap merkuri didapatkan konsentrasi akhir merkuri sebesar 0,00242 ppm, melebihi bakumutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu 0,002 ppm. Nilai ini menunjukkan bahwa Sungai Sumur Beremas tidak mampu lagi menampung beban pencemaran merkuri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pestisida mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap peningkatan konsentrasi merkuri (Hg) terutama pada aliran irigasi yang disebabkan terjadinya limpasan (*run-off*) dari permukaan tanah ke aliran irigasi. Namun logam merkuri cenderung mudah mengendap di dasar perairan karena memiliki berat jenis yang besar, sehingga jarak aliran sungai dari hulu ke hilir akan mempengaruhi besarnya logam merkuri yang tersedimentasi di dasar perairan.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, C. W., Chen, C. F., & Dong, C. D., 2012. Contamination and potential ecological of mercury in sediments of Kaohsiung river mouth, Taiwan. *International Journal of Envitonmental Science and Development*, 3(1), 66-71.

Huber, A., Bach, M., Frede, H.G., 2000. Pollution of surface waters with pesticides in Germany: modeling non-point source inputs. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 80(3), 191–204.

KLH, 2003. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pemcemaran Air Pada Sumber Air*.

Kookana, R.S., Correll, R.L., Miller, R.B.. 2005. Pesticide Impact Rating Index – A Pesticide Risk Indicator for Water Quality. Water, Air, & Soil Pollution. *Focus*, 5, 45-65.

Langston, W.J., dan Bebianno, M.J., 1998. *Metal Metabolism In Aquatic Environments*. London: Chapman & Hall.

Mckee, L. Leatherbarrow, J., Oram, J., 2005. *Concentrations and loads of mercury, PCBs, and OC pesticides in the lower Guadalupe River*, San Jose, California: Water Years 2003 and 2004. A Technical Report of the Regional Watershed Program: SFEI Contribution 409. San Francisco Estuary Institute, Oakland, CA.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Polidoro, B.A., Raynal, M.T.C., Cahill, T., Clement, C., 2017. Land-based sources of marine pollution: Pesticides, PAHs and phthalates in coastal stream water, and heavy metals in coastal stream sediments in American Samoa. *Marine Pollution Bulletin*, 116, Issues 1–2, 501-507.

Schriever, C.A., Von der Ohe, P.C., Liess, M., 2007. Estimating Pesticide Runoff in Small Streams. *Chemosphere*, 68(11), 2161-2171.

SNI 6989:57-2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan.

Steinnes, E, 1990. *Heavy Metals in Soil, Blackie Glasgow and London Halsted Press.* Mercury. In B.J. Alloway (Ed.). New York: John Wiley and Sons Inc.

Raini, M., 2007. Toksikologi Pestisida dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida. Media Litbang Kesehatan, 17(3), 10-18.

Rezagama, A., Sarminingsih, A., Rahmadani, A.Y., Aini, A.N., 2019. Permodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi. *Jurnal Teknik*, 40(2), 106-114.

Vymazal, J., dan Březinová, T., 2015. The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: *A review. Environment International*, 75, 11-20.

Yusuf, M., Hamzah, B., Rahman, N., 2013. Kandungan Merkuri (Hg) Dalam Air Laut, Sedimen, dan Jaringan Ikan Belanak (Liza Melinoptera) di Perairan Teluk Palu. Jurnal Akademika Kimia, 2(3), 140-145.